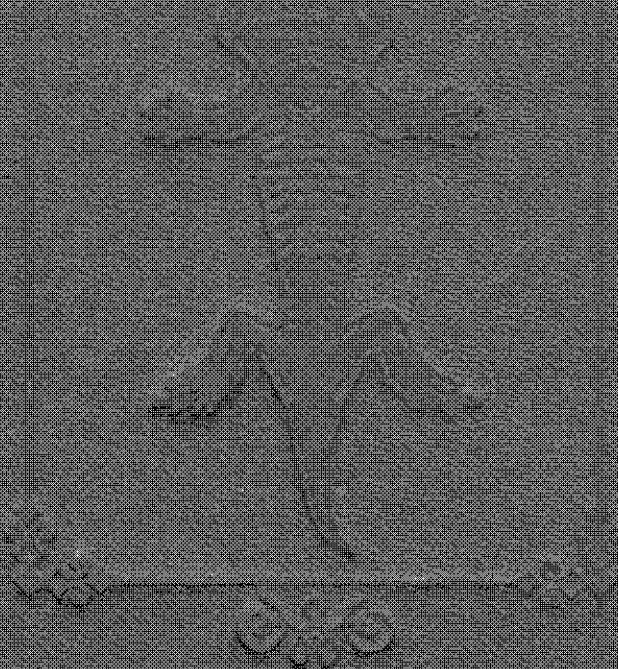
# The Red Lamp

Victoria Goldman

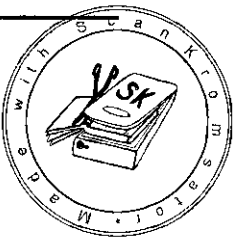


# М. НЕЙМАЙР

## История Земли

**В ДВУХ ТОМАХ**

МОСКВА
«ТЕРРА» — «TERRA»
1994



# М. НЕЙМАЙР

# История Земли

## Том I

Перевод со 2-го немецкого издания,
переработанного и дополненного
профессором *В. Улигом*

Под редакцией профессора
*А. А. Иностранцева*

МОСКВА
«ТЕРРА» — «TERRA»
1994

ББК 26.323
Н46

Разработка серии
художника *Б. ЛАВРОВА*

Made with ScanKrom SK

Н $\frac{1804040000-153}{А30(03)-94}$ Без объявл.

ISBN 5-85255-545-2 (т. 1)
ISBN 5-85255-546-0

© Издательский центр «ТЕРРА», 1994

# Предисловие к русскому переводу

В русской литературе совершенно нет общедоступного, нонулярного сочинения, в котором систематично излагалась бы история жизни нашей планеты—Земли, с соблюдением строго научного освещения самого нредмета. Между тем на других языках неоднократно делались понытки создать нечто нодобное. Из иностранных понулярных и в то же время строго научных сочинений, бесспорно, выделяется неред всеми другими сочинение покойного нрофессора Мельхиора Неймайра «Erdgeschichte», вышедшее в свет первым изданием в 1886 году. Это сочинение в короткое время завоевало себе обширный круг читателей и по всей справедливости встретило крайне лестный отзыв у беснристрастной критики. Через девять лет явилась необходимость повторить издание, уже после нрежденременной смерти М. Неймайра. Это несколько измененное издание вышло в свет нод редакцией ученика Неймайра—проф. Улига.

Книгоиздательское товарищество «Просвещение» обратилось ко мне с просьбой взять под общую редакцию русский перевод «История Земли» Неймайра, обещав со своей стороны сохранить внешнюю сторону издания в том виде, как и в немецком оригинале.

Не желая виосить какие бы то ни было измеиения в сочиинение Неймайра, а, напротив, стремясь но возможности сохранить неприкосиовенность оригинала, мы приведем по мере возможности некоторые дополнения по геологии России в выносках, по которым читатель мог бы узнать и об образованиях, аналогичных занадноевронейским, имеющихся в России.

*Петербург, январь 1897 года*

**Проф. А. Иностранцев**

# Предисловие к первому изданию

Представляя в популярном изложении обширную область геологии, невозможно разработать все части ее с той полнотой, какая требуется от учебника. Я счел необходимым выдвинуть на первый план те наиболее важные факты и взгляды, которые позволяют составить общее представление о предмете, старался развить их возможно полнее и умолчал о второстепенном. Но такой способ изложения, неизбежный вообще и особенно в исторической геологии, не должен идти в ущерб ясности всего сочинения.

Я стремился всюду представить предмет в строго научном освещении, и, надеюсь, мне это несколько удалось. Не мог я принять в расчет тех открытий, которые были опубликованы во время печатания книги. Но большинство из них далеко не существенно и не потребует значительных изменений.

Специалисты, без сомнения, сочтут недостатком отсутствие ссылок. Но приводить весь научный материал — значило бы сделать популярную книгу слишком сухой. Лица, знакомые с предметом, не могут не заметить, что я всегда пользуюсь оригинальными работами; от их внимания не ускользнет и то обстоятельство, что пятая глава разработана главным образом на основании новых трудов Зюсса.

Некоторые вопросы изложены далеко не с той полнотой, которой ищет всякий, занимающийся предметом самостоятельно. Это объясняется тем, что книга написана прежде всего для большой публики, которая интересуется геологией, но не обладает достаточной подготовкой по специальным вопросам. Изложение приспособлено к этому кругу читателей, а потому нельзя было вдаваться в подробный разбор различных мнений. Но и специалист-геолог найдет в книге несколько новых взглядов и последовательную разработку тех теорий, которые раньше высказывались лишь в общих чертах.

Что касается иллюстраций, то они сделаны при участии выдающихся сил. Пользуюсь случаем, чтобы выразить благодарность талантливым художникам за их рисунки. Некоторые из хромолитографий заимствованы из трудов Геологического Комитета в Вашингтоне, для других послужили основанием географические картины Гольцеля, остальные оригинальны.

*Вена, лето 1886 г.*

**Мельхиор Неймайр**

# Предисловие ко второму изданию

Никогда еще популярная, но строго научная книга не имела такого успеха, как «История Земли» Неймайра: с полным правом она считается украшением европейской естественно-исторической литературы. На меня возложена почетная задача выпустить второе издание этого классического сочинения; приступая к ее исполнению, я старался удержать все, что не устарело, и ввести новый материал в рамки, указанные автором; этого требовало чувство глубокого уважения к памяти Неймайра, так безвременно утраченного наукой. Да и успех первого издания указывает на внутренние достоинства книги и на правильность избранного плана.

Но по мере хода новых исследований все более и более чувствовалась необходимость существенных изменений. Неймайр не ограничивается изложением вполне установленных фактов; во всех вопросах, которые только поддаются элементарному изложению, он представляет читателю последнее слово науки и намечает возможные задачи дальнейших исследований. Таким образом все открытые, еще нерешенные вопросы получают всестороннее, лишенное предубеждений освещение, и образованные читатели приобретают возможность составить о них свое суждение; с другой стороны, широкие обобщения автора представляют глубокий интерес и для специалистов.

Со времени появления первого издания многое изменилось: во всех странах необычайно развились геологические исследования: некоторые спорные вопросы удовлетворительно решились, на их место выдвинулось много новых, некоторые представились в другом, совершенно неожиданном освещении, и многие из воззрений, которые легли в основу этого труда, существенно изменились. Нельзя не указать, что «История Земли», благодаря широкой точке зрения ее автора, немало способствовала этому блестящему развитию нашей науки.

При таких условиях многие из основных положений книги должны были устареть; мне представлялось два пути: или оставить все, как было, отказаться от всякой попытки изложить важнейшие вопросы в современном освещении и лишить «Историю Земли» главной ее прелести, или же сохранить характер сочинения, переработать его, где нужно, и таким образом поставить его на ту же научную высоту, на которой оно стояло при первом своем появлении. Первый путь представлялся мне, безусловно, невозможным, так как он вел к умалению достоинств вверенного мне сочинения. Я должен был решиться на второе, хотя мне, как ученику Неймайра, тяжело было налагать руку на его труд и делать значительные изменения.

Существенной нереработке подвергнута глава об образовании гор. Это вызвано появлением книги *Зюсса* «Antlitz der Erde» и других весьма важных сочинений по тому же вопросу.

Везде, где идет дело о собственных исследованиях Неймайра, там счел я своим священным долгом удержать текст первого издания почти без изменений.

В заключение я должен выразить глубокую благодарность издателю, который не только согласился на увеличение объема первого тома и украсил книгу многими новыми рисунками, но и вообще отнесся к изданию с большим вниманием.

*Прага, Новый год, 1895.*

**Виктор Улиг**

# Общая геология

# История
# и основные понятия геологии

Сущность и задачи геологии.— История геологии.— Некоторые основные понятия геологии.— Условия залегания.

## Предмет геологии

Около ста лет назад Фрейбергская горная академия в Саксонии переживала замечательный момент: со всех цивилизованных стран стекались туда даровитые молодые люди послушать лекции Вернера, излагавшего науку, о которой до тех пор не говорилось ни с одной кафедры. Он читал о горных породах, составляющих земную кору, об их происхождении, свойствах, характере залегания и о тех изменениях, которым они подлежат; словом, предметом чтений Вернера была *геогнозия*, как ее называли тогда, или *геология*, как ее называют теперь. Уже и раньше предмет этот обращал на себя внимаиие иекоторых замечательных людей, но их труды были разрозиены и имели мало влияния, господствующие взгляды были лишеиы точных экспериментальных оснований, факты не обобщепы. Вернер — отец геологии: он дал ей стройиую систему и прочиое осиование, он создал школу, и его имя и учение распространиились всюду, где только есть люди, интересующиеся естествознанием.

Новая наука развивалась в полной зависимости от горного дела и минералогии и вначале была только их ветвью, или, в лучшем случае, вспомогательной наукой, без всяких прав на самостоятельное существование. И много прошло времени, прежде чем такой взгляд на геологию исчез и прежде чем были разбиты предрассудки, мешавшие оценить иовое направление. Между тем из геологии выделилась еще ветвь естественно-научного знания, которая точно также очень долго играла нодчиненную роль; это учение о растениях и животных, иаселявших землю в минувшие периоды, *палеонтология*, как ее называют; Кювье и Броиьяр были для нее тем же, чем Вернер для геологии.

В короткое время своего существования обе науки развиваются с необычайной быстротой и блеском и выставляют целый ряд выдающихся исследователей. С тех пор ненрерывно стекаются новые ценные факты и наблюдения со всех стран света, и накоплеиие их идет так быстро, что опережает теоретическое развитне наук.

Эпоха эта слишком далека от нас, и успехи наши весьма значительны, но тесная связь между геологией и палеонтологией, существовавшая вначале, сохранилась до сих пор, и в большинстве случаев одно и то же лицо стремится охватить обе науки или, по крайней мере, части обеих. Это кажется на первый взгляд странным: геология имеет дело с горными породами, с неорганическими образованиями. Напротив того, палеонтология занимается животным и растительным миром минувших периодов, словом, организмами, живыми существами: она примыкает к биологическим наукам — к зоологии и ботанике. И если связь между геологией и палеонтологией остается тем не менее тесной, то причина этого кроется в самой сущности обеих наук: общность задач связывает их в одно целое и противопоставляет всем остальным описательным отделам естествознания: геология не только занимается изучением свойств и характера залегания горных пород, она говорит также об их происхождении, напластовании и о тех изменениях, которые с ними происходят. Точно также и палеонтология не только изучает формы и строение вымерших организмов, но и показывает, как в течение долгих промежутков времени различные флоры и фауны сменяли на земле друг друга, в какой связи находятся они между собой и с современным животным и растительным миром. Словом, и палеонтология, и геология — науки исторические, и их задача — представить *историю земли*. В этой-то общности задач и кроется причина их связи и того необычайно большого значения, которое имеют они для развития всего естествознания. Современное естествознание уже не носит исключительно описательного характера: важнейшим предметом его исследования является вопрос о происхождении тел. Оно выясняет не только, каковы вещи теперь, но и каковы они были. При таком генетическом направлении науки и при ее тяготении к историческим воззрениям, которые всюду сделались господствующими, само собой становится понятным, как глубоко должно быть влияние геологии и палеонтологии на все важнейшие вопросы естествознания: только при их помощи другие естественные науки могут разрешить вполне свои главные задачи.

На нашей земле нет явлений и предметов для исследования и нет задач более значительных и важных, чем те, которые занимают геологов. Первым среди них является вопрос о том, как возникла наша планета и каким процессам обязана она своим самостоятельным существованием среди солнечной системы. Конечно, чисто геологическим методом нельзя прийти к удовлетворительному решению этих вопросов; мы должны воспользоваться выводами других наук, именно результатами астрофизики.

Ближайший предмет геологии составляет рассмотрение способов происхождения и характера залегания горных пород, т. е. тех твердых масс, которые главным образом и составляют земную кору. Существует два типа горных пород, отличительные черты которых при некотором навыке легко замечаются: образования, которые распадаются на более или менее заметные слои, ограниченные параллельными плоскостями, называются *осадочными горными породами*; породы же, в которых не замечается такого деления на слои, носят название *массивных*. Различие между этими двумя типами резко бросается в глаза на рис. 1, который представляет вид с ника Абайо в штат Колорадо, в Северной Америке. Закругленные вершины массивного трахита резко выделяются среди горизонтально лежащих слоистых пород, и уже при беглом взгляде не трудно заметить, что в образовании данной местности принимали участие два совершенно различных элемента.

Происхождение слоистых горных пород так же отлично от происхождения пород массивных, как различны их форма и расположение. Образование первых происходит перед нашими глазами, когда мы наблюдаем, как различные водовместилища отлагают на своем дне гальки, песок, ил, части организмов, или когда из химического раствора выделяется одна из его частей, как, например, гипс, каменная соль и т. п. Везде, где только находится на земной поверхности вода,— и прежде всего в море,— происходят эти процессы; вблизи берега, посредством накопления ила и песка образуются преимущественно глины, мергели и песчаники; там, где отлагаются раковины двустворчатых или корненожек, или там, где полипы сооружают свои величественные постройки (см. рис. 2—4),— происходит образование известковых пород; это дает право думать, что все огромные залежи мела и известняка в наших горах обязаны своим происхождением исключительно деятельности организмов: самые ничтожные из них производят громаднейшие действия, крошечные скорлупки корненожек, и главным образом глобигерин (см. рис. 5), в громаднейших количествах покрывают бо́льшую часть дна океана, и микроскопическое исследование известковых пород показывает, что то же самое происходило и в минувшие периоды жизни земли.

Осадочные породы, как мы видели, обязаны своим происхождением воде. Массивные же горные породы возникли путем застывания расплавленной огненной массы. Процессы, благодаря которым образовались некогда граниты, порфиры, трахиты, базальты и многие другие родственные им породы, мы можем наблюдать теперь в деятельности огнедышащих гор, которые выносят на поверхность земли расплавленную массу. Наглядным примером таких гор служит в Европе Этна (см. рис. 6). Характер извержений и состав вулканических продуктов дают ключ к пониманию происхождения пород, образовавшихся в ранние периоды истории земли благодаря аналогичным процессам, хотя и при условиях, существенно отличных от тех, которые наблюдаются теперь на земной поверхности. Отчасти это древние лавовые потоки, отчасти заполнения трещин, отчасти продукты глубинных массовых извержений.

Наряду с названными двумя типами горных пород наблюдается еще третий, занимающий между ними среднее положение. Это *кристаллические сланцы*, каковы

гнейс, слюдяной сланец и родственные им породы; с одной стороны, они обнаруживают слоистость и потому как бы примыкают к осадочным образованиям, с другой стороны, минералогический состав заставляет отнести их к массивным породам: история их образования принадлежит к числу труднейших и спорных вопросов геологии.

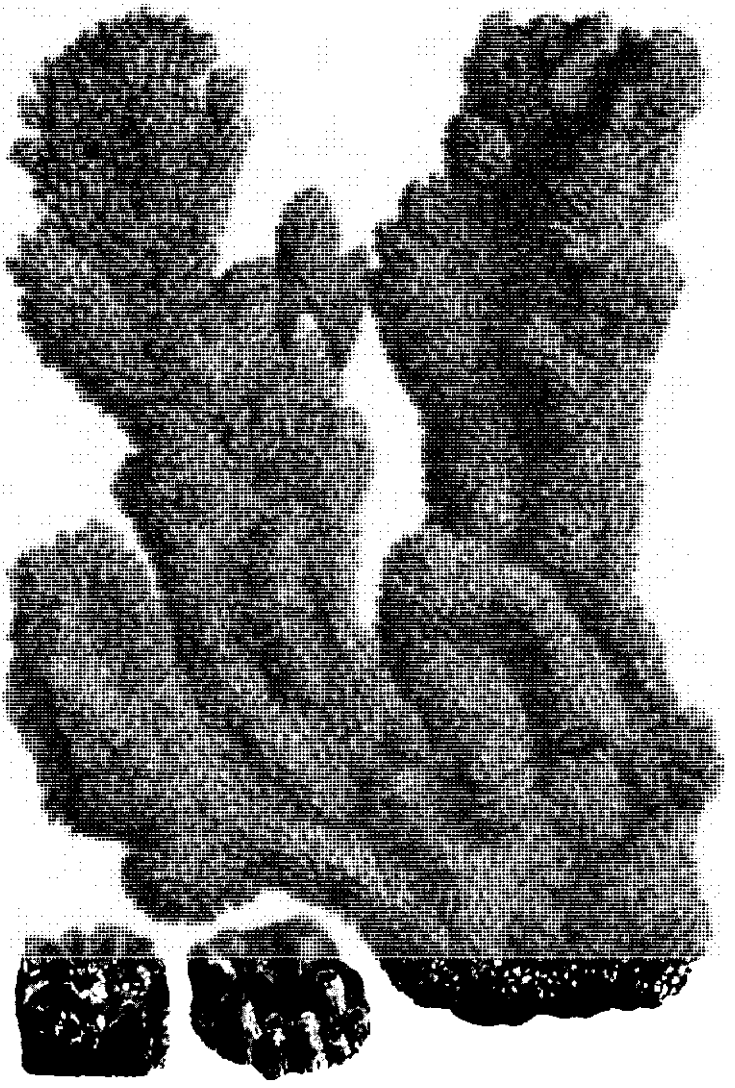


Рис. 2—4. **Рифовый коралл, Madrepora palmata, в естеств. вел.; внизу — ячейки в несколько увеличенном виде** (по Агассису)

Эти три вида горных пород и составляют земную кору. Стоит только обратить внимание на их залегание, и тотчас становится ясным, что по большей части они не сохранили того положения, которое первоначально занимали: оно подверглось существенным изменениям. Особенно это замечается в осадочных породах, которые, соответственно господствующей форме морского дна и всех больших озер, отлагались в большинстве случаев в виде совсем горизонтальных или прибли-

зительно горизонтальных слоев. Между тем известно, что на больших протяжениях земной поверхности пласты не сохранили этого первоначального положения: они или наклонены на известный угол (см. рис. 10), или приняли вертикальное положение, или, наконец, искривлены или изогнуты самым различным образом (рис. 9). Очевидно, что в позднее время происходили массовые дви-

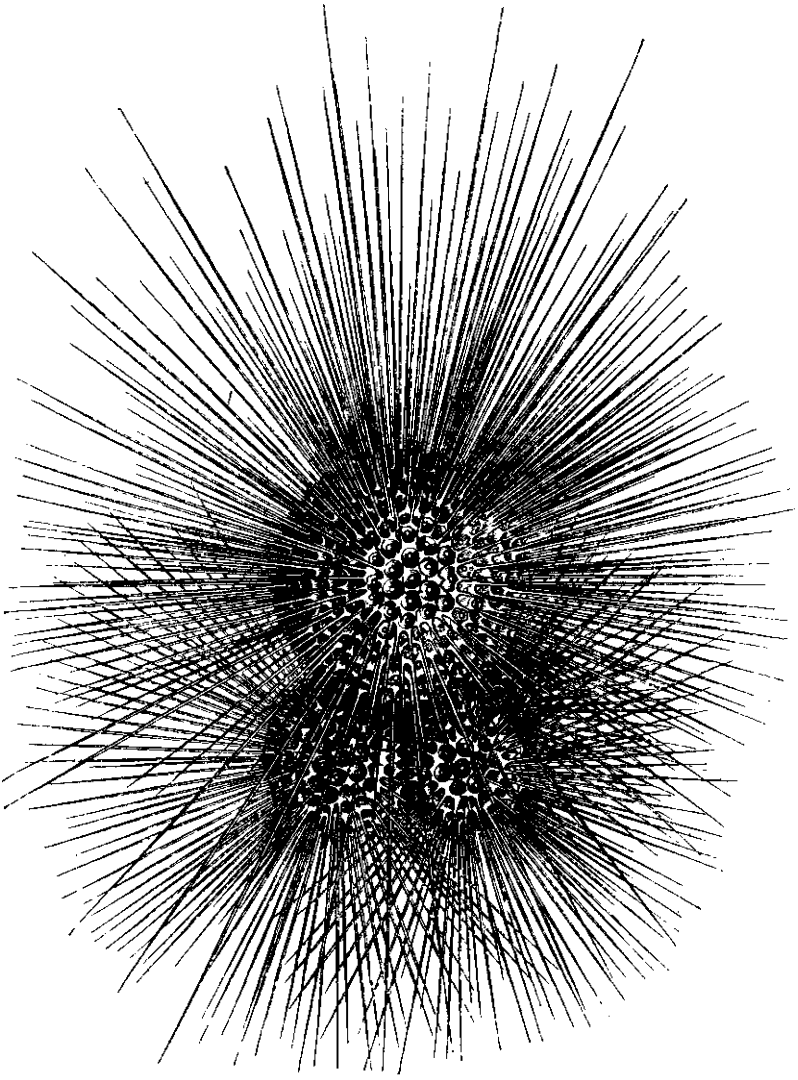


Рис. 5. **Современная глобигерина, при сильном увеличении** (по Томсену)

жения, которые и произвели в большинстве случаев эти нарушения, искривили пласты и приподняли их. Эти массовые движения рассматриваются теперь как следствие сокращения земли при ее охлаждении.

Такие нарушения правильности расположения пластов наблюдаются не в одной какой-нибудь местности: «горообразующие силы» действовали в общих чертах одинаково на значительных протяжениях; этим обусловливается происхождение це-

Рис. 6. **Вид Этны** (по Сарториусу фон Вальтерсгаузену)

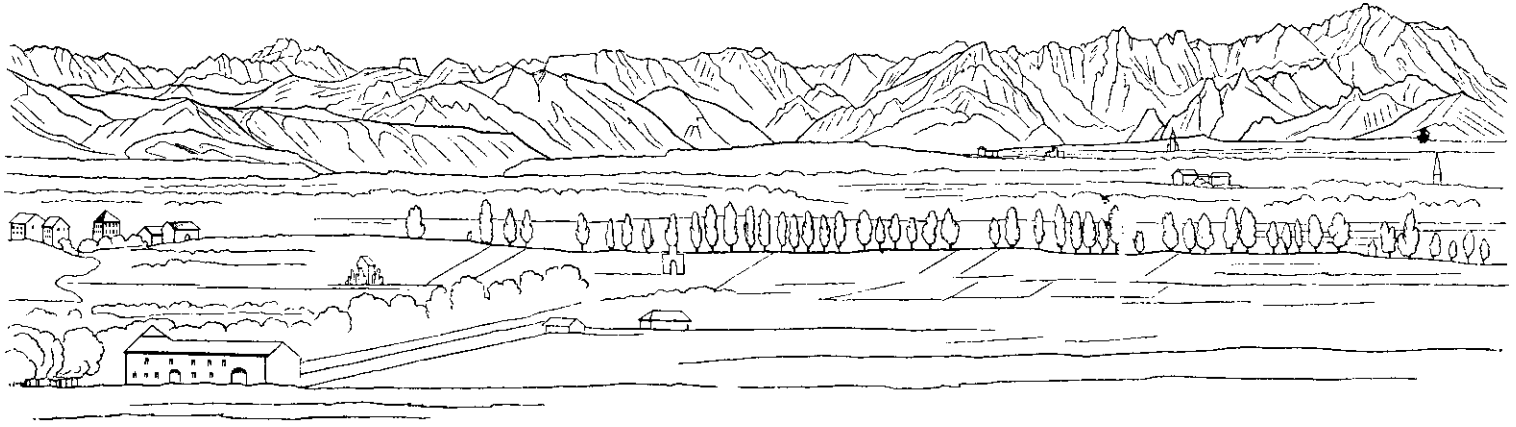


Рис. 7. **Пример складчатых гор. Вид с Мюнхена на горы Карвендель и Веттерштейн** (по Бецольду)

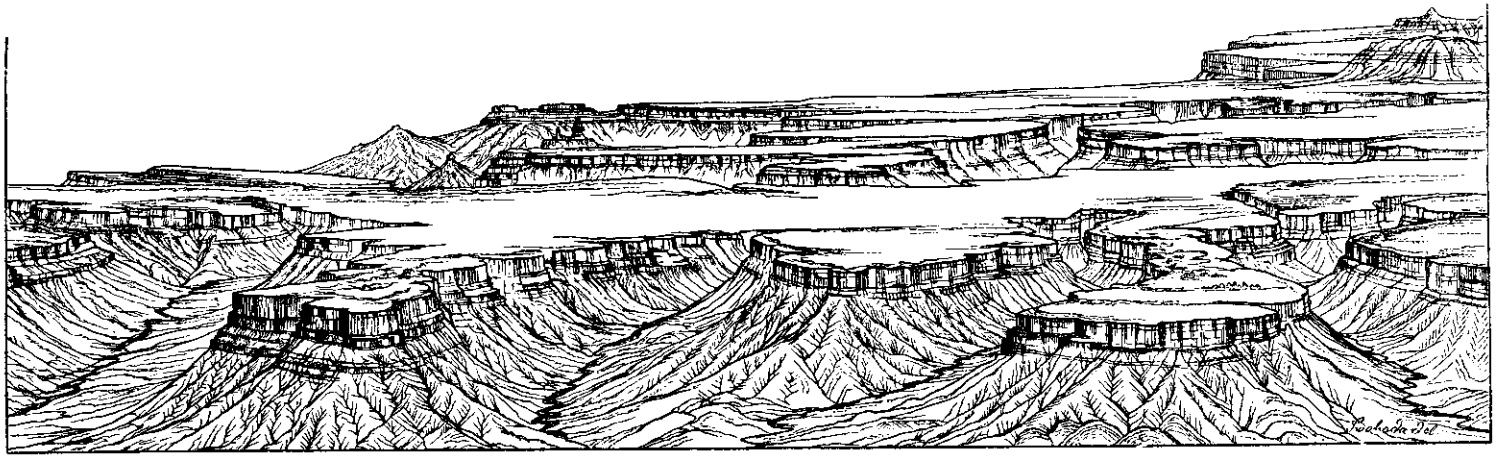


Рис. 8. **Юго-западный край Меза-Верде в Колорадо** (по Гольмсу)

лых *горных систем* однородного строения: в них, независимо от существования некоторых местных второстепенных явлений, можно проследить одинаковое расположение господствующих *тектонических* линий.

Отсюда вытекают особенности двух типов гор, резко отличающихся друг от друга, по крайней мере, в своих наиболее характерных представителях: именно — складчатых гор (горных цепей) и массивных гор. Первый из этих типов, к которому относятся, например, Альпы, Карпаты, Апеннины, Пиренеи, Кавказские, Гималайские горы, Анды, характеризуется явственно выраженным линейным расположением: протяжение в длину преобладает над развитием в ширину, в некоторых случаях вершины располагаются длинными цепями и всегда образуют резко выступающие гребни (см. рис. 7). Все типичные представители этой

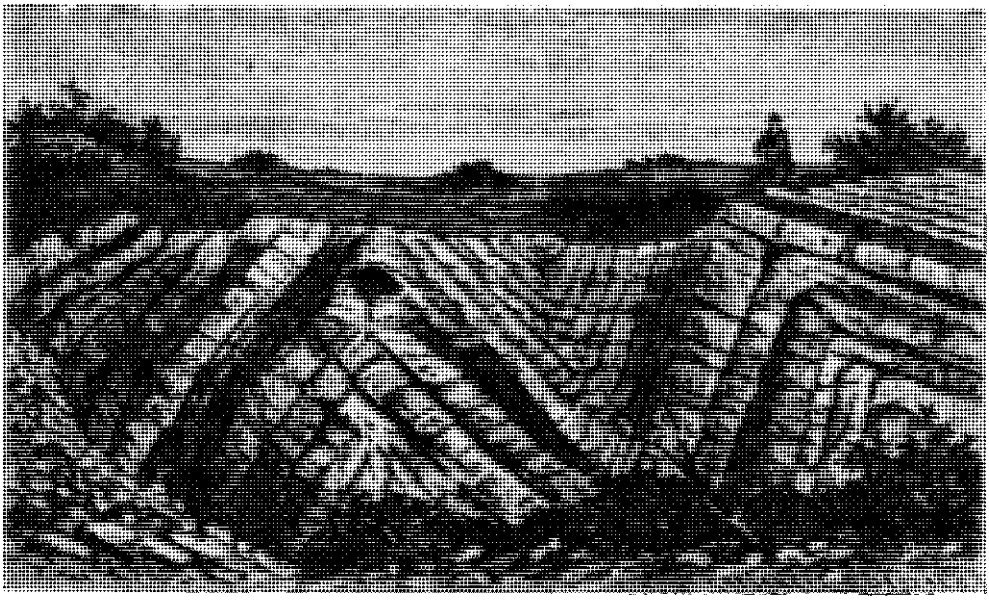


Рис. 9. **Изогнутые слои известняка** (по Грину)

группы образовались, по-видимому, недавно, т.е. движения, произведшие складки, происходили в сравнительно поздний период жизни земли. В этом и кроется причина резко выраженного развития вершин: разрушительные силы не успели сгладить их.

Напротив того, массивные горы, к числу которых относится Богемский лес, Шварцвальд, Вогезы и др., не обнаруживают ясно выраженного линейного расположения: в них не замечается ни преобладающего развития в длину, ни резко выступающих цепей, хотя в напластовании и группировке пород линейное расположение может быть и выражено. Эти горы характеризуются низкими вершинами с округленными отлогими формами. Геологический возраст их велик: много времени протекло с момента их возникновения: перед нами только остатки, только развалины прежних величественных гор.

Другим проявлением тех сил, которыми обусловливается возникновение гор, служит образование глубоких трещин, или так называемых сбросов и сдвигов;

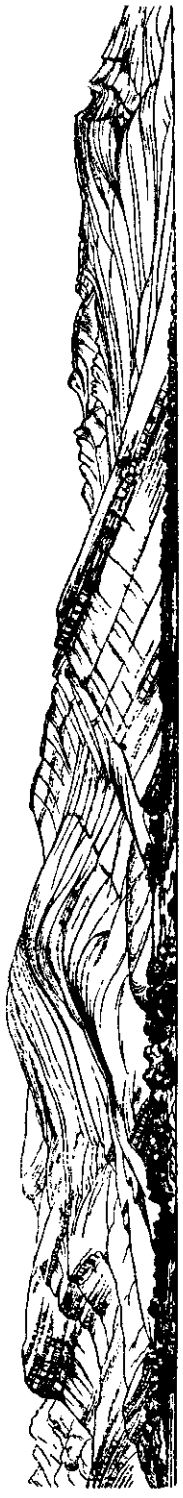


Рис. 10. Группа холмов в Колорадо, образованная слабонаклоненными пластами; вид с Врэйса (по Гайдену)

трещины эти сопровождаются перемещением располагающихся по обеим сторонам их масс. Иногда трещины и наблюдаемые возле них перемещения горных пород незначительны, иногда же они простираются на огромные расстояиия: большие массы земной коры опускаются, и образующиеся углубления заполняются водой. Так, например, весьма вероятно, что Красное море образовалось на месте такой впадины.

Спутниками описанных процессов, т. е. образования гор и опускания земной коры по линиям сбросов, являются землетрясения и вулканы, месторасположение которых примыкает к большим тектоническим линиям. Из вулканов выливается расплавленная лава и выносится на поверхность мелко раздробленный материал, так называемый вулканический пепел; посредством накопления этих продуктов извержений воздвигаются конические горы, часто весьма значительной высоты. Это так называемые *насыпные горы* (см. рис. 11). Там, где несколько вулканов встречаются вместе, могут образоваться целые группы их; конечно, не только способ их происхождения, но и все характеристические свойства существенно отличны от свойств тех гор, которые обязаны своим происхождением сбросам и складкам.

Такие важные явления, как образование горных цепей или оседание целых участков земной коры по линиям трещин, отступают по своему значению на второй план, если мы сравним их с теми великими процессами, которые главным образом и определяют рельеф земной поверхности и которым обязаны своим возникновением материки и моря. Происхождение последних поддается в настоящее время объясиению с большим трудом. В решении этого вопроса

Рис. 11. Группа вулканических куполов в Оверни; вид с Пюи де ля Родд

геологи распадаются на два противоположных лагеря: одни предполагают, что распределение суши и моря в различные геологические периоды подлежало значительным изменениям; другие, напротив того, думают, что, несмотря на существование местных изменений, в общем распределение материков и морей остается постоянным с древнейших времен. В связи с вопросом о распределении суши и воды стоит и другой вопрос: еще не решено, подвержены ли материки медленному подниманию и опусканию, или же те явления, по которым мы заключаем о существовании подобных процессов, как, например, положение древней береговой линии выше современного уровня моря, должны быть приписаны вековым колебаниям моря.

Совсем другой род геологических процессов представляет действие воды на земную поверхность. Деятельность ее прежде всего разрушительная; при содействии колебаний температуры, главным образом мороза, работает она неутомимо над разрушением и размельчением скал. Растворяющая сила воды, увеличивающаяся еще присутствием поглощенной ей углекислоты, действует химически на горные породы и обусловливает их выветривание; каждая капля дождя, падающая на землю, каждый подземный ключ, каждый ручей и река действуют разрушительным образом, и совместная работа их гораздо значительнее работы морских волн, которые, ударяя в берега, также размывают и разрушают их. Эти размывающие процессы (эрозия и денудация, как их называют) принадлежат к числу важнейших геологических деятелей. Нет такой твердой горной породы, которая бы не поддавалась их действию, нет такого горного хребта, который бы противостоял им. Все высочайшие горы земли принадлежат к числу сравнительно недавних геологических образований: вершины гор, образовавшихся в древнейшие периоды, разрушились.

Текущая вода пробивает себе русло в горных породах, как это и можно видеть на примере реки Колорадо (стр. 9); при этом размывание иногда оказывается незначительным, иногда же образуются глубокие долины, каковы, например, знаменитые каньоны в системе реки Колорадо: местами ложе, промытое рекой в очень твердой породе, достигает там глубины до 6000 футов. Часто размывание сопровождается другим весьма важным явлением: по бокам речных долин образуются террасы, которые или соответствуют отдельным периодам всего процесса, или же обязаны своим возникновением существованию в береге прослоек из более твердой и постоянной породы.

Размывание не ограничивается образованием долин; оно разрушает целые системы пластов, и в конце концов остается иногда одна какая-нибудь выделившаяся своим постоянством часть системы в виде одиноко стоящего столба. В незначительных размерах подобное явление наблюдается в Саксонской и Богемской Швейцарии, и выражается образованием общеизвестных и тем не менее поразительных скал (рис. 12). Но то же самое повторяется и в значительных размерах. Так, например, в Альпах у Шлудербаха, в Тироле, так называемые *Три Зуба* (см. рис. на особом листе) представляют в своих трех фантастически высоких пирамидах остаток целой системы, некогда занимавшей всю местность. Если в главнейших чертах рельеф земной поверхности определяется горообразующими процессами, то во всяком случае подробности его являются ре-

зультатом размывающей деятельности воды: в течение нескольких миллионов лет она сравняла бы все континенты с поверхностью моря, если бы, с другой стороны, разрушенное не восстанавливалось также непрерывно.

Не только текущая вода, но и лед является одним из деятелей разрушения. Глетчеры, спускающиеся с горных высот в долины, а также и материковый лед полярных стран разрушают горные породы, на которых они лежат; в глубине своей массы ледники несут обломки скал и отлагают их в так называемых моренах. Однако относительно той роли, которую играет в истории земли дея-

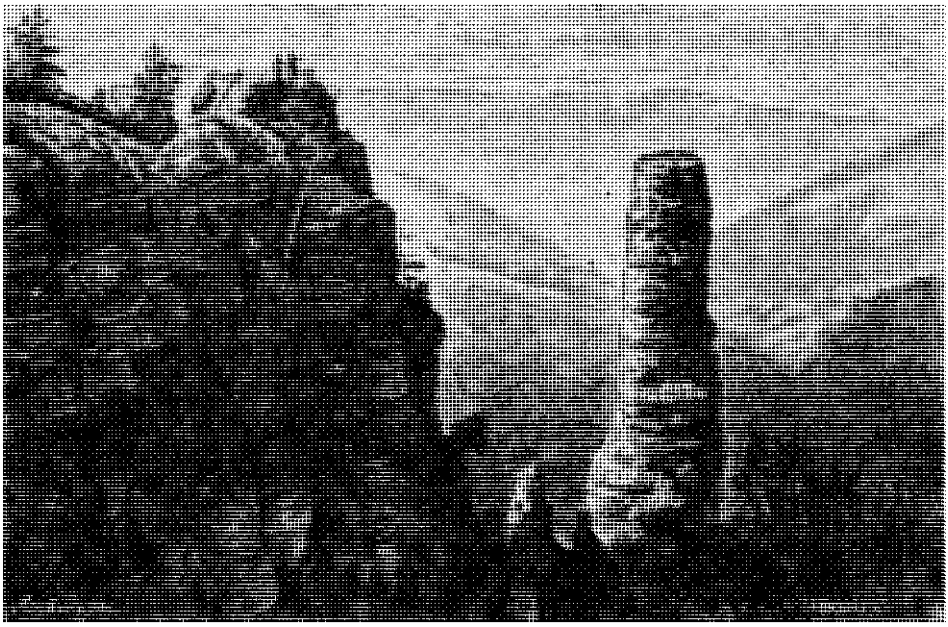


Рис 12. **Столб песчаника в Саксонской Швейцарии** (с фотографии)

тельность льда, мнения расходятся. Во всяком случае он принадлежит к числу интереснейших деятелей геологических изменений.

Слоистые горные породы отлагались под водой и погребали в своей массе остатки животных и растений, которые там обитали или были туда занесены. Если эти организмы оказывались способными к сохранению, то теперь мы находим их остатки, называемые *окаменелостями*; изучение последних и составляет предмет палеонтологии. Исследование их во многих отношениях оказывается трудным вследствие того, что все мягкие части их бесследно исчезли. Тем не менее удалось показать, что в минувшие эпохи землю населяло огромное количество вымерших форм. Некоторые из них находятся в близкой родственной связи с современными, другие обладали своеобразной организацией. Путем сравнения их с близкими к ним типами нашей фауны и флоры оказалось возможным с доста-

точной точностью восстановить строение большинства из них. Изучая последовательность осадков, а также находящиеся в них окаменелости, и сравнивая представителей разных местностей между собой, мы приходим к заключению, что в этом отношении существует строгая закономерность. Таким путем и удалось разбить историю земли на большие и меньшие периоды и установить совершенную хронологию, выяснение которой и является нредметом исторической геологии.

Рассмотренные до сих пор отделы геологии исследуют строение земной коры, изучают процессы, образовавшие ее, и материалы, из которых она сложена. Особая ветвь нашей науки, так называемая топографическая геология, изучает строение отдельных местпостей и гор. Сделано в этом направлении много, но тем не менее только незначительные участки материков изучены настолько, что об их строении мы можем высказать вполне определенное суждение, большая же часть земной поверхности или совсем неизвестпа с этой сторопы, или же исследована только поверхностно.

Мы выяснили вкратце содержание геологни, насколько дело касается теоретической стороны предмета. Значение геологии расширяется, если принять в расчет многочисленные применения ее к практической жизни. Учепие о месторождениях полезных ископаемых, каковы, например, каменный уголь, нефть, различные руды, сера, гипс, фосфориты, строительные камни, мергель, известь и песок, составляет часть геологии. Ни одно из лиц, посвятивших себя горному делу, не может обойтись без точного знакомства с нашей паукой. Целесообразная разработка тех или иных залежей не может быть нредпринята прежде, чем геологи не выскажут своего мнения о вероятной ценности эксплуатируемых копей. Ипженеры, занимающиеся постройкой железных дорог и каналов, не могут обойтись без знакомства с геологическим характером местности, даже для определения направления дороги, в большинстве случаев последний имеет решающее значение. Все вопросы водоснабжения и отыскания подземных источников опираются на геологию; в сельскохозяйственном деле паша наука также не лишена зиачения: она служит осповапием почвоведения.

Мы видим таким образом, что геология, а вместе с ней и палеонтология имеют бесчисленные применения к практической жизни. Этому обстоятельству и обязаны обе науки своим широким распространением. Люди горного дела, инженеры и многие другие лица своими наблюдеииями и коллекциями немало способствовали обогащению науки фактами и ее теоретическому развитию; но, кроме того, убеждение в практической полезности геологии нобудило большинство цивилизованных стран отпускать значительные денежные средства для производства исследований; ученые получили возможность вести свои иаблюдения в больших размерах.

## История геологии

Геология и палеонтология занимаются явлениями, которые происходят вокруг нас и на наших глазах; достойио удивления, что эти важные науки так поздно сделались предметом серьезного изучения. Значительная часть вины падает на нетерпимость средних веков: каждая понытка выступить с возражениями против

традиций требовала огромного мужества, и многие исследователи за независимость своих мнений платились жизнью и гибли на кострах. Но этого факта еще недостаточно, чтобы объяснить запоздалое развитие наших наук. В древности сведения по этому предмету были тоже незначительны, и говоря о постепенном развитии геологии и палеонтологии, мы можем даже совершенно пренебречь воззрениями античного мира. Конечно, в истории науки греков и римлян имеют значение даже всякие следы геологического знания, но если требуется показать, когда более или менее укрепилось современное воззрение на предмет и под влиянием каких обстоятельств, то из истории древних придется привести только немногое, да и это немногое оказывало на последующее развитие науки только тормозящее влияние.

С большой вероятностью можно допустить, что познания древних в геологии были вовсе не так малы, как это нам кажется по сохранившимся естественнонаучным сочинениям. Надо думать, что при уничтожении древней литературы было спасено очень немногое из того, что касается нашего предмета. Еврейские и египетские легенды о сотворении мира заключают в себе немало положительных сведений: они могли возникнуть только у такого народа, который наблюдал природу и делал выводы из своих наблюдений; известные места из Геродота, в которых он говорит о том, как египтяне объясняли нильские наносы, показывают, что этот замечательный народ в своих геологических познаниях ушел несравненно далее других народов древности. Очень может быть, что многие из истлевших свертков папируса, которые еще до сих пор не прочитаны, заключают в себе такие же неожиданные и интересные сведения по нашей науке, какими обязаны им многие другие области знания. Впрочем, на дальнейшее развитие геологии исследования египтян имели только посредствующее влияние, именно постольку, поскольку они отразились на воззрениях евреев, греков и римлян.

В настоящее время почти все уверены, что те немногие геологические представления, которые мы встречаем у римлян и греков, возникли под влиянием культурных народов, населявших долины Евфрата и Нила. Такой именно характер носит учение полумифического Пифагора и его знаменитой школы. Он утверждал, что внешний вид земли непрерывно изменяется, что в одних местах суша опускается в море, а в других выдвигается из него, что вулканы периодически находятся в состоянии покоя и деятельности и т. д.

Другие делали подобные же заключения о распределении суши и воды по находимым тут и там окаменелостям. Правильные догадки и самые невероятные представления о свойствах земли и изменениях, которым она подлежит, перемешаны у древних. Следы того удивительного духа пытливости, который сделал греков учителями в других областях знания, мы находим и здесь, но недостаток систематических наблюдений лишает значения их геологические догадки. Замечательно, что среди греческих мыслителей мы находим двух предшественников учения Дарвина. *Анаксимандр*, родившийся в 610 году до Р. Х., учил, что человек происходит от других видов животных: среди всех живых существ только он один с трудом добывает средства к существованию, а потому неминуемо должен был бы погибнуть, если бы он с самого начала был таким же, каков теперь. Анаксимандр предполагает, что человек произошел от рыб или от других подобных им водяных животных. К сожалению, мы не имеем более точных сведений об учении этого философа: его сочинения потеряны, и то,

что приведено выше, извлечено из случайной цитаты одного компилятора более поздней эпохи.

Еще замечательнее взгляды величайшего естествоиспытателя древности, *Аристотеля*, который предугадывал основной принцип теории Дарвина, учение об естественном подборе. Он говорит, что различные явления совершаются в природе вовсе не для того, чтобы осуществить известную, заранее намеченную цель: дождь идет не для того, чтобы взрастить зерно, и не для того, чтобы его погубить во время молотьбы под открытым небом; отдельные части организмов не для того образовались, чтобы осуществить известные жизненные цели: одни из них при своем возникиовении были целесообразны, другие — нецелесообразны; только те сохранились, которые обладали первым свойством, другие же исчезли или продолжают исчезать. Кроме того, мы находим у Аристотеля глубокое понимание некоторых геологических явленнй. Он рассказывает о высохших озерах, о ежегодиом росте наносов в иильской дельте и говорит о подниманиях и измеиениях земли, которые совершаются так медленно, что результаты их пе могут быть подмечены человеком в течение его жизни. Но стагирский естествоиспытатель не был одииаково счастлив во всех своих догадках, и что касается окамеиелостей, то ои высказывает мепее правдоподобные взгляды, чем его предшественники. Между прочим он замечает, что окаменелые рыбы, находимые близ Гераклей в Малой Азии, могли образоваться из *икры*, оставленной живущими в озере рыбами. Но одии случайно ошибочный взгляд ие может помрачить славы великого человека. Он пе ответственен за то, что подобные идеи были охотно схвачены в позднейшие эпохи и варьировались всеми возможными и невозможпыми способами. Представления Аристотеля о происхождении окаменелостей оказали паиболее сильное влияние на средневековые воззрения и послужили основанием трудно искоренимых заблуждений: они продержались более тысячи лет и нашли приверженцев даже средн геологов иашего времени.

После великого переселения народов паучная деятельпость возродилась, но она долго ограничивалась изучением того, что осталось в наследство от древнего мира: на первом плане стояла Библия и сочинепия Аристотеля. Из этих двух источников черпались все геологические и палеонтологические сведения; свободному исследованию не было места: из Библии готовым бралось представление о сотворении мира в семь дпей и о Ноевом потопе; Аристотель же учил, что окамеиелости не составляют остатков вымерших животных: они образовались в горной породе путем каких-то непонятных процессов; это — «игра природы».

Последиее представление мы находим уже в XI в. у арабского врача и естествоиспытателя *Ибн Сины* (Авицены); в своем сочинении о классификации и образовании камней ои допускает, что окамепелости образовались в земле действием особой пластической силы. В XIII столетии, во времена *Альберта Великого*, это мнение приобрело на западе много сторонников; окаменелости рассматривали отчасти как игру природы, отчасти в нпх видели первые попытки творения: прежде, чем приступить к созданию живых существ, природа творила их мертвые прототипы. *Фаллопий* считал ископаемые зубы мамонта и черепки посуды доисторического человека, находимые в Монте Тестачьо, близ Рима, земли-стыми конкрециями, а *Агрикола* полагал, что раковины, находимые в горах, образовались из тягучей материи при действии тепло-ты; в окаменелых костях,

отпечатках листьев и рыб он видел остатки прежних животных и растений, отвердевших при посредстве особого каменного сока. Другие приписывали образование окаменелостей влиянию звезд. Еще в прошлом столетии много приверженцев имела теория, которая допускала, что с моря дует особый ветер, вызывающий в горных породах образование «фигурных камней». По крайней мере, такое происхождение приписывал один путешественник развалинам и мраморным статуям города, открытого им в киренейской пустыне Северной Африки.

Невероятно, что подобные воззрения могли так долго продержаться. Но предрассудки коренились слишком глубоко и еще в нынешнем столетии имели своих приверженцев; один известный геолог рассматривал окаменелости, как не рождавшиеся никогда зародыши организмов древнейших периодов. Нетрудно понять,

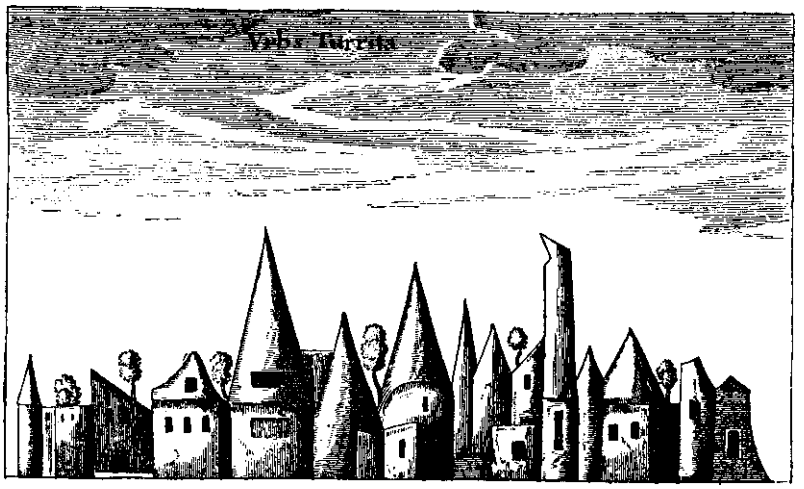


Рис. 13. **Формы выветривания мрамора, представленных Кирхером в виде города с башнями**

как подобные мнения могли возникнуть в ту эпоху, когда не было еще и следов правильных исторических воззрений. В прихотливых узорах агата и мрамора при некоторой фантазии легко увидеть изображения людей, животных, растений, виды и все, что угодно. Это, конечно, не окаменелости существовавших некогда тел; город с башнями (часть так называемых мраморных развалин, см. рис. 13), был, очевидно, случайным образованием, но раз подобные образования казались возможными, то нетрудно было смешать с ними и настоящие окаменелости.

Как ни распространен был взгляд, по которому окаменелости считались просто фигурными камнями, тем не менее он нашел противников. В борьбу с ним вступила школа, которая видела в окаменелостях следы Ноева потопа. Спор по этому вопросу, затянувшийся на целые века, был, кажется, начат неаполитанцем *Александро* в XV столетии; он утверждал, что ископаемые раковины, находимые в Калабрийских горах, занесены сюда потопом. *Орозий* еще в V столетии высказывал подобное воззрение. В ту эпоху теология господствовала над всеми науками, и религиозные вопросы были главнейшими предметами исследования. Естественно, что этот взгляд принимался с охотой и находил большое число

приверженцев. Во всяком случае он имел уже то преимущество перед взглядами, приведенными раньше, что рассматривал окаменелости, как остатки живших некогда организмов — животных и растений.

Теория всемирного потока все более и более утверждалась: в XVI столетии она не играла еще главенствующей роли, но в XVII в. и в начале XVIII в. приобрела громадное количество сторонников, и целый ряд выдающихся исследователей, каковы *Вудвард, Байер, Шейхцер* и др., поддерживали ее. Выступив противником того мнения, которое считало окаменелости игрой природы, Шейхцер пропагандировал свои убеждения с большим жаром и одушевлением. В его сочинении «Piscium querelae et vindiciae» огромная окаменелая щука из Энингенских каменоломен выступает в качестве представителя ископаемых рыб и в длинной латинской речи жалуется на ту страшную несправедливость, жертвой которой сделались вымершие рыбы: ни в чем не повинные, они были уничтожены во время потопа, и теперь их даже не хотят считать тем, чем они были на самом деле, а рассматривают, как минеральные образования. Позднее, когда в Энингене была найдена исполинская саламандра, Шейхцер принял ее за одного из тех нечестивых людей, которые погибли во время потопа, и воспел ее в звучных стихах. «Это редкий памятник проклятого Богом допотопного человека... — говорит он, — можно хорошо видеть очертания лобной кости, края глазничных впадин, отверстия, через которые проходил большой нерв пятой пары, остатки мозга, скуловую кость, следы носа, кусок жевательной мышцы, шестнадцать спинных позвонков и обрывки кожи».

Истлевший прах бедняги-нечестивца,
Смягчи злодейства нынешних времен!

Нельзя не пожалеть, что этот почтенный и выдающийся исследователь, в пылу увлечения, так далеко уклонился от истины. Но среди современников упомянутое сочинение доставило автору огромную известность и отодвинуло на второй план другие выдающиеся труды Шейхцера, в которых он является отцом альпийских исследований. После смерти Шейхцера борьба между представителями обеих школ продолжалась, но победить друг друга им не удалось: под давлением нового, более нравильного взгляда на окаменелости оба направления исчезли и забылись.

В истории науки постоянно повторяется замечательное явление: когда новое воззрение появляется не вследствие накопления новых очевидных фактов, а только потому, что давно известные наблюдения получают правильное объяснение, то ему не приходится вступать в борьбу со старыми идеями и побеждать их силой доводов; оно утверждается само собой: представители старых мнений вымирают, а молодые поколения принимают новую теорию, как очевидную: для полного признания ей требуется только время.

Однако и в ранние периоды нашей науки выдвигались люди, высказывавшие несравненно более правильные взгляды, чем те, которые пропагандировались обеими господствовавшими школами; и всего удивительнее то обстоятельство, что эти люди не принадлежали к числу присяжных ученых: это были просто мыслящие дилетанты; не стесняясь общепринятыми взглядами, они легко могли уберечься от заблуждений и посмотреть на вещи как следует. Известно, что одним из первых высказал нравильное представление об образовании окаменелостей величайший художник *Леонардо да Винчи*: в молодости, руководя прорытием канала, он открыл богатые скопления ископаемых раковин и сделал вывод, что уровень моря

прежде был выше, чем теперь, и что найденные им раковины жили в воде. По присутствию же закругленных галек он заключил, что здесь вливалась в море река, которая и принесла эти камни.

В том же смысле высказался несколько позднее *Фракасторо*, а в 1580 г. парижский фабрикант *Палисси* вызвал целый университет на диспут по вопросу об окаменелостях. Но все эти догадки были более или менее случайны и имели мало влияния: XV и XVI вв. не благоприятствовали их распространению. Даже в XVII в. они не достигли еще общего признания, хотя целый ряд выдающихся исследователей, каковы, например, *Фабио Колонна* и датчанин *Стено*, живший во Флоренции, явились их защитниками и пропагандистами. Только в XVII и XVIII вв. правильные взгляды начинают утверждаться; у всех писателей этого времени заметно стремление ниспровергнуть противоположные мнения; благодаря трудам *Лейбница*, *Спенера*, *Гука*, *Валлиснери*, *Спады* и др., мало-помалу распространяется убеждение, что окаменелости представляют остатки животных и растений, населявших землю в минувшие периоды.

Другие попытки геологических исследований были так же чужды правильной постановки, как и объяснения окаменелостей; существенным препятствием и здесь являлись еврейские легенды о происхождении мира: большинство находилось под непосредственным влиянием их неоспоримого авторитета, другие же опасались тех роковых последствий, которые грозили всякому, кто дерзнет выступить против них. В течение многих тысячелетий эта точка зрения оказывалась преобладающей, и только путем тяжелой борьбы удалось геологии завоевать себе независимое положение. Впрочем, и в настоящее время весьма распространен взгляд, что всякое разногласие между буквой предания и свободным исследованием представляет печальное явление: поэтому многие еще смотрят на геологию, как на опасную и стоящую на ложном пути науку.

Трудно понять такое отношение к делу. Религия не пострадала, когда был установлен факт движения земли около солнца, и убеждения верующих точно так же не поколеблятся, когда в массах будут распространяться правильные геологические воззрения.

Указанные обстоятельства являлись слишком неблагоприятными для развития геологии. Не стоит говорить о тех взглядах, которые долгое время были господствующими: они представляют не более, как убогие пересказы древних легенд. Впервые были высказаны самостоятельные и во многих отношениях правильные воззрения тем самым Стено (1669), который, как это указывалось выше, справедливо объяснял и происхождение окаменелостей. Он обратил внимание на слоистость горных пород и заключил отсюда, что последние осели из воды. Первоначально все пласты были расположены горизонтально, и наклон их вызван позднейшими геологическими процессами вулканического характера. Стено различал озерные и морские осадки, как это, впрочем, делал и до него Фабио Колонна. Изучая характер залегания горных пород, он пытался установить нечто вроде геологической хронологии. Таким путем ему удалось доказать, что Тоскана, изучением которой он занимался, в предыдущие периоды жизни земли два раза была покрыта водой, два раза представляла низменную долину и два раза была горной страной. В частностях, конечно, и у него много ошибок, неверных наблюдений и объяснения; но во всяком случае заслуга этого исследователя в том, что

он сделал попытку поставить объяснения явлений на точную экспериментальную почву и высказал много правильных взглядов. Заслуга эта так велика, что Болонский международный конгресс геологов в 1881 году постановил воздвигнуть над могилой Стено памятник.

Еще выше стоят по своему значению геологические воззрения великого Лейбница (1680), весьма близкие к современному представлению об образовании нашей планеты. По его мнению, земля была первоначально в расплавленном состоянии и только путем медленного остывания превратилась в твердый шар; при этом возникли первые, по большей части стекловатые горные породы; при этом, разумеется, и кварц был принят за стекло. Когда земля достаточно охладилась, вода пала на ее поверхность проливным дождем и образовала моря. Эти моря покрывали сначала всю землю, и в них возникли первые осадочные породы. На месте пустот или пузырей, образовавшихся при остывании земли, произошли обвалы, и вода постепенно заполнила впадины. Таким путем шли непрерывные изменения в течение долгих периодов времени до тех пор, пока не установилось наблюдаемого теперь равновесия.

Совсем иной характер носит удивительная точка зрения иезуита *Афанасия Кирхера*, также занимавшегося вопросом о происхождении земли. Но наряду с этим мы находим у него целый ряд любопытнейших наблюдений и выводов. Заслуживает упоминания, что этот исследователь допускал существование внутри земли так называемых *пирофилакий*, т. е. участков расплавленной массы, питающих вулканы (см. рис. 14). Этот взгляд поразительно близок к тем представлениям, которые имеют в наше время широкое распространение. Точно так же находим мы у Кирхера впервые и другую замечательную мысль, разработанную в нынешнем столетии *Эли де Бомоном*, именно, что горы расположены по известным геометрически правильным линиям. Наконец, этот же исследователь произвел первые наблюдения, показавшие, что земля по мере приближения к ее центру, например в глубоких рудниках, становится теплее. Если присоединить сюда описание великого Калабрийского землетрясения в 1638 году и описание южноитальянских вулканов (последнее, к сожалению, снабжено неестественными рисунками Этны и Везувия), то станет вполне понятным, почему автор сочинения «Mundus subterraneus» должен занять почетное место в геологической литературе XVII столетия.

Из английских исследователей необходимо здесь упомянуть *Гука* (Hooke, 1668) и знаменитого зоолога *Рея* (Ray, 1692); оба эти ученые значительно опередили свое время и высказали поразительно верные идеи, к сожалению, перепутанные с ошибочными представлениями. Они считали возможным по остаткам животных, находимым в последовательных слоях, восстановить историю организмов со времен Адама и до потопа. По форме некоторых ископаемых Гук пришел к заключению, что в древнейшие периоды в Англии господствовал более теплый климат.

Таким образом, и этот отдел нашей науки постепенно развивался. На границе между древним и новым периодом естествознания стоит *Бюффон*. В середине прошлого столетия он явился блестящим защитником лучших идей того времени: опираясь на наблюдения *Геттара* (Guettard), старого геолога с современным направлением, он развивал взгляды, во многих отношениях близкие к нашим, и вполне отрешился от вековых традиций. Этой заслуги не может омрачить даже и то, что он впоследствии изменил свои воззрения.

Развитие новейшей геологии началось с того момента, когда в широких размерах стали производиться такие точные и детальные наблюдения природы, возможность которых в прежнее время даже и не предугадывалась. В старых сочинениях мы находим широкие теоретические сопоставления и рядом с ними единичные экспериментальные данные. В настоящее время перевес на стороне наблюдений. Наряду с французским ученым Геттаром, о котором уже упоминалось,

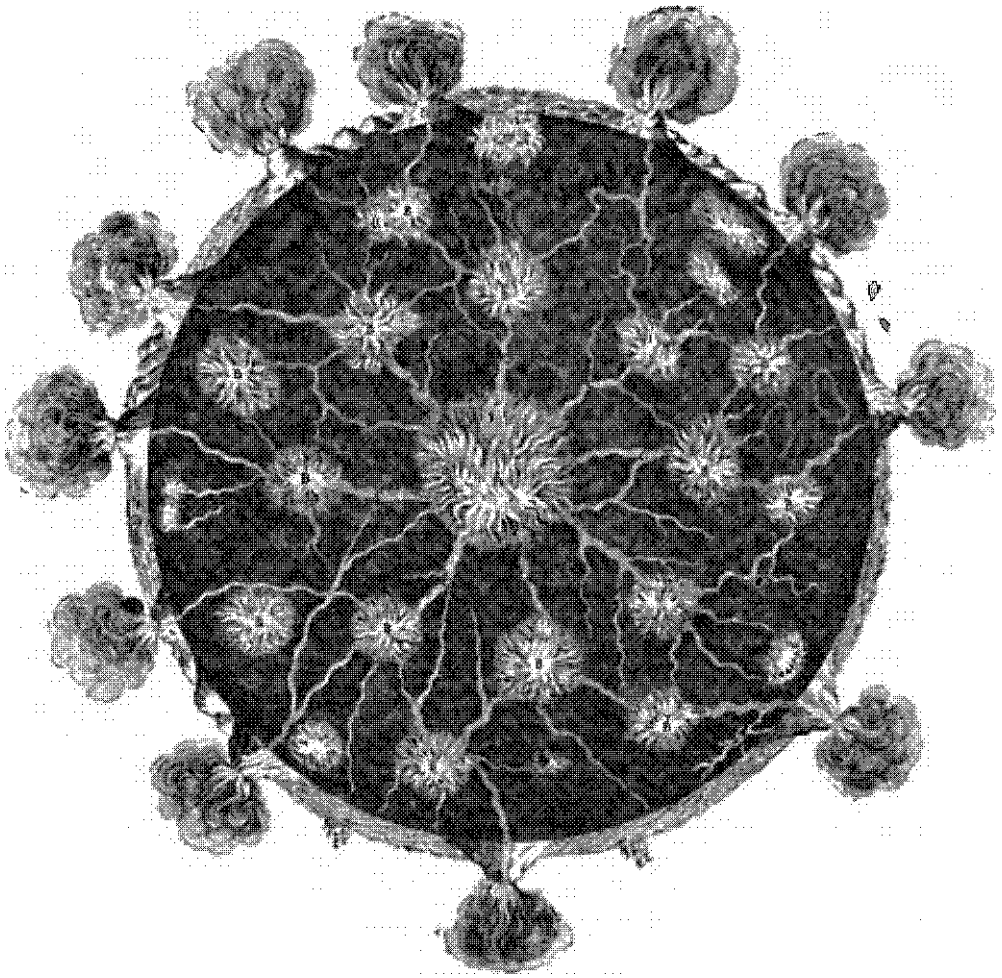


Рис. 14. **Внутренность земли и деятельность вулканов** (по Кирхеру)

здесь следует назвать англичан *Митчеля* и *Пэка* (Раске), авторов первых геологических карт, и итальянца *Ардуино* (1759). Но первое место среди этих исследователей принадлежит немцам: *Леману* (1756) и *Фюкселю* (1762); точные наблюдения их над характером залегания осадочных пород легли в основу современной геологии и составляют их главнейшую заслугу.

Великий человек, который впервые дал научной геологии, или геогнозии, точные основания, упомянут в начале этой главы. Это — знаменитый профессор Фрейбергской горной академии *Готлиб Авраам Вернер*, родившийся 25 сентября

1750 года в Верау на Квисе и умерший 30 июня 1817 года в Дрездене. Школа его распространилась по всему свету, и к числу его учеников принадлежат два замечательнейших исследователя — *Александр Гумбольдт* и *Леопольд фон Бух*.

Вернер был одарен способностями систематизатора и сделал для геологии и минералогии то же, что Линней для зоологии и ботаники; оба они были прекрасными наблюдателями, оба сознавали, чего не достает их наукам для правильного развития, оба создали прочные системы, охватывавшие прежние наблюдения и служившие исходным пунктом для новых. Они установили новую терминологию, указали новые методы исследования и дали толчок к поразительному, можно сказать, чудесному развитию естествознания. Эти ученые господствовали над идеями и фактами своего времени, авторитет их был общепризнан, по крайней мере, до тех пор, пока их силы не стали клониться к упадку. Однако ни тот, ни другой не были одарены способностью глубокого проникновения в причины явлений и тем гениальным полетом мысли, который переходит за пределы непосредственного опыта, опережает идеи современников, предугадывает и предсказывает еще не понятные им истины.

Создав отсутствовавшую до тех пор классификацию минералов, Вернер много способствовал развитию этой науки; затем он направил свои силы на *петрографию* (учение о горных породах) и дал определенное значение терминам, употреблявшимся до тех пор довольно произвольно, каковы: гранит, сиенит, гнейс, базальт; вследствие этого сделалось возможным изучение и сравнение различных местностей. Вернер обратил внимание на слоистые породы и сделал много наблюдений над характером их залегания. Он указал на важность падения и простирания слоев и стал различать согласное и несогласное напластование. Все это не было, безусловно, новостью: многие из таких исследований производились и раньше, но Вернер далеко двинул их вперед и ввел во всеобщее употребление. Наряду с этим он принял заимствованное от Фюкселя делепие всех горных пород, по времени их осаждения, на большие группы, или так называемые «формации»; что же касается его представлений о последовательности напластования, то в этом отношении он немного опередил своих предшественников Лемана и Фюкселя.

Все эти великие заслуги Вернера и дают ему право именоваться отцом геологии. В истории нового направления науки, сделавшего наблюдение своим достоянием, заслуживает внимания то обстоятельство, что в создании господствующей системы не играли роли большие путешествия, так расширяющие кругозор; эта система обязана своим происхождением глубокому изучению одной небольшой местности, Саксонских Рудных гор.

Не так точен был Вернер в своих теоретических выводах. По его мнению, под всеми новейшими образованиями лежат так называемые «первозданные» породы, каковы гранит, гнейс, слюдяной и глинистый сланц, порфир и др., над ними располагаются «слоистые» породы, а еще выше — «наносы». Все эти породы, за исключением первозданных, выделились из воды и образовали ряд горизонтальных или только слабо наклоненных пластов; сильный наклон Вернер рассматривает как исключение, вызванное местными колебаниями. По его мнению, общие и сколько-нибудь значительные нарушения в правильности напластования не возможны; вулканическая деятельность относится только к послед-

нему времени, представляет местное явление и в древнейшие периоды жизни земли не существовала. Поэтому позднейшие изверженные породы третичной системы, и прежде всего базальт, Вернер считал осадочными образованиями: базальт, самая новая из слоистых пород, составлял первоначально общий покров всех материков; постепенно действием разрушительных процессов он был уничтожен, и теперь мы находим в различных странах только отдельные «купола» этой породы. Наконец, последовательность требовала принять, что в различные периоды жизни земли, путем каких-то непонятных процессов, вода в морях опускалась и поднималась и что горы обязаны своим происхождением размывающей деятельности воды.

Таковы в общих чертах взгляды Вернера; характеризовать его учение можно только приблизительно, так как точных данных для этого не имеется. С успехом продвигаясь на почве профессорской деятельности, он не имел расположения к напряженной литературной работе, поэтому напечатано немного статей; они не дают никакого представления о его воззрениях. В нашем суждении об учении Вернера мы можем руководствоваться только опубликованными позже записками одного из его учеников; но уже современники указывали, что пользоваться этим источником нужно с большой осторожностью. Несомненно, что в теоретических воззрениях Вернера содержатся крупные ошибки. В последующие годы, когда геология во многих отношениях впала в другие крайности, эти промахи ставились Вернеру в вину, а некоторые близорукие люди видели в его учении тормаз для дальнейшего развития науки: это было и жестоко, и несправедливо. Конечно, иекоторое упорство Вернера и особенно слепых его последователей в вопросе о базальтах дали повод к бесконечным спорам, на которые безрезультатно тратилось много сил; но это не умаляет нисколько заслуг Вернера: он положил начало научной геологии и поднял ее на такую высоту, о которой до него нельзя было и мечтать.

Одновременно с Вернером, а отчасти и раньше, выступил целый ряд выдающихся людей, которые, приняв в известной степени метод великого геолога, сумели избежать его ошибок и указали на факты, которые не подтверждают воззрений Вернера. Среди этих исследователей прежде всего следует упомянуть *Соссюра*, первого альпийского геолога с новым направлением. Наблюдая в окрестностях Монблана чередование пластов конгломератов с известняками и сланцами и обратив внимание на их вертикальное положение, этот ученый сделал вывод, что здесь в обширных размерах происходили сгибания и разрывы земной коры; явления эти, наблюдаемые и в других местностях Альп, не соответствовали представлениям Вернера о спокойном развитии.

Вопрос о базальтах вызвал всеобщее возбуждение. Взгляды Вернера оспаривались в Германии *Фойгтом*, практиком-геологом, много сделавшим в смысле изучения Тюрингского леса. Спор стал скоро всеобщим, и в разных странах началась борьба учеников и противников Вернера, нептунистов и вулканистов; в конце концов, особенно со времени выступления шотландской школы *Гюттона* (Hutton), вопрос свелся к тому, обязаны ли своим возникновением массивные горные породы,—гнейсы, кристаллические сланцы,—огню или воде.

Гюттон, выступивший со своим учением в конце прошлого столетия (1788), руководствовался изучением так называемых жил, заполняющих тре-

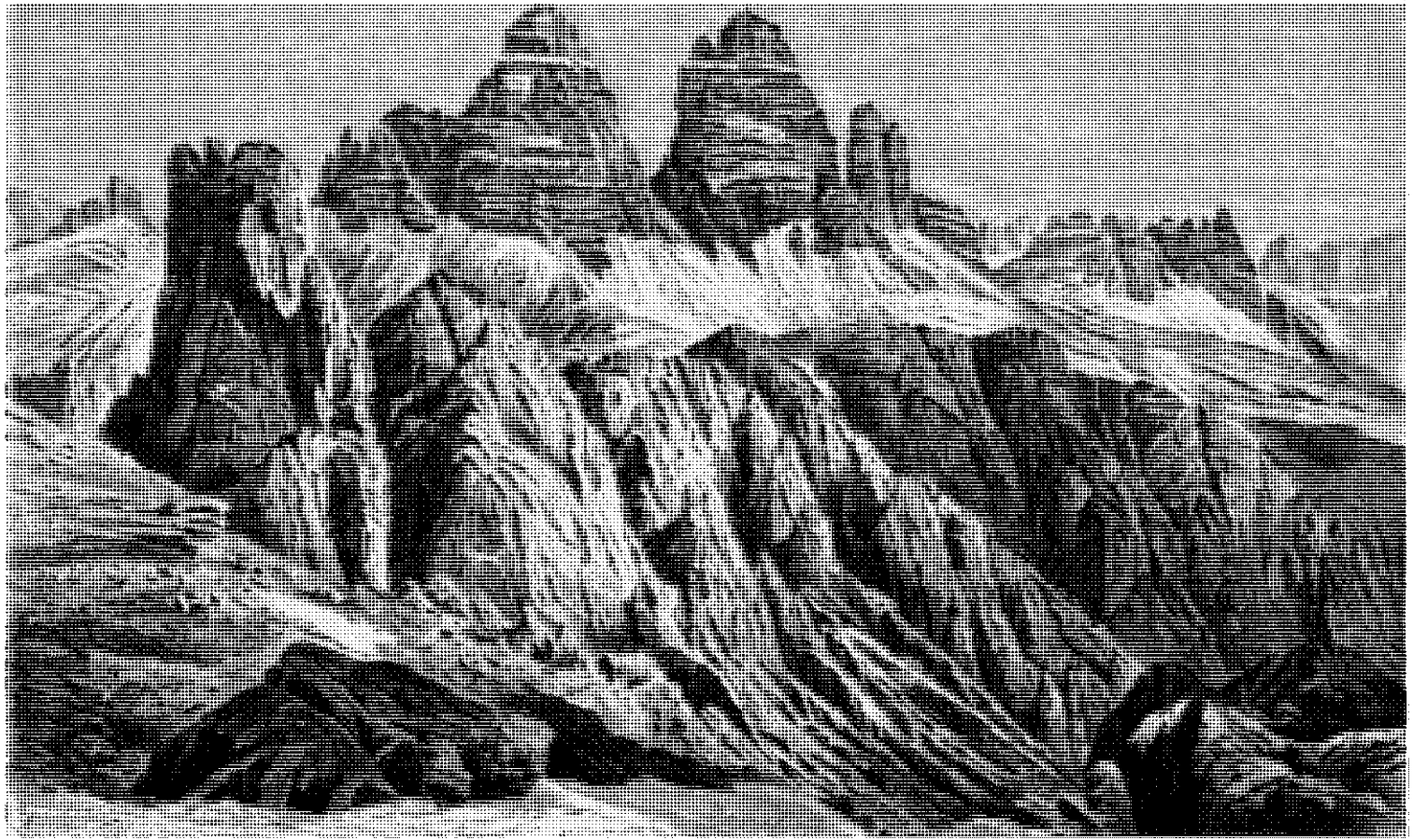
щины различных слоистых и неслоистых пород; происхождение трещин он приписывал разрывам, заполнение же их горной породой рассматривал, как вулканический процесс: по его представлению, во многих случаях вполне правильному, расплавленная масса вливалась в эти щели. Таким образом он рассматривал сначала происхождение базальтов и по тем изменениям, которые наблюдаются в горной породе около жил, делал заключение о действии жара. Скоро он распространил свою теорию на все массивные породы, начиная с гранита, и утверждал, что они представляют застывшую расплавленную массу. Кристаллические сланцы он рассматривал как слоистые породы, измененные действием внутренней теплоты земли. Таким образом, Гюттон является основателем спорного и до сих пор учения о метаморфизме, т. е. о тех изменениях и перекристаллизации горных пород, которые происходят после их образования. В развитии своих взглядов Гюттон пошел весьма далеко и утверждал, что обычные морские осадки превратились только действием земной теплоты в известняк, песчаник, глинистый сланец и т. д. Образование гор Гюттон приписывал поднятием земной коры, которые вызываются действующими снизу вулканическими силами. Особенной заслугой этого исследователя является то, что он впервые дал удовлетворительное представление о громадности промежутков времени, в течение которых совершались изменения земной поверхности.

Сочинения Гюттона написаны неясным и трудно понятным языком. Это могло бы послужить препятствием к распространению его взглядов, если бы *Плейфер* (Playfair), его друг и последователь, не изложил их в ясной форме и не собрал бы многих наблюдений, подтверждающих воззрения Гюттона. Важное значение для этой теории имели знаменитые опыты *Джемса Голля* (James Hall) над плавлением и застыванием горных пород.

Теория Гюттона, поскольку она касается действия внутренней теплоты земли и рассматривает массивные горные породы как продукты застывания расплавленной массы, и выясняет деятельность горообразующих сил, представляет большое преимущество перед воззрениями Вернера. Гюттон впервые подметил существование гранитных жил, и это составляет одно из интереснейших геологических наблюдений. Наконец, все те исследователи, которые стояли на точке зрения плутонического метаморфизма Гюттона и занимались исследованием изменений горных пород под влиянием внутренней теплоты земли, оказали большие услуги учению о метаморфизме вообще. Последнее обстоятельство не признается бесчисленными противниками Гюттона, тем не менее и они согласны, что этот ученый своими идеями способствовал сильному научному возбуждению.

Наряду с верными взглядами, мы находим у Гюттона и его последователей и глубокие заблуждения: преувеличенные представления о значении внутренней теплоты земли, применяемые даже к объяснению осадочных пород, сделали все учение односторонним. Объяснение образования гор посредством вулканических сил тоже не выдерживает критики, хотя и представляет значительный шаг вперед, сравнительно с теориями Вернера.

Тем не менее можно сказать, что учение Гюттона на много десятилетий определило направление геологии. В течение многих лет был спор между «вулканистами» и «нептунистами», последователями Вернера и Гюттона. Спор этот велся с ожесточением и упорством до тех пор, пока, уже после смерти



ТРИ ЗУБА В ТИРОЛЕ БЛИЗ ШЛУДЕРБАХА
*(по фотографии)*

Вернера, огонь не восторжествовал над водой: в это время выдающиеся из учеников «отца геологии», Леопольд фон Бух и Александр Гумбольдт, из уважения к учителю не принимавшие при его жизни участия в спорах, пытались установить изверженный характер базальтов. Путешествие по Италии и наблюдения над потухшими вулканами Франции убеждали их в этом.

Казалось, что борьба двух «враждебных» школ поглотила все интересы геологии. К счастью, нашлись люди, которые, утомившись полемикой, стали заниматься непосредственно наблюдениями природы и подготовили почву для дальнейшего развития науки. Среди таких исследований едва ли не первое место занимает точное определение главнейших особенностей залегания горных пород и подробное изучение осадков, производившееся в разных странах целым рядом выдающихся исследователей. Реакция против спора «вулканистов» и «нептунистов» обнаружилась прежде всего в Англии. В 1807 году здесь было основано и ныне процветающее геологическое общество, оно поставило своей задачей заняться собиранием наблюдений, независимо от разногласия теоретических мнений. Опорой для таких исследований должны были служить работы *Вильяма Смита* (1839), замечательнейшего и почтенного исследователя, занимавшегося изучением осадочных пород.

И Вернер, и Гюттон не обращали внимания на присутствие окаменелостей в различных слоистых породах. Вильям Смит восполнил этот пробел и сообщил новое направление стратиграфии. Смит не был ученым, но обладал дарованием; не предчувствуя значения своих открытий, он из-за своей скромности, вероятно, и не опубликовал бы сделанных им наблюдений, если бы к тому не побудили его друзья. Не имея никаких связей с учеными того времени этот талантливый самоучка сделал предметом своих исследований слоистые породы Англии. Руководя постройкой одного канала, он получил возможность произвести целый ряд наблюдений над породами, содержащими много окаменелостей. Еще молодым человеком, всего лишь двадцати шести лет от роду, Смит пришел к оригинальному заключению. «Все пласты,— говорит он,— последовательно осаждались на дне моря, и каждый из них содержит в себе остатки организмов, которые жили во время его образования; в каждом пласте наблюдаются свои собственные окаменелости, и по ним-то в известных случаях можно установить одновременность образования пород различных местностей». Таким образом удалось ему всю группу английских осадочных пород, начиная от каменноугольной системы и кончая меловой, разложить на известное число отделов, которые в различных местностях земли встречаются с теми же окаменелостями. Сам Смит не был знаком с окаменелостями, но случай свел его с двумя любителями палеонтологии *Ричардсоном* и *Тоунсендсом* (Townsends), которые и обрабатывали собранные им коллекции. В то время Смит вовсе не думал еще об опубликовании добытых им результатов: случайно, за обедом, один из друзей предложил записать установленную последовательность слоев. Смит тут же продиктовал короткую табличку, в которой перечислялись названия двадцати трех последовательных групп, указывалась их мощность, главнейшие окаменелости, свойства составляющих их горных пород и те местности, где производились наблюдения. Таблица не была напечатана, но распространилась в многочисленных рукописных снимках; она оказала громадное влияние на

Рис. 15. Пик Тенериф. В середине кратер с потоками лавы; слева так называемый кратер поднятия

гор действуют вулканические силы. Так как горы часто составлены из массивных пород, обыкновенно не наблюдаемых на поверхности земли, то Бух заключил, что это — изверженные массы, не достигшие поверхности и обнажившиеся впоследствии под влиянием разрушительных процессов. Вместе с этими объяснениями шли важные исследования его над горными системами Германии: Леопольд ф. Бух показал, что они сводятся, главным образом, к четырем направлениям. Во время своего путешествия по Скандинавии он обратил также внимание на следы колебаний морского уровня у берегов этой страны и, подобно Плейферу, пришел к заключению, что материки подвержены вековым колебаниям.

Многие из выводов Леопольда ф. Буха не нашли подтверждения. Против допущения «кратера поднятия» выступили *Пулет Скроп* (Poulett Scrope) и *Ляйэлль* (Lyell) в Англии и *Фридрих Гофман* в Германии. Они показали, что конусы вулканов образуются путем накопления лавы и рыхлого материала, расположившихся наклонными слоями. Точно так же было доказано, что вулканические силы не принимают участия в образовании гор. Несмотря иа это, теория Л. ф. Буха представляла все-таки громадный шаг вперед: впервые дала она цельное изложение вопроса о строении и происхождении гор, рассматривала предмет с широкой точки зрения, выясняла значение главных паправлений кряжей и указывала пути для дальнейших исследований.

Другой раз исследования Буха касаются доломита. Порода эта была известна уже с давних времен, но существование больших залежей ее и участие в образовании гор унускалось до тех пор из вида: доломит обыкновенно смешивали с известняком. Бух впервые показал, что на всем протяжении Альп, во Франконии, Тюрингии и многих других местах, нонадаются мощные массы доломита. От его проницательного взгляда не могли также ускользнуть особенности, существующие в характере залегания, и состав доломита; ему было ясно, что эта порода не могла отложиться нормально, как известняк. Наблюдая в доломитовой области Южного Тироля присутствие изверженных масс авгитового норфира, Леонольд ф. Бух высказал предположение, что нри порфировых извержениях вырывались изнутри земли магнезиальные пары, которые и превратили известняки в доломиты. Вноследствии оказалось, что объяснение это не может быть удержано, но до сих пор не удалось заменить его другим, более точным.

С неменьшим успехом занимался Леопольд ф. Бух стратиграфией. После трудов *Смита*, *Броньяра* и *Кювье* этот отдел геологии развивался необычайно быстро; количество известных систем расширилось, благодаря исследовапиям *Седжвика* и *Мурчисона*, которые занимались изучением древнейших пород, содержащих окаменелости. С другой стороны, путем сравнення осадков разных стран было доказано значительное раснространение отдельных систем и были проведены параллели между однородными отложениями отдаленных местностей. И в этой области Леопольд ф. Бух работал с большим уснехом. Целый ряд важных сочинений, как, напр., о юрских отложениях в Германии, показывает, что и здесь, как и в других областях геологии, он опередил своих современников. Выдающееся место занимает Л. Бух и своими палеонтологическими исследованиями. Если, наконец, мы всномним, что он был автором первой геологической карты Германии и нанисал целый ряд сочинений по метеорологии, географни растений и др. наукам, то получим приблизительное представление о той разносторонней деятельности, на которую едва ли способен другой человек.

Нельзя пе отметить, что наряду с необычайными заслугами у Леопольда Буха встречается и много значительных ошибок. Но если кто-нибудь решится унрекнуть за это исследователя, то он обнаружит непонимание того, что значит быть руководителем стремительно быстрого научного развития и должен будет осудить весь блестящий период пробуждения геологии, первым представителем которого и был Леонольд ф. Бух.

Говоря о Леонольде ф. Бухе, нельзя не вспомнить о близком его друге и товарище по работам *Александре Гумбольдте*; этот великий нутешественник и естествоиспытатель сумел в связном и изящном изложении нредставить все современное ему естествознание, но в области геологии он почти не занимался самостоятельпыми исследованиями, и значение его в нашей науке несравненно меньше, чем Леонольда ф. Буха. Тем не менее исследования А. Гумбольта в Америке и Сибири составляют ценный вклад в геологию и заключают в себе немало важных и плодотворных идей.

Как уже упомянуто, Леонольд ф. Бух ноказал, что в расположении гор Германии можно отметить четыре главных направления. Руководствуясь этим, известный геолог *Эли де Бомон* создал теорию горообразовапия, которая долгое время обращала на себя всеобщее внимание. Эли де Бомон, главной заслугой ко-

торого является геологическая карта Франции, разработанная совместно с *Дюфренуа*, развивал дальше идеи Буха; в некоторых случаях выводы его весьма ценны, в других — ошибочны. Подобно своему немецкому предшественнику, он пытался, насколько позволяли факты, определить направление горных систем всей земли. Занимаясь этим вопросом, Эли де Бомон наработал много фактического материала и уловил много новых законностей; он впервые и не без успеха пытался определить время, в течение которого образовались горы. Метод, примененный им для этой цели, ясен и прост: определяется возраст самого верхнего из тех пластов, которые участвовали в образовании горы. Затем определяется возраст древнейшего из тех осадков, которые лежат у подножия без нарушения правильности их пластов; очевидно, гора выдвинулась в течение того времени, которое прошло между образованием той и другой породы. Введение этого вполне правильного метода оказало большие услуги науке. Но уже первый вывод, сделанный Эли де Бомоном, оказался не совсем верным: нет основания предполагать, что образование гор происходит в один прием. Пользуясь данным им методом, мы не можем определить время, в течение которого совершался процесс, а определяем только начало и конец последнего.

На этом выводе Эли де Бомон построил целый ряд других теорий, которые оказались еще более ошибочными. По его мнению, все параллельные горные хребты образовались одновременно; он даже допускал, что их направления правильны до такой степени, как ребра кристаллов. Представляя себе каждую горную область результатом внезапного поднятия земной коры, Эли де Бомон видел в процессах их образования те катастрофы, которые, по теории Кювье, периодически уничтожали животный и растительный мир. Эта гипотеза долго пользовалась большим вниманием, особенно во Франции, но теперь окончательно отвергнута.

Исследование тех геологических процессов, которые совершаются в настоящее время на наших глазах, сообщило новое направление науке. Что касается вулканов, то в этой области многое было сделано и раньше, но систематическое изучение современных геологических явлений начинается только с *Гоффа* (Hoff) и *Ляйэлля*. Гофф написал обстоятельное и весьма ценное сочинение; в первом томе его мы находим основное положение новейшей геологии, которое гласит, что те процессы, которые мы наблюдаем теперь, совершались и в прежние периоды жизни земли. Еще решительнее выражена эта мысль в знаменитой книге Ляйэлля «Principles of geology»*. Сочинение это, основанное на множестве точных наблюдений в разных странах, стоит значительно выше книги Гоффа и для развития геологии имело огромное значение.

Чтобы оценить эти открытия, нужно вспомнить, что до Ляйэлля изменения земли объяснялись катастрофами и приписывались взрыву каких-то скрытых сил: считались возможными физические и химические процессы, отличные от тех, которые совершаются теперь вокруг нас. Такой характер носила, напр.,

---

* Сочинение это переведено на русский язык: „Основные начала геологии, или Новейшие изменения земли и ее обитателей". Перевод с английского Мина. 2 тома. Москва, 1866. Другое сочинение Ляйэлля, представляющее распространенную четвертую часть „Основных начал" — „Руководство к геологии, или Древние изменения земли и ее обитателей по свидетельству геологических памятников", переведено Н. А. Головкинским с 6-го немецкого издания.— *Примеч. пер.*

теория нереворотов Кювье и система Эли де Бомона. Благодаря работам Ляйэлля, установилось представление о непрерывном и постепенном развитии, и теперь это представление является господствующим. Поэтому все современное направление геологии можно назвать *направлением Гоффа* и *Ляйэлля*, или, ввиду большого значения последнего, просто — направлением Ляйэлля. Нельзя не заметить, что в некоторых своих выводах Ляйэлль зашел слишком далеко. Никто не оспаривает того, что земля была первоначально в расплавленном состоянии, постепенно отвердевала и до сих пор продолжает остывать, но изменения, происходящие на земле, зависят от интенсивности действующих сил, и однообразие, допускаемое Ляйэллем, во всех периодах приводит тоже к ложному представлению.

Среди современных геологических явлений особенно важное значение имеет деятельность ледников. Точные наблюдения над ними показали, что в так называемую ледниковую эпоху, непосредственно предшествовавшую нашей, на земле было значительно холоднее и большая часть Европы была окована льдом. Факт этот, установленный учеными *Шарпантье*, *Агассисом*, *Шимпером*, *Венетцом* и др., имеет для уяснения географического распространения современных животных и растений важное значение. Здесь следует также отметить развитие «физической и химической геологии»: лабораторные исследования доказали возможность предполагаемых в природе процессов, и некоторые из них были воспроизведены даже искусственно. Выдающимся представителем этого направления является *Густав Бишоф*; своими работами он разъяснил целый ряд важных явлений, хотя далеко не все ультранептунические взгляды его могут быть приняты.

Мы заканчиваем наш исторический обзор. Главнейшие результаты, добытые в самое последнее время, сводятся к следующему: появляются геологические карты во всех цивилизованных странах, развивается альпийская геология, в области которой особенно успешно работают *Эшер фон дер Линт* и *Штудер*, геологические исследования распространяются почти на все страны земли, уясняются вопросы стратиграфии, в петрографии вводятся микроскопические исследования и, наконец, под влиянием *учения Дарвина* громадные успехи делает палеонтология.

## Основные понятия геологии

Реки и ручьи несут в своих водах твердые частицы, глину, песок и т. п., и отлагают их на дне морей или озер. Таким путем образуются горные породы, которые, соответственно их постепенному осаждению на плоском дне, располагаются горизонтальными слоями. Так произошли песчаники, глины, глинистые сланцы, мергели, известняки и каменный уголь. Эти породы, ввиду способа их образования, называются *осадочными*, или *слоистыми породами* (Absatzgesteine, Sedimentärgesteine, Flozgesteine, Schichtgesteine). В целом ряде слоев самый нижний образовался раньше остальных, и каждый вышележащий слой является моложе расположенных под ним.

Представим себе, что путем того или иного процесса, будет ли это поднятие суши или опусканне моря, выдвинулся участок морского дна. Немедленно

дождь, мороз, проточная вода и другие природные силы начинают работать над его разрушением. Допустим далее, что ручей или река прорюют себе ложе в поднявшихся из моря породах (см. рис. 16); по бокам образовавшегося русла обнажится целый ряд лежащих друг на друге горизонтальных слоев, и самый нижний из них будет опять самым старым по возрасту.

Внимательно исследуя горные породы, обпаженные по берегам рек, нередко можно найти в иих окамеиелые остатки животных и растеиий, живших в эпоху образования осадков и увлечепных последними. Время образования окаменелостей и того пласта, в котором они находятся, очевидно, одно и то же. Воз-

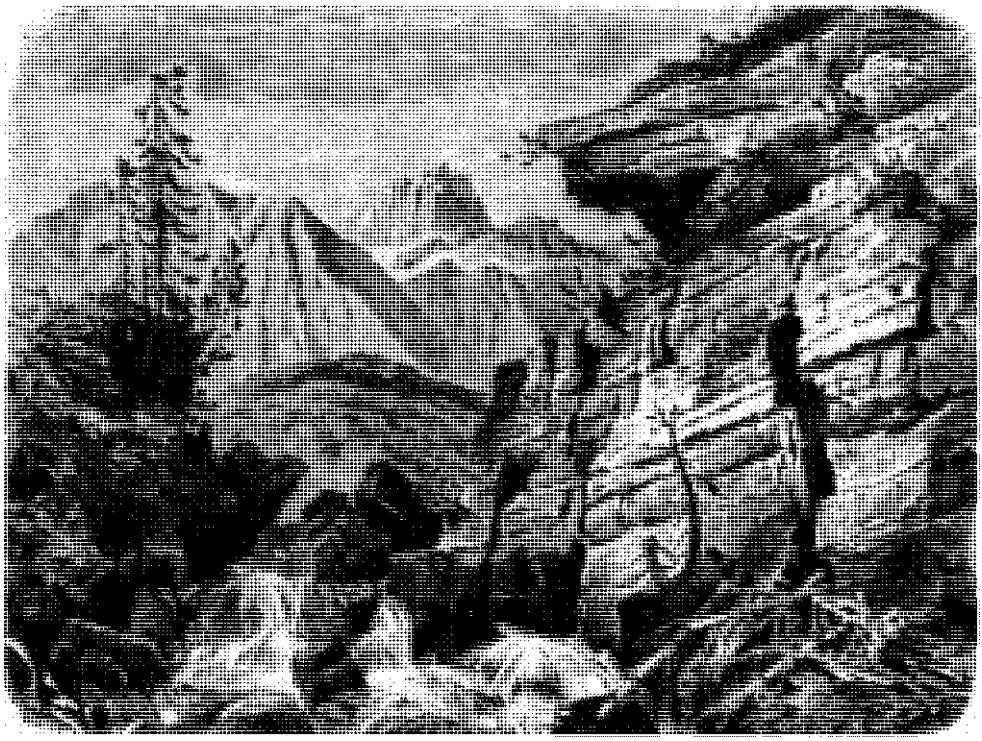


Рис. 16. **Горизонтальные слои, размытые ручьем**

раст же горных пород определяется их последовательным расположением друг па друге; отсюда можно заключить, что окаменелости, находимые в нижних слоях, принадлежат более древним организмам, а те, которые содержатся в пластах, расположенных выше, представляют остатки позднейшего населения земли.

Как ни прост этот факт, его значение до чрезвычайности важно; он дает нам возможпость судить о последовательности появления на земле живых существ и от описания отдельных окаменелостей перейти к связному изложению истории развития органического мира.

Основанием подобиых исследований служит систематическое собирание окаменелостей с указанием последовательности пластов, в которых они паходятся.

Сравнивая такие коллекции, нередко можно подметить, что целые группы слоев содержат одни и те же виды окаменелых животных и растений. Отсюда, естественно, сделать вывод, что в течение того времени, когда образовывались все эти пласты, органический мир не претерпевал существенных изменений. В противном случае, когда в верхних слоях замечаются окаменелости, отличные от нижних, необходимо допустить, что в течение того промежутка времени, который нротек между образованием иижнего и верхнего нласта, флора и фауна изменились. Было ли это измеиение местным, или оно распространялось на весь органический мир, нельзя решить путем изучения только данной местности: необходимо производить наблюдения в возможно большем числе и в разных местностях. Такое сравнительное изучение окаменелостей показывает, что распределение последних в группах осадочных нород далеко не случайно и нодчиняется известным законам: известные остатки животных организмов находятся в определенных пластах, и в большинстве случаев порядок их последовательного ноявления одинаков в разных странах.

Представим себе одну из тех местностей, которые богаты горными нородами, содержащими окаменелости: неренесемся в Швабскую Юру. Мергели, глины и известняки этой местности, с замечательной нследовательностью расположенные друг на друге, содержат много окаменелостей; здесь мы находим, нанример, мергели с многочисленными окаменелыми раковинами аммонитов, каковы Ammonites radians и jurensis. Под этими мергелями располагаются битуминозные сланцы; в них находятся уже другие виды тех же ископаемых, каковы Ammonites communis, heterophyllus и lythensis. Еще ниже лежат слои известняка с Ammonites spinatus, далее следуют глины с Ammonites margaritatus. Исследуя такие нласты на западе и на востоке страны, мы заметим всегда ту же последовательность окаменелостей. Наблюдения над аналогичными осадочными образованиями Северной Германии, Франции и Англии показали, что и здесь встречаются в точно таком же порядке те же виды окаменелых животных. Наконец, и в самых отдаленных от нас странах света, в Индии, Америке и т. д., неодиократно наблюдалась та же последовательность в отложении осадков, содержащих окаменелости. Из всего сказанного вытекает, что значительная часть того различия животных и растительных остатков, которое мы наблюдаем в двух расноложенных друг на друге нластах, обусловливается не местными изменениями органического мира, но общими преобразованиями его. Таким образом, пласты разных местностей, которые содержат в себе одинаковые окаменелости, должны быть отнесены к одному нериоду. По последовательности нанластования мы судили о времени образования осадков; сходство находимых окаменелостей дает нам возможность сравнивать по возрасту пласты отдаленных друг от друга местностей.

На всей земле не найдено еще места, где выступали бы в нследовательном норядке хорошо развитые и богатые окаменелостями нласты всех нериодов; но так как, благодаря окаменелостям, мы можем сравнивать осадки разных стран и онределять их возраст, то можно установить характерную последовательность осадков и находимых в них окаменелостей, отобразив все в хронологической таблице, в которой любое образование найдет свое место.

Наиболее крупное подразделение* слоев — это *группа* (groupe, Gruppe), следующее затем подразделение называется *системой* (système, System), далее следуют *отделы* (Sections, Abteilungen), подразделяющиеся на *ярусы*, или *этажи* (étage, Etagen), которые, в свою очередь, могут быть подразделены на *подъярусы* (sous-étages, Unter-Etagen), или на *свиты*, или *комплексы* слоев (assises, Schichtencomplexe).

Так как хронологическое деление истории земли принадлежит к числу тех геологических понятий, с которыми приходится иметь дело на каждом шагу, то мы здесь должны познакомиться с ним хотя вкратце. В предлагаемой ниже таблице порядок групп и систем обозначен последовательными цифрами, начиная с древнейших и кончая позднейшими **.

| IV | III | II | I |
|---|---|---|---|
| **Кайнозойская группа** | **Мезозойская группа** | **Палеозойская группа** | **Архейская группа** |
| 11. Наше время | 8. Меловая система | 5. Пермская система, или диас | |
| 10. Четвертичная система | 7. Юрская система | | |
| 9. Третичная система | 6. Триасовая система | 4. Каменноугольная система | |
| | | 3. Девонская система | |
| | | 2. Силурийская | |
| | | 1. Кэмбрийская | |

## I. Архейская группа

К архейской группе относятся массы гнейса, слюдяного сланца, филлитов и т. д., и те кристаллические сланцы, которые вместе с мрамором и кварцитом лежат на больших протяжениях под древнейшими породами кэмбрийской системы; до сих пор в них не было найдено остатков животных или растений.

---

* Чтобы провести принятую в 1881 г. на Болонском конгрессе терминологию, мы позволили себе отступить от буквального перевода Неймайра, который употребляет еще старые термины. Чтобы не возвращаться к этому предмету, приведем здесь наименования, установленные тем же конгрессом для подразделений времени: наибольший промежуток времени, соответствующий группе — *эра* (ère, Aera); эра распадается на *периоды* (périodes, Perioden), соответствующие системам; периоды подразделяются на *эпохи* (époques, Epochen), соответствующие отделам. Наиболее мелкое деление по времени обозначается словом *век* (âge, Zeitalter) и соответствует ярусу.— *Примеч. пер.*

** Происхождение и значение этих названий следующее: *кайнозойская* от греческого καινός — новый и ζῶον — животное; мезозойская от μέσος — средний и ζῶον; *палеозойская* от παλαιός — старый и ζῶον; *архейская* от ἀρχαῖος — древний, первоначальный.

*Четвертичная* система по прежним представлениям относилась к четвертому большому периоду истории земли; другое название этой системы — *диливий*, т. е. потоп: полагали, что в этот период и произошел всемирный потоп. *Третичная* система — по прежним представлениям третий период истории земли. *Меловая* система — в верхних ярусах этой системы во многих местах находят мел. *Юрская* система по имени Юрских гор. *Триасовая* система от tres — три, так как во многих местностях она состоит из трех резко различающихся частей. *Пермская* система от Пермской губернии. *Каменноугольная* система содержит главные запасы каменного угля. *Девонская* система от графства Девоншир в Англии. *Силурийская* система по имени силуров, народа кельтского племени в современном Уэльсе, оказавшего сильное сопротивление римлянам при покорении Британии: силурийская система была изучена впервые в области, заселенной этим племенем. *Кэмбрийская* система по имени Кэмбрийских гор в Уэльсе.

## II. Палеозойская группа

1) Кэмбрийская система. Во многих странах верхние отложения архейской группы потеряли свой кристаллический характер и представляют переход к нормальным слоистым породам. В них находятся изредка скудные и очень плохо сохранившиеся остатки организмов. Далее располагаются осадки кэмбрийской системы; в нижней половине ее очень мало окаменелостей, в верхних же отделах мы находим бедную разнообразием видов, но богатую особями фауну; в ряду ее представителей преобладает давно вымерший класс ракообразных, так называемые трилобиты (см. рис. 17).

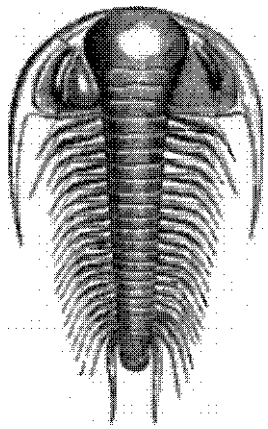


Рис. 17. **Paradoxides bohemicus.** В $^1/_2$ естеств. вел.

2) Силурийская система, особенно развита в Богемии, Англии, Скандинавии, России, Северной Америке и др. странах; она обнаруживает богатое развитие животной жизни. Из простейших организмов (Protozoa) здесь встречаются красивые кремиевые скелеты радиолярий, а в некоторых местах и корненожки. Из более высокоорганизованных животных мы находим разнообразных представителей кремневых губок. Особенно развиты кораллы, выраженные двумя группами: Rugosa (см. рис. 18) и Tabulata (см. рис. 28). Близки к губкам и кораллам своеобразные граптолиты, являющиеся характерными для силурийских образований (см. рис. 29—30).

Из иглокожих в силурийской системе встречаются в незначительном числе морские звезды и морские ежи; характерны для силурийских отложений и почти исключительно им свойственны цистидеи (см. рис. 26); также морские лилии (Crinoidea) обнаруживают замечательное богатство форм. Встречаются мшанки (Briozoa), но не играют выдающейся роли; напротив, плеченогие (Brachiopoda) достигают высокой степени развития и обнаруживают значительное богатство видов (см. рис. 27). В большом количестве встречаются также пластинчатожаберные и брюхоногие; к последним примыкает совершенно вымершее семейство Conulariae (см. рис. 20—21). Головоногие, один из высших классов моллюсков, почти исключительно выражается богатым видами семейством Nautilidae (см. рис. 22—24). Из ракообразных трилобиты более развиты, чем в кэмбрийской системе, но так как вся фауна силурийских отложений несравненно богаче, то они не играют здесь своей прежней исключительной роли: наряду с ними наблюдаются животные других типов (см. рис. 25).

Из позвоночных только рыбы являются в верхних отделах силурийской системы. Из морских растений известны различные водоросли и диатомовые; следы наземных растений незначительны.

3) Девонская система типично развита в прирейнских местностях. Она распространена кроме того и по всей Европе; из внеевропейских стран наибольшего распространения достигает она в Америке.

Животный и растительный мир девонской системы весьма близок к населению силурийского периода, только граптолиты и цистидеи почти совершенно исчезают. Среди кораллов, представляющих большое богатство форм, характерным

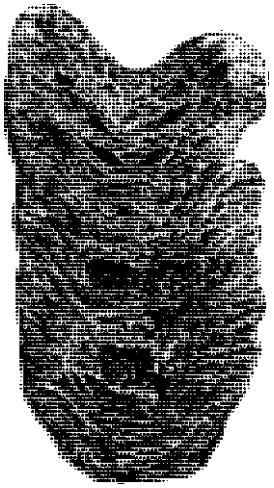


Рис. 18. **Omphyma subturbinatum, вертикальный разрез**

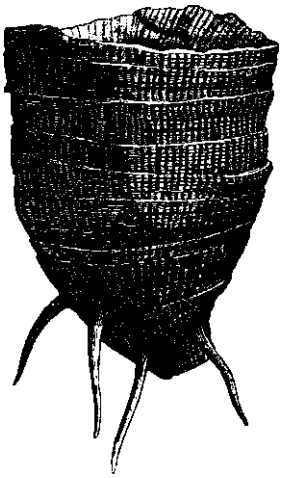


Рис. 19. **Omphyma subturbinatum, сбоку**

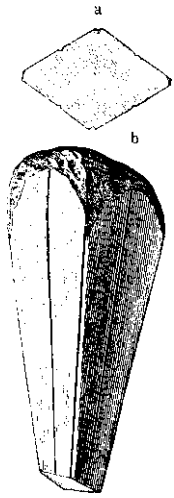



Рис. 20—21. **Conularia: a) сверху, b) сбоку** (по Барранду)

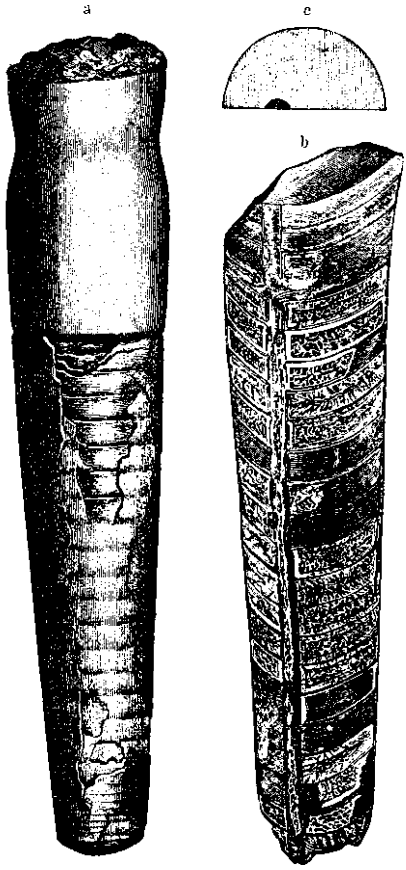



Рис. 22—24. **Orthoceras Neptuneum: a) экземпляр с сохранившейся отчасти скорлупой и с обломанным концом, b) продольный разрез, на котором видны камеры, c) поперечный разрез** (по Барранду)

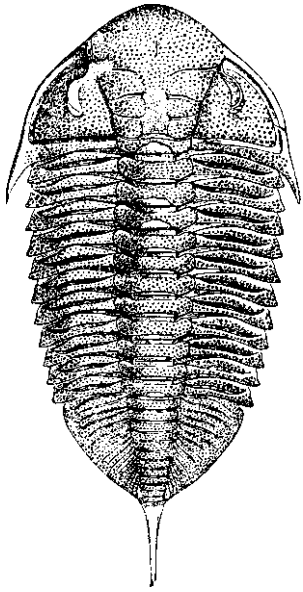


Рис. 25. **Dalmanites socialis** (по Барранду)

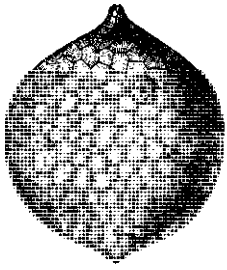


Рис. 26. **Echinosphaerites**

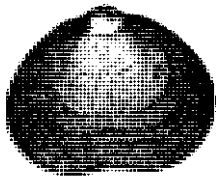


Рис. 27. **Orthis hybrida**

для девонской системы является Calceola Sandalina (см. рис. 37—39). Морские лилии (см. рис. 36) и плеченогие (см. рис. 33) попадаются в большом числе. Из головоногих наутилиды развиты значительно слабее, чем в силурийских отложениях, аммонитиды же впервые приобретают значительное распространение (см. рис. 34).

Из ракообразных трилобиты значительно уменьшились в количестве видов и неделимых сравнительно с силурийским периодом; наоборот, весьма развиты Eurypteridae, самые огромные из всех ракообразных минувших периодов и нашего времени (см. рис. 31—32). Рыбы являются в большом количестве видов;

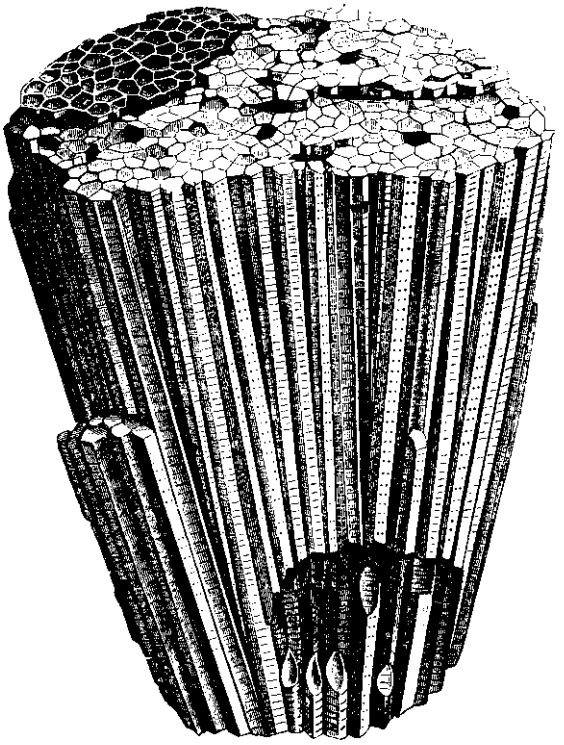


Рис. 28. **Favosites** (по Гольдфусу)

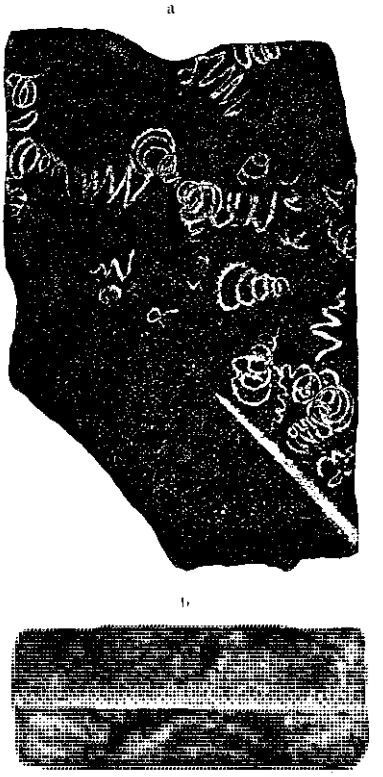


Рис. 29—30. **Граптолиты: a) отпечатки b) сама ось**

они находятся в тех отложениях России, Англии, Северной Америки, которые носят название древнего красного песчаника. Особенно характерны для девонской системы панцирные рыбы своеобразного строения (см. рис. 35), твердочешуйчатые ганоиды и формы, родственные акулам.

Наряду с этими водными животными, мы встречаем в девонской системе впервые уже достаточное число обитателей суши: различные наземные растения, единичные представители насекомых, а, может быть, также и некоторые наземные моллюски могут служить для характеристики органической жизни на материках.

4) Каменноугольная система характеризуется сильным развитием наземной органической жизни; пласты каменного угля и прилегающие к ним осадки заключают в себе богатую флору, состоящую, главным образом, из хвощей, папоротников, лепидодендронов (см. рис. 40), родственных современным плауновым,

сигиллярий и хвойных. Из наземных животных известны многочисленные моллюски, тысяченожки, скорпионы, пауки и разнообразные насекомые.

Что касается низших морских животных, то они находятся в близком родстве с представителями девонской системы, хотя единичные отклонения весьма характерны. Корненожки впервые нонадаются в значительном числе (см. рис. 43). Среди иглокожих большого развития достигают бластоидеи (см. рис. 41—42); мор-

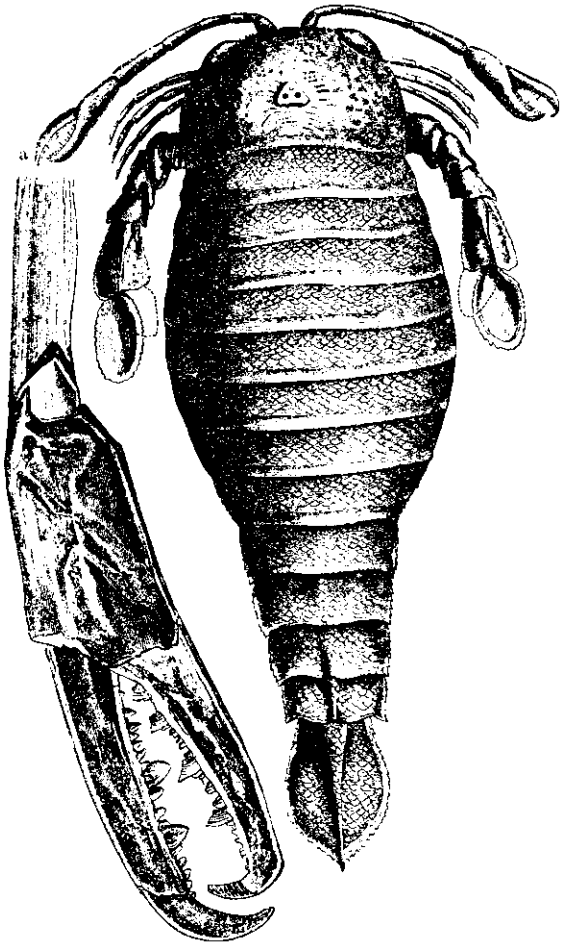


Рис. 31—32. **Pterygotus, уменьшенный; а) клешня в натуральную величину** (по Вудварду)

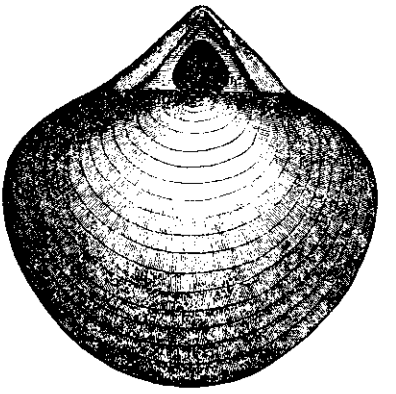


Рис. 33. **Stringocephalus Burtini**

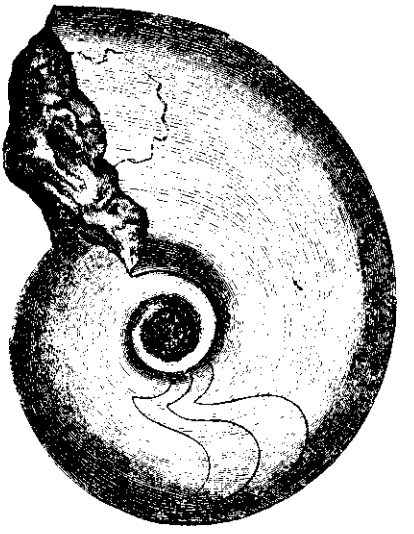


Рис. 34. **Goniatites intumescens** (по Зандбергеру)

ские ежи, сравнительно с предыдущим периодом, тоже больше распространены. Моллюски не представляют значнтельных уклоненнй от своих девонских предков; только Conulariclae менее развиты и Nautilidae попадаются в меньшем числе. Среди плеченогих особенно характерен род Productus. Из ракообразных Euripteridae встречаются значительно реже, а трилобиты вымирают; зато появляются первые представители высокоорганизованных панцирных раков.

Позвоночные каменноугольной системы значительно отличаются от девонских. Панцирные рыбы развиты слабее; появляются представители голых гадов (амфибий) из вымершей группы лабиринтодонтов (Stegocephala).

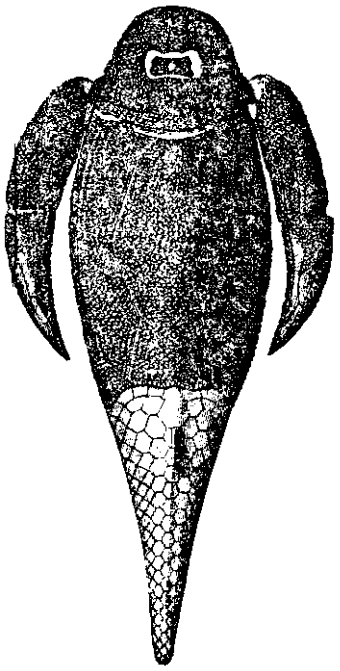


Рис. 35. **Pterichthys, немного уменьшенный**

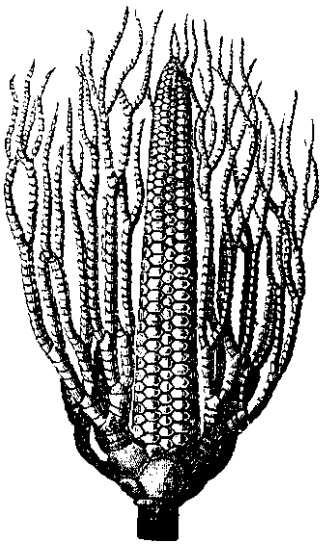


Рис. 36. **Lecithocrinus Eifelianus** (по Шульце)

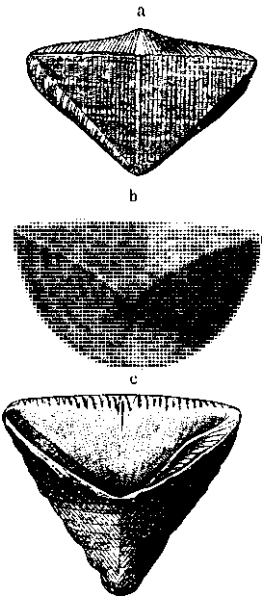



Рис. 37—39. **Calceola sandalina a) экземпляр с крышечкой, сбоку, b) снизу, c) экземпляр без крышечки** (по Кунту)

5) Пермская система выражается в Германии преимущественно порфирами, песчаниками, конгломератами так называемого мертвого красного лежня и отсутствующими во многих странах морскими известковыми образованиями (Zechstein). Сравнительно с предыдущими периодами, пермская система обладает необычайно бедной фауной, и особенно скудны в ней остатки морских животных. В общем органический мир этой системы представляет обедненное население каменноугольного периода, лишь изредка появляются новые формы. Особого внимания заслуживают рыбы, разнообразные лабиринтодонты (см. рис. 44) и нервые пресмыкающиеся (Reptilia).

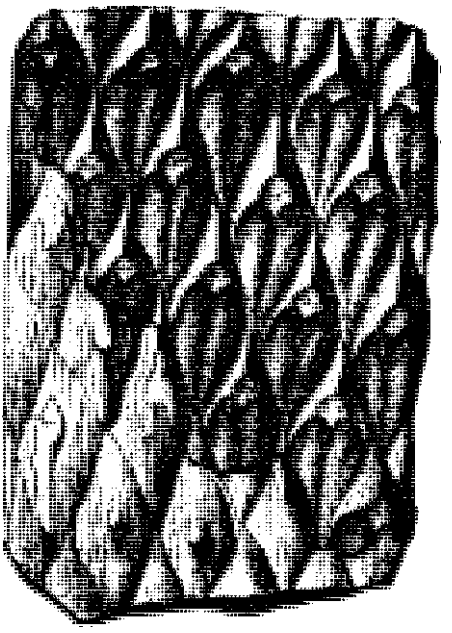
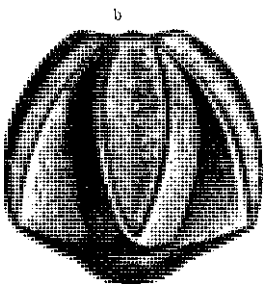


Рис. 40. **Lepidodendron Sternbergi. Кусок ствола с сохранившейся корой** (по Ремеру)

Бедность животных остатков пермской системы не позволяет еще заключить, что органическая жизнь в этот период была развита слабее, чем прежде. Отложения всякой системы в одной местности богаты окаменелостями, в других—бедны ими; изученные до сих пор пермские осадки принадлежат к последней категории; но недавно в Армении и в Индии и, кажется, в Альпах найдены породы, богатые ископаемыми органическими остатками; по-видимому, они относятся к пермской системе.



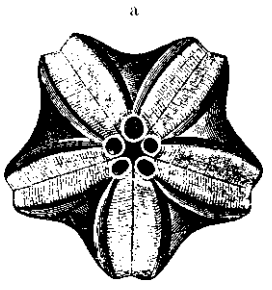




Рис. 41—42 **Pentatrematites, немного увеличенный: a) сверху, b) сбоку**

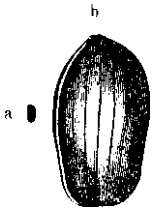



Рис. 43. **Fusilina cylindrica: a) в натур. вел., b) сильно увеличенная** (по Веллеру)

## III. Мезозойская группа

6) Триасовая система получила впервые свое наименование во внеальпийской Германии, где она резко распадается на три отдела: нижний образован так называемым *пестрым песчаником* (der Buntsandstein), он весьма беден окаменелостями; далее следует *раковистый известняк* (Muschelkalk) со множеством отдельных особей и с относительно небольшим числом видов; самый верхний отдел, так называемый *кейпер* (Keuper), состоит из песчаников и глин. Значительно богаче окаменелостями, по крайней мере, в среднем и верхнем отделах, триасовые отложения Восточных Альп. Рассматриваемая система распространена также в Карпатах, Италии, Франции, Испании, Аглии, на Шницбергене, в Северной Америке, Сибири, Новой Зеландии, Новой Каледонии, Индии и Южной Африке.

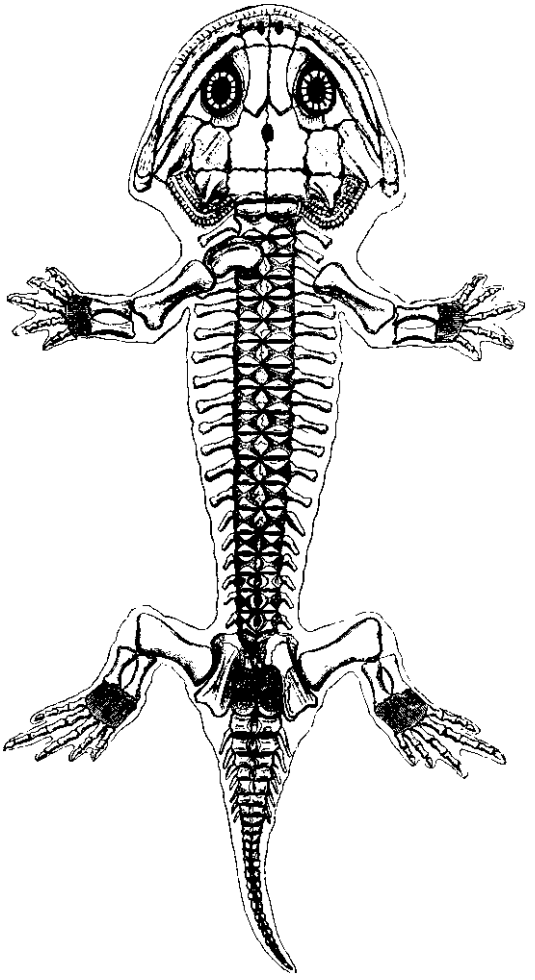


Рис. 44. **Branchiosaurus из пермских отложений Чехии (Богемии)** (по Фритчу)

Так как пермские и нижнетриасовые отложения в изученных до сих пор местностях бедны органическими остатками, то здесь замечается громадный пробел в палеонтологической летописи и переход от палеозойской группы к мезозойской кажется резким.

Корненожки в триасовых отложениях понадаются, но до сих пор мало изучены; губки и кораллы очень редки, по крайней мере в хорошо сохранившихся экземплярах. Вместо палеозойских кораллов, принадле-

жащих к группе Rugosa, появляются Hexacorallia. Группа Tabulata почти исчезла. Из иглокожих мы не находим больше цистидей и бластоидей. Распространенные раньше морские лилии из группы пластинчатых (Tesselata) заменились группой членистых (Articulata) (см. рис. 51). Что касается морских ежей, то палеозойская группа Palaechinoidea замещается группой Euechinoidea, которая характеризуется двадцатью рядами пластинок. Из плеченогих исчез целый ряд палеозойских родов; главенствующая роль принадлежит семейству Terebratulidae (см. рис. 47); двустворчатые и брюхоногие значительно многочисленнее, чем прежде; характерными представителями первых являются роды Halobia и Daonella (см. рис. 48). В ряду головоногих наутилиды окончательно вытесняются аммонитидами; последние имеют много характерных и высоко развитых форм (см. рис. 46 и 49—50); сюда же принадлежат древнейшие белемниты.

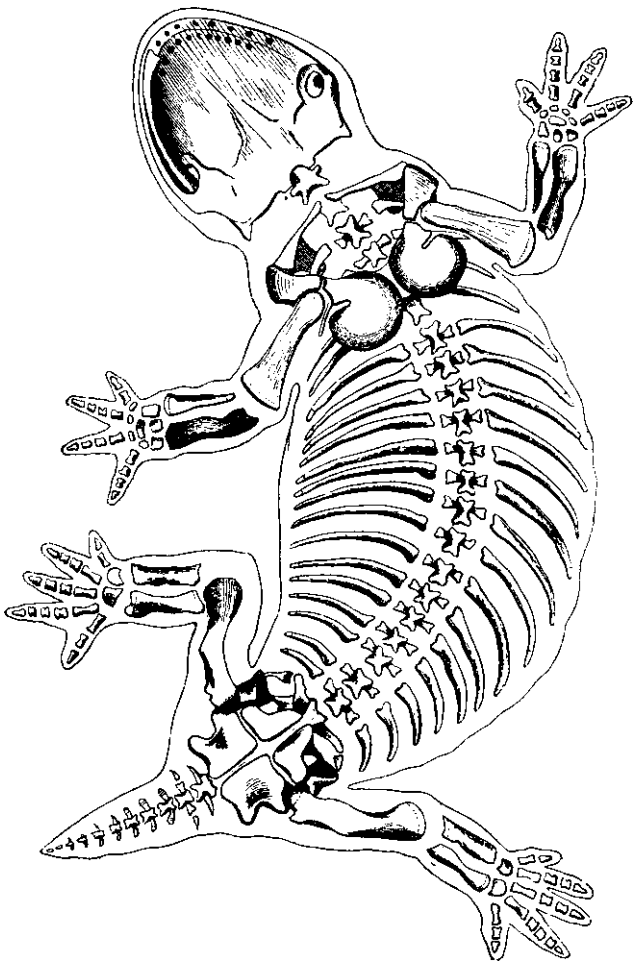


Рис. 45. **Лабиринтодонт Рютимейера из пестрых песчаников окрестностей Базеля** (по Видерсгейму). Немного более чем в $^1/_4$ естеств. величины

Ракообразные триасовой системы еще мало известны; среди них характерны высокостоящие длиннохвостые раки.

Существенные изменения находим мы у позвоночных. Рыбы недалеко ушли от своих палеозойских предков; твердочешуйчатые ганоиды и акулообразные рыбы встречаются и в рассматриваемый период. Среди голых гадов мы находим выдающихся, по своей величине, представителей уже известной нам группы лабиринтодонтов (см. рис. 45). Следует отметить внезапное развитие рептилий; среди них мы встречаем любопытных энаозавров, громадных морских животных с широкими плавниками вместо конечностей; близки к ним ихтиозавры с шестью пальцами на конечностях и группа Sauropterygia — с пятью; кроме того, появляются динозавры и еще целый ряд форм, приближающихся к крокодилам и ящерицам. Сюда следует присоединить летающих ящеров или птеродактилей, а также первых черепах. Таким образом, триасовые отложения уже в Европе представляют большое разнообразие пресмыкающихся; в Южной же Африке и Индии

к ним присоединяется еще целый ряд типов, известных под общим именем Anomodontia (см. рис. 52—54). Наконец, в триасовых отложениях Вюртемберга, Англии, Южной Африки и Северной Америки представителями млекопитаю-

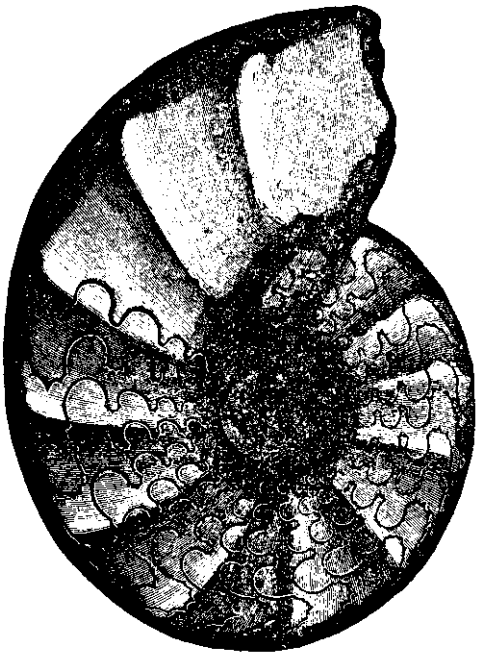


Рис. 46 **Ceratites nodosus**

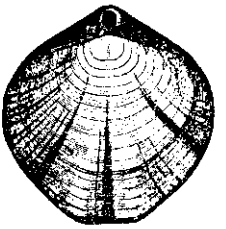


Рис. 47. **Terebratula vulgaris**

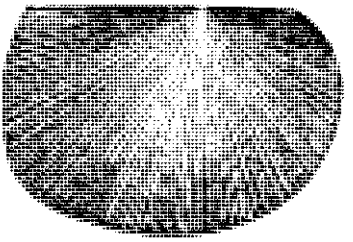


Рис. 48. **Daonella Lommeli**

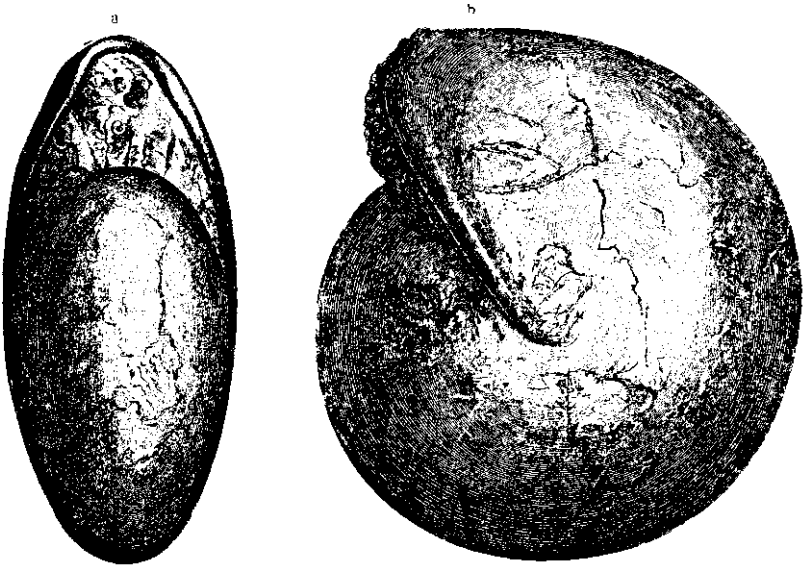



Рис. 49—50. **Arcestes: a) спереди, b) сбоку** (по Мойсисовичу)

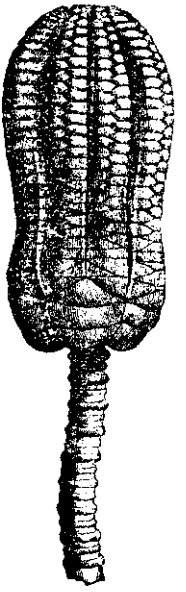


Рис. 51 **Enerinus liliiformis**

щих являются небольшие зверьки, относимые к сумчатым. Остатки их вообще незначительны; единственный почти полный череп из Южной Африки описан под именем Tritylodon (см. рис. 55—57) и, по-видимому, принадлежит какому-то совсем своеобразному животному.

7) Юрская система, нижняя часть которой, называемая лейясом, считается иногда самостоятельной системой, распространена по всей Европе и встречается во всех других частях света. Она характеризуется чрезвычайным богатством ископаемых органических остатков, поэтому количество исследованных форм этого периода весьма велико. Крошечные скорлупки корненожек встречаются в большом изобилии. В верхнеюрских отложениях некоторых местностей попадаются также

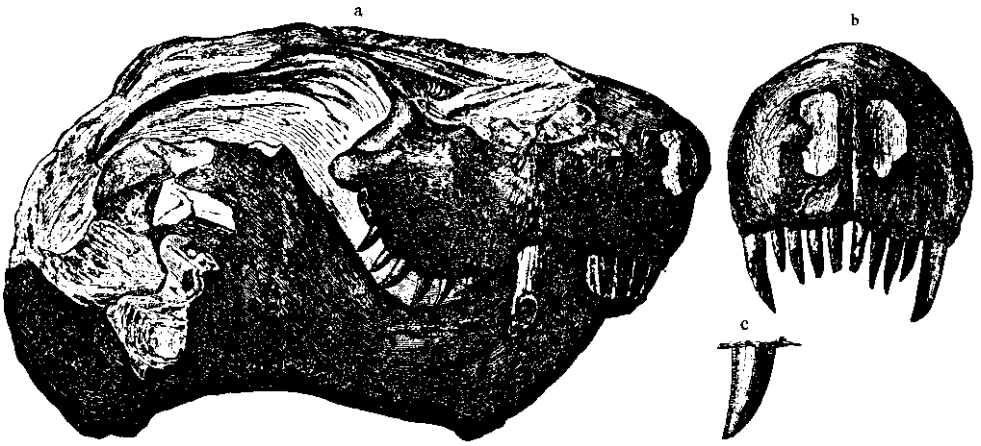



Рис. 52—54. **Череп ликозавра (Lycosaurus) из триасовых отложений Южной Африки: a) сбоку, b) спереди, c) зуб** (по Оуэну)

Рис. 55—57. **Tritylodon. Млекопитающее из триасовых отложений Южн. Африки. Череп: a) сверху, b) снизу, c) сбоку** (по Оуэну)

кремневые губки, и притом в таких огромных количествах, что образуют мощные пласты. Далее, этот период характеризуется большим развитием шестилучевых кораллов; в верхних юрских отложениях встречаются даже их постройки, представляющие большое сходство с современными рифами. Морские лилии попадаются также довольно часто, и некоторые из них достигают такой величины, какой до сих пор никогда еще не достигали, но зато разнообразие их уменьшается с каменноугольного периода. Морские ежи в юрской системе впервые приобретают важное значение, как ввиду их чрезвычайно большого распространения

в некоторых местностях, так и богатства их форм; господствующими среди них являются правильные формы (см. рис. 69—71), у которых порошица находится посредине спинной поверхности; подчиненную роль играют неправильные формы с эксцентрическим расположением порошицы; они принадлежат к семействам Galeritidae, Cassidulidae и Disasteridae (см. рис. 64—68).

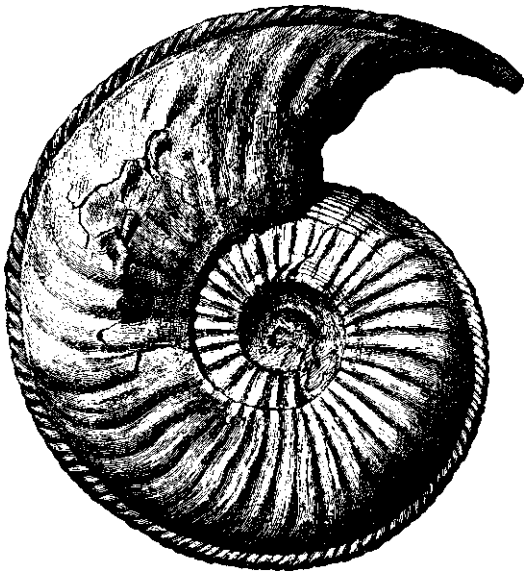


Рис 58. **Amaltheus margaritatus**

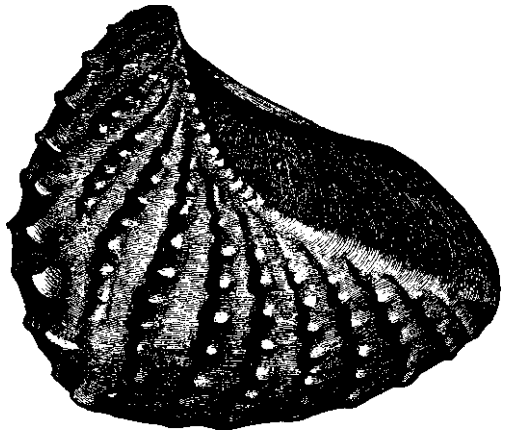


Рис. 59. **Trigonia navis**

Чрезвычайно развиты моллюски; наоборот, плечепогие не представляют большого разнообразия видов: значительное число тех представителей палеозойской эры, которые попадаются и в мезозойских отложениях, вымерли отчасти в конце триасового периода, отчасти во время лейясовой эпохи. Таким образом, только семейства Terebratulidae и Rhynchonellidae оказываются весьма развитыми и представляют значительное число видов. Среди двустворчатых впервые в значительном количестве появляются формы с мантийной лопастью. Среди других представителей животного царства характерны для данной системы представители родов Diceras и Trigonia (см. рис. 59). Многочисленны и брюхоногие — среди них выделяются плеуротомарии (Pleurotomaria) (см. рис. 60), которые в настоящее время очень редки,— и неринеи (Nerinea), игравшие большую роль во всех коралловых образованиях, но теперь совершенно вымершие. Из головоногих наутилиды, за исключением одного рода Nautilus, исчезли; белемнитиды же (см. рис. 62—63) и аммонитиды достигают высшего развития (см. рис. 58, 61 и 72). В некоторых местах попадается огромное число ракообразных с преобладанием длиннохвостых раков и многочисленные виды насекомых.

Из рыб в юрских отложениях встречаются те же семейства, что и в триасовых; к ним присоединяются древнейшие костистые рыбы (Teleostei),— представители той группы, к которой принадлежит значительное большинство современных рыб. Лабаринтодонты, игравшие видную роль во всех отложениях, начиная с каменноугольных и кончая триасовыми, исчезают. Не находим мы совсем и амфибий. Пресмыкающиеся, за исключением Anomodontia, развиты сильнее, чем в триасе; действительно ли так широко были распространены они в рассма-

триваемый период, или же обилие их ископаемых остатков явление случайное,— мы не знаем (см. рис. 73). В верхних юрских отложениях, в так называемом золенгофенском литографическом сланце, найдены знаменитые остатки древнейшей птицы, Archaeopterух (см. рис. 74); у нее хвост ящерицы, зубы, челюсти и др. наноминают пресмыкающихся. Мелкие млекопитающие, подобные находимым в верхних триасовых отложениях, свойственны также и юрскому периоду.

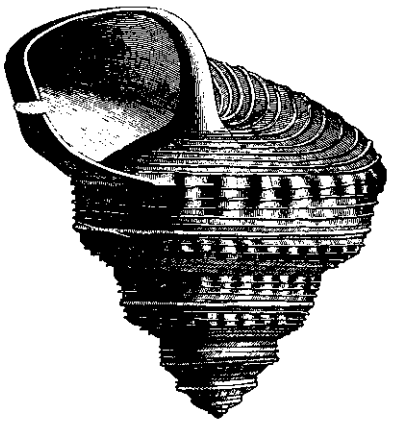


Рис 60. **Pleurotomaria anglica**

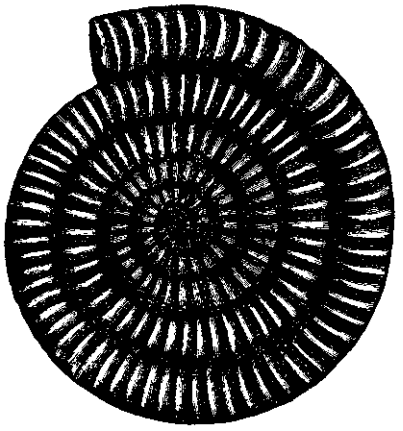


Рис. 61. **Arietites spiratissimus**

Рис. 62—63. **Belemnites calloviensis: a) поперечный разрез**

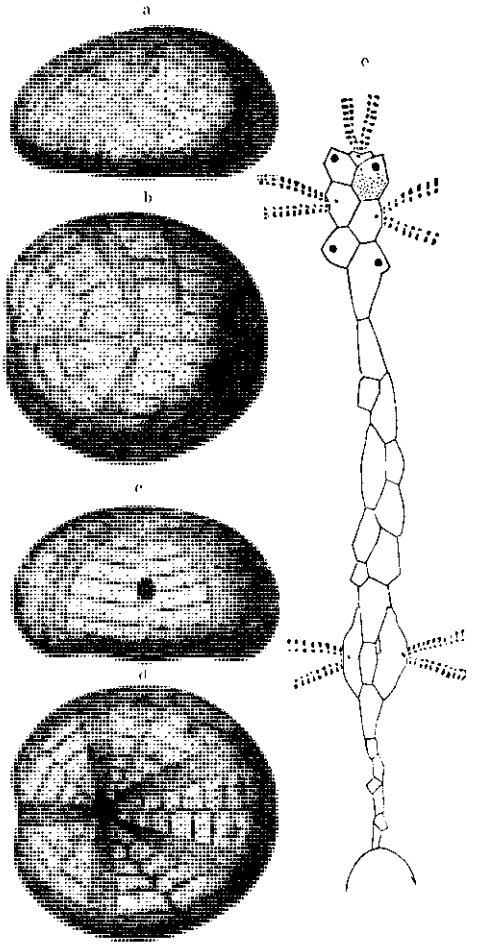


Рис. 64—68. **Collyrites: a) сбоку, b) сверху, c) сзади, d) снизу, e) вершинный щиток, увеличено**

**8)** Меловая система по своей фауне представляет большое сходство с юрской. Мы укажем только существенные отклонения.

Появляются две новых группы морских ежей, Ananchytidae и Spatangidae; (см. рис. 79—82 и 87—88); в общем замечается сильное развитие неправильных ежей. Исключительно меловой системе свойственны так называемые рудисты (см. рис. 84), принадлежащие к пластинчатожаберным. Наряду с ними весьма развит род Inoceramus (см. рис. 86). Что касается брюхоногих, то вместе с своеобразными представителями их, каковы Actaeonella и Avellana, встречается значительное число современных родов, а также много наземных моллюсков. Среди

головоногих преобладают аммонитиды, раковины которых представляют в большинстве случаев развернутую спираль (см. рис. 83). Среди ракообразных является значительное число крабов.

Из рыб в меловых отложениях в громадном количестве находим костистых рыб; они совершенно вытесняют твердочешуйчатых ганоидов. Об амфибиях этой системы мы столько же знаем, сколько и об амфибиях юрского периода; зато рептилии (см. рис. 89) развиты необычайно сильно. К представителям предыдущего периода присоединяются так называемые мозазавры и первые змеи. Птицы попадались неоднократно, но хорошие остатки их до сих пор найдены только в западных

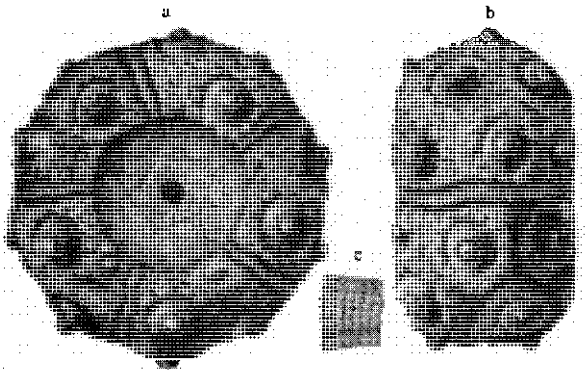



Рис. 69—71. **Cidaris coronata: a) сверху, b) сбоку, c) часть амбулякрального поля, увеличено**

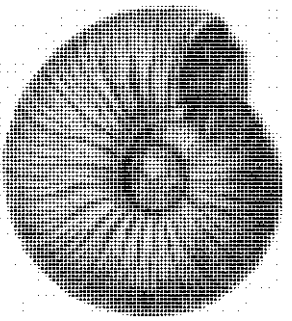


Рис. 72. **Stephanoceras Brongniarti**

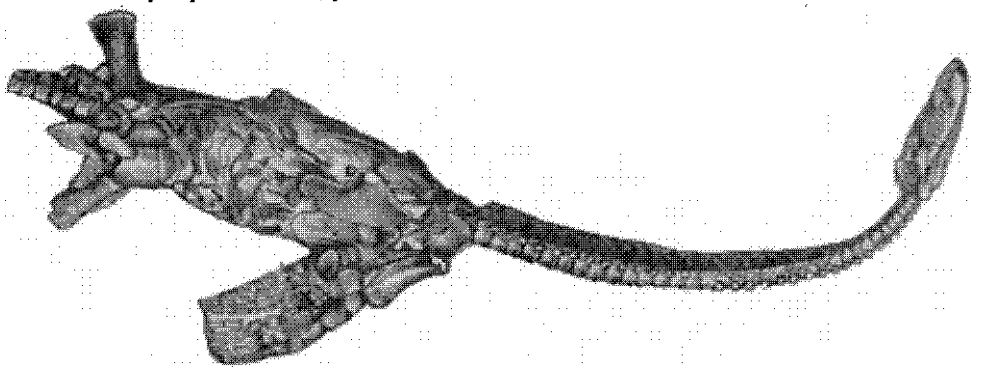


Рис. 73. **Плезиозавр из нижнего лейяса Англии** (по Соллясу). **Сильно уменьшен**

частях Северо-Американских Соединенных Штатов (см. рис. 75—78). Все эти птицы обладали зубами. Млекопитающих, находимых в триасовых и юрских отложениях, до сих пор не встречали.

В середине мелового периода во многих странах земли замечается важный поворот в развитии паземной флоры: появляются первые лиственные деревья и другие представители двудольных. Единичные виды их попадаются уже в нижних меловых отложениях и в верхних ярусах юрской системы.

### IV. Кайнозойская группа

9) Третичная система, по своей флоре и фауне приближающаяся к современной, разделяется на четыре отдела,—эоцен, олигоцен, миоцен

и плиоцен*. Фауна ее сильно отличается от фауны мезозойской эры: для характеристики этой разницы мы просто перечислим наиболее важные формы, которые

Рис. 74. **Archaeopteryx из Золенгофена** (по Дамесу). **Около $^2/_3$ ест. вел.**

играли большую роль в меловом периоде, но в третичном или совсем исчезли, или находятся на пути к исчезновению (последние выделены курсивом.– *Ред.*).

Из морских ежей сюда относятся: *Salenidae, Ananchitidae, Galeritidae* и *Disasteridae;* из пластинчатожаберных: рудисты, *тригонии* и иноце-

* От греческих слов: ἠώς — утренняя заря и καινός — новый; ὀλίγος — немногий и καινός; μείων — меньше и καινός; πλείων — больше и καινός.

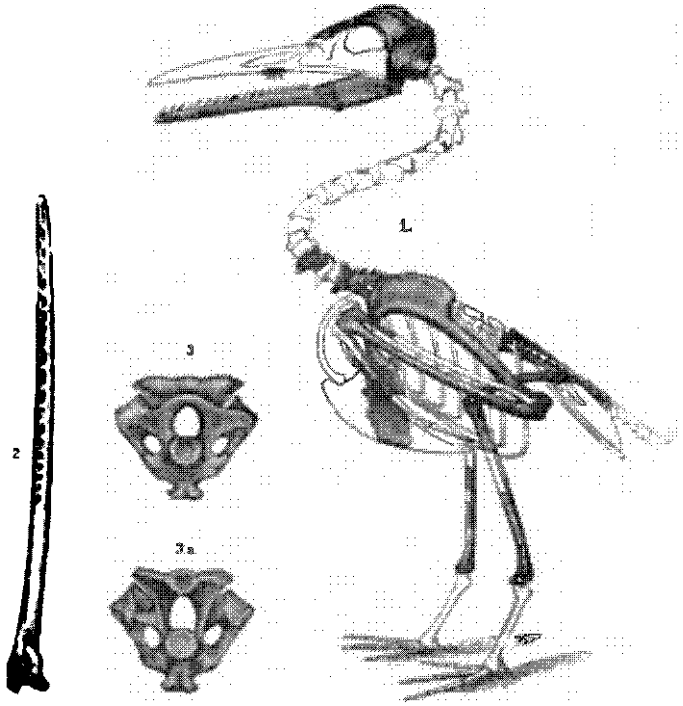



Рис. 75—78. **Ichtiornis из верхне-меловых отложений Канзаса: 1) дополненный скелет в $^1/_5$ ест. вел.; 2) нижняя челюсть, видимая сверху с зубными впадинами; 3) двояковогнутый позвонок спереди, 3а) сзади** (по Маршу)

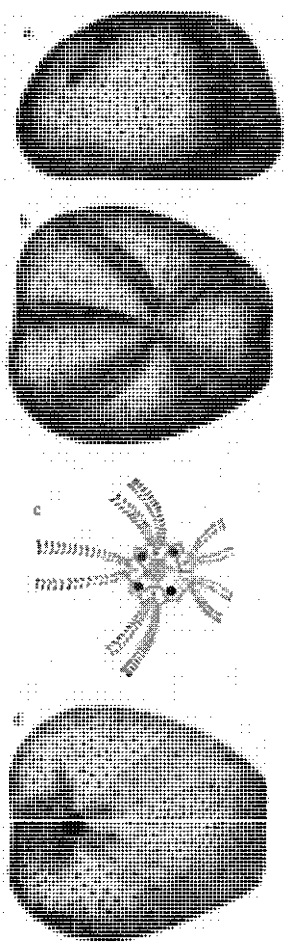



Рис 79—82. **Toxaster complanatus: a) сбоку, b) сверху, c) вершинный щиток, d) снизу** (по Дезору)

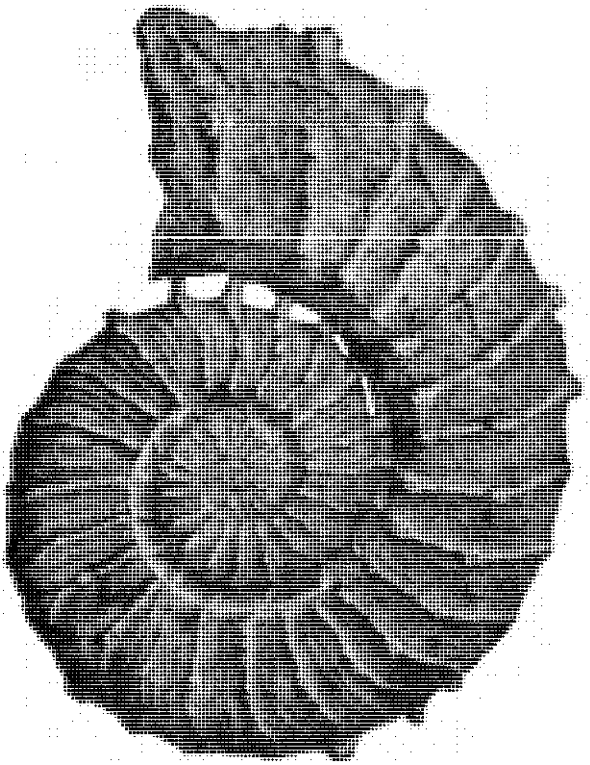


Рис. 83. **Crioceras Roemeri**

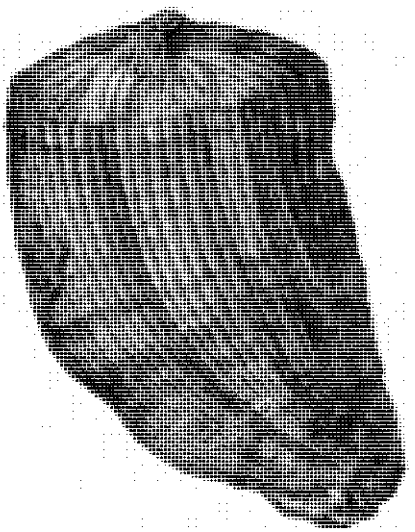


Рис. 84. **Hippurites cornu vaccinum**

рамы; из брюхоногих роды *Pleurotomaria*, Nerinea, Actaeonella; из головоногих аммонитиды и *белемнитиды*; из рыб — *ганоидные*, из пресмыкающихся — группы Sauropterygia, Ichtyopterigia, Dinosauria, Pterosauria и Mosasauria; наконец, зубастые птицы.

Как видно из приведенного сопоставления, особенно замечателен факт, что рентилии сильно вымирают и из девяти родов, характерных для мелового периода, остается только четыре. Место их занимают млеконитающие; они являются во множестве и среди обитателей суши играют главную роль. Млекопитающие, жившие в эоцене и олигоцене, принадлежат почти исключительно к вымершим родам; таков, напр., напоминающий тапира Palaeotherium (см. рис. 85). В миоцепе появляются уже многие современные роды, в плиоценовых же отложениях они преобладают, хотя виды тем не менее отличны от современных.

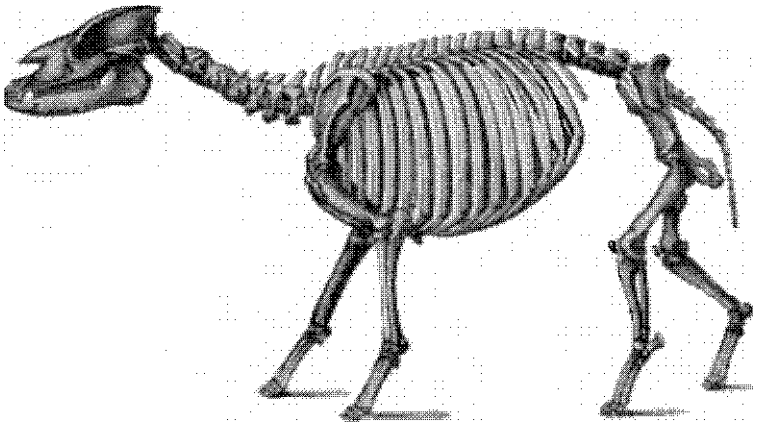
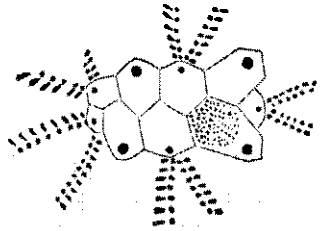


Рис. 85 **Palaeoterium magnum из гипса Монмартра в Париже в $^1/_{25}$ естеств. величины** (по Годри)

Беспозвоночные третичной системы стоят еще ближе к современным. Существенным отличием первых является присутствие особого рода корненожек, отличающихся огромными размерами и называемых нуммулитами; скопления их скорлупок в нижнетретичных отложениях так велики, что образуют целые горы. Большинство родов эоценовой эпохи совпадает с современными, в миоценовых же отложениях является значительное число совершенно тождественных видов. В Европе фауна и флора эоценовой энохи носила тропический характер. В миоценовую и плеоценовую эпоху температура понижается, но остается выше современной.

10) Четвертичная система характеризуется еще большим сходством свойственных ей животных с современными: совпадают большинство видов. Только среди млекопитающих нопадается много вымерших теперь животных (см. рис. 90). К четвертичному периоду относятся ледниковая эноха и первое появление человека на земле. Целый ряд постепенных нереходов сближает эту эпоху с нашим временем.

Рис. 86. Inoceramus concentricus



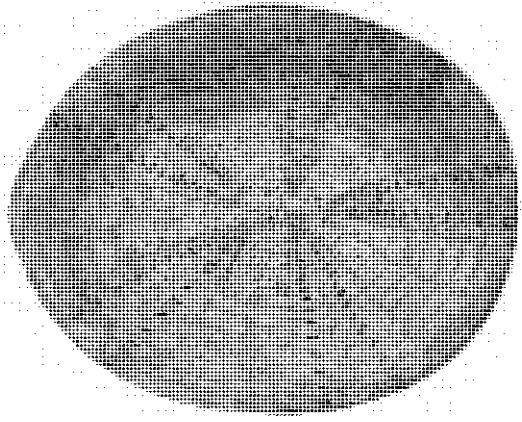


Рис. 87—88. **Ananchytes ovatus** (по Дезору). **Вверху так называемый вершинный щиток, увеличено**

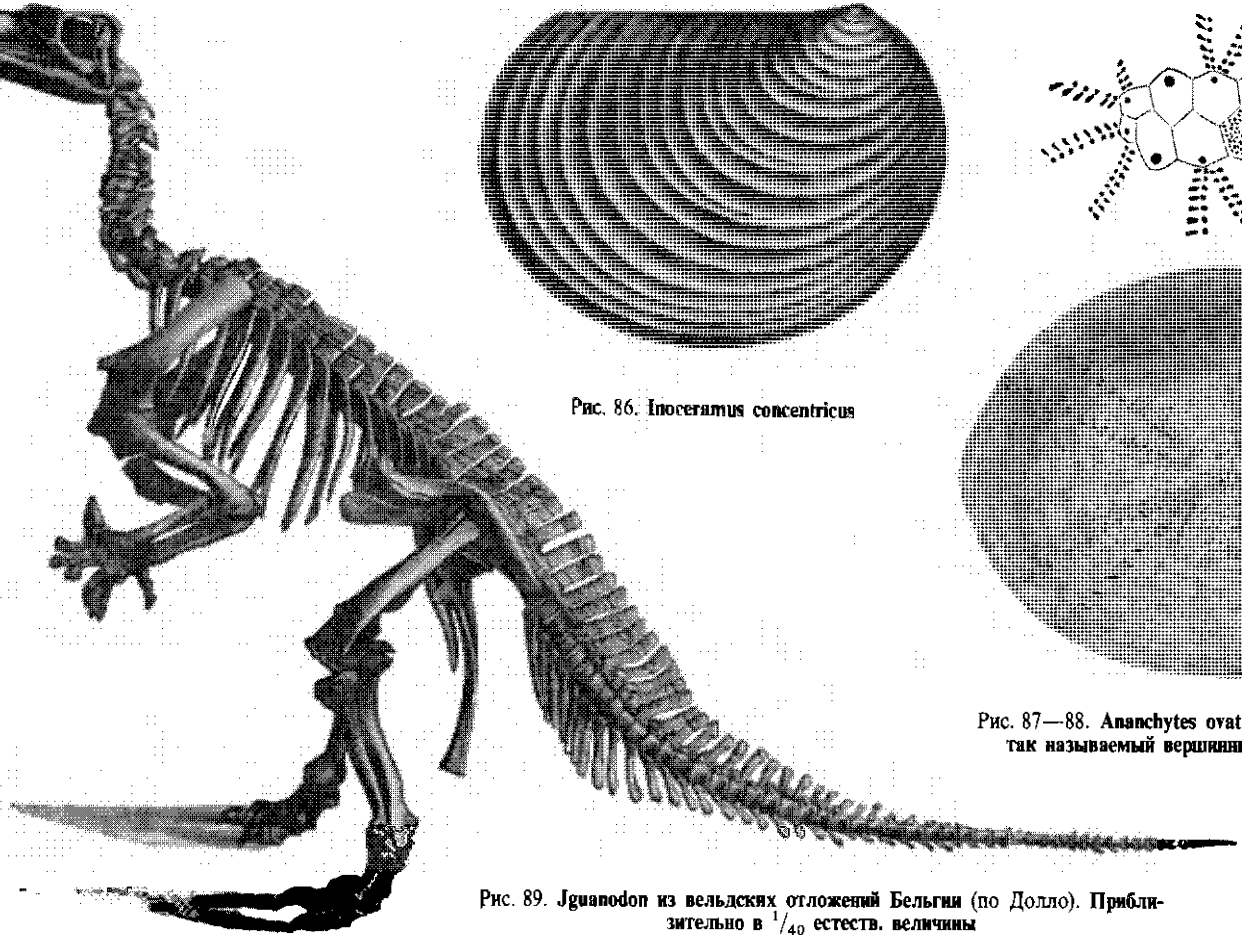


Рис. 89. **Iguanodon из вельдских отложений Бельгии** (по Долло). **Приблизительно в $^{1}/_{40}$ естеств. величины**

## Условия залегания

В этой главе мы познакомимся вкратце с различными видами напластования и выясним важнейшие термины. Также кратко будут рассмотрены и условия залегания.

Осадочные породы отлагались на плоской поверхности морского дна. Соответственно этому, в огромном большинстве случаев они должны были приобрести вполне горизонтальное положение, возможен был весьма ничтожный наклон, почти незаметный глазу и ясно выступающий только на больших протяжениях. Толщина или мощность слоев обыкновенно остается неизменной на значительных расстояниях, но известно много и таких случаев, когда она с большей или

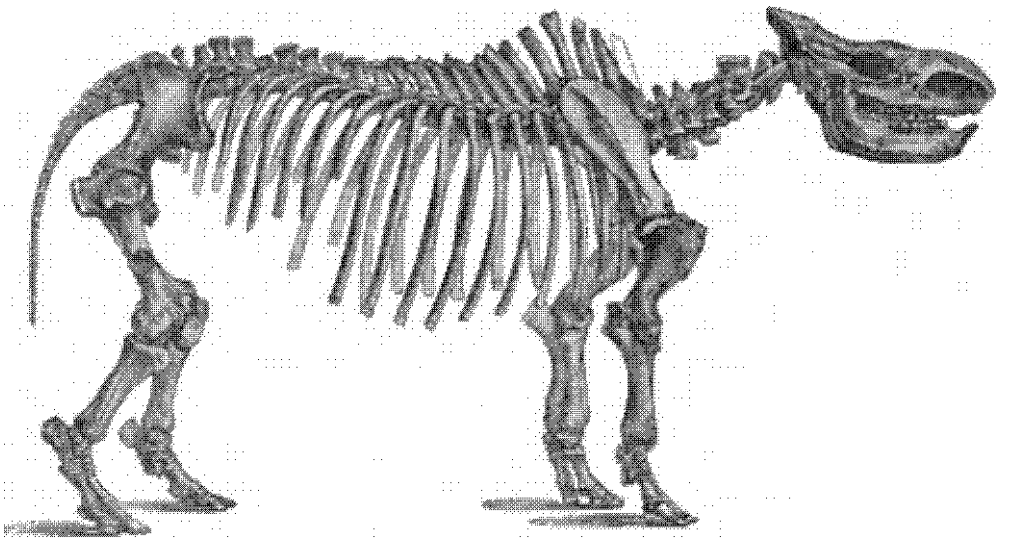


Рис. 90. **Rhinoceros antiquitatis из окрестностей Мюльдорфа на Инне**

меньшей быстротой возрастает или убывает. Иногда слой или пласт, постепенно убывая, сводится к нулю, или, как говорят, *выклинивается*. Приведенные рисунки представляют два примера такого явления. Первый из них (рис. 91) показывает, как в известной системе слоев отдельные пласты выклиниваются и замещаются другими, второй и третий (рис. 92 и 93) изображают одну из громаднейших доломитовых гор Южного Тироля, Сет Засс у св. Кассиана. Высота этой горы 2,559 метров, она состоит из мощных масс доломита; последний относится к верхним ярусам триасовой системы и покоится на горизонтальных слоях так называемого кассиановского мергеля. Левее выступает более низкая доломитовая скала, риф Рихтгофена. Она не имеет никакой связи с главной массой Сет Засса и отделяется от нее мергелем. Доломит Сет Засса образует верхний слой новейшего образоваиия; под ним располагается мергель и под мергелем доломит рифа Рихтгофена; под последним опять лежит мергель. Обратив внимание на пласты доломита, представленные справа, мы заметим, что мощность их уменьшается и, наконец, сводится к нулю. Пласты, которые при относительно большой мощности имеют незначительное протяжение и выклиниваются со всех сторон, носят название *чечевицеобразных*.

Отношение доломитов и мергелей Сет Засса представлено у нас на рисунке. Этот очень наглядный способ не всегда применим. Не всякий геолог владеет карандашом и не всегда может брать на свои экспедиции фотографический аппарат; съемка тем или иным способом отнимает много времени. Наконец, часто на известном протяжении невозможно сделать никаких заключений о характере залегания пород, например, если местность покрыта богатой растительностью. В таких случаях прибегают к другому способу представления: чертят *разрезы*, или *профили*. Этот способ имеет широкое распространение в геологии и заключается в следующем: данную местность мысленно рассекают вертикальной плоскостью; такое воображаемое сечение получается на основании теоретических соображений по данным наблюдения и наносится на бумагу в схематическом виде.

Нужно немного навыка, чтобы обращаться с профилями; так как в дальнейшем нам придется часто пользоваться ими, то мы поговорим об этом пред-

Рис. 91. **Выклинивающиеся слои** (по Гайдену)

мете подробнее. Рисунок 93 представляет профиль Сет Засса и рифа Рихтгофена; смысл этого рисунка станет ясным, если мы сравним его с перспективным изображением той же местности.

При черчении геологических профилей необходимо, по возможности, сохранять естественные отношения горизонтального и вертикального размеров; только таким образом получается правильное представление о характере данной местности. Но не всегда это выполнимо: если исследования производятся в малокультурной стране, не имеющей точных топографических карт, то составить представление о правильных пространственных соотношениях немыслимо; точно также геолог удовлетворяется приблизительным чертежом, когда нужно представить главный характер местности на основании быстрого и поверхностного исследования. Наконец, в местностях, покрытых низкими холмами, изменения вертикальных размеров весьма малы; поэтому, представляя в профиле более или менее значительную область, трудно сохранить естественную правильность пространственных соотношений. Ради наглядности большинство геологов берет в вертикальном направлении вдвое или втрое больший масштаб, чем в горизонтальном. Необходимо помнить, что такие чертежи не соответствуют действительности и легко могут ввести в заблуждение; поэтому прибегать к ним следует только в крайних случаях.

Третий способ изображения местности представляют геологические карты; на них отмечается то пространство, которое занимает на поверхности каждая горная порода. Как в практическом, так и в теоретическом отношении карты являются важным пособием при геологических работах; в настоящее время тратится не-

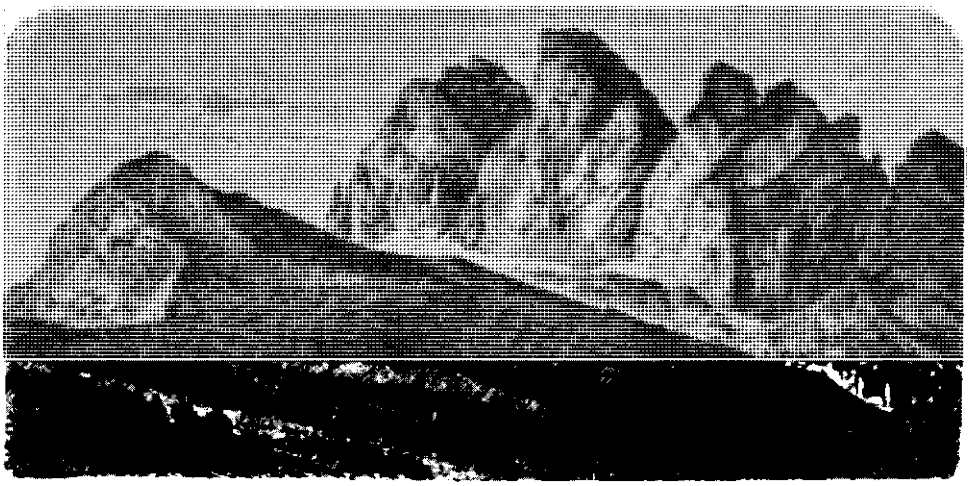


Рис. 92. **Сет Засс и риф Рихтгофена** (по Мойсисовичу)

мало средств на систематическое составление их. При некотором навыке беглый взгляд на геологическую карту страны дает понятие об ее строении. Еще легче уясняются геологические соотношения, если наряду с картой пользоваться также и профилями.

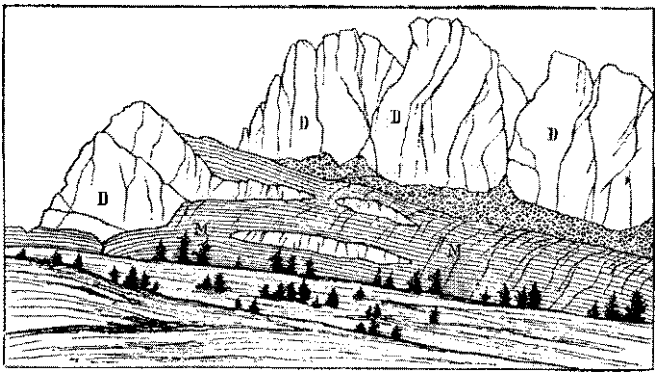



Рис. 93. **Схематический профиль Сет Засса и рифа Рихтгофена. D — доломит, M — мергель** (по Мойсисовичу)

Первоначально пласты имели горизонтальное положение; горообразующие процессы, в широком смысле этого слова, вызвали в них целый ряд позднейших изменений: правильность напластования нарушилась, слои изогнулись, искривились или приняли вертикальное положение; причины таких нарушений будут рассмотрены позднее, теперь же мы поговорим только о способах геологических наблюдений и установим терминологию.

Обыкновенно пласты более или менее наклонены или приняли вертикальное положение; геологу предстоит важная задача — разобраться в целом ряде вытекающих отсюда соотношений. Прежде всего ему нужно определить протяжение пласта в горизонтальном направлении, или, как говорят, *простирание* его; далее он должен найти угол наклона пласта, или, как говорят, его *падение*.

Простирание слоя определяется так: на обнаженной его поверхности отыскивают горизонтальную линию и определяют ее направление; последнее делается при помощи очень простого прибора, называемого *горным компасом* (см. рис. 95). Это — большой компас, укрепленный на прямоугольной латунной пластинке, или, что еще лучше, помещенный в деревянном ящике. Линия NS идет параллельно боковой стенке ящика или краю пластинки. Измерение производится следующим образом: прямоугольному основанию компаса дают горизонтальное положение, прикладывают его длинной стороной к поверхности пласта и смотрят, насколько северный полюс стрелки отклоняется от линии NS циферблата; чтобы это можно было определить непосредственно, в приборе восток обозначается там, где запад, и наоборот, т. е. первый отмечается налево от линии NS, а второй — направо; окружность циферблата разделяется или на 24 часа и каждый час на 15 градусов, или же прямо на 360 градусов. Так называемый фрейбергский компас устроен весьма удобно: простираине определяется простым указанием числа часов; если, напримеp, говорят, что простиранне слоя равно девяти часам, то это значит, что линия простирания направлена от юго-востока к северо-западу. Чтобы определить вполне направление пласта, необходимо еще знать, куда он наклонен, на юго-запад или на северо-восток.

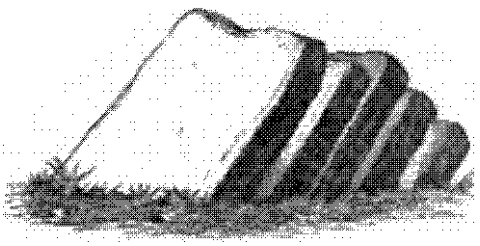


Рис. 94. **Наклонные пласты**

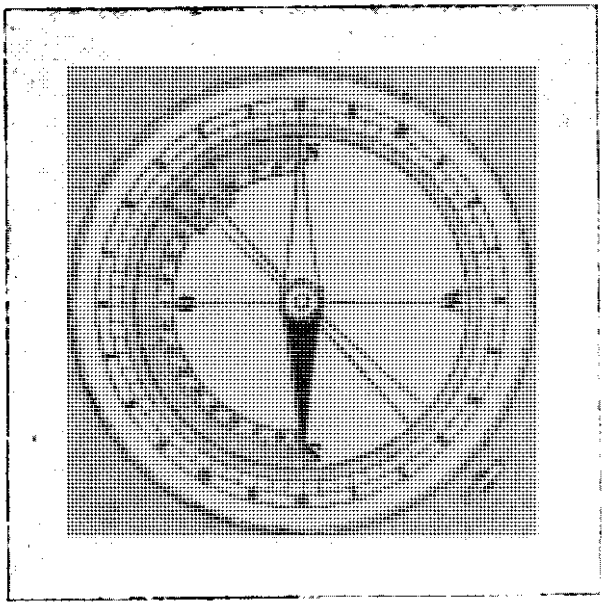


Рис. 95. **Горный компас**

Для определения угла падения в горном компасе существует особое приспособление: магнитная стрелка закрепляется при помощи маленького винта, и длинная сторона компаса устанавливается перпендикулярно к направлению падения; небольшой отвес, привешенный в центре, укажет на то или другое деление. Прежде, чем производить измерение, нужно, очевидно, знать *линию падения*: последняя с линией простнрания образует прямой угол.

Такие определения составляют основание геологических исследований местности с наклоненными слоями. Посредством известных значков результаты их наносятся на карту; простая черта обозначает простирание слоя, перпендикулярная к ней стрелка — падение его и, наконец, число — угол падения; так, например, зна-

чок ↗ 45° служит для характеристики слоя, который простирается по направлению от северо-запада к юго-востоку и падает на северо-восток под углом в 45°.

Пласты не только бывают наклонены, иногда они принимают совсем вертикальное положение или, как говорят, бывают *поставлены на голову*. Нарушение горизонтального положения их может идти еще дальше: пласты оказываются иногда совершенно перевернутыми или, как говорят, *опрокинутыми*: позднейшие отложения лежат внизу, а древнейшие их покрывают. Пример такого явления представляет рис. 96; там меловые отложения покрыты образованиями юрской и триа-

Рис. 96. **Опрокинутые пласты Эст Ривера в Колорадо Северной Америки: 1) Силурийские отложения. 2) Каменноугольная система. 3) Триасовая система. 4) Юрская система. 5) Меловая система** (по Пилю)

совой систем; над последними, в свою очередь, располагаются каменноугольные и силурийские пласты; слева, на заднем плане, меловые отложения поставлены на голову, а далее имеют уже нормальное положение.

Еще чаще наблюдаются более сложные нарушения правильности напластования.

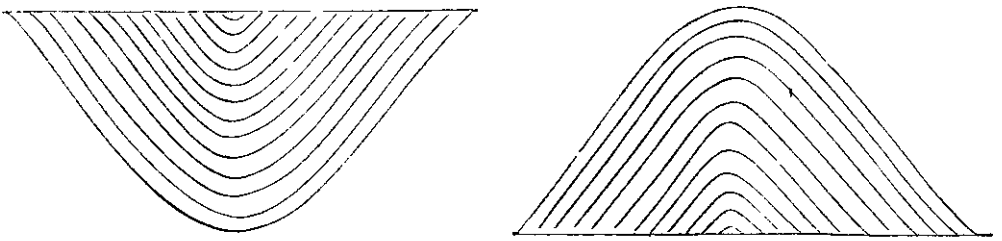


Рис. 97 и 98. **Синклинальная и антиклинальная складки**

Прежде всего сюда относятся *складки* и изгибы, господствующие в строении всех значительных гор; термин не требует дальнейших толкований: смысл его уясняется профилями (рис. 97 и 98) и перспективными рисунками (рис. 102 и 103). Части наклонных слоев, соединенные в складку перегибом, называются *бедрами*, или *крыльями*, складки. Складка, у которой оба бедра книзу расходятся и вершина перегиба направлена вверх, называется *седлом*, или *антиклинальной складкой*; наоборот, если бедра складки книзу сходятся и перегиб своей вершиной обращен вниз, то получается складка *синклинальная*, или *мульда* (см. рис. 97 и 98).

Просто наклоненные слои отличаются от складок тем, что их прямые бедра не соединяются перегибом, а встречаются под углом. Пример таких наклонных слоев можно видеть на рис. 9.

Приведенные рисунки 102 и 103 представляют складки в том виде, как они встречаются в природе; оба примера взяты из западной части Соединенных

Рис. 102. **Антиклинальная и синклинальная складки Бига Томсона в Колорадо Северной Америки** (по Гайдену)

Рис. 103. **Размытая антиклинальная складка в Тетонских горах в Идаго Северной Америки** (по Джону)

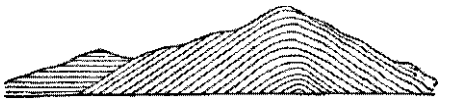


Рис. 99. **Прислоненные (ингрессивные) пласты**

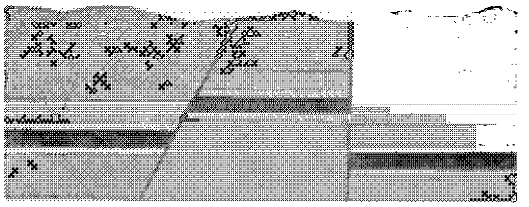


Рис 100. **Сброс**

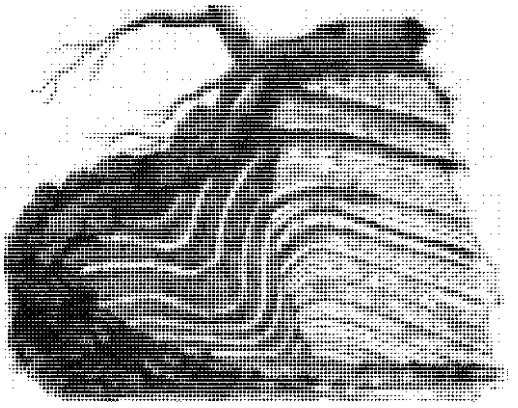


Рис 101. **Сброс с изогнутыми пластами**

Штатов Северной Америки. Первый рисунок изображает простую антиклинальную складку с весьма крутыми бедрами; путем выветривания и размывания свод этой складки почти уничтожен; породы, одевающие ее сверху, на месте перегиба прерываются, и обнаженные края их обращены вверх; они образуют так называемую «*воздушную складку*».

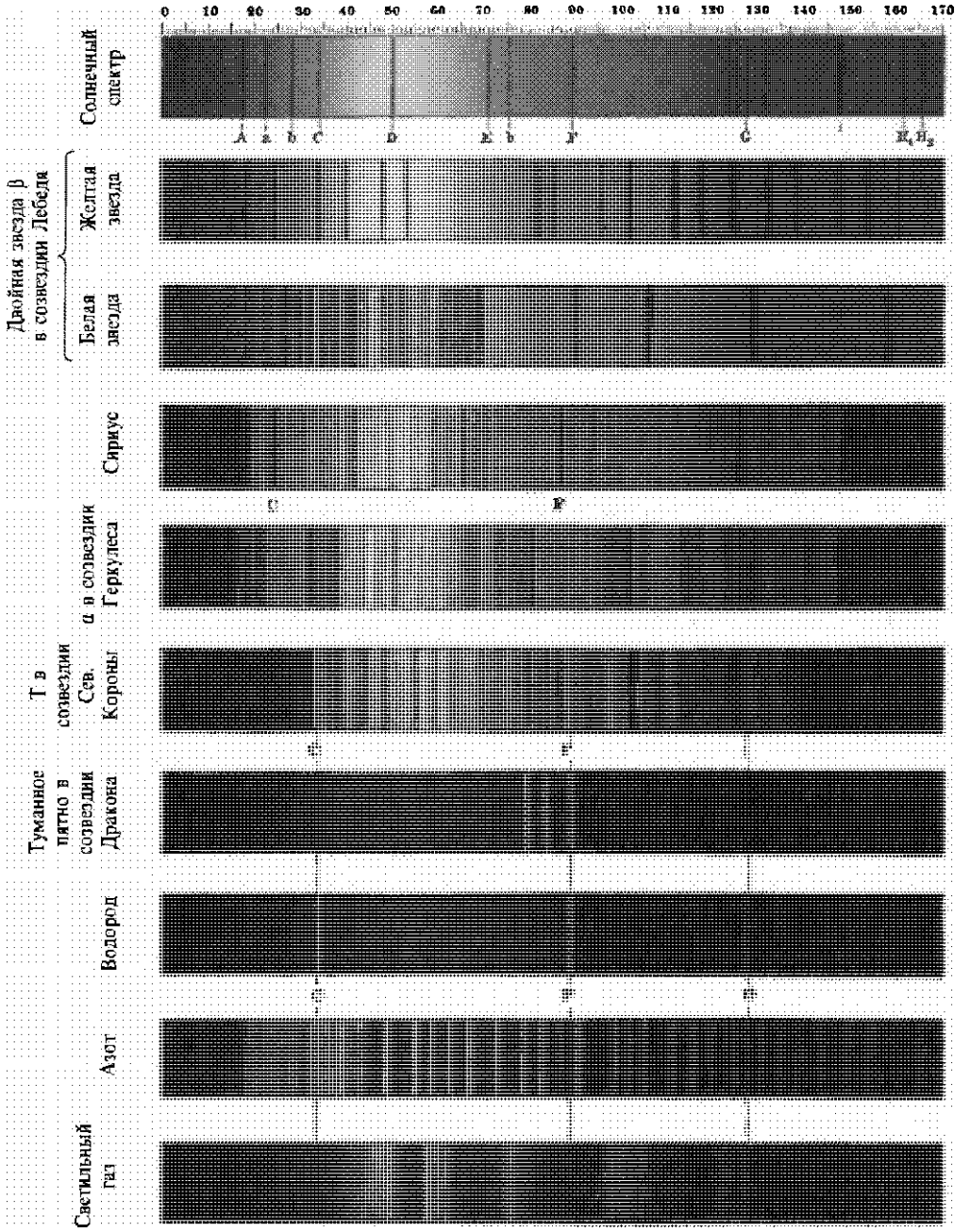
На втором рисунке представлена комбинация антиклинальной и синклинальной складок. С левой стороны замкнутая антиклиналь образует гору; углубления с правой ее стороны соответствуют середине мульды; еще правее пласты опять поднимаются вверх, образуя второе бедро мульды.

Во всех до сих пор рассмотренных случаях предполагалось, что исследуемые слои отлагались вполне правильно друг на друге; такое последовательное

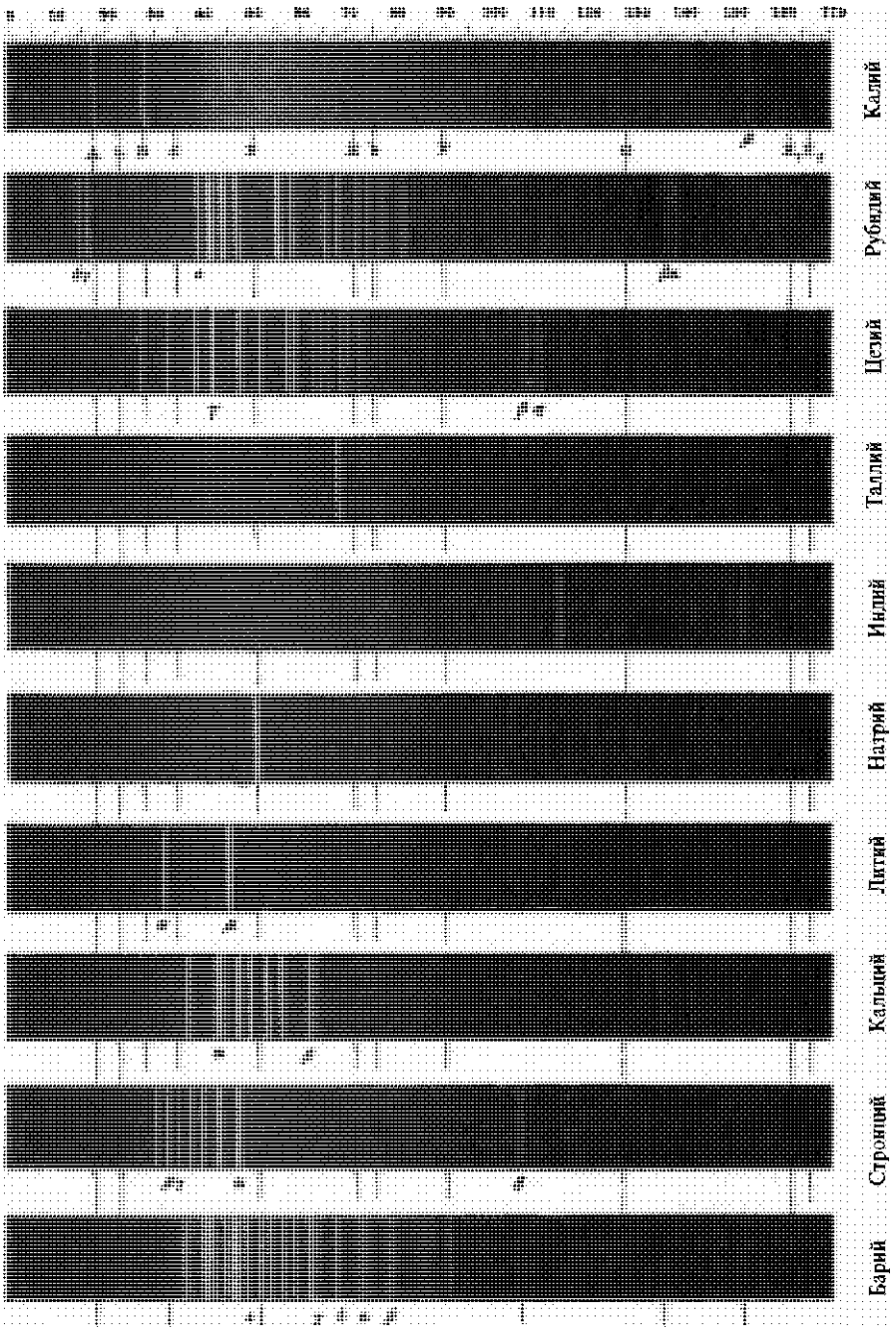
# СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ

## Спектры неподвижных звезд и туманных пятен

*в сравнении с солнечным спектром и со спектрами некоторых газов*



Спектры щелочных и щелочноземельных металлов
(*по Бунзену и Кирхгофу*)



напластование носит название *согласного*; часто, однако, наблюдаются уклонения от этой правильности. Если мы представим себе, что искривленная, или разогнутая, система слоев выдвинулась из моря, то, как мы знаем уже по многим примерам, начнется размывание. Вследствие тех или иных изменений море может опять залить эту местность. Такое перемещение моря, или *трансгрессия*, как его называют, влечет за собой образование новых осадков; они будут отлагаться в виде горизонтальных пластов на головах прежних образований. Получится тот вид напластования, который называется *несогласным* (см. рис. 104).

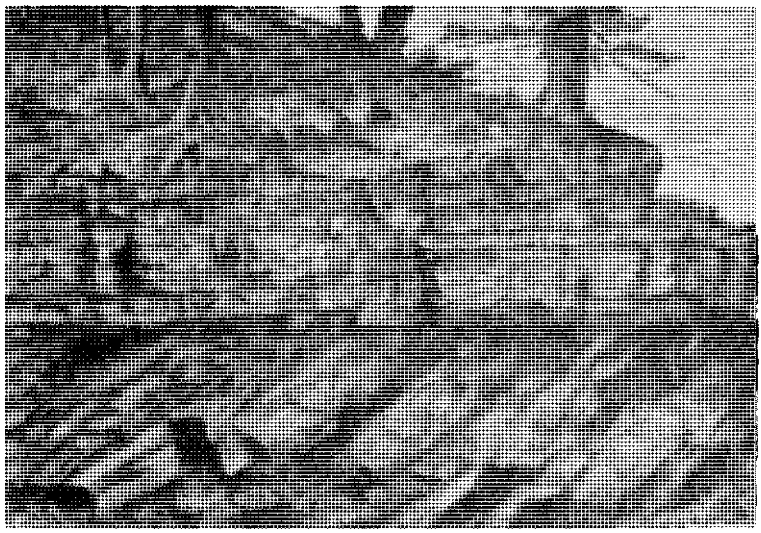


Рис. 104. **Несогласное напластование**

Иногда несогласие напластования выражается иначе: новообразованные горизонтальные слои располагаются рядом с прежними наклоненными пластами, обрываются около них; они носят название *прислоненных*, или *ингрессивных* (рис. 99).

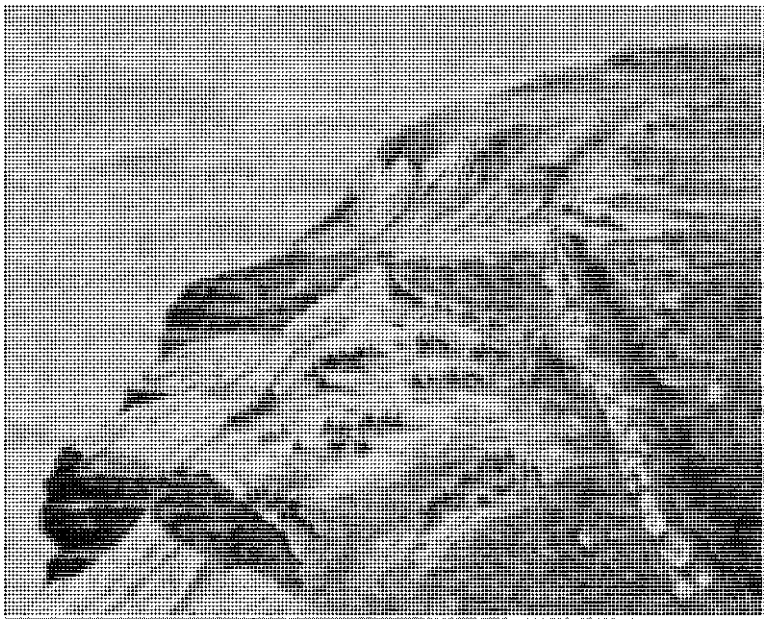


Рис. 105. **Жила, прорезывающая горизонтальные слои** (по Гайдену)

Особый вид нарушений напластования составляют *сдвиги*, или *сбросы* (см. рис. 100). Под этим словом подразумевают перемещения горных пород, происходящие по направлению прорезывающих их вертикальных или горизонтальных

трещин; обыкновенно одна сторона трещины оказывается опустившейся, или сброшенной. Разница в высоте сброшенной части и части, сохранившей свое прежнее положение, или, как говорят, высота сброса, часто выражается несколькими сантиметрами; но она может принимать и колоссальные размеры в несколько тысяч метров. Вследствие страшного давления, развивающегося при сбросе таких больших масс, падающие пласты изгибаются, образуя выпуклость вниз, части же пластов, оставшиеся на месте, изгибаются в обратном направлении: получается так называемый *складчатый* сброс (см. рис. 101).

В связи с трещинами находятся *жилы*. Это тоже трещины в осадочной или массивной породе, но заполненные каким-либо минералом или другой горной по-

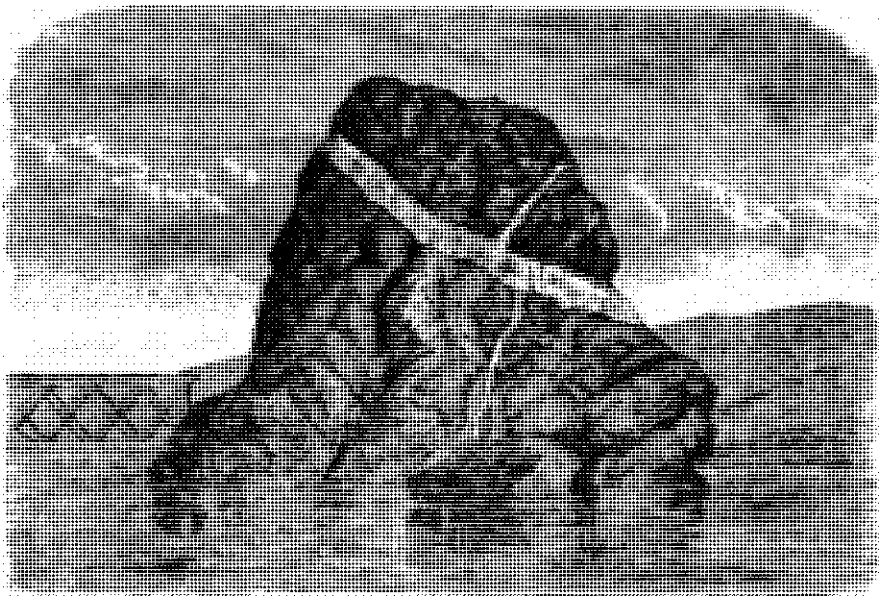


Рис. 106. **Перекрещивающиеся жилы у С. Луи** (по Гайдену)

родой; особенное значение для горного дела имеют так называемые рудные жилы. Своим возникновением жилы обязаны весьма различным причинам: в одних случаях их заполнила изверженная огненно-жидкая масса, двигавшаяся снизу; в других случаях минералы, образующие жилу, выкристаллизовались из циркулировавшей в трещине воды. Иногда жилы заполняются гальками, обломками и илом, который направляется туда с поверхности. Несмотря на различие происхождения, по внешнему виду жилы представляют много сходного и обозначаются общим термином. В размерах жил так же, как и в способе происхождения, существуют большие различия; некоторые из них очень тонки, другие достигают значительной мощности; некоторые вулканические жилы могут явиться в качестве самостоятельных возвышенностей, если порода, через которую они проходят, будет уничтожена разрушительным действием воды и унесена.

Иногда слоистые породы пересекаются жилами во всевозможных направлениях (см. рис. 106); может случиться, что жила пойдет между двумя пластами, имея

одинаковое с ними простирание и падение; такая жила называется *пластовой* жилой. Иногда жилы встречаются целыми группами; чаще всего они могут быть наблюдаемы среди вулканических туфов и пепла, составляющих конус огнедышащей горы, и образуются здесь путем заполнения трещин лавой. Особенного внимания заслуживают явления, замечаемые на месте пересечения двух жил; иногда части одной жилы оказываются перемещенными или сброшенными по направлению другой; в таких случаях возможно определить относительный возраст жил; очевидно, что та жила, которая прорвала другую, и произвела сброс, образовалась позднее (см. рис. 106).

# I. Физическая геология

## 1. Земля в мировом пространстве

Небесный свод.— Планетная система.— Спектральный анализ.— Солнце.— Состояние мировых тел.— Луна.— Прошлое и будущее земли.— Метеориты.— Состав метеоритов.

### Небесный свод

Геология выясняет происхождение земли, свойства, образование и характер залегания составляющих ее масс, и изучает изменения, которым последние подлежат. Фактов, наблюдаемых на поверхности земли, еще не достаточно для решения этих вопросов: мы вынуждены обратиться к сравнению нашей планеты с другими ближайшими и отдаленными небесными телами и воспользоваться выводами астрономии. О происхождении Земли мы можем судить по ее положению в солнечной системе, а о состоянии нашей плапеты в отдаленнейшие периоды — по свойствам тех небесных тел, которые переживают стадии, мириады веков назад пройденные Землей.

Звезды, блистающие па доступной нам части небесного свода, кажутся бесчисленными: по-видимому, они измеряются сотнями тысяч. Но это обман зрения. Люди, не знакомые с наукой, удивятся, узнав, что вся совокупность звезд, видимых па северпом пебе, не превышает 3300; только очень развитой и опытный глаз видит их более 5000. Но если прибегнуть к помощи телескопа, то это число примет колоссальные размеры. Теперь еще нельзя определить всего количества звезд, видимых при посредстве сильнейших приборов, но по приблизительным расчетам оно достигает нескольких сотен миллионов, как думают некоторые — даже до 1200 миллионов. В пекоторых местах звезды до поразительности скучены; вблизи Млечного Пути, на протяжении 41 минуты, астропом Гершель наблюдал в поле зрения своей огромной трубы около четверти миллиона звезд.

Каждая из этих звезд — солнце, подобное нашему; оно обладает собственным светом и, быть может, окружепо своими планетами. Расстояния, отделяющие эти мировые тела, так велики, что мы не можем составить о них даже приблизительпого представления. От ближайшей неподвижной звезды, яркой α в созвездии Центавра, Солнце находится приблизительно на восемь биллионов миль, т. е. в 400 000 раз больше, чем Земля от Солнца. Свет, пробегающий более 40 000

миль в секунду, достигает оттуда к нам через $6^1/_2$ лет; самая лучшая из лошадей могла бы пробежать это расстояние в сто миллионов лет, да и то не останавливаясь ни на мгновение. Расстояние других звезд еще больше, и у значительной части их так громадно, что не поддается никакому определению. Приблизительно можно допустить, что многие из них отстоят от Солнца на сотни и тысячи звездных расстояний (так называется длина в восемь биллионов миль): свет их только через целые тысячелетия достигает Земли.

Расстояния между неподвижными звездами поразительно велики. Но астрономия показывает, что наша Земля лежит в том участке пространства, где мировые тела расположены сравнительно тесно. Весь видимый небесный свод окружен *Млечным Путем*, который может быть сравнен с белой светящейся лентой. Невооруженному глазу он кажется одинаково ярким, но с помощью телескопа можно заметить во многих частях его бесчисленные и тесно скученные мелкие звезды. Что касается остальной части небесного свода, то значительное большинство видимых там звезд и почти все ярко светящие тела находятся вблизи Млечного Пути; наиболее же удаленные от него части небесного свода бедны звездами. Для объяснения этого явления допускают, что наша планетная система представляет одну из многочисленных частей большой кучи звезд, которая имеет форму плоской линзы (чечевицы). Если мы смотрим по направлению к более удаленному от нас острому ребру линзы, то замечаем огромное множество звезд; их мы и называем Млечным Путем; наоборот, вдали от последнего пространство будет казаться нам бедным звездами, так как в этом случае мы направляем глаз на плоские грани линзы и видим перед собой только тонкий слой звезд. По некоторым данным — конечно, весьма приблизительным, — можно допустить, что наименее удаленная часть ребра линзы находится от нас на 79 расстояний Сириуса, а наиболее удаленная на 497 (расстояние Сириуса равно 20 биллионам миль).

Известно, что Солнце не сохраняет неизменным своего положения, но обладает поступательным движением; последнего мы не замечаем, потому что Земля так же, как и все планеты, принимает участие в нем. Только тщательные наблюдения едва заметных перемещений неподвижных звезд позволяют установить этот факт; оказывается, что мы несемся к созвездию Геркулеса со скоростью, которая колеблется между $2^3/_4$ и 7 милями в секунду. В последнее время по небольшим отклонениям известных цветных линий спектра сделана попытка определить, с какой скоростью приближаются к нам или удаляются от нас некоторые звезды; но само собой понятно, что даже при самых благоприятных условиях этим путем может быть найдена сумма скоростей Солнца и наблюдаемой звезды; скорость же движения самого Солнца остается неизвестной*.

Подобно Солнцу, и другие звезды движутся. Мы не ошибемся, допустив, что движение их подчинено тем же механическим законам, которые управляют движением планет около Солнца. Обладают ли Солнце и звезды прямолинейным дви-

---

* Таким путем, например, вычислено, что мы приближаемся к звезде Вега из созвездия Лиры со скоростью 11,24 миль, к звезде Атаир в созвездии Орла со скоростью 10,4 миль, к Арктуру со скоростью 13,75 миль, к Поллуксу 12,25 миль в секунду и удаляемся от Кастора со скоростью 7 миль, от Регула в созвездии Льва — со скоростью 3—4 миль, от Ригеля в созвездии Ориона — со скоростью 3,75 миль в секунду (по Хёггинсу [Huggins] и Фогелю).

жением, образуют ли они известные системы, движущиеся по кривым около общего центра их тяжести, вращаются ли все они около некоего центрального солнца, следует ли, наконец, искать это солнце в одной из Плеяд созвездия Тельца, как было однажды предложено,— все это вопросы, для решения которых мы не имеем никаких данных.

Земля — одна из небольших планет солнечной системы, да и само наше Солнце в ряду миллионов подобных ему светил не занимает, по-видимому, выдающегося места. Ничтожной пылинкой кажется планета, на которой мы живем и на которой сталкиваются все важнейшие интересы человечества. Наконец, и та звездная куча, в которой земля — только атом, не представляет Вселенной: вероятно, она является одной из бесчисленных систем более высокого порядка, находящихся, быть может, в такой же связи между собой, как отдельные звезды. Среди блестящих звезд на многих местах небосвода замечаются бесчисленные светлые пятна; отчасти они видимы простым глазом, в большинстве же случаев только при помощи астрономических труб; это — так называемые *туманности*. Наблюдая такие пятна посредством сильных телескопов, удалось доказать, что они состоят из огромного числа мельчайших звезд, тесно скученных в одном месте (см. рис. 107); весьма вероятно, что туманности — такие же самостоятельные системы и, может быть, такие же большие, как Млечный Путь со всеми его звездами и нашим Солнцем (Кант). Тут раскрываются перед нами уже бесконечно огромные перспективы, и мы не в силах представить себе этих неизмеримо больших протяжений.

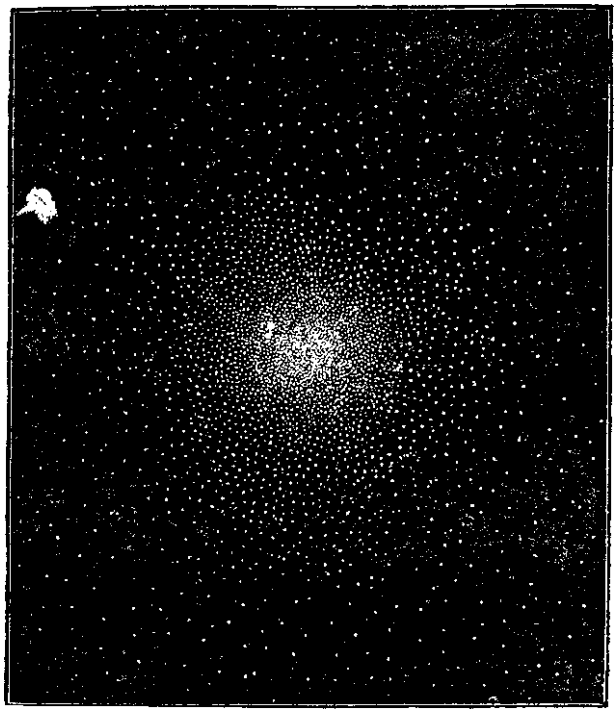


Рис. 107. **Звездная куча из созвездия Тукана** (по Петерсу)

## Планетная система

Возвращаясь к нашей *солнечной системе*, мы найдем ничтожными ее размеры, выражающиеся только миллионами миль. В центре всей системы находится *Солнце*; по своему диаметру и массе оно превосходит не только отдельные планеты, но и все их вместе взятые. Тела притягиваются друг другом в зависимости от массы, или веса, и потому Солнце, превосходящее в этом отношении все

планеты, заставляет их вращаться около себя. Диаметр Солнца равен 187 тысячам немецких миль; он так велик, что Земля вместе с вращающейся вокруг нее Луной могла бы свободно поместиться внутри Солнца: диаметр орбиты Луны равняется приблизительно половине солнечного диаметра; масса Солнца в 323000 раз больше массы Земли.

Мы уклонились бы в сторону, если бы стали доказывать, как просто вытекают все движения планет из закона тяготения и как этот закон был открыт великим Ньютоном. Мы познакомимся с вопросом чисто эмпирически. Все планеты, за исключением некоторых небольших астероидов, совершают свой путь около Солнца по эллипсам, а не по кругам, как это предполагалось до Кеплера и как это иногда приходится слышать даже теперь; все эти эллипсы обладают небольшим эксцентрицитетом, немного относительно экватора Солнца, и имеют общий фокус, который совпадает с центром Солнца.

Оставив в стороне сомнительные планеты, расположенные между Солнцем и *Меркурием*, можно считать последний самой близкой к Солнцу планетой; среднее расстояние его от Солнца равняется 0,387 радиуса земной орбиты; время обращения его около Солнца — 88 дней, диаметр 648 миль и масса $^1/_{14}$ земной массы. За ним следуют:

*Венера*; среднее расстояние ее от Солнца равно 0,723 радиуса земной орбиты, время обращения — 224 дням, диаметр — 1,616 милям, масса — 0,8 земной массы.

*Земля*; среднее расстояние ее от Солнца приблизительно 20 миллионов миль, время обращения — год, диаметр 1,719 миль и масса $^1/_{323000}$ массы Солнца; она сопровождается спутником — Луной.

*Марс*; среднее расстояние его в 1,524 раза больше расстояния Земли, время полного обращения — 687 дней, диаметр — 909 миль и масса — 0,1 массы Земли. Марс имеет два спутника, вращающиеся около него по орбитам относительно небольшого радиуса.

Расстояния названных звезд от Солнца постепенно и правильно возрастают; Следующая за Марсом планета, известная уже с древних времен, *Юпитер*. Расстояние между ней и Марсом чрезвычайно велико: по-видимому, в системе ие достает одного члена. Давно уже предполагалось, что в этом месте должна существовать еще не открытая планета. Ожидания оправдались: 1 января 1801 года *Пиацци* открыл эту планету и назвал ее *Церерой*; вычисления были сделаны *Гауссом*. Это необычайно малепькое небеспое тело: диаметр его всего 50 миль; ось ее орбиты в 2,768 раз больше соответствующей оси Земли; время ее полного обращения 1,682 дня. Но скоро, однако, оказалось, что не одна Церера заполняет пространство между Марсом и Юпитером; тут же найдеиы были: *Паллада*, *Веста*, *Юнона*. С тех нор небо подвергается систематическим исследованиям и делаются фотографические снимки его; усилия астрономов увенчались успехом, и ежегодно открывается целый ряд небольших небесных тел, так называемых *астероидов*. К концу 1891 года было известно 324 астероида. Диаметр их колеблется между 375 и 25 километрами; исследования *Леверрье* показали, что общая их масса составляет только $^1/_4$ массы Земли. Наикратчайшее из времен обращения астероидов вокруг Солнца равняется 1,137 дням, наидлиннейшее — 2,867 дням. Эксцентрицитет их орбит в общем больше, чем у остальных планет.

За астероидами следуют большие планеты; в ряду их первое место занимает *Юпитер*; сравнительно с другими планетами он — великан. Среднее расстояние его от Солнца в 5,5 раз, диаметр в 11 раз, масса в 334 раза больше Земли; время его обращения равно 4,332 дням или 11 годам и 314 дням. У Юнитера пять снутников.

*Сатурн*; среднее расстояние его от Солнца в 9 раз больше расстояния Земли; время его нолного обращения — 10,760 дней; днаметр — 16,675 миль, масса в 92 раза больше массы Земли, плотность составляет $^1/_7$ плотности Земли. Сатурн имеет 8 спутников; больший из них но величине приближается к Марсу; характеристическая особенность Сатурна — тройное кольцо, свободно вращающееся вокруг экватора.

*Уран* — с экваториальным диаметром в .6740 миль — обладает массой, в 14 раз нревосходящей массу Земли. Время обращения его вокруг Солнца — 30,686 дней, среднее расстояние от Солнца 384 миллиона миль, т.е. в 19 раз больше расстояния Земли. Уран имеет 4 снутника.

*Нептун* — но нашим сведениям, крайняя планета солнечной системы — известен с 1846 года. Существование его вытекало из нарушений нравильности движения Урана. Леверрье вычислил ноложение новой нланеты: Нептун был найден на указанной этим ученым точке небесного свода. Среднее расстояние его от Солнца в 30 раз больше расстояния Земли (нриблизительно 600 миллионов миль); время обращения — 164,5 лет, диаметр в $4^1/_3$, а масса в 16 раз больше, чем у Земли. Нептун имеет один спутник.

Таким образом, огромное число планет, в существенных чертах сходных между собой, вращается вместе со своими снутниками вокруг Солнца. Все они совершают свой путь от запада к востоку. В этом же нанравлении движется и Солнце, и все планеты около своих осей. Планеты при своем вращении описывают эллипсы, весьма близкие к кругу; орбиты всех их несколько наклонены друг к другу и к экватору Солнца. Все это делает весьма вероятным допущение общей причины движения планет и общности их нроисхождения. Один из величайших мыслителей, *Кант*, основываясь на этом, создал свою знаменитую теорию нроисхождения планетной системы; огромное большинство исследователей принимает ее до сих пор. По этой теории планетная система нредставляла вращающуюся массу газов; вследствие охлаждения и сокращения массы части ее отделились и образовали планеты с их снутниками; главная масса осталась в центре.

Вначале взгляды Канта были нриняты далеко не всеми. Только сорок лет снустя, когда с той же теорией выстунил *Лаплас*,— вероятно, ие без влияния идей своего предшественника,— она достигла общего признания.

С тех нор совершилось много астрономических открытий: найдены Уран, Нептун и скопление астероидов; все эти тела движутся по направлению с запада к востоку. Вероятность гинотезы Канта — Лапласа увеличилась. Теперь принимают, что Солнце и все нланеты составляли первоначально общую массу, которая, вследствие страшно большого жара, находилась в нарообразном состоянии и простиралась до орбиты Нептуна; с течеиием времени она сократилась до современного объема Солнца. При этом внешние слои вращающегося шара паров и газов охлаждались быстрее, сокращались сильнее и отделялись от главной массы в виде колец; кольца разрывались и образовали планеты.

Следует ли эту теорию расширить и допустить, что весь Млечный Путь произошел таким же образом? Следует ли думать, что он составлял первоначально одну общую туманную массу? Если судить по аналогиям, то должно дать ответ положительный; но фактов мало в наших руках, сведения о движении звезд ничтожны, и точное решение вопроса немыслимо; только спектральный анализ дает возможность сделать кое-какие заключения.

Теория Канта—Лапласа сводит образование нашей солнечной системы,—Солнца и планет,—к распадению первобытной туманной массы; если это справедливо, то Солнце и планеты должны иметь одинаковый состав; мы знаем элементы, из которых слагается Земля, и должны предположить, что они входят также в состав Солнца и всех вращающихся около него небесных тел. Фактическое доказательство этой мысли должно блестящим образом подтвердить и гипотезу Канта—Лапласа, а если нам удастся показать, что и отдаленные неподвижные звезды составлены из тех же элементов, то с большой вероятностью можно будет предположить, что они находятся в таком же отношении друг к другу и к Солнцу, как и отдельные части планетной системы, т. е. что все обязаны своим существованием распадению огромной космической туманной массы.

## Спектральный анализ

Химический анализ Солнца и наиболее далеких неподвижных звезд казался десять лет назад несбыточной мечтой. Расстояния в миллионы миль делали его невозможным. Поэтому открытие *спектрального анализа*, который позволил нам перешагнуть и за эти пределы, принадлежит к числу величайших завоеваний человеческой мысли. Введением его в науку мы обязаны гейдельбергским ученым *Бунзену* и *Кирхгофу*.

Мы не можем добыть вещества, из которого состоят звезды, и подвергнуть его непосредственному химическому исследованию; но свет их доступен нам и, по его свойствам, мы можем сделать известные заключения о телах, которые его испускают и через которые он проходит. Выводы, полученные этим способом, так же точны, как и те, к которым приводит нас лабораторный анализ,—непосредственное растворение и осаждение вещества или испытание его перед пламенем паяльной трубки.

Под преломлением света разумеется отклонение его от прямолинейного направления, испытываемое при переходе из одной прозрачной среды в другую. Если, например, световой луч переходит из воздуха в стекло или воду, то он изменяет свое первоначальное направление. Доказательством может служит явление, наблюдаемое при опускании палки в воду: погруженная часть кажется надломленной на границе ее с частью, находящейся в воздухе. Ньютон впервые показал, что лучи разного цвета обладают различной преломляемостью. Если мы пропустим их через трехгранную стеклянную призму, то заметим, что величина отклонения, испытываемого ими при преломлении, весьма различна. Красный цвет преломляется всего слабее, оранжевый несколько больше, желтый, зеленый, голубой еще больше, и, наконец, максимумом преломляющей способности обладает фиолетовый цвет. Как известно, обыкновенный белый свет состоит из лучей

разного цвета; проходя через призму из бесцветного стекла, разные лучи не одинаково преломляются, и свет разлагается; если он падает на белую поверхность, то получается пестрая полоса, последовательно окрашенная в цвета: красный, оранжевый, желтый, зеленый, голубой, синий, фиолетовый. Эта полоса называется *спектром*.

Трехгранная призма дает возможность определить состав всякого света. Для таких исследований пользуются особым прибором, который носит название *спектроскопа*; прибор этот позволяет наблюдать явления с замечательной точностью. Устройство его представлено на рис. 108. В одной из труб находится тонкая щель, через которую и входит свет; посредством собирательной линзы свет, вышедший из трубы, отбрасывается на одну из граней призмы, находящейся в центре прибора; другая труба служит для наблюдений полученного спектра. Такое простое устройство аппарата в частных случаях видоизменяется и усложняется: вместо одной призмы пользуются несколькими и вызывают тем самым более сильное преломление; иногда присоединяют приспособления, позволяющие наблюдать два различных источника света одновременно и сравнивать их между собой.

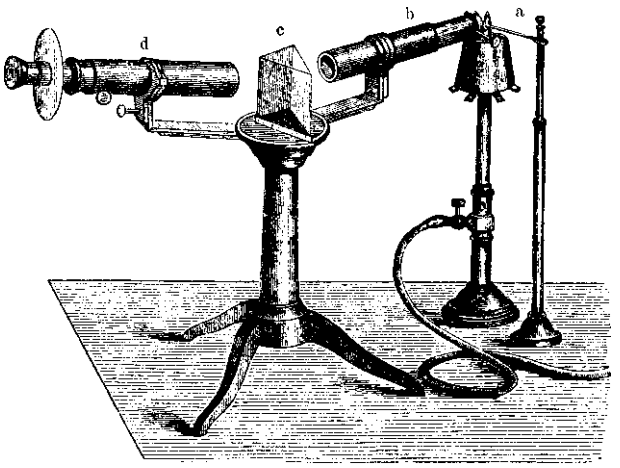



Рис. 108. **Спектроскоп: a) горелка Бунзена, b) коллиматор (труба с собирательной линзой), c) призма, d) зрительная труба**

Если мы станем исследовать свет, испускаемый накаленными до бела твердыми и жидкими телами, и пропустим его для этого через призму, то заметим, что он во всех случаях одинаков и дает всегда полный и непрерывный спектр, заключающий в себе все цвета. Иное наблюдается при исследовании накаленных газов: в спектре их видны светлые полосы, отделенные друг от друга темными промежутками; прежнего однообразия не замечается: каждый газ дает свой собственный и во всех случаях одинаковый спектр, по отличающийся от спектров других газов. Таким образом, мы получаем возможность определить химическую природу газов и паров путем непосредственного исследования света, испускаемого ими. В этом и заключается сущность спектрального анализа.

Свои классические исследования Бунзен и Кирхгоф производили над телами, легко дающими накаленные пары; тела эти — щелочные и щелочно-земельные металлы,— калий, натрий, литий, кальций, стронций, барий. Для исследования помещают на конце тонкой платиновой проволоки щепотку солей этих металлов; последнюю вносят в несветящееся пламя бунзеновой горелки, поставленной перед щелью спектроскопа; пламя тотчас же окрашивается, и через зрительную трубу аппарата можно видеть характеристические черты паров взятого металла.

Если такой опыт проделать с каким-нибудь соединением натрия, например, с поваренной солью (хлористый натрий), то в слабых приборах замечается одна светлая

желтая линия, в сильных — две. Эта реакция необыкновенно чувствительна; при ее помощи может быть доказано присутствие одной трехмиллионной части милиграмма натрия; такой точностью не обладает никакой другой химический способ. Достаточно махнуть рукой около бунзеновой горелки, чтобы в поле зрения трубы появились желтые линии натрия: поверхность руки покрыта потом, который заключает в себе, между прочим, и хлористый натрий; крупинка последнего отскакивает при взмахе и попадает в пламя. Весьма распространенный в природе, но находимый в малых количествах металл литий дает слабую желтую и очень яркую красную линию; и в этом случае реакция весьма чувствительна и позволяет доказать ничтожные следы элемента. Некоторые минеральные воды, которыми пользуются в качестве лечебного средства, содержат в себе соли лития; если выпить такой воды, втянуть после этого каплю пота кусочком протечной бумаги и сжечь последнюю, то в золе можно доказать описанным способом присутствие лития. Необыкновенная чувствительность метода дала возможность химикам открыть некоторые элементы, встречающиеся в природе в ничтожных количествах и до тех пор неизвестные; *Бунзен* открыл два близких к калию металла, цезий и рубидий; позднее были найдены тем же способом галлий, индий, таллий и некоторые другие.

Мы познакомились с двумя различными видами спектров: первый дают твердые или жидкие тела при белом калении; он представляет *непрерывную* полосу; второй получается при исследовании света, испускаемого раскаленными газами; он состоит из *отдельных* светлых линий. Пропустив солнечный луч через призму, мы получим третий вид спектра; невооруженному глазу он кажется тождественным с непрерывным спектром твердых и жидких тел; но уже слабая зрительная труба позволяет заметить в нем несколько черных линий; исследование солнечного спектра при очень больших увеличениях показывает, что он прерывается целым рядом таких линий. Впервые это явление заметил *Волластон*, точное же исследование его сделал *Фраунгофер* в Мюнхене; главнейшее из темных линий солнечного спектра он отметил буквами латинского алфавита от A до H; между этими линиями он заметил ряд других. Далее, он показал, что в спектре Луны и Венеры наблюдаются те же темные линии, что и в солнечном спектре; наоборот, в спектре неподвижных звезд не все темные линии совпадают с линиями солнечного спектра.

Уже Фраунгофер наблюдал, что темная линия солнечного спектра, обозначаемая буквой D, располагается на месте линии натрия; но это важное открытие было оставлено без внимания, и только через 40 лет оно послужило исходной точкой замечательных исследований *Кирхгофа*. Заметив, в свою очередь, полное совпадение фраунгоферовой линии D с линией натрия, он стал искать объяснения этого факта. Известно, что слабое пламя, будучи поставлено перед очень ярким источником света, отбрасывает от себя тень; если, например, поместить горящую свечу перед электрической лампой, то появится тень не только от свечи, но и от пламени. Перед щелью спектроскопа Кирхгоф поставил слабо светящееся пламя натрия, а позади — источник с ярким белым светом; лучи последнего на пути к призме должны были пройти предварительно через бледное пламя натрия; случилось то, чего ожидал ученый: получился вполне непрерывный спектр, только в желтой его части, там где лежит линия натрия или линия D солнечного спектра, была заметна двойная темная полоса. Далее, Кирхгоф между щелью спектроскопа и

источником яркого света поместил слабое пламя лития; тотчас же на месте линий лития в спектре появились черные полосы; то же повторилось и со всеми другими телами, которые исследовались указанным способом. Таким образом линии, даваемые слабым пламенем, становятся черными, как только позади его будет помещен сильный источник света; пламя *поглощает* те лучи, которые само испускает; отсюда следовало, что всякий газ дает темные линии в спектре, если позади него будет находиться источник яркого и постоянного света.

*Солнце* состоит из раскаленной добела массы и дает непрерывный спектр; лучи его, направляясь к Земле, проходят сквозь газы; характеристические цвета последних при этом поглощаются; так и возникают фраунгоферовы линии. Это поглощение может произойти в двух местах: или при прохождении лучей через солнечную атмосферу, или при прохождении их через атмосферу Земли. Замечено, что известные группы линий усиливаются вечером, когда солнечный свет на пути к Земле должен пройти через более толстый слой атмосферы; очевидно, эти линии являются следствием поглощения света в земной атмосфере. На другие линии время дня не имеет влияния; происхождение последних должно быть приписано, без сомнения, солнечной атмосфере.

Этим путем можно быстро и легко доказать присутствие в атмосфере Солнца известных веществ, каковы патрий, магний, кальций, железо, водород и др.; но всякое детальное исследование представляет много трудностей; прежде всего необходимо весьма точно обозначить фраунгоферовы линии. *Кирхгоф* и *Энгштром* (Angström) выполнили эту работу с замечательной тщательностью: они отметили большое число линий. Но скоро оказалось, что более совершенные инструменты позволяют видеть значительно бóльшее количество темных линий; исследованием их занялся английский физик *Локиер* (Lokyer). В настоящее время фотография оказала важные услуги спектроскопическим исследованиям и расширила значение последних.

Теперь известно, что в состав Солнца входит более половины земных элементов*. Замечательно, что на Солнце доказано присутствие малого числа пеметаллических тел,—только водорода, углерода и кремния. Совсем ли отсутствуют остальные, или только наблюдать их очень трудно,—вопрос, который решится в будущем. Наоборот, присутствие металлов и особенно тех, которые обладают большим атомным весом, доказано с несомненностью.

---

* Современное состояние наших знаний о присутствии на Солнце земных элементов Роулэнд (Rowland) представляет в следующем виде:

Точно доказано на Солнце присутствие железа (больше 2000 линий), никеля, титана, марганца, хрома, кобальта, углерода (200 линий), ванадия, циркония, церия, кальция (75 линий), скандия, неодимия, лантана, иттрия, ниобия, молибдена, палладия, магния (20), натрия (11), кремния, стронция, бария, аллюминия (4), кадмия, родия, эрбия, цинка, меди (2), серебра (2), бериллия (2), германия, олова, свинца, калия и водорода.

Подлежит сомнению присутствие на Солнце иридия, осмия, платины, рутения, тантала, тория, вольфрама, урана.

Вовсе не доказано присутствия сурьмы, мышьяка, висмута, кислорода, цезия, золота, индия, ртути, фосфора, рубидия, селена, серы, таллия, празеодимия.

До сих пор не найдены бром, хлор, иод, фтор, кислород, теллур, галлий, тулий, тербий и др.

Цифры около названий элементов показывают число точно наблюдавшихся в спектре линий.

С другой стороны, наблюдается значнтельное число таких фраунгоферовых линий, которые до сих пор не были замечены в спектрах земных тел, и среди них немало сильных. Отсюда следует, что на Солнце присутствует большое число веществ, не найденных еще на Земле (см. особую таблицу «Спектральный анализ»).

Планеты не обладают собственным светом; они отражают только солнечные лучи. Наблюдая планеты через призму, мы получаем спектр Солнца, но с теми изменениями, которые вызывает их атмосфера; некоторые лучи оказываются поглощенными, и число темных линий возрастает. Таким путем доказано, что на Марсе и Венере нрисутствует атмосфера, нодобная нашей. На Юпитере найдена атмосфера, в которой водяные пары играют очень большую роль. Кроме того, в спектре его наблюдались линии, значение которых еще не выяснено и которые во всяком случае соответствуют элементам, не известным на Земле; подобные же явления наблюдались и на Сатурне. Наша Луна, не имеющая и следов атмосферы, не изменяет солнечного снектра.

Таким образом, снектроскопическим исследованиям планет не помешал недостаток собственного яркого света; но еще удивительнее результаты, касающиеся неподвижных звезд. По *Секки* (Secchi) и *Фогелю,* последние могут быть разделены на три типа: к первому принадлежат *белые*, или *голубоватые*, звезды; сюда относится более половины всех неподвижных звезд: Сириус, Вега в созвездии Лиры, Атаир в созвездии Орла, Регул в созвездии Льва, Ригел в созвездии Ориона и яркие звезды Большой Медведицы (за исключением α) могут служить примерами этой группы. Эти звезды находятся в страшно накаленном состоянии; находящиеся в их атмосфере пары металлов обладают слабой поглотительной способностью, и в спектре их наблюдаются только следы темных линий.

Ко второй группе *Секки* принадлежат *желтые* звезды; оии однородны с нашим Солнцем. Примерами могут служить Капелла в созвездии Возницы, Поллукс в созвездии Близнецов, Альдебаран в созвездии Тельца, α Большой Медведицы, Процион в созвездии Малого Пса. Спектр их характеризуется скученностью фраунгоферовых линий; эти звезды обладают сравнительно холодной атмосферой нашего Солнца: она иаполнена парами металлов. Элементы, присутствие которых доказано на желтых звездах, в общем сходны с элементами Солнца. Рассматриваемая группа тоже многочисленна; к ней принадлежит около трети всех звезд.

Относительно малочисленен третий тип, к которому относятся так называемые *красные* звезды. Спектр их характеризуется мпожеством фраунгоферовых липий; в таком числе они не наблюдаются в спектрах простых тел, а только в спектрах химических соединений. Смотря по тому, лежат ли темные линии в красиой части спектра, или в голубой, Секки разделяет красные звезды на две подгруппы; различия последних он объясняет составом их атмосферы. Спектр красных звезд показывает, что температура их сравнительно низка: в атмосфере их существуют химические соединения; мы можем даже высказать некоторые суждения об их составе: по крайней мере, *Фогелю* удалось показать, что в атмосфере таких звезд нрисутствуют углеводороды.

## Солнце

Теория Канта в общих чертах намечает те фазы, через которые проходила Земля, пока не достигла современного состояния и не населилась живыми существами. Но без наблюдений над другими небесными телами мы не можем составить даже приблизительного представления о различных периодах ее развития. Одни из мировых тел развивались быстрее Земли, другие медленнее; они проходят те стадии, которые Земля пережила или которые ей предстоит пережить.

Для уяснения первоначального состояния Земли могут служить *туманности*. Часть их, при помощи сильнейших телескопов, представляется в виде скопления

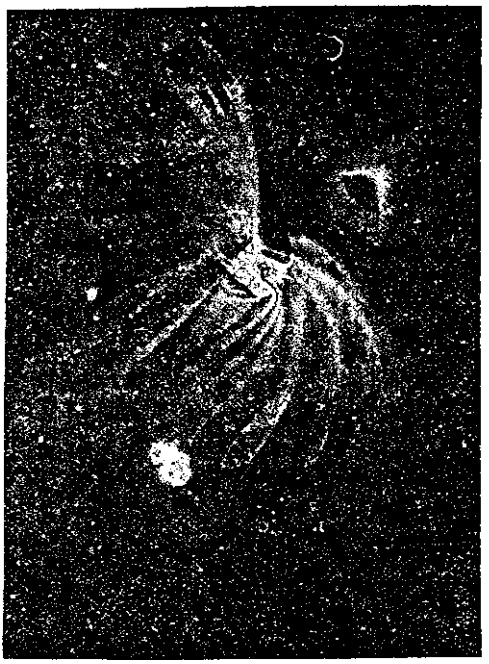


Рис. 109. **Спиральная туманность из созвездия Ориона**

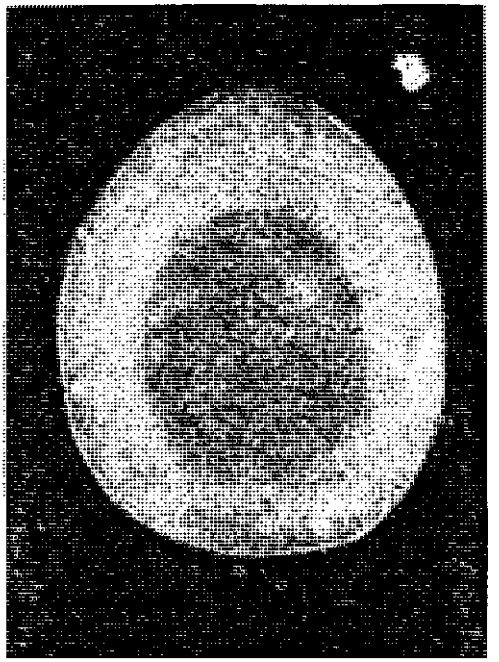


Рис. 110. **Кольцевая туманность из созвездия Лиры**

отдельных звезд; другие, даже при самых сильных увеличениях, кажутся пятнами; свет этих пятен, пропущенный через призму, не дает непрерывного спектра с темными линиями; он представляет темную полосу, и на ней отдельные светлые черты: туманности состоят из *накопленных газов*. Положение линий в спектре показывает, что в ряду этих газов преобладающая роль принадлежит азоту и водороду.

В таком же состоянии находилась та масса газов, из которой выделились Солнце и планеты. Особенно интересны туманности, находящиеся в быстром вращательном движении; таковы, например, спиральная туманность в Орионе (см. рис. 109), туманность Андромеды, спиральный характер которой доказан фотографическими снимками, и туманность в созвездии Борзых Собак (см. рис. 111), в которой около светлого ядра видны туманные спиральные полосы; сюда же относятся такие образования, которые имеют кольцеобразную форму и в центре кольца представляют иногда звезду (см. рис. 110). *Хольден*, директор знаменитой Ликской об-

серватории на горе Гамильтона в Калифорнии, сделал замечательное открытие: он нашел туманности, которые имеют улиткообразную форму. Очевидно, что туманности представляют газовые массы, которые, под влиянием центробежной силы, стремятся к такому же распадению, какое мириады веков назад произошло с нашей солнечной системой.

О дальнейших фазах развития Земли мы можем судить по современному состоянию звезд и Солнца. Белые звезды первой группы Секки, в спектрах которых темные линии соответствуют линиям водорода и немногих металлов, находятся в первой стадии охлаждения; далее ушли в этом отношении желтые звезды, к числу которых принадлежит и наше Солнце. Над последним делалось весьма много наблюдений, и потому нам необходимо познакомиться с ним подробнее.

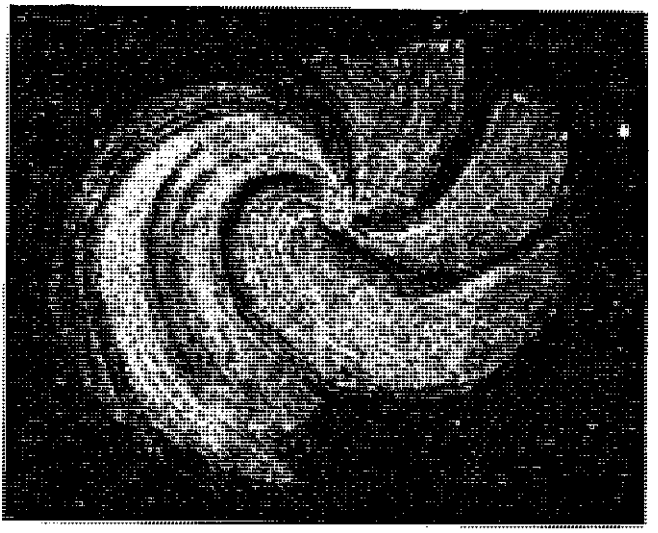


Рис. 111. **Спиральная туманность из созвездия Борзых Собак**

Невооруженному глазу Солнце кажется невыносимо блестящим светлым кругом; оно всегда считалось символом совершенства и чистоты; этот взгляд до того вкоренился во все философские системы прежних времен, что никто не сомневался в его справедливости. Но телескоп показал, что кажущаяся чистота Солнца просто оптический обман. *Шейнер* в Ингольштадте, почти одновременно с *Галилеем* и *Фабрицием* в Виртемберге и *Гарриотом* (Harriot) в Англии, открыл существование солнечных пятен; но наблюдения этих ученых долго не были обнародованы: исследователи остерегались распространять факт, совершенно противоречащий общепринятым взглядам.

Скоро, однако, сомнения исчезли... Если рассматривать Солнце при помощи хорошей трубы, в которой имеются приспособления для защиты глаза от невыносимого блеска, то тотчас же станет ясным, что вид его не соответствует первому впечатлению: поверхность Солнца покрыта какими-то своеобразными зернами, напоминающими скопление кучевых облаков; она не спокойна и находится в состоянии волнообразного движения; тут и там видны светлые блестящие места, так называемые *светочи*, или *факелы*, и рядом с ними отдельные темные *пятна* (см. рис. 112).

Эти пятна кажутся нам чрезвычайно мелкими, но стоит только принять в расчет страшную отдаленность Солнца и мы поймем, как громадны должны быть размеры каждой замечаемой нами темной точки. Диаметр Солнца равен 187,000 немецких миль, он превосходит земной диаметр больше чем в сто раз; мы видим его под углом зрения в 32′ (немного больше $^1/_2$ градуса). Предмет, нахо-

дящийся на поверхности Солнца и видимый в лучших приборах под едва измеримым углом в 1″ достигает ста миль; тело, величиной с нашу Землю, будет видно под углом в 17″.

Наименьшие из пятен представляются в виде едва заметных черных точек; иногда они усеивают всю поверхность Солнца; их называют *порами*. Настоящие же солнечные пятна значительно больше и иногда достигают колоссальных размеров. Так, например, астроном *Тобиас Мейер* 15 марта 1758 года наблюдал пятно, диаметр которого составлял двадцатую часть диаметра Солнца, т.е. достигал 9000 географических миль и превосходил земной диаметр в 5 раз. Еще значительнее было пятно, которое видел в Дессау 4 сентября 1850 года один из неутомимых наблюдателей *Швабе*; это пятно было видимо под углом в 5′, достигало 30 000 географических миль в диаметре и занимало пространство в 716 миллионов квадратных миль. Такое необычайно огромное пятно, конечно, исключительное явление, но пятна величиной с нашу Землю довольно обыкновенны.

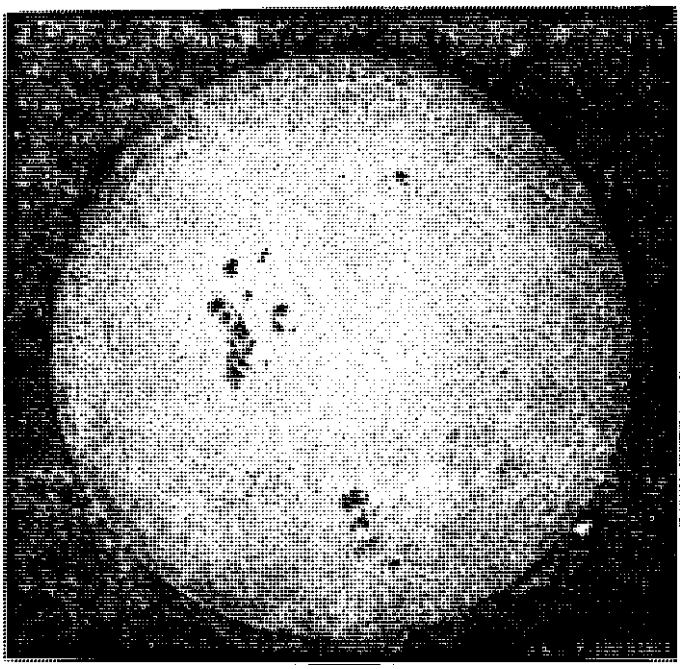


Рис 112. **Поверхность Солнца с пятнами и светочами** (по Секки)

*Форма* солнечных пятен различна; обыкновенно они имеют вид круга и состоят из темного ядра, окруженного лучеобразным поясом, *полутенью*, или *пенумброй (penumbra)*. Иногда солнечные пятна более или менее вытянуты, а иногда и совсем неправильны; часто пятна имеют форму снирали, иногда группируются по несколько вместе; словом, в форме пятен господствует большое разнообразие (см. рис. 113—115); одно и то же пятно в относительно короткое время испытывает целый ряд изменений: оно увеличивается или уменьшается, перетягивается так называемыми «мостами», участками светлого вещества, проходящими через его ядро и, наконец, совсем исчезает; в других местах появляются новые пятна. Процесс новообразования последних можно наблюдать очень часто; уже за несколько дней он может быть предсказан вперед: светлая поверхность Солнца начинает двигаться, появляется множество факелов и пор; последние колеблются то в ту, то в другую сторону, наконец, одно из них начинает увеличиваться и превращается в настоящее пятно, около которого постепенно появляется полутень. Не всегда этот процесс так прост и спокоен; иногда он сопровождается бурными извержениями накаленных газов, вырывающихся изнутри Солнца.

*Число* и *величина* одновременно появляющихся пятен весьма различны. Иногда они очень немногочисленны и невелики; поэтому-то старым наблюдателям, в руках которых были лишь слабые приборы, казалось, что на Солнце в течение целых месяцев и лет не существует пятен. С усовершенствованием телескопов взгляд этот оказался неправильным. Тем не менее наблюдаются резкие противоположности: иногда пятна выражены очень слабо, иногда обладают огромными размерами и выступают в большом числе. Многолетние наблюдения над этими явлениями позволили подметить законы, которым они подчиняются: через каждые одиннадцать лет наступает максимум, и за ним следует минимум. Периоды

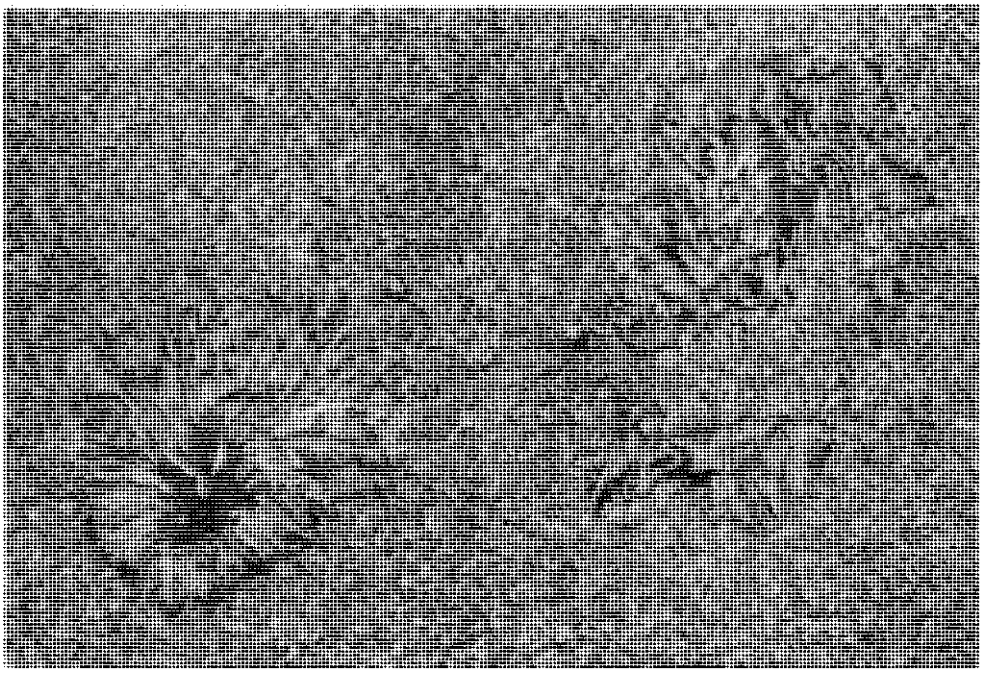


Рис. 113. **Солнечные пятна** (по Секки)

появления солнечных пятен совпадают с явлениями земного магнетизма и с северными сияниями.

Каждое пятно уменьшает поверхность Солнца, испускающую свет и тепло; на небольшой ее части, где пятно появляется, это уменьшение значительно. Мы знаем целый ряд звезд, сила света которых подвержена значительным колебаниям; очевидно, что и Солнце принадлежит к этой группе; впрочем, ослабление яркости его не особенно велико: поверхность, занимаемая пятнами в период их максимального развития, составляет обычно только $^1/_{500}$ часть поверхности. Несомненно, что количество тепла и света, посылаемого Солнцем на Землю, зависит от числа пятен; но кажется, изменения его так ничтожны, что не могут быть наблюдаемы и измерены.

Несмотря на неправильность появления отдельных пятен, подмечена строгая законность в общем распределении их по времени; то же следует сказать и относительно пространственного их расположения на поверхности Солнца. Замечено, что

вблизи полюсов Солнца вовсе не появляется пятен. Дальше 30° широты и около экватора они наблюдаются редко. Таким образом, поясами наибольшего распространения пятен служат части солнечной поверхности, расположенные между 10° и 30° северной и южной широт. Эти два пояса называют *царственными зонами*.

Наблюдая одно и то же солнечное пятно в течение нескольких дней, можно подметить, что оно *изменяет место*: появившись на восточном краю солнечного диска, пятно постепенно передвигается к западу и на западном краю исчезает (см. рис. 116). Пятна обладают и собственным движением, но последнее относительно невелнко. То правильное перемещение, о котором мы сейчас говорили,—явление кажущееся; пятно не измепяет сколько-нибудь значительно своего места: само Солнце движется около своей оси в направлении от востока к западу, и в этом движении при-

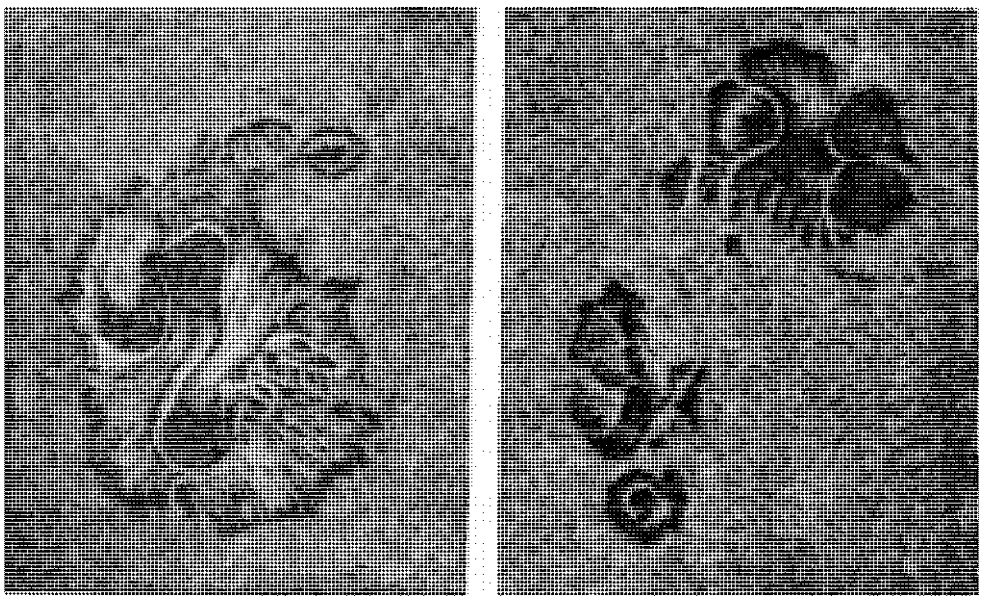


Рис. 114—115. **Солнечные пятна** (по Секки)

нимают участие пятна; по их перемещению оказалось возможным вычислить время обращения Солнца около оси; оно равняется 25,38 дням. По истечении половины этого времени каждое пятно должно периодически исчезать на западном краю диска и опять появляться на восточном. На самом деле такой правильности не наблюдается: пятно в течение того времени, когда оно бывает от нас скрыто, часто совсем исчезает или настолько изменяет свою форму, что мы потом не узнаем его. Тем не менее удавалось паблюдать повторное появление пятен, хотя и очень редко. Некоторые из них можно было проследить в течение 6—8, а одно даже в течение 19—22 оборотов Солнца, т.е. в течение $1^1/_2$ лет.

Форма пятен бывает различна в зависимости от того, где мы их видим—па краю или в середине диска. Как и следует по правилам перспективы, в первом случае опи очень узки, с ядром в виде линии, во втором—представляются в своих настоящих очертаниях и имеют круглое ядро. Рис. 117—118 схематически изображает пятна в разных положениях.

Раскаленная добела масса Солнца носит название *фотосферы* (φῶς — свет); она отбрасывает на Землю светлые лучи, и ее только видим мы невооруженным глазом. На самом деле фотосфера окружена другими оболочками, невидимыми при обычных условиях: их наблюдают только при полных солнечных затмениях в виде узкого красного кольца. Спектроскопическое исследование последнего показывает, что верхние слои его состоят из накаленного водорода и неизвестного на Земле элемента *гелия*, характеризующегося желтой линией спектра. В нижних слоях доказано присутствие некоторых тяжелых металлов, находящихся в парообразном состоянии. Эта испускающая красный свет масса газов достигает 1000—1800 миль толщины. Точно нылающее огненное море, окружает она все Солнце и, вследствие своей окрашенности, носит название *хромосферы* (χρῶμα — цвет).

Между фотосферой и хромосферой лежит очень тонкий слой газов. Он обладает замечательными свойствами. Если во время полного солнечного затмения направить трубу спектроскона как раз на то место, где край фотосферы исчезает за диском надвигающейся луны, то в момент наступления полной темноты в трубу спектроскопа попадут лучи, испускаемые нижним слоем солнечной атмосферы, и дадут спектр, характеризующийся множеством светлых линий.

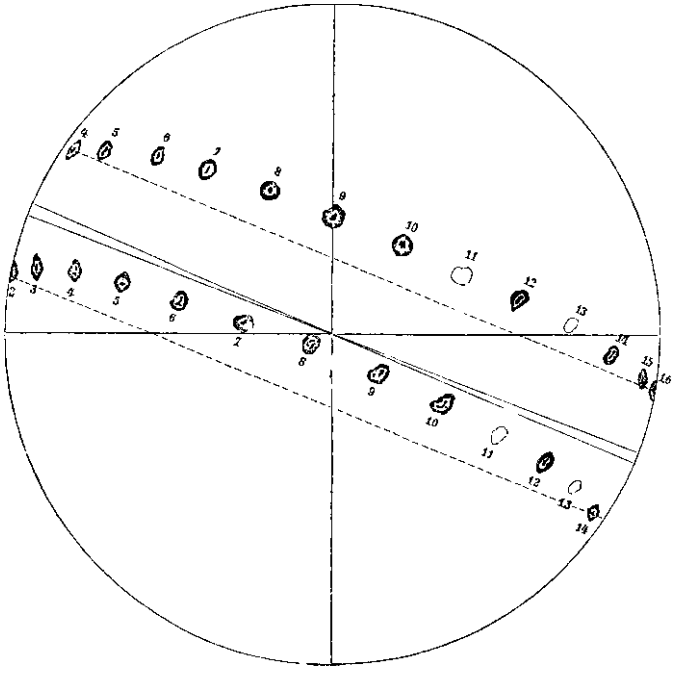


Рис. 116. **Два солнечных пятна в их последовательном перемещении на солнечном диске** (по Секки)

Отсюда следует, что рассматриваемый слой состоит из наров всех металлов, существующих на Солнце. Белый свет фотосферы при обычных условиях проходит через этот слой; здесь и поглощаются лучи, соответствующие характерным цветам металлов, и в спектре Солнца возникают темные фраунгоферовы линии. Часть солнечной атмосферы, в которой происходит такое поглощение лучей, можно назвать *превращающим слоем* (umkehrende Schicht).

При полном солнечном затмении может быть также наблюдаема самая крайняя оболочка Солнца, так называемая *корона*; она нредставляется в виде сияния, окружающего черный диск; у самого края последнего корона наиболее ярка; она постепенно бледнеет и исчезает на фоне неба (см. рис. 119). Корона нростирается вверх на расстояния, превосходящие во много раз величину солнечного радиуса. В снектре ее наряду с характерными линиями водорода замечается одна зелепая черта, соответствующая неизвестному на Земле элементу. Он назван *коронием*. На

основании различных соображений принимают, что это — газ, еще более легкий, чем водород.

Особенно важны процессы, происходящие на верхней поверхности хромосферы. Во время полного солнечного затмения 8 июня 1842 года на краю черного диска были замечены красные выступы, названные *протуберанцами*. Они наблюдались и раньше, но не возбуждали большого внимания; теперь случилось наоборот, и следующие полные затмения ожидались уже с напряженным нетерпением; исследования этих замечательных явлений дали весьма важные результаты. В последнее время удалось наблюдать хромосферу и протуберанцы, не дожидаясь затмений. Это составило эпоху в истории вопроса.

Различают несколько видов протуберанц. Простейшая форма — так называемые *кучевые* протуберанцы; они представляют блестящие уплотнения (скучения) хро-

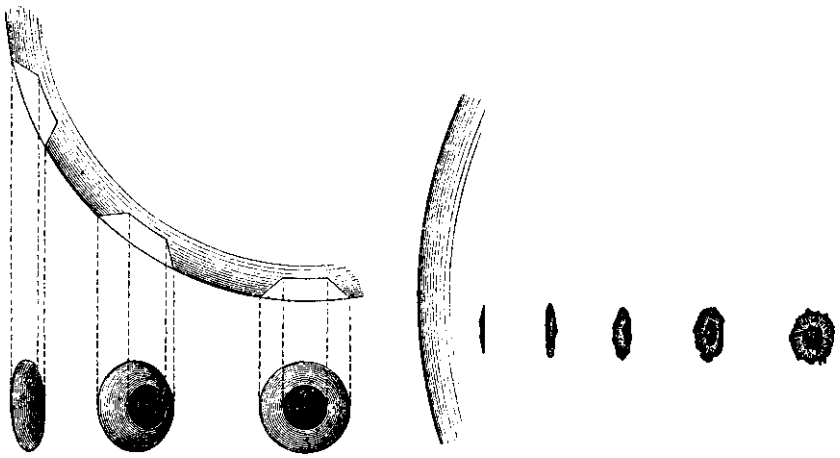


Рис. 117—118. **Схема кажущегося изменения солнечных пятен, происходящего вследствие вращения Солнца**

мосферы. Следующий вид — *туманные* протуберанцы, похожие несколько на наши облака; процесс их образования заключается в следующем: из хромосферы выдвигаются один или два огненных столба и, поднявшись на высоту около 16,000 географических миль, рассыпаются в туманоподобные массы. Третий вид — так называемые *металлические*, или *лучевые*, протуберанцы; они стремительно поднимаются с поверхности Солнца, взлетают в перпендикулярном или наклонном направлении, рассыпаются снопами или падают вниз в виде ракет. Время, в течение которого совершаются все эти быстрые изменения, чрезвычайно коротко; протуберанцы могут быть сравнены с сильными земными вулканическими извержениями; вероятно, мы имеем здесь дело с накаленными газами, вырывающимися с поверхности Солнца; самые страшные вулканические процессы, наблюдаемые на Земле, ничтожны в сравнении с этими явлениями (см. особую таблицу «Солнечные протуберанцы»).

Спектроскоп позволяет нам определить состав протуберанц: туманные протуберанцы состоят из накаленного водорода и гелия, т.е. из элементов, образующих верхнюю часть хромосферы. Металлические, или лучевые, протуберанцы наряду с водородом и гелием содержат еще натрий, магний, барий, титан и же-

лезо, т.е. те металлы, которые входят в состав более глубоких слоев хромосферы. Поэтому туманные протуберанцы возникают в том случае, когда выбрасываются раскаленные массы газов из верхней части хромосферы, металлические же в том случае, когда происходит извержение из глубоких слоев последней.

Появление протуберанц не ограничено какой-нибудь определенной поверхностью Солнца: опи наблюдаются всюду,—и у нолюсов, и у экватора,—хотя и не одинаково часто. Как в северпом, так и в южном нолушарии Солнца находятся по два пояса, характеризующихся наиболее частым появлением протуберанцев. Два из них расположепы педалеко от экватора и совпадают с так называемыми царственными зопами, в которых наблюдается наибольшее число солнечных пятен: два других лежат недалеко от нолюсов, между 70 и 80 градусами широты. Таким образом, мы видим, что существует известная связь между солнечными пятнами и протуберанцами; области максимальной папряженности последних совпадают с зонами наибольшего распространения пятен. Точно также светочи (или факелы) располагаются, главным образом, около пятен (см. рис. 120). Такое совместное существовапие этих явлений дает нраво допустить причинную зависимость между ними: надо полагать, что это обстоятельство в связи с данными спектрального анализа поможет объяснить физические свойства Солнца.

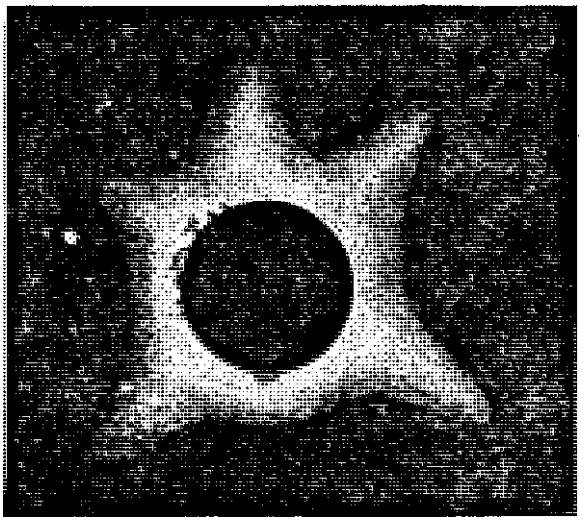


Рис. 119. **Солнце при полном солнечном затмении с протуберанцами и короной** (по Секки)

Но в настоящее время нредставления нашп о *физических свойствах* Солнца крайне нротиворечивы. На основании своих замечательных работ *Кирхгоф* преднолагает, что солнечное ядро находится в жидком или твердом состоянии. Нетрудно доказать, что существование твердого солнечного ядра мало вероятно. Гораздо труднее решить, находится ли Солнце в жидком состоянии, как это думает *Цёллнер*, или в газообразном, как это допускает *Секки*. Главной опорой взглядов Цёллнера служат изверженные протуберанцы; для объяснения таких стремительных взрывов необходимо допустить, что солнечная новерхность находится в известном напряжении: последнее обусловливается но Цёллнеру существованием жидкого слоя, окружающего газообразное ядро. Солиечные же пятна этот исследователь рассматривает, как застывшие массы шлаков, плавающие на раскаленном солнечном море. Производя известиое давление вниз, они и вызывают ноявление нротуберанц, обыкновенно наблюдаемых вокруг нятен.

Секки, нолагая, что Солнце иаходится в газообразном состояиии, опирается, главным образом, на ничтожную плотность и чрезвычайно высокую температуру его. По вычислениям астрономов, плотность Солнца немного превосходит плотность воды.

С другой стороны, спектральный анализ показывает, что Солнце состоит преимущественно из железа и других тяжелых металлов; поэтому, если бы оно находилось в жидком состоянии, то должно было бы обладать бóльшим удельным весом. Этому соображению, на первый взгляд, противоречит существование сильного давления внутри Солнца; по-видимому, на известном расстоянии от поверхности оно должно сгустить всякий газ в жидкость. Но давлению противодействует необычайно высокая температура. Лабораторные исследования, впервые произведенные *Наттерером*, показали, что при достаточно высоком давлении все газы переходят в жидкое и твердое состояние, но только в том случае, если температура не переступает известной границы; при очень высоких температурах даже самые сильные давления не производят сжижения газов. Предел, выше которого невозможно существование жидкости,—называется *критической температурой*. Для различных газов эта величина различна; для углекислоты она равна 31 °С. По предположению Секки, жар, господствующий на Солнце, переходит за пределы всех критических температур, и потому, несмотря на чрезвычайно высокое давление, ни газы, ни пары металлов не могут перейти в жидкости. Конечно, газы, находящиеся в таких исключительных условиях, т. е. при весьма высокой температуре и под очень сильным давлением, будут сильно сгущены, и считать их газами можно не без оговорок. Во всяком случае, они превратятся в чрезвычайно густую и упругую массу, и достаточно ничтожных изменений давления и температуры, чтобы произошли бурные возмущения в верхней оболочке такой массы. Этими возмущениями, как думает Секки, и объясняются протуберанцы, пятна и светочи (факелы).

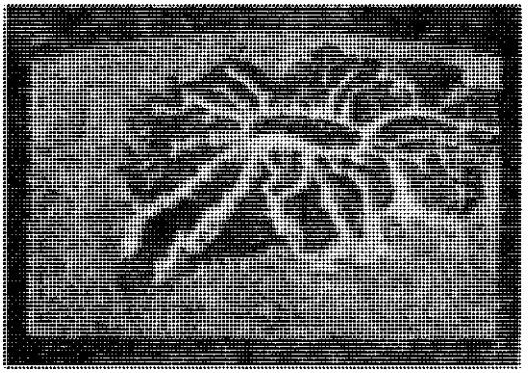


Рис. 120. **Солнечное пятно, окруженное светочами** (по Секки)

В настоящее время почти все принимают, что Солнце находится в газообразном состоянии; однако этот взгляд не может объяснить с достаточной полнотой всех явлений, происходящих на Солнце. Концентрация солнечных пятен в царственных зонах и их периодичность являются фактами, о которых мы не можем высказать никакого суждения. Точно так же и самая последняя гипотеза, принадлежащая *А. Шмидту* и рассматривающая пятна и протуберанцы, просто как явления преломления света, вызываемые изменением плотности внутренних слоев, нисколько не объясняет их. В настоящую минуту мы можем только сказать, что, по всей вероятности, пятна являются следствием охлаждения Солнца. Несмотря на свою высокую температуру, последнее, несомненно, должно охлаждаться: в течение многих миллионов лет оно теряет посредством лучеиспускания огромные количества теплоты; теплота эта разливается по мировому пространству.

Мы не знаем температуры Солнца, но можем определить количество теплоты, теряемой им; найдено, что потеря эта огромна и что при самых благоприятных условиях вся солнечная масса охлаждается ежегодно, по крайней мере, на 1,8 градуса; следовательно, только в историческое время температура его понизилась

более чем на 10000°. Но лучеиспускание происходит в течение многих миллионов лет, и внутренность Солнца охлаждается медленнее его внешних слоев; естественно было бы ожидать уже давно появления на Солнце твердой темной коры. Очевидно, потеря каким-то способом восполняется. Одним из важнейших успехов физики было открытие источника, возвращающего Солнцу теряемую теплоту. *Гельмгольц* справедливо полагает, что вследствие сокращения объема Солнца освобождается огромное количество теплоты, которое на много миллионов лет может покрыть потери, происходящие вследствие лучеиспускания. Новейшие исследования действительно показали, что температура Солнца не только не понижается, но, может быть, даже и возрастает. Другим чрезвычайно важным источником солнечной теплоты являются метеориты, ежегодно падающие на Солнце в большом количестве.

Но в далеком будущем предвидится огромный приток тепла к Солнцу, независимо от указанных источников. Астрономы еще не доказали, что скорость движения планет уменьшается, но имеется достаточно серьезных оснований считать такое допущение более чем вероятным. Для того чтобы объяснить распространение колебательных движений света и тепла, допускают существование так называемого эфира, вещества, наполняющего все мировое пространство. Вследствие сопротивления этого эфира, движение небесных тел должно замедляться. То же действие производят и падающие массы метеоритов. Вследствие этого чрезвычайно медленно, но постепенно притягательная сила Солнца должна преодолевать центробежную силу планет. Потому-то планеты описывают при своем движении, в сущности, не эллипсы, а спирали и приближаются постепенно к Солнцу: наступит момент, когда планеты на него упадут. Прежде всего такая судьба постигнет Меркурий, затем Венеру, дальше Землю и другие планеты. Само собой понятно, что при падении этих мировых тел произойдет страшное нагревание. Каждая планета, падая на Солнце, разовьет известное количество теплоты, и только с того момента, когда последняя из них погибнет, начнется охлаждение центрального тела. Будет ли оно окончательным, или же, растрескиваясь и сокращаясь, Солнце освободит новые количества теплоты, или, наконец, произойдет еще раз сильное нагревание, вследствие столкновения с каким-нибудь другим небесным телом, все это вопросы, рассмотрение которых слишком далеко уклонило бы нас от главной задачи нашей — проследить историю Земли.

## Состояние мировых тел

Изучая Солнце, мы познакомились с одной из стадий развития охлаждающихся мировых тел; весьма вероятно, что в том же состоянии находятся и все желтые звезды *Секки*, к числу которых принадлежит и Солнце. Дальнейший шаг в этом направлении представляют *красные* и, в значительном большинстве, *переменные звезды*, относящиеся к третьей и четвертой группам Секки. Как мы уже знаем, спектры этих тел характеризуются широкими темными полосами, так называемыми колоннадами, и обнаруживают особенности, по которым можно заключить о присутствии на них значительного числа химических соединений. Температура белых и желтых звезд очень велика и не допускает образования последних; элементы там существуют в свободном состоянии;

наоборот, процесс охлаждения красных звезд зашел так далеко, что полное разложение вещества на них невозможно. Изменчивость яркости этих звезд приводит к тому же выводу, т.е. к признанию более низкой температуры: впрочем, колебания их блеска не всегда объясняются охлаждением. На некоторых из рассматриваемых звезд эти изменения носят правильный периодический характер; их можно объяснить существованием больших темных спутников, которые в известные периоды проходят мимо звезд, закрывают и затемняют их. В других случаях мы, вероятно, имеем дело с весьма сильным развитием пятен и, может быть, даже с целыми отвердевшими материками, тут и там выступающими среди огненного моря.

Иногда постепенное понижение яркости небесных тел нарушается стремительными катастрофами. В этом убеждает нас внезапное появление новых звезд. Известный пример представляет звезда *Тихо де Браге*, названная так по имени славного датского астронома XVI столетия. Однажды вечером, к невыразимому своему удивлению, Тихо де Браге заметил близ зенита в созвездии Кассиопеи яркую звезду необыкновенной величины. Это было 11 ноября 1572 года. Звезда обладала сильным белым блеском и, по-видимому, принадлежала к числу неподвижных звезд, но превосходила их своею яркостью; в этом отношении она приближалась к Венере. Впрочем, скоро блеск ее стал уменьшаться: уже в декабре того же года она сделалась равной Юпитеру, а в феврале и марте 1573 года сравнялась с звездами первой величины с желтым блеском. В конце марта блеск ее превратился в красный, подобный блеску Марса; в апреле и мае она понизилась до звезд второй величины, в июле и августе превратилась в звезду третьей величины, в ноябре и декабре — в звезду четвертой величины. Переход от пятой к шестой величине произошел в промежуток от декабря 1573 года до февраля 1574. После этого новая звезда приобрела белый блеск и исчезла, перестав быть заметной для простого глаза. Таким образом, она проблестела ровно 17 месяцев. По всей вероятности, она совпадает с той из наблюдаемых через телескоп звезд десятой или одиннадцатой величины, которую *Аргеландер* нашел как раз на месте, указанном Тихо де Браге.

Подобные явления наблюдались неоднократно. Так называемая звезда *Кеплера* была открыта 10 октября 1604 года в созвездии Змееносца; она обладала блеском Венеры, но уже в марте 1606 года перестала быть видимой даже зоркому глазу. В ночь на 12 мая 1866 года *Ю. Шмидт* в Афинах и *Джон Бирмингем* в Ирландии вдруг заметили в созвездии Северной Короны чрезвычайно яркую звезду; в ту же ночь блеск ее уменьшился, и уже через восемь дней звезда перестала быть видимой для невооруженного глаза. Точные определения показали, что эта звезда уже давно была причислена Аргеландером к звездам девятой или десятой величины и что до сего дня обладает этой яркостью. В 1876 году подобный случай был замечен Ю. Шмидтом в созвездии Лебедь. Наконец, в августе 1885 года в туманности Андромеды внезапно вспыхнула новая звезда шестой величины; уже в 1886 году она стала звездой двенадцатой величины и постепенно исчезла совсем. Ввиду правильного убывания яркости, *Зеелигер* предположил, что появление таких звезд обусловливается внезапным их нагреванием, которое, быть может, происходит вследствие падения на них темного твердого тела. Говоря об образовании новых звезд, можно иметь в виду указанный этим ученым процесс.

Среди известных нам ненодвижных звезд до сих пор не наблюдалось дальнейших стадий охлаждения. Тела, обладающие температурой более низкой, чем звезды третьего и четвертого типа Секки, вероятно не совсем темны, но они обладают слишком незначительным блеском; через неизмеримо громадные расстояния, отделяющие эти звезды от нас, свет не может проникнуть... Поэтому для дальнейших сопоставлений мы должны обратиться к нашей *планетной системе,* представители которой светят отраженным солнечным светом. Что касается четырех крайних планет,—Нептуна, Урана, Сатурна и Юнитера, то последнее не совсем верно; новейшие исследования показали, что эти планеты в незначительной степени, кажется, обладают и собственным светом; они находятся в слабо раскаленном состоянии. Нельзя сколько-нибудь определенно сказать, представляют ли они газообразную, твердую или жидкую массу, но во всяком случае несомненно, что их плотность незначительна. Об атмосфере этих планет мы уже говорили в главе о спектральном анализе и еще раньше при описании известного кольца, окружающего Сатурн. Вкратце укажем здесь на своеобразные полосатые пятна, покрывающие большую часть поверхности Юпитера. Прежде считали их образованиями подобными облакам, но в последнее время *Барнард*, на основании многолетних наблюдений, пришел к заключению, что поверхность этой планеты находится в пластическом тестообразном состоянии. Полосы должны быть приписаны изменениям цвета, происходящим вследствие внутренних извержений. Если только эта догадка подтвердится, то Юпитер будет служить примером древнего медленно потухающего Солнца.

О многочисленных *астероидах* можно сказать немного: на бо́льших из них и особенно на Весте открыты следы атмосферы.

Громадный интерес представляют наблюдения над планетами, лежащими в поясе астероидов, и особенно над Марсом. Венера и Меркурий, орбиты которых лежат между Солнцем и Землей, менее изучены. Марс, крайняя из четырех ближайших к Солнцу планет, имеет двух незначительных спутников. Среднее расстояние его от Солнца достигает 31 миллиона миль: оно немного больше половины среднего радиуса земной орбиты; поэтому Марс получает от Солнца почти вдвое больше тепла и света, чем Земля. Эксцентрицитет его орбиты сравнительно велик: Марс приближается к Солнцу на 28 миллионов миль и удаляется от него на 33 миллиона миль; диаметр его достигает 909 миль и немного превосходит земной радиус. Его поверхность равна $^3/_{10}$, объем $^1/_7$, масса $^1/_{10}$ Земли. Свое обращение вокруг Солнца Марс совершает в 687 дней, а около оси в 24 часа 37 минут и 24 секунды.

Исследования Марса производились неоднократно, но особенно благоприятны были условия для точных наблюдений *Скиапарелли*, которые были произведены в 1877, 1879, 1882 и 1888-м году; миланскому астроному обязаны мы чрезвычайно интересными фактами, касающимися этой замечательной планеты (см. на особом рисунке «Полушария Марса»).

На поверхности Марса замечаются две составных части: более светлая,—желтая, или красная, и более темная,—серо-стальная, или черная; они не изменяют своего положения и очертания. Темные части считают материками, светлые—морями. Распределение моря и суши на Марсе существенно отличается от распределения их на Земле: пространство, покрытое водой, там значительно меньше, чем у нас, и едва

охватывает половину всей поверхности; на Марсе нет больших материков, и вся суша состоит из ряда значительных островов, отделенных друг от друга каналами; они скучены у экватора и в северном полушарии; южное полушарие занято водой.

В течение одного оборота Марса около оси море испытывает заметные изменения в цвете. Некоторые места его носят неопределенный характер: в одно время они являются сушей, в другое — морем; их считают мелями. Некоторые из площадей, освобождающихся из-под воды, по наблюдениям *Пикеринга* (Pickering), быстро окрашиваются в зеленый цвет; получается впечатление, что здесь необычайно быстро развивается растительность. Но всего замечательнее упомянутые выше *каналы*; они тяиутся по направлению правильных прямых и занимают четвертую часть пространства плапеты. Ни одно из этих загадочных образований не окапчивается слепо: все они связаны между собой, с морем и с озерами. Иногда канал бывает в продолжение более или менее короткого времени певидим, иногда имеет вид широкой размытой полосы. Своеобразные изменения каналов заключаются в их раздвоении: последпее совершается быстро — в несколько дней, иногда в несколько часов. Подробности этого процесса еще не известны пам; мы видим только на месте прежней одной линии две новых рядом (см. рис. 121). Если мы можем сравнить эти узкие, длинные, вытянутые, точно по шнурку, капалы с пашими земными сооружениями, то перед процессами их раздваивания иаша фантазия останавливается; мы не можем составить никакого сколько-нибудь удовлетворительного представления о сущности и значении этого загадочного явления.

Кроме желтых и серых участков, постоянно сохраняющих свои очертания, па Марсе заметны совершенно белые области, располагающиеся у полюсов. Они измепяют свои протяжения в зависимости от господствующих там времен года. Последпие мы можем определить с большой точностью, так как необходимые для этого даиные, положение экватора, оси и время обращения Марса, известпы. На северпом полушарии господствует умеренная и короткая, а на южном — суровая и продолжительная зима. Так же, как и у пас па Земле, белые полярные пятна Марса увеличиваются зимой и сильно уменьшаются в теплое время года. Северная полярная граница Марса располагается у самого полюса, южная отклонена на 5,4°, или 340 км; 3—6 месяцев спустя после летнего солнцестояния (самого длинного дпя) южпый полюс освобождается от льда. Ипогда спежные поля удаляются больше от полюсов и доходят до экватора; они быстро исчезают под действием солнечных лучей и, видимо, появляются в то время, когда над соответствующей частью Марса стоят облака и туманы. Спектроскопические исследования указывают на обильное присутствие в атмосфере Марса водяпых паров, а телескоп — па существовапие облаков и туманов; отсюда естествепно заключить, что на Марсе существуют моря и что серо-стальная часть его поверхности соответствует его водоемам.

Наряду с этим замечательным сходством, невольно бросающимся в глаза при сравнении Марса с Землей, замечаются и большие различия. Было уже указапо, что материки Марса распадаются па целый ряд скученных островов и что море занимает относительно меньшую часть поверхности. Кроме того, упомяпутые выше мели и изменчивость впешпего облика моря служат доказательствами незначительной его глубиины; что же касается рельефа поверхности, то мы не находим там и

следов тех резко выступающих линий, которые на Земле соответствуют величайшим горным хребтам. Но больше всего возбуждает наше удивление факт, впервые подмеченный *Скиапарелли* и подтвержденный астрономами Ликской обсерватории: оказывается, что и суша, и море испытывают топографические изменения; последние

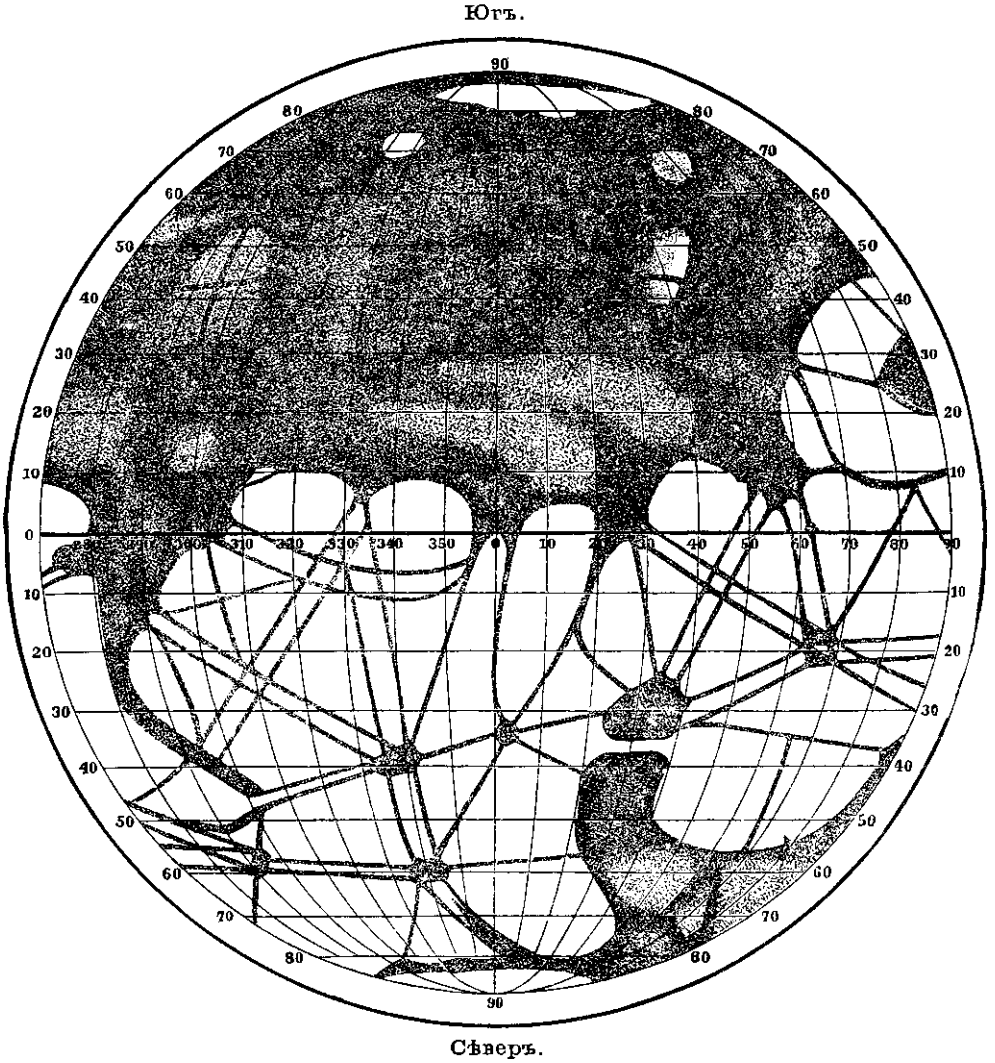



Рис. 121. **Раздвоение каналов на Марсе** (по Скиапарелли)

совершаются ежегодно и часто с большой быстротой. Напрасно станем мы искать подобные явления на нашей планете.

Заканчивая наше знакомство с Марсом, мы должны остановиться еще на одном вопросе. На этой планете есть и суша, и вода, и атмосфера, и климатические изменения, как на Земле. Но существует ли там органическая жизнь, зеленеют ли свежие леса и луга, обитают ли животные? Все, что было сказано выше, делает возможным появление организмов на Марсе, но определенного ответа на поставленные вопросы наука не может дать. Невероятно, чтобы планета, обладающая

благоприятными условиями для ее заселения, оставалась пустынной и мертвой. Если приписывать возникновение живых существ непосредственному действию Творца, то трудно допустить, чтобы Он, создав мировое тело, годное для обитания организмов, не заселил бы его. Если же мы станем объяснять появление самозарождения, то будет непонятно, почему то же вещество и те же силы на Марсе не произвели того же действия, что и на Земле. С большей вероятностью можно допустить, что соседняя с нами планета обладает своим населением, но доказать этого мы не в силах. Можно даже допустить, что организмы Марса в значительной степени сходны с организмами Земли,—что там существуют и животные, и растения; конечно, весьма вероятно, что они имеют своеобразную внешность и не могут быть отнесены ни к одному из наших классов. Делались догадки, какими духовными особенностями обладают гипотетические люди Марса и при каких социальных условиях они живут; все это—фантазии, не достойные науки; в лучшем случае это—благодарная тема для романов в духе Жюля Верна, и ничего больше.

Вкратце коснемся здесь вопроса о *населенности других небесных тел*; они, оказывается, гораздо сложнее, чем это может показаться с первого взгляда. Появление животной и растительной жизни на Земле связано с возможностью существования сложных соединений углерода с водородом, кислородом, азотом и др., особенно так называемых белков. При температуре около 70°С, следовательно значительно ниже точки кипения воды, белки свертываются. При более высоких температурах невозможна никакая жизнь; только некоторые низшие организмы переносят значительный жар. Точно также нет благоприятных условий для развития жизни, если температура лежит ниже точки замерзания. Таким образом, на всем протяжении бесконечно огромного ледяно-холодного мирового пространства, в котором висят страшно раскаленные Солнце и звезды, найдутся небольшие области, где может ютиться органическая жизнь. Для развития последней необходимы известные количества углекислоты, воды, кислорода и азота и целый ряд благоприятных условий. Все самосветящие звезды не обладают этими условиями уже ввиду их высокой температуры. То же следует сказать о туманностях; только кометы, за исключением моментов их наибольшего приближения к Солнцу, нагреты мало. Таким образом, из всех видимых нами небесных тел на одних планетах могут существовать организмы; Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун обладают слишком высокой температурой; астероиды и спутники или совсем лишены атмосферы, или только имеют следы ее; в иных случаях они так удалены от Солнца, что не получают необходимой для развития органической жизни теплоты. Только на Марсе и на Венере, которая получает от Солнца почти вдвое больше теплоты, чем Земля, возможно присутствие организмов. Что же касается Меркурия, то только незначительные части его поверхности представляют благоприятные условия для развития населения.

Таким образом, среди огромного количества видимых небесных тел найдутся только две или три планеты, на которых может существовать органическая жизнь, подобная нашей. По всей вероятности, большая часть неподвижных звезд окружена своими планетами; весьма возможно, что и среди них найдутся тела, обладающие благоприятными условиями для появления организмов. Мы до сих пор предполагали, что для развития последних необходимо существование белковых ве-

ществ, но привести положительные доводы в пользу этой мысли мы не можем. С вероятностью можно предположить, что, при неизвестных нам температурных условиях, другие элементы могут образовать соединения, подобные нашим белкам, и что в этих соединениях будут возможны сложные химические и физические процессы, сходные с теми, которые мы наблюдаем в животных и растениях и называем «жизнью». Хотя эта догадка лежит в пределах возможного, но мы не имеем никаких данных, чтобы делать дальнейшие выводы.

## Луна

Последним членом в ряду тех небесных тел, с которыми можно сравнивать Землю, является *Луна*. Относительно близкое соседство нашего спутника делает возможным точные исследования его поверхности. Если мы станем рассматривать огромную карту Луны, представляющую результаты многолетних трудов Ю. Шмидта в Афинах, то увидим, что топография многих участков наших земных континентов далеко не так точно известна нам, как топография видимой стороны нашего спутника. Но для уяснения земных явлений эти весьма важные данные имеют мало значений: свойства Земли и Луны настолько различны, что всякие параллели между ними не надежны.

Три явления сообщают Луне своеобразную физиогномию: отсутствие атмосферы, отсутствие воды и господство кольцевых гор вулканического характера. Недостаток воздуха и воды, доказываемый отсутствием сумерек на Луне, наблюдением над звездами, проходящими позади ее, и некоторыми другими фактами, позволяют нам сделать известные заключения о будущности Земли. Луна, как одно из небольших небесных тел, находится в отиосительно далекой стадии развития и, по-видимому, представляет картину того состояния, в котором окажется впоследствии и наша планета: лишениая жизии, воздуха и воды, точно окаменелая развалина, будет носиться она около Солнца. Ниже мы обсудим, иасколько вероятна возможность такого состояния Земли.

Рельеф Луны, с которым мы можем позиакомиться только вкратце, представляет много любопытного; сравнительно с незначительными размерами этой планеты, горы обладают необыкновенной высотой; некоторые ноднимаются более, чем на 8000 метров. Весьма распространены кольцевые горы; поразительное сходство их с иашими вулканами заставляет предположить, что происхождение их должно носить вулканический характер. Но своеобразные особенности Луны, недостаток воздуха и водяных паров, принимающих важное участие в земных вулканических процессах, заставляют делать подобные выводы с большой осторожностью. Предполагались и другие гипотезы о происхождении лунных гор, но и они не могут объяснить всех особенностей нашего спутника.

О чрезвычайном сходстве кольцевых гор Луны и земных вулканов можно судить по рис. 122 и 123; второй представляет незначительную часть поверхности Луны, первый — окрестности Неаполя с Везувием и Соммой, с бесчисленными кратерами Флегрейских полей, Астроии, Монте-Нуова, Сольфатара и озерами Авериским и Лукринским и др. Эта местность изображена так, как она представилась бы наблюдателю, иаходящемуся на другой планете, если бы Земля была лишена атмосферы. Еще значительнее сходство кольцевых лунных гор с широкими открытыми кратерами базальтовых вулканов о. Гаваи на Тихом океане.

Величина лунных кратеров различна; от огромных колец с диаметром в 12 и более миль наблюдается целый ряд переходов к мелким вулканам, едва заметным при сильных увеличениях. Число кольцевых гор, видимых на обращенной к нам стороне луны, по Ю. Шмидту, простирается до 35,000, но при усовершенствовании телескопов, как думал этот замечательный, теперь уже умерший знаток Луны, число их возрастет, по крайней мере, до 100,000. От некоторых гор, как, например, от гор Коперника, Кеплера, Тихо де Браге, лучеобразно расходятся светлые полосы. Это не возвышенности и не низменности. Проис-

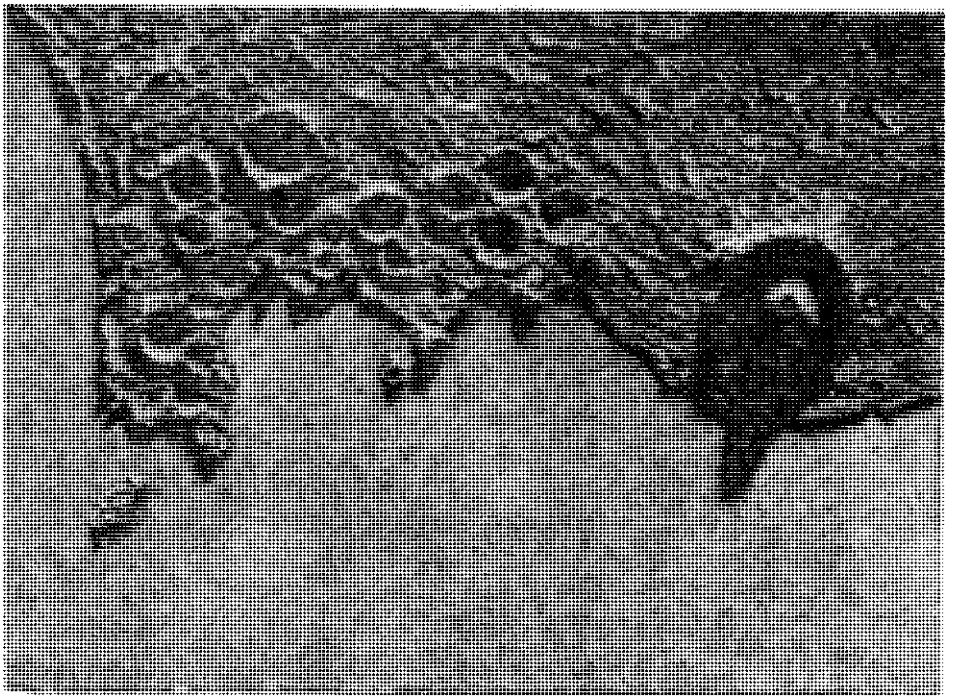


Рис. 122. **Везувий и Флегрейские поля, представленные в виде лунного ландшафта** (по Насмиту и Карпентеру)

хождение полос объясняется своеобразной способностью некоторых лунных плоскогорий сильно отражать солнечные лучи. Образовались такие плоскогория одновременно с кольцевыми горами.

Ряды возвышенностей, подобные нашим горным цепям, наблюдаются на Луне в меньшем числе; самая значительная из них носит название Апеннин (рис. 124) и обладает рядом очень высоких вершин. Наблюдаемые на Луне борозды (Rillen), в большинстве случаев прямолинейные, достигают до двадцати пяти миль в длину и 100—400 метров в глубину и, вероятно, соответствуют нашим трещинам. Другие характерные особенности нашего спутника, так называемые моря, широкие круглые темные поверхности, окруженные валами, и светлые, радиально расположенные лучи до того своеобразны, что ничего аналогичного им мы не находим на Земле. В последнее время *Л. Вейнек* производил тщательное исследование фотографических снимков, сделанных астрономами Ликской обсерватории, и ему удалось подметить такие подробности, которые до сих пор были неизвестны: между

прочим, он исследовал так называемые «борозды» (Rillen) и нашел в них известное внешнее сходство с речными долинами. Надо ожидать, что дальнейшие исследования разъяснят многие свойства Луны.

## Прошлое и будущее Земли

Мы познакомились с целым рядом небесных тел, находящихся в разных стадиях развития, начиная с раскаленных скоплений газов, образующих туманные массы, и кончая охладевшей и лишенной атмосферы Луной, которая, по-ви-

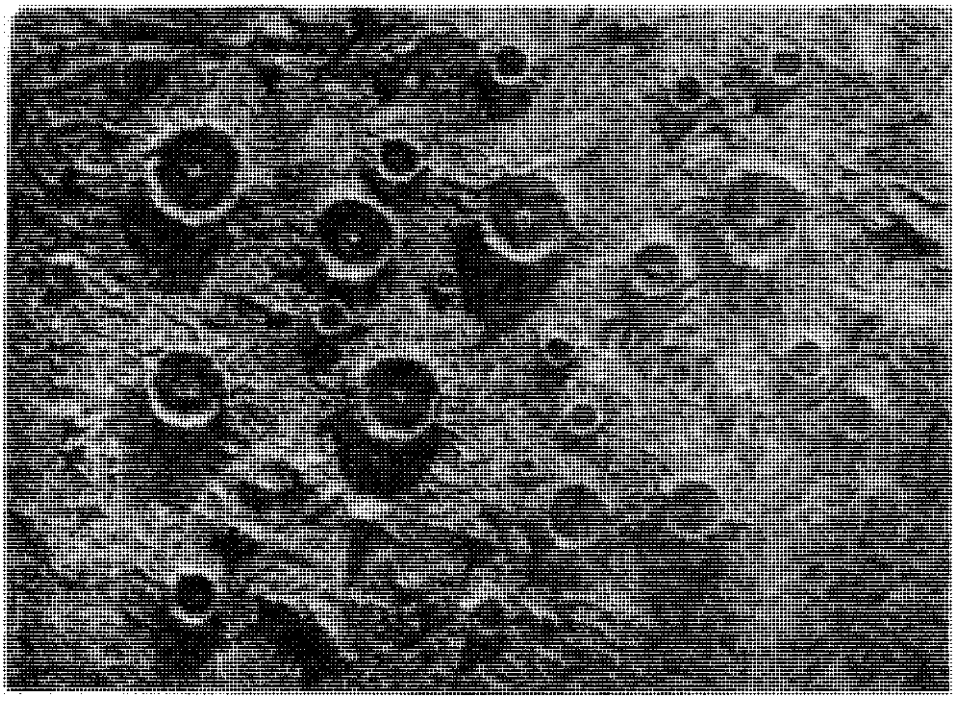


Рис. 123. **Поверхность Луны с многочисленными кольцевыми горами средней и малой величины** (по Насмиту и Карпентеру)

димому, достигла предельной стадии своего развития. Эта продолжительная экскурсия в область астрономии должна прежде всего показать нам, насколько сходны, в общих чертах, процессы образования мировых тел. Всюду в бесконечном пространстве, куда только проник глаз человека, существует поразительное однообразие. Мы можем допустить, что и наша планета образовалась подобным же способом, т. е., что она находилась первоначально в жидком расплавленном состоянии и что теперь внутри нее сохранился большой запас теплоты. В разное время появлялись исследователи, которые считали сомнительным как происхождение Земли из огненно-жидкого состояния, так и присутствие внутри нее высоких температур; они высказывали другие догадки о возникновении нашей планеты, но ни однообразие, наблюдаемое во всем мире, ни явления, происходящие на Земле, ие подтверждают их. Изучение небесных тел создало прочную почву для решения важнейших геоло-

гических вопросов, для объяснения вулканов, землетрясений и процессов горообразования. Кроме того, оно дало возможность сделать известные выводы о будущем Земли. Однако, ввиду отсутствия прочной почвы, мы не можем установить какой-

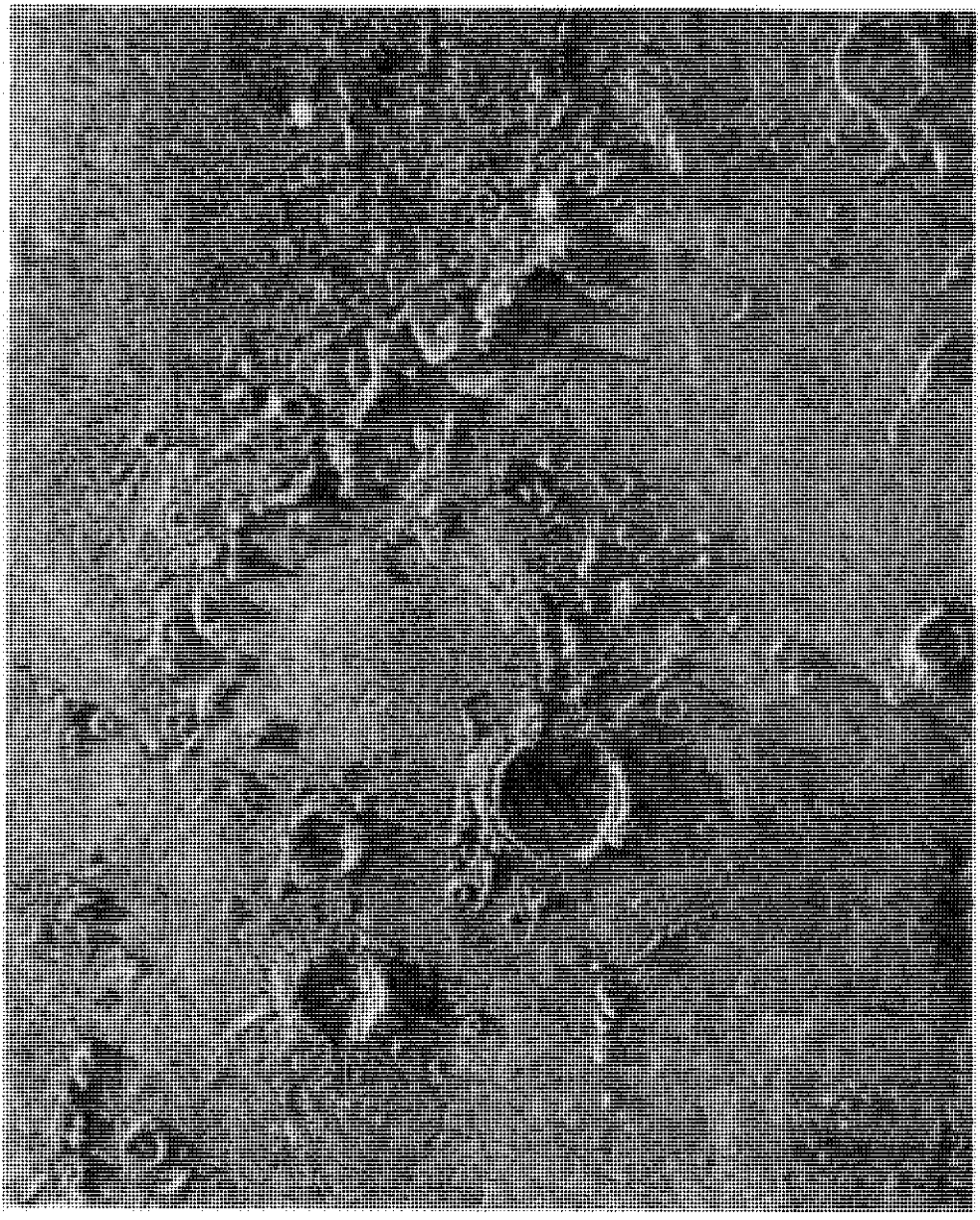


Рис. 124. **Поверхность Луны с Апеннинами и кратером Архимеда** (по Насмиту и Карпентеру)

нибудь определенный взгляд и ограничимся строгим разбором общераспространенных мнений.

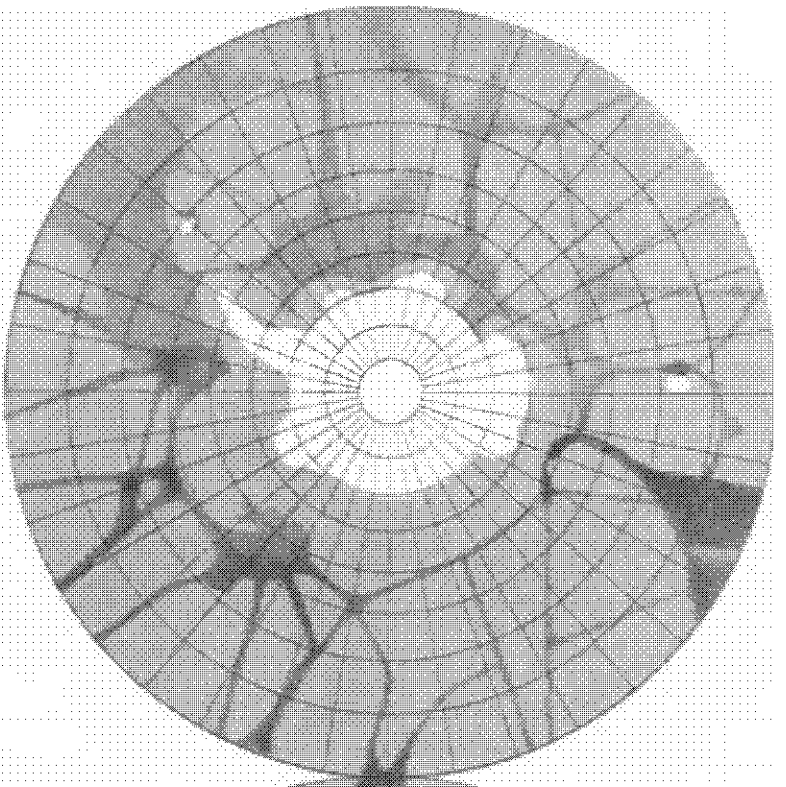
Сказанным выше непосредственно выясняется прошлое Земли, по крайней мере, в его главных чертах. Первоначально она была частью вращающейся туманной

# СОЛНЕЧНЫЕ ПРОТУБЕРАНЦЫ (извержения)

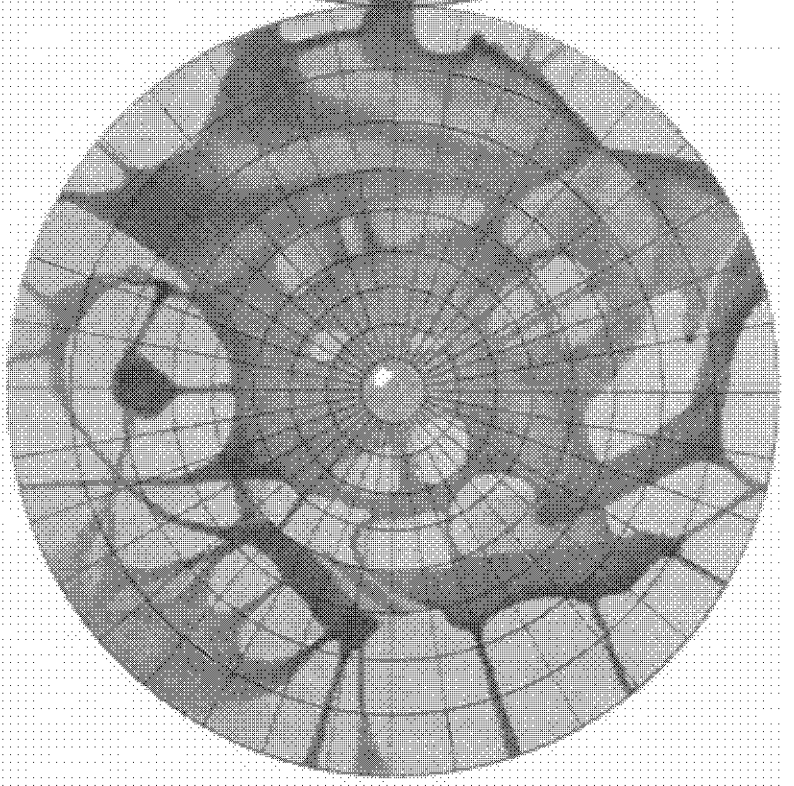
ПРОТУБЕРАНЕЦ, НАБЛЮДАЕМЫЙ ВИНЛОКОМ 29 АПРЕЛЯ 1872 ГОДА

ПРОТУБЕРАНЕЦ, НАБЛЮДАЕМЫЙ ВИНЛОКОМ 15 АПРЕЛЯ 1872 ГОДА

А.



Б.



ПОЛУШАРИЯ МАРСА

А. СЕВЕРНОЕ ПОЛУШАРИЕ Б. ЮЖНОЕ ПОЛУШАРИЕ

массы, отделилась при охлаждении и сокращении последней и стала вращаться вокруг Солнца и своей оси. Она последовательно прошла стадии белых и желтых звезд и отличалась от них своей чрезвычайно малой величиной; на ней явились пятна, подобные солнечным; с течением времени они увеличились, и Земля вступила в стадию красных и переменных звезд. Очень может быть, что дальнейшее ее состояние было подобно тому, в котором находится теперь Юпитер: Земля представляла тестообразную тягучую массу. Охлаждение продолжалось, исчезли последние следы самостоятельного света, и температура настолько понизилась, что вода выпала на поверхность Земли в жидком состоянии. С этих пор началось и развитие органической жизни.

Гораздо труднее представить будущее Земли. Большинство геологов и астрономов, занимающихся этим вопросом, полагают, что гидросфера и атмосфера Земли с течением времени исчезнут. Это обстоятельство должно оказать известное влияние на будущее состояние Земли. Обращаясь к современным явлениям, мы видим, что и теперь уже громадные количества воды скрываются в недрах земли; трещины в горных породах и камеломни переполнены влагой. Кроме того, многие минералы содержат химически связанную воду. Так как Земля продолжает охлаждаться, то с течением времени горные породы будут все больше и больше поглощать воду; запасы последней станут истощаться. На первый взгляд уменьшение воды на земной поверхности кажется ничтожным, но точное вычисление показывает, что количество воды, в течение многих лет затрачивающейся на образование водных соединений, необычайно велико: очевидно, что тела, составляющие земную кору, могут поглотить постепенно целые моря. Но если даже исключить непрерывное образование водных соединений, то и тогда не хватит всей воды океана для того, чтобы насытить влагой массу земного шара.

То же можно сказать и о газах, составляющих атмосферу. Вследствие выветривания многих горных пород образуются углекислые соединения,— углекислая известь, углекислый магний, углекислая соль закиси железа: везде в природе мы находим огромные залежи известняка и доломита; вся углекислота, содержащаяся в них, поглощена из атмосферы; из извести строют свои сооружения кораллы; из нее же состоят скелеты моллюсков, морских ежей и др. Наконец, громадное количество углекислоты поглощают растения; она не освобождается вполне при разложении их, но образует в значительной своей части торф, бурый уголь, каменный уголь и остается, таким образом, в связанном состоянии. Кислород воздуха поглощается железом и закисными соединениями его, и наконец в атмосфере останется только один азот.

Эта гипотеза упускает из вида чрезвычайно важный факт: потери, претерпеваемые гидросферой и атмосферой, пополняются притоком вещества из недр земли. Во всех вулканических областях развиваются огромные количества водяных паров, углекислоты и других газов; частью они извергаются из кратеров, частью выделяются из лавовых потоков. В последнем случае они вырываются часто с такой силой, что увлекают за собой куски лавы; последние при своем падении образуют небольшие шлаковые конусы (см. рис. 125). В окрестностях даже потухших вулканов долгое время находятся такие образования. Но кроме того, во многих местах Земли существуют теплые и холодные источники, содержащие углекислоту в больших количествах. Примером может служить

источник, бьющий из буровой скважины у Неузальцверка; он выделяет ежегодно около 140 килограммов углекислоты. Мы не можем определить количественного отношения между поглощением воды и газов и выделением их из недр Земли; точно также не можем мы решить, увеличивается или уменьшается количество свободной воды, кислорода и углекислоты; но с большой вероятностью можно сказать, что все количество углекислоты, содержащееся в атмосфере, было бы потреблено в течение немногих тысяч лет, если бы не было притока этого вещества из внутренности Земли. Таким образом, вулканы, мофетты и минеральные источники поддерживают органическую жизнь.

Появляется вопрос—всегда ли будет существовать на Земле вулканическая деятельность? Сравнительно с минувшими периодами не заметно понижения последней, и определить, когда она сведется к нулю, мы не имеем возможности. Но во всяком случае несомненно, что проявления вулканизма и образование гор стоят в известной связи с охлаждением земной коры. В отдаленном будущем земная кора достигнет огромной толщины: вулканическая магма не прорвет этого твердого панциря, и образование складок и появление гор станет невозможным. С этого момента всасывающаяся вода и атмосфера не будут ничем замещаться. Разрушающие же деятели,—размывание, дождь, мороз, текущая вода и морские волны, постепенно сокрушая высочайшие горы, сравняют их с поверхностью океана.

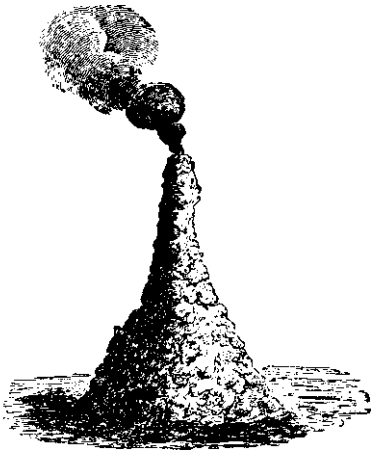


Рис. 125. **Шлаковый конус одного из лавовых потоков Везувия (1852)**

Если наблюдения астрономов справедливы, то для уяснения этой стадии развития может служить соседняя с нами планета Марс. Что эта планета переживает более далекую стадию развития, чем Земля, несомненно следует уже из того, что она меньше и значительно больше удалена от Солнца. В настоящее время доказано присутствие на Марсе более разреженной атмосферы, чем наша; количество воды на этой планете относительно меньше, чем на Земле; материки представляют гладкие равнины, резко выраженных гор нет. Отсюда естественно предположить, что Марс находится в той стадии развития, в которую вступит Земля в далеком будущем.

Не следует забывать, что строить догадки о будущем Земли мы должны с большой осторожностью: поверхность Марса представляет для нас много неясного, и дело дальнейших исследований—объяснить наши недоразумения. Но независимо от этого мы можем впасть в большие ошибки, если допустим, что с самого начала условия развития Марса и Земли были одинаковы. Может быть, на Марсе в момент его образования было меньше воды, и атмосфера была более разрежена. Стоит только сравнить в этом отношении нашу Луну с самыми значительными из астеродидов. По Фогелю последние имеют атмосферу, а Луна лишена ее. Так как самый большой из астероидов Веста обладает диаметром только в 50 географических миль, то можно было бы ожидать, что он потеряет свою атмосферу значительно раньше, чем Луна, превосходящая его своими размерами в 9 раз. Но этого не случилось. Остается предположить, что между отдельными членами пла-

нетной системы с самого начала существовало глубокое различие: количества находящейся на них воды и атмосферных газов были не одинаковы.

Пройдя тот период развития, который переживает теперь Марс, Земля станет клониться к полному умиранию. Как обычно думают, для характеристики этой последней стадии может служить современное состояние Луны. Нам кажется такое сравнение ненадежным. Правда, Луна является примером застывшего, лишенного жизни мирового тела, но она обладает таким множеством своеобразных особенностей и так резко отличается от Земли, что едва ли возможны какие-нибудь параллели. Высказывалась между прочим мысль, что Луна может служить не для характеристики будущего Земли, а для объяснений первых моментов развития земной коры. Так как мы ничего не знаем об этом периоде, то всякое уяснение, хотя бы и путем аналогий, чрезвычайно важно. Но, к сожалению, и этой идеей нельзя воспользоваться. Первые процессы застывания у двух таких различных тел, как Земля и Луна, не могли быть одинаковы уже только потому, что магма Земли богата поглощенными газами и парами, а магма Луны чрезвычайно бедна ими. Поэтому делать какие-либо заключения о Земле по явлениям, наблюдаемым на Луне, можно только с большой осторожностью.

Какая судьба ожидает организмы, населяющие Землю? Вымрут ли они в далеком будущем вследствие недостатка воды, кислорода и углекислоты? Будет ли причиной общего уничтожения их холод, который наступит вследствие потери Солнцем его теплоты? Ни на один из этих вопросов мы не можем ответить сколько-нибудь определенно. Неизвестно также, что произойдет раньше, охладится ли Солнце до такой степени, что жизнь на Земле сделается невозможной, или же Меркурий упадет на него и снова его накалит. Может быть, жизнь на Земле погибнет вследствие страшного жара, который наступит только после падения Венеры на Солнце, а может быть, она исчезнет значительно раньше.

Мы говорили так подробно о возможном будущем Земли вовсе не из желания вращаться в области бесплодных догадок: мы хотели показать, что наших знаний еще недостаточно для создания каких-либо определенных гипотез. Знаем мы только одно, что органическая жизнь будет существовать на Земле не вечно и что уничтожение ее произойдет в отдаленном будущем.

## Метеориты

Планеты и неподвижные звезды исследуются при помощи телескопа. Наоборот, метеориты*, низвергающиеся на Землю из мирового пространства, могут быть непосредственно исследованы как со стороны химического состава, так и со стороны физических свойств; химический анализ и микроскопическое исследование тончайших шлифов позволяют сравнить метеориты с минералами и горными породами Земли и сделать целый ряд важных заключений по тем сложным вопросам, которые теперь нас занимают.

---

* Предположение, что метеориты образуются в атмосфере, заставило назвать их *аэролитами*. Теперь это название почти повсеместно заменено другим — *метеориты* (μετέωρα — явления на высоте). Последнее мы исключительно и употребляем.— *Примеч. пер.*

Явления, сопровождающие падение метеоритов, наблюдались часто, но ученые редко были свидетелями их. С другой стороны, кратковременность и быстрота падения затрудняет наблюдение, и разгоряченная фантазия нередко обставляет его самыми необыкновенными явлениями; поэтому в отдельных случаях весьма затруднительно установить, как было дело, но обычно падение метеоритов протекает следующим образом: на небе появляется огненный шар, видимый сравнительно на большом протяжении, за этим шаром тянется светлый прозрачный хвост; вблизи того места, где происходит падение, часто не наблюдается световых явлений, так как этому препятствует облачко, окружающее метеорит. Перед падением раздается сильный шум; за ним следуют продолжительные раскаты и слабые удары; метеорит лопается, и на Землю падает один или несколько камней; иногда они бывают сильно накалены, иногда заметного нагревания не наблюдается; некоторые метеориты глубоко внедряются в почву, другие ложатся на поверхности Земли. Впрочем, описанные явления не всегда сопровождают падение метеоритов, но мы зашли бы слишком далеко, если бы стали описывать подробности, наблюдаемые в отдельных случаях; заметим только, что скопление туч на небе, дождь, буря и т. п. явления, которые рассматривались, как спутники метеоритов, на самом деле ничего общего с ними не имеют; случайно они могут наблюдаться одновременно с падением метеорита, но в причинной связи с последним не стоят.

В виде примера скажем здесь о падении метеорита у Грашины при Загребе (Аграме) 26 мая 1751 года; он обратил на себя всеобщее внимание, и даже императрица Мария-Терезия заинтересовалась им: по ее поручению епископ загребский на месте опросил свидетелей явления и составил протокол. В шесть часов вечера на востоке появился блестящий метеор и со страшным шумом лопнул; послышалось грохотание и шипение, на Землю упали две каменных глыбы, и на небе была видна серая полоса, подобная столбу дыма; она отмечала след метеорита. Бóльшая из упавших каменных глыб легла на поле, только что перед тем вспаханное, и врезалось в землю на «три локтя»; оба метеорита были отправлены в Вену; меньший из них бесследно пропал, а больший хранится и по наше время в знаменитой коллекции метеоритов Императорского минералогического кабинета в Вене. Падение метеорита у Грашины по многим причинам принадлежит к числу интереснейших: это первое явление из числа тех, о которых мы имеем вполне точные и заслуживающие доверия известия современников; кроме того, сам метеорит сохранился (рис. 126); наконец, на нем впервые наблюдались характерные почти для всех метеоритов *видманштетовы фигуры*, о которых речь будет ниже.

Приведем еще известие о падении метеорита 26 апреля 1803 года у л'Эгля в Нормандии. В истории науки оно имеет чрезвычайно важное значение: до того времени многие ученые сомневались в действительности метеоритов; исследования, произведенные теперь знаменитым физиком *Био*, окончательно рассеяли все сомнения... В местах, значительно удаленных друг от друга, в Каене, Фалезе, Понт-Одмере, Вернейле и Алансоне, был замечен на ясном небе огненный шар; он быстро двигался от юго-востока к северо-западу. Скоро после этого раздался сильный взрыв: он слышался на протяжении тридцати французских миль в течение 5—6 минут; за взрывом последовало несколько пушечных ударов; они перешли в ружейную пальбу и закончились грохотом многих барабанов. Метеор уже не

казался огненным шаром, но, как это часто бывает (напр., в Сиене в 1794 г., в Княгине в Венгрии в 1866 г.), он был окружен дымом и имел вид облака; форма последнего представляла прямоугольник, большая сторона которого была направлена с востока на запад. Облако это казалось неподвижным (оно двигалось по направлению к зрителю); только пары, из которых оно состояло, рядом взрывов разлетались в разные стороны. По-видимому, облако находилось в $^1/_2$ мили от л'Эгля, по направлению к северо-западу на очень значительной высоте; жители двух местностей, удаленных друг от друга на целую французскую милю, видели

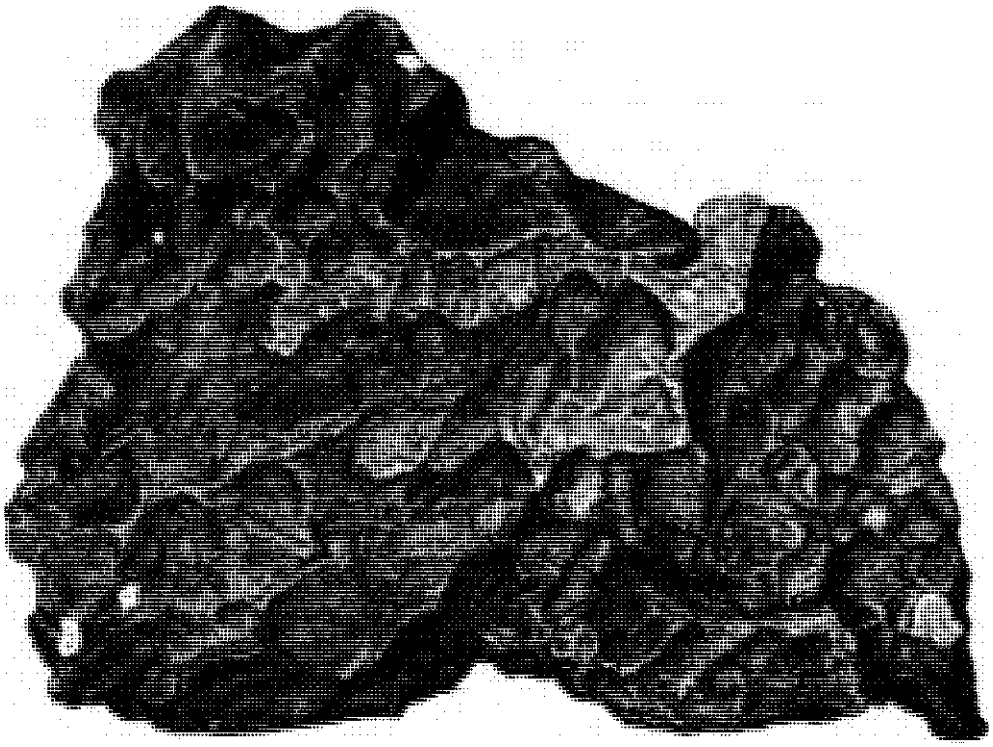


Рис. 126. **Метеорит, упавший у Грашины и весящий 39,2 кг**

его в зените одновременно. Во всей местности, над которой стояло облако, слышался шум, похожий на свист камней, бросаемых из пращи; на Землю низвергнулось огромное количество метеоритов (около 3000); площадь, покрытая ими, представляла эллипс, длиной в $2^1/_2$ мили и шириной в 1 милю. Наиболее крупные камни собрались на юго-восточном конце эллипса, наиболее мелкие на северо-западном, остальные в середине. Несмотря на огромное количество низвергнувшихся камней, ни один из них не обладал сколько-нибудь значительным весом: самый большой весил $17^1/_2$ фун., а самый меньший около 2 лотов.

Явления, подобные описанным, наблюдались в густозаселенных местностях и возбуждали всеобщий интерес: уже с древнейших времен мы имеем о них сведения; что же касается объяснения метеоритов, то в старину суеверные люди приписывали их сверхъестественной силе.

Древнейшие и несомненные известия находятся в китайских хрониках; этот народ с образцовой точностью заносил сведения о каждом метеорите; первое падение относится к 694 г. до Р. Хр., и с этого момента до 333 г. но Р. Хр. Био насчитывает в «Ма-туань-линь» 16 сообщений о метеоритах. Сведения, почерпаемые от классических писателей, особенно те, которые касаются наиболее древних времен, не точны. Толкования, объясняющие в этом смысле некоторые места из Гомера, весьма сомнительны; известия о камнях, которые упали с неба в Беотии близ Орхомена во времена Этеокла, сына Эдипа, хотя и более определенны, но не точны. Первое несомненное известие, находимое у греческих писателей, касается метеорита, упавшего в 465 году до Р. Хр. близ Эгос-Потамоса у Геллеспонта, недалеко от нынешнего Галлиполи, т.е. там, где впоследствии произошло решительное сражение, закончившее Пелононесскую войну. С тех пор греческие и римские писатели сообщают нам непрерывно о падении метеоритов. В Риме уже в древние времена, в царствование Нумы Помпилия, упала металлическая глыба, имевшая форму щита; на нее смотрели как на талисман. Что же касается других камней подобного происхождения, то они хранились в храмах и были предметами всеобщего почитания; так было на Крите, в Фиивах, в Эфесе, в Пессинунте во Фригии и в других местах. Огромной известностью пользуется метеорит в 2 метра высотой, так называемый Хаджар-эль-Асвад; он вмуравлен в южный угол Каабы в Мекке, и миллионы людей поклоняются ему и теперь.

Особенная сила и значение приписывались метеорному железу: металл, упавший с неба, считался несомненным даром Божием и должен был обладать чудесными свойствами. По всему востоку распространено верование, что метеорное железо несет победу и защищает от ран; разные полководцы старались изготовлять себе оружие из такого железа. Этот факт тем более заслуживает внимания, что метеорное железо трудно поддается ковке, и искусство самых опытных мастеров оказывается бессильным. Большинство метеоритов состоит из твердых пластинок, и потому вещи, приготовленные из него, имеют вид дамасской стали (рис. 127). Весьма вероятно, что восточное искусство в приготовлении дамасских клинков началось с поделок чудесных метеорных мечей.

В средние века и в новое время известия о метеоритах становятся все чаще; всюду возбуждают они огромнейший интерес, особенно когда сопровождаются какими-нибудь необыкновенными, большей частью случайными, явлениями; так, например, метеор, появившийся в Энзисгейме 7 ноября 1492 года, был понят императором Максимилианом I как знамение, требовавшее, чтобы христиане выступили против турок*. Каменный дождь, случившийся около Шлейзингена в Тюрингии 19 мая 1552 г., перекололтил много окон и убил лошадь князя Шварцбург-Рудольштадского. 4-го же сентября 1511 года был убит священник в Креме над Адде. Свидетельства об этих явлениях слишком многочисленны, сотни и тысячи людей были их очевидцами, целые страны тревожились и волновались; сомневаться в действительности этих метеоритов невозможно и странно; тем более кажется удивительным, что еще в прошлом столетии почти все ученые отвергали справедливость этих известий, смотрели на иих, как на последствия суеве-

* Это старейший из метеоритов, время падения которого известно; куски его сохранились и до сих пор.

рия, обмана и глубоких заблуждений, а падение камней с неба считали физически невозможным. Когда в 1790 году было онубликовано об упомянутом выше Загребском метеорите, *Штютц* говорил: «Только люди, совсем невежественные в естествознании, могут верить, что камни надают с неба. В 1751 году в этом были убеждены даже ученые Германии; но тогда царило нолное незнание естественных наук и физики, в наше же время непростительно считать сколько-нибудь вероятными нодобные сказки». В 1790 году у Жюльяка в Гаскони упал метеорит; начальство этой области отнеслось к явлению с достойным похвалы благоразумием: был составлен протокол, подписанный 300 очевидцами. Но когда этот документ предъявили в парижскую академию, то официально подтвержденное известие она сочла просто глупостью.

Правильное понимание этих явлений мы находим впервые у известного физика *Хладни* из Виттепберга, основателя научной акустики; раньше высказывались лишь догадки, и только Хладни в своем сочинении*, появившемся в 1794 году, с полной несомпенностью доказал следующее: «Во-первых, железо и камни очень часто падают с неба; это *доказанные исторические факты*; во-вторых, они являются в виде огненных шаров и представляют не что иное, как горящую массу; в-третьих, метеориты обладают космическим происхождением, попадают к нам из мирового нространства и никогда прежде не были ни на Земле, ни в ее атмосфере». В этих словах Хладни заключаются результаты его работы, сделавшей целую эпоху в изучении метеоритов: только четыре года прошло с тех пор, когда документальное свидетельство о падении метеорита у Жюльяка было отвергнуто всем ученым миром, как нелепость; можно себе представить, какую борьбу пришлось выдержать Хладни, когда он так смело и решительно выступил против предрассудков своего времени. Со всех сторон посыпались на него нападки: один ученый зашел даже слишком далеко и уверял, что если бы такой камень упал к его иогам, то он бы не поверил этому факту; другой причислял Хладни к числу тех людей, которые создают лживые учения о мире и не нодозревают, что они-то и виновны во всем зле, которое царит в области нравственности. К счастью, Хладни не пришлось долго ждать общего признания его учения: скоро в Европе упало несколько метеоритов; опи были наблюдаемы большим числом очевидцев и тщательно исследованы. Первый метеорит упал 16 июня 1794 года в Сиене, второй 13 декабря 1795 года — в Уольд-Коттэдже в Иокшире, третий 26 апреля 1803 года — у л'Эгля в Нормандии; с тех пор всякие сомнения в действительности метеоритов исчезли.

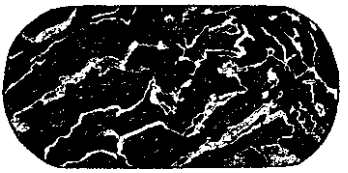


Рис. 127. **Обделанное метеорное железо**

Число метеоритов, наблюдавшихся точно, не велико: оно не превышает тысячи; можно сказать, что теперь в Европе каждый год падает приблизительно 3 метеорита. На первый взгляд это число кажется небольшим, но если принять во внимание, как мала Европа и как легко может остаться незамеченным падение метеоритов в малонаселенных странах, в диких гористых местностях, в

* Über den Ursprung der von Pallas entdeckten Eisenmasse und einige damit in Verbindung stehende Naturercheinungen von C. F. L. Chladni. Riga und Leipzig. 1794.

большнх пустынях, в лесах, на болотах и в темные бурные ночи, то станет несомненным, что число камней, падающих на нротяжении всей земли, чрезвычайно велико. Еврона составляет $^{16}/_{1000}$ всей земной поверхности. Можно допустить, что, по крайней мере, $^{1}/_{2}$ метеоритов, надающих в этой части света, ускользают от наблюдения; в таком случае мы найдем, что на всей Земле надает в год нриблизительно 600—700 метеоритов.

Скорость, с которой метеорит пролетает земную атмосферу, чрезвычайно велика: он летит быстрее звука, быстрее пушечного ядра, во многих случаях превышает скорость движения планет* и в секунду проходит расстояния в несколько миль. По мере приближения к Земле, скорость полета ослабевает: воздух оказывает метеору сопротивление и делает его скорость постоянной. Метеорит достигает Земли со сравнительно небольшим ускорением. Поэтому механическое действие падающего метеорита на почву не может быть сколько-нибудь значительным; только очень тяжелые массы внедряются на несколько футов в землю; в большинстве случаев не бывает и этого: каменный дождь в *Пултуске* Ломжинской губернии, состоявший из небольших зерен, не мог пробить промерзшей земли и льда на реке Нареве.

Громадная скорость метеоритов и пропорциональное ей сопротивление воздуха дают ключ к пониманию многих явлений. Вследствие сопротивления атмосферы постепенно уничтожается космическая скорость, и огромное количество живой силы превращается в теплоту, которая нагревает метеорит и находящийся перед пим воздух. Нагретый воздух, устремляясь в пустое пространство позади камня, окружает последний накаленной атмосферой: метеорит начинает плавиться и светиться.

Перед падепием раздается сильный звук; его обычно объясняют движением воздуха, который мгновенпо устремляется в пустое пространство позади метеорита, как только последний потеряет всю свою космическую скорость и стапет просто падать. Но так как в последних частях пути скорость уменьшается постепенно и в момент полного ее уничтожения метеорит продолжает двигаться, то мгновепное движепие воздуха в пустое пространство и образование сильной звуковой волны не возможно. Опираясь на исследования *Маха, Досс* дал более удовлетворительное объяснение звуковых явлений, сопровождающих падение метеоритов. Летящее ядро, по мпению Маха, способствует образованию так называемой передовой волны, которая движется перед самым ядром, но когда скорость последнего станет меньше обыкновенной скорости звука, волна забежит вперед, достигнет до нас и мы услышим выстрел. Такой передовой волной Досс и объясняет сильный звук перед падением метеорита. Шипение, свист и раскаты, следующие за этим звуком, отчасти происходят вследствие самого падепия, отчасти вследствие известных колебаний, вызываемых тем, что центр тяжести метеорита, при движении направленный вперед, не совпадает, как и у стрелы с геометрическим цептром.

На поверхности метеоритов паходится черная стекловатая кора незначительной толщины: она имеет лучистое строение и усеяна иногда так называемыми *бороздами плавления*, которые образованы стремительным потоком воздуха, сду-

---

* Метеорит, упавший в Пултуске, проходил в атмосфере, которая своим сопротивлением уменьшала его скорость, 7,25 миль в секунду; Меркурий, обладающий наибольшей скоростью между планетами, проходит в то же время 6,41 мили.

вавшим пазад расплавленную массу; по расположению борозд можно определить сторону, которою метеорит при падении был направлен вперед. Особенно характерен в этом отношении метеорит, упавший у Штаннерна в Моравии; этот в своем роде классический образец хранится в Вене в Императорском минералогическом кабинете; на рис. 128—131 он изображен в естественную величину с четырех сторон. Само собой понятно, что стекловатая кора метеорита должна быть тонка: если даже расплавится большая часть метеорита, то она не останется на его поверхности: сильный поток воздуха сдует ее и разорвет на мелкие частицы; последние будут лететь за метеоритом и примут участие в образовании блестящего хвоста его. Если в метеорите имеются щели, то расплавленная масса

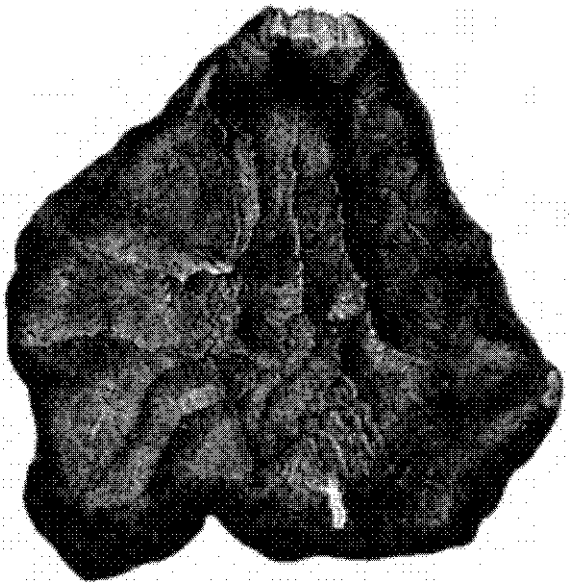


Рис. 128.

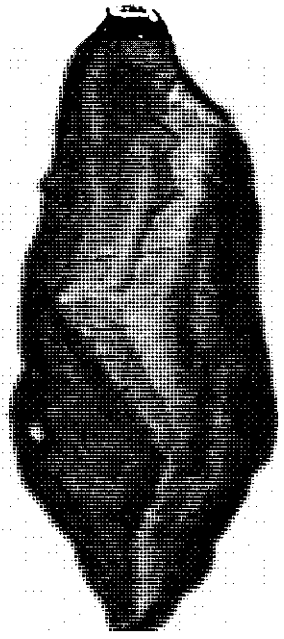


Рис. 129.

**Метеорит, упавший во время каменного дождя у Штаннерна. (Целый экземпляр с ясно выраженными бороздами плавления.)** Рис. 128 — **метеорит спереди,** рис. 129 — **сбоку**

заполнит их и образует жилки черного стекловатого вещества; такие жилки часто находятся внутри метеоритов; примером может служить нредставленный на таблице метеорит Каковы.

Очень многие метеориты нредставляют и другую своеобразную особенность: на их поверхности наблюдаются многочисленные углубления, так называемые *пьезоглипты*; величина их различна; в общем они наноминают те ямочки, которые могут быть выдавлены в какой-нибудь пластической массе нальцем. *Добре* в Париже целым рядом опытов показал, что такие же углубления образуются при действии сжатых газов на твердые тела и получаются при взрывах динамита, пороха, нироксилина и т. п.; ноэтому надо допустить, что сжатый накаленный воздух тоже вырывает с поверхности метеоритов куски их массы; рассыпавшись в мелкую пыль, они остаются в хвосте. В тех частях метеорита, которые богаты троилитом,—но мнению *Брезины*, малопрочным минералом,—особенно легко образуются углубления и даже прободения. С другой стороны, как это впервые показал *Гольдшмидт*,

неравномерное расширение внезапно нагретой поверхности вызывает отделение полукруглых скорлупок и образование небольших ямочек. Последние наблюдаются также на камнях, находимых в пустынях; вследствие внезапного нагревания или охлаждения, с поверхности камня отскакивают скорлуповатые осколки и образуются углубления.

Число метеоритов, падающих одновременно, бывает различно: иногда находят только один метеорит, реже — несколько и еще реже — много. Во время каменного дождя в Штаннерне выпало зараз несколько сотен метеоритов, а у *л'Эгля* в Нормандии даже 3000; в последнем случае камни покрыли эллиптический участок земли в 12 километров длиной; число метеоритов, упавших одновре-

Рис. 130.

Рис. 131.

**Метеорит, упавший у Штаннерна (тот же экземпляр, что и на рис. 128 и 129).** Рис. 130 — **вид сзади,** рис. 131 — **вид с другой стороны**

менно в Княгине в Венгрии в 1866 году, было только немного меньше, а каменный дождь у нас в Пултуске, 30 января 1868 года, превзошел все другие более или менее точно наблюдавшиеся метеоритные дожди.

Появляется вопрос: в каком состоянии достигли Земли эти многочисленные камни, представляли ли они первоначально одну массу, которая раздробилась в нашей атмосфере, или уже в атмосферу Земли вступила целая куча отдельных камней? Если на исследуемом метеорите не замечается коры, одевающей его со всех сторон, а наоборот, видны свежие поверхности излома или только ничтожные следы стекловатой оболочки, то почти безошибочно можно утверждать, что раздробление произошло во время падения; этого нельзя сказать о тех метеоритах, которые одеты сплошной черной корой: уже в атмосфере они должны были существовать в качестве самостоятельных тел.

Даже при сильных каменных дождях большинство метеоритов оплавлено; в одном парижском музее естественных наук сохраняется 950 «целых» метеоритов, упавших в Пултуске 30 января 1868 года. Невероятно, чтобы такое огром-

ное число закругленных камней образовалось вследствие распадения одного метеорита в течение немногих секунд, проведенных в атмосфере; вероятно, все эти отдельные тела двигались уже в мировом пространстве тесно сплоченной кучей. Однако известны случаи, когда метеорит раздробился, проходя через атмосферу с космической скоростью, и достиг Земли в виде обломков, покрытых стекловатой корой. Так, например, у Квенгука в Индии были найдены два метеорита, отделенные друг от друга расстоянием почти в одну английскую милю; их поверхности излома были слегка оплавлены, но вполне совпадали одна с другой; также после падения метеоритов в Бутсуре в Ост-Индии 12 мая 1861 года были найдены на расстоянии 2 английских миль три метеоритных осколка; сложенные вместе, они тоже вполне совпали (см. рис. 132). Впрочем, случаи эти принадлежат к числу исключений, и метеоритные дожди, вроде перечисленных выше, ни в коем случае не могут быть сведены к распадению одной общей массы. Для объяснения их надо допустить существование целой метеоритной кучи. На первый взгляд кажется, что такому пониманию явления противоречит просто и легко наблюдаемый факт: метеорит представляется сплошным огненным шаром, как же он может состоять из сотен и тысяч отдельных обломков? Сомнение было устранено знаменитым представителем афинской обсерватории *Ю. Шмидтом*. Ему впервые удалось наблюдать в телескопе огненный шар первого порядка. Если принять в расчет, как редко происходят такие явления, как они непродолжительны и как быстро протекают, то станет понятно, что наблюдать их очень трудно. Метеорит, видимый в зрительную трубу Ю. Шмидтом, состоял из многих частей: впереди двигались два зеленоватых яркосветящихся камня; они имели форму громадной капли и оставляли позади себя длинные огненно-красные линии; за ними неслась куча зеленоватых обломков разной величины, и каждый из них оставлял после себя красный огненный след. Было подмечено, что действительные

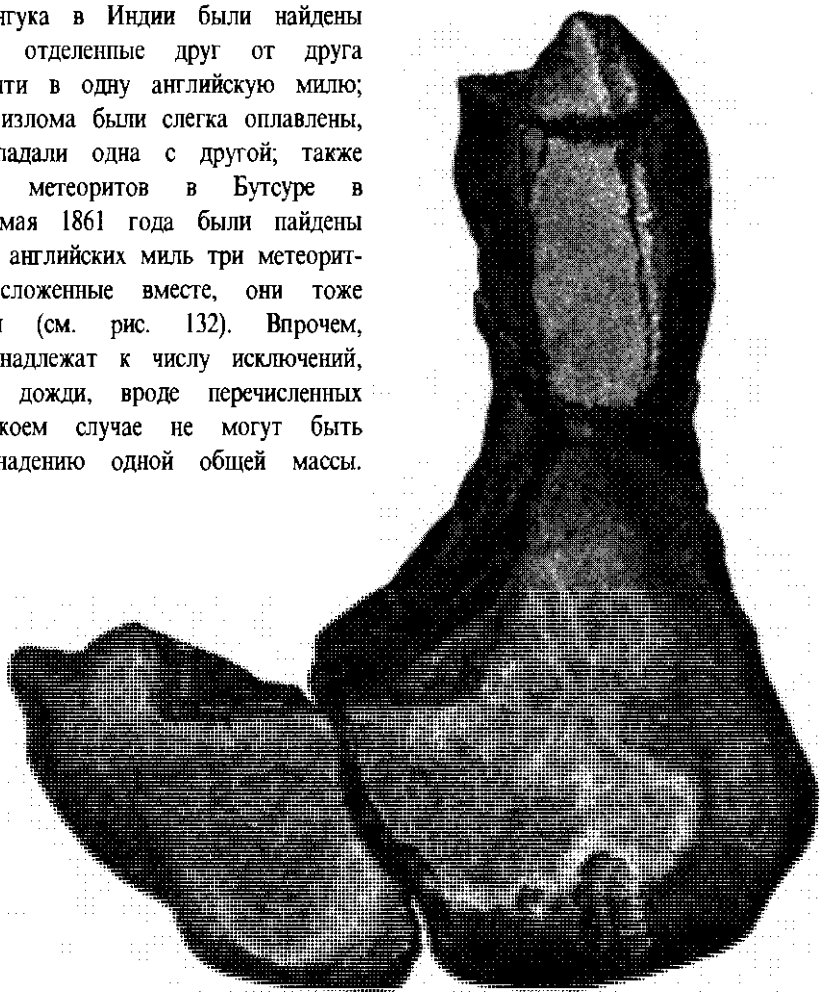


Рис. 132. **Метеорит Бутсуры**

размеры метеоритов меньше, чем они кажутся невооруженному глазу; этот чрезвычайно важный факт показывает, что несоответствие между огромными размерами метеорита и незначительной массой падающих камней является оптическим обманом: сильный свет, испускаемый метеоритом, увеличивает его размеры. Таким образом эти наблюдения несомненно доказали, что большинство метеоритов представляют целую кучу камней, проходящих атмосферу в одном и том же направлении; только невооруженному глазу они кажутся одним огненным шаром; последнюю догадку уже давно высказывал *Гайдингер*.

Величина и масса метеоритов, падающих на Землю, обычно незначительны. Железная глыба, упавшая у С.-Катарина в Бразилии, весила 2250 килограммов; другой метеорит, найденный также в Бразилии, весил 7000 килограммов, объем же его не превосходил 1 куб. метра; две железных глыбы, найденные у Хупадероса в Мексике и принадлежащие одному метеориту, были 4,65 метров длиной и 1,5 метра шириной и весили около 24—25 тысяч килограммов; вес неметаллических метеоритов доходит до 200—300 килограммов, вообще они редко бывают тяжелее 50 килограммов и в большинстве случаев весят значительно меньше. Целые метеориты мелких размеров очень редки, ввиду трудности их отыскивания. После метеорного дождя у Хесле, близ Унсалы в Швеции, 1 января 1869 года, белая снежная пелена, одевавшая Землю, помогла отыскать мелкие метеориты: были найдены экземпляры чрезвычайно малых размеров; самый крошечный из них, сохраняемый в Стокгольме, весит 0,06 г.

Такие образования представляют переход к настоящей *метеорной пыли*, которую находили неоднократно. Так, например, в Швеции заметили на снегу черную пыль, которая оказалась железом космического происхождения. В глубоких частях моря, вдали от берегов, вода выделяет немного осадков; последние, особенно так называемый красный глубоководный ил, содержат в себе буро-желтые зерна железа с примесью никеля, от 0,5 мм в диаметре; эти зерна оказались бронзитовыми хондритами; присутствие последних в морских осадках показывает, что значительная часть глубинных отложений образовалась из метеорной пыли.

Метеориты «падают с неба». Каково же их происхождение? С какого небесного тела низвергаются они? Из каких областей мирового пространства залетают они к нам? Для решения этих важных и трудных вопросов было предложено много гипотез, и хотя в настоящую минуту одна из них имеет огромное число сторонников, однако вопросы эти далеко не решены.

Первоначально думали, что метеориты представляют сгущенные пары мирового пространства; этот взгляд и теперь еще находит сторонников. Позднее метеориты рассматривались, как продукты извержений лунных вулканов; впоследствии этот взгляд был отвергнут, но в самое последнее время выдвинут опять астрономами и стал снова предметом обсуждений. Но чтобы преодолеть притяжение Луны и начать самостоятельное движение вокруг нее и Земли, вулканические бомбы должны были бы вылетать из лунных вулканов со страшной скоростью. С другой стороны, приблизившись к Земле, они не могли бы обладать той огромной быстротой полета, которая на самом деле наблюдается.

Происхождение метеоритов связывали также с солнечными извержениями; но и это объяснение скоро оказалось неудовлетворительным: наблюдения показали, что вещество протуберанц падает обратно на Солнце. Те исследователи, которые исхо-

дили главным образом из петрографических и геологических данных, обратили внимание на сходство состава земной магмы и метеоритов; происхождение последних они связывали с планетами, сходными по своему строению с Землей. С одной стороны, они предполагали, что метеориты образуются при вулканических извержениях таких планет, с другой стороны, рассматривали их, как продукты распада этих мировых тел.

Среди астрономов наибольшее число сторонников имеет тот взгляд, который связывает метеориты с падающими звездами и кометами. Существование известной зависимости между этими явлениями уже давно предчувствовалось многими учеными, но только *Скиапарелли* своими чрезвычайно остроумными исследованиями дал ключ к пониманию ее; его теория была во многих отношениях преобразована *Вейсом*, и в таком виде представляет теперь лучшее объяснение метеоритов.

Явление падающих звезд общеизвестно. В светлые ночи часто случается видеть, как одна из звезд будто сорвется со своего места, скользнет с огромной скоростью по небесному своду и через несколько мгновений исчезнет; иногда в течение одного часа явление повторяется несколько раз. В настоящее время доказано, что падающие звезды такие же твердые тела, как и метеориты; они попадают в атмосферу Земли из мирового пространства и, врываясь в нее с космической скоростью, начинают светиться. Высота, где они загораются и потухают, различна; можно допустить, что в момент появления они находятся в 15 милях от земной поверхности, а в момент исчезновения — в 11 милях. Световые явления и в данном случае зависят от воздуха, который сжимается и нагревается быстро летящим через него телом; причины потухания могут быть различны: или тело распадается в пыль вследствие своей высокой температуры, а быть может и сгорает, или же уходит опять из пределов земной атмосферы.

В большинстве случаев падающие звезды являются одиноко через большие промежутки времени, иногда же они необычайно быстро следуют одна за другой. В 1799 году, в $2^1/_2$ часа утра 12 ноября у Куманы в Венесуэле, Александр Гумбольт заметил на восточной части небесного свода целые тысячи огненных шаров и падающих звезд; все они летели в одном направлении, с севера к югу. Впоследствии оказалось, что такой поток падающих звезд был видим по всей Америке от экватора до Гренландии и достигал Германии. Область, охваченная им, простиралась до 1 миллиона кв. миль. Сначала астрономы не обращали должного внимания на это явление, но впоследствии оно возбудило общий интерес; скоро было доказано, что известные периоды года и известные ночи характеризуются то более сильным, то более слабым падением звезд. Стали искать указаний на подобные явления в древних летописях и хрониках и вдруг пришли к самым неожиданным результатам: оказалось, что падающие звезды за время около 2500 лет появляются почти в одни и те же дни, напр.:

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| До | Р. | Хр. | 687 | г. | 19 | апреля. | После | Р. | Хр. | 1095 г. | 20 апреля. |
| » | » | » | 15 | » | 19 | » | » | » | » | 1096 » | 21 » |
| После | » | » | 582 | » | 18 | » | » | » | » | 1122 » | 20 » |
| » | » | » | 1093 | » | 20 | » | » | » | » | 1123 » | 20 » |
| » | » | » | 1094 | » | 20 | » | » | » | » | 1803 » | 19 » |

Наиболее сильным во всем Северном полушарии является тот поток падающих звезд, который происходит в ночь с 13 на 14 ноября; дальше сле-

дует поток св. Лаврентия, огненные слезы которого по народному поверью проливаются в ночь на 10 августа. В Северном полушарии следующие дни года характеризуются наиболее сильными потоками.

| | | |
|---|---|---|
| 1) 2— 3 января | 4) 26—29 июля | 7) 13—14 ноября |
| 2) 12—13 апреля | 5) 9—13 авг. (поток св. Лаврентия) | 8) 27—29 ноября |
| 3) 19—23 апреля | 6) 19—25 октября | 9) 6—13 декабря |

Кроме того, существует еще много других слабых потоков.

Наблюдения над этими замечательными явлениями показали, что пути отдельных звезд целого потока пересекаются в известной точке небесного свода, называемой *точкой радиации*, или просто *радиантом:* ноток или исходит из этой точки, или же в ней встречаются продолженные назад направления падающих звезд; эти точки не изменяют своего положения не только в течение одной ночи, но даже в течение многих лет. Так, напр., поток св. Лаврентия исходит из той точки, которая находится вблизи звезд $\gamma$ в созвездии Персея, а ноток 13 ноября имеет точку радиации между звездами $\gamma$ и $\mu$ в созвездии Льва. Отсюда нотоки эти называются иногда *персеидами* и *леонидами.*

Объяснить описанные явления можно только следующим образом: метеоры, видимые постоянно в одну и ту же ночь, принадлежат к потоку, который состоит из огромпого числа небольших тел; все они вращаются около Солнца по одному общему нути, пересекающему земную орбиту в той точке, где бывает Земля в день появления потока; она разрывает последний, и часть небольших пебеспых тел, под влиянием земного притяжения, падает на ее поверхность.

Как уже было упомянуто выше, персеиды (9—13 августа) и леониды (13—14 ноября), среди всех звездных потоков, достигающих земли, оказываются самыми сильными. Однако пе каждый год они одинаковы; персеиды появляются в максимуме через каждые 108 лет и удерживают его неизменным в течение 20—30 лет. Еще поразительпее изменение силы нотока леонид. Выше было сделапо описание того случая, который наблюдался Гумбольдтом около Куманы. После этого в ночь с 12 на 13 ноября 1833 г. Ольмстэд и Пальмер паблюдали в С. Америке около Ньюгевена огнепные шары, которые, подобпо ракетам, разлетались из одной точки неба; их было так много, что они падали на Землю, точно хлопья снега; все небо было охвачено огнем; явление продолжалось 9 часов, по приблизительпому расчету в это время упало более четверти миллиона звезд. Но не каждый год падение леонид проявляется с такой силой; собранные наблюдения показывают, что максимум их повторяется через $33^1/_4$ года, т.е. три раза в течение столетия. На основании точного изучения всех данных можно было предсказать появление сильного потока в ночь с 13 па 14 ноября 1866 г., и действительно в это время поток явился во всей своей величественной прелести. Такое периодическое новторение сильных нотоков позволяет думать, что космические тела, составляющие их, распределены на своем пути неравномерно и особепно плотно скучены в известных местах. Правильное повторение их максимумов позволяет онределить время, в течение которого ноток совершает свой нуть. Для леонидов это время равно 33,25 лет. Нам известно время обращения метеоров, их направление, скорость (о способах определения последних мы не можем говорить подробно), наконец, фокус их пути, в котором располагается Солнце; на основаиии этих даниых

возможно определить характер той кривой, по которой движется поток; эта кривая весьма сходна с кривыми, по которым совершается обращение периодических комет.

Вопрос значительно двинулся вперед, благодаря исследованиям Скиапарелли; этот ученый показал, что путь персеид совпадает с путем третьей кометы 1862 г.; что касается леонид, то они движутся по той же кривой, которую описывала комета 1866 г. Точно так же оказалось, что первая комета 1861 г. находится в связи с потоками 20 апреля, и комета Биэлы—с потоком 27—29 ноября; наконец, значительное число других звездных потоков удалось связать с движением известных комет.

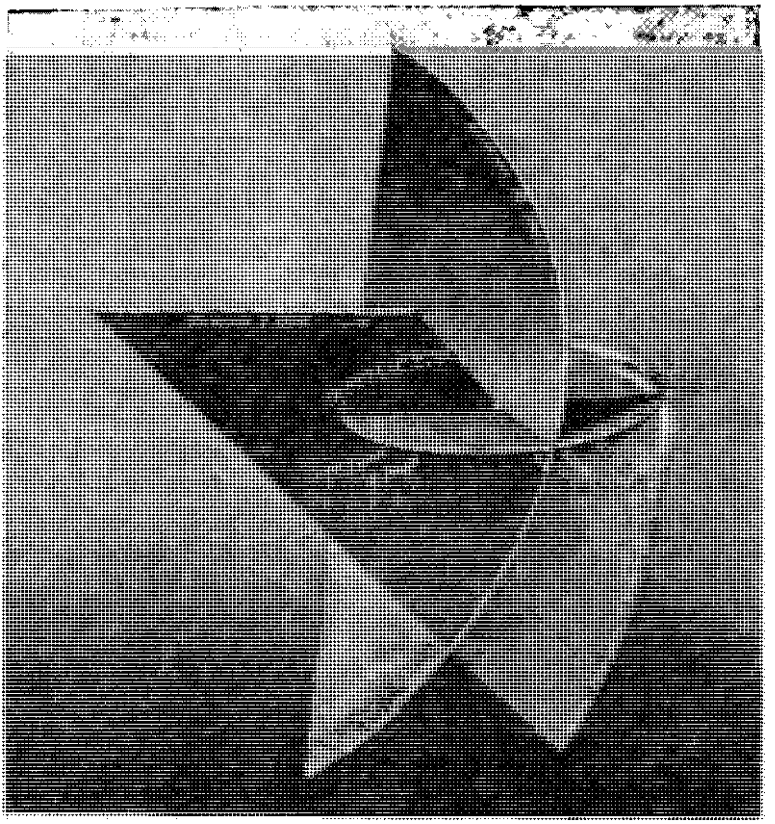


Рис. 133. **Пути комет и падающих звезд**

Мы не можем здесь коснуться подробно астрономической стороны вопроса: достаточно указать, что комета, приблизившись к Солнцу или к какой-нибудь планете, может распасться и отчасти совсем рассеяться*. Отделившиеся осколки долго движутся вслед за кометой, образуя кольцо метеоров, из которого и истекают потоки (см. рис. 133). Связь между обоими явлениями весьма велика, и Вейс предполагает, что не только каждая периодическая комета образует метеорный поток, но и что каждый поток происходит вследствие пересечения земной орбиты с путями периодических комет.

Можно ли отождествить падающие на Землю метеориты со звездными потоками? Можем ли мы рассматривать первые как обломки комет? И в том и в другом случае в нашу атмосферу врываются с громадной скоростью твердые тела; и метеориты, и потоки сильно сжимают воздух на своем пути, сильно нагрева-

* Распадение комет на две или более частей—вполне установленный факт; известнейшие примеры представляют комета Биэлы, разделившаяся в январе 1846 г. на две части, и комета Брука в 1890 г.

ются, раскаляются и испускают свет. Конечно, нельзя не заметить и резкого различия между небольшой звездой, которая беззвучно скатывается с неба, и огромным огненным шаром, который с шумом и треском низвергается на землю и рассыпается каменным дождем; тем не менее, звездные потоки и метеориты являются только крайними членами ряда явлений: между ними существуют незаметные переходы. Очень небольшие или быстро движущиеся в атмосфере тела разрываются прежде, чем достигнут Земли, и шум их, происходящий в отдаленных областях, не слышен на земной поверхности. Это соображение позволяет приписать одинаковое происхождение метеоритам и падающим звездам, тем более что в отдельных случаях метеориты удалось свести к точкам радиации известных звездных потоков. Хотя в моменты появления леонид и персеид число падающих на Землю метеоритов не возрастает сравнительно с другими месяцами года, тем не менее этот факт не опровергает сделанного допущения: есть очень серьезные основания думать, что он не имеет особого значения.

Астрономы полагают, что ежедневно атмосферу Земли проходят 10—12 миллионов падающих звезд; метеоритов же выпадает на Землю не более двух-трех; таким образом, из всех твердых тел, попадающих в атмосферу, только ничтожное количество падает на Землю, большинство же рассеивается в воздухе. Поэтому условия, при которых появляется метеорный поток в атмосфере, имеют несравненно больше значения для сохранения составляющих его тел, чем общее их число. Разрушение метеоритов происходит вследствие той быстроты, с которой они проходят атмосферу: чем быстрее движутся в воздухе тела, составляющие поток, тем легче они могут быть уничтожены, не достигнув земной поверхности. Скорость, с которой метеор прорезывает воздух, зависит не только от его ускорения, но также от направления движения. Допустим, что он движется в направлении, противоположном вращению Земли; так как атмосфера движется вместе с Землей навстречу потоку, то скорость последнего возрастет на величину, равную скорости Земли (почти 4 мили в секунду); в противоположном случае, когда поток движется в том же направлении, как и Земля, скорость его в воздухе уменьшится на велнчину, равную скорости Земли.

Отсюда следует, что метеоры тех потоков, которые двнжутся навстречу Земле или пересекают ее путь под очень острым углом, находятся в неблагоприятных условиях для сохранения: сравнительно небольшая часть их упадет па Землю; леониды и персеиды как раз принадлежат к числу таких потоков: понятно, что 9—13 августа и 13—14 ноября на Землю падает не больше метеоритов, чем в другое время*.

---

* Древнейшее сведение о метеорите, выпавшем в пределах России, относится к 1290 г. По сообщениям современника, падение произошло 25 июня в полдень близ Устюга Великого. «Бысть же о полудни найде внезапу над град Устюг облак темен и бысть яко нощ темная... И посем явишася и восташа со все четыре страны тучи великие, из них же исхождаше молния огненная беспрестани, и грому убо многу и страшну бывшу над градом Устюгом, яко же не слышати, что друг с другом глаголати». Конец явления описывается так: «И в той час бысть тишина велия и не бысть молнии и грому и разводящеся облацы огненнии на все страны и пойдоста на месте пустынная и тамо попалиша многие лесы и дебри, тем же многим и бесчисленным камением они древеса из корени избиша, а иные в полы поломиша».

## Состав метеоритов

Познакомимся с химическим составом метеоритов. Многочисленные анализы, произведенные целым рядом исследователей, привели к поразительным результатам: оказывается, что камни, прилетевшие к нам из неведомых областей мирового пространства, *не содержат ни одного элемента, которого не было бы на Земле*. С точностью доказано в метеоритах присутствие следующих составных частей:

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| водорода | хлора | кремния | алюминия | хрома | меди |
| кислорода | фосфора | калия | магния | кобальта | олова |
| азота | мышьяка | натрия | марганца | никеля | титана |
| серы | углерода | кальция | железа | | |

Кроме того, *Локиер* путем спектрального анализа доказал присутствие в метеоритах стронция, бария, цинка, висмута и лития.

Таким образом, в состав метеоритов входит меньше трети известных на Земле элементов. Удивляться незначительности этого числа нельзя ввиду небольшого числа метеоритов; без сомнения, дальнейшие анализы покажут присутствие в них и других элементов. Железо, магний и кремний наиболее распространены на Земле и принимают важное участие в ее составе. То же самое видим мы и в метеоритах; напротив того, кальций, калий, натрий и алюминий находятся

---

На берегу Сухоны, в Великом Устюге, в ограде церкви Прокопия Праведного лежит на пьедестале камень кругловатого очертания. Уже одна выставка его в этом священном месте указывает на его особенное значение. Среди устюжан сохранилось предание, будто этот камень происходит из той каменно-огненной тучи, которая в 1290 году угрожала В. Устюгу полным разрушением и которая была «отведена» от города молитвами св. Прокопия Праведного. Имеется даже в исторических документах указание на такое происхождение его: по свидетельству местного священника, камень «привезен 1 ноября 1638 г. из Катавальской волости — из числа выпавших в 1290 г.». Но при ближайшем исследовании этот камень оказался просто глыбой красного гранита. Вероятно, при перевозке в 1638 г. была сделана ошибка: вместо метеорита взяли простой валун.

Летопись сообщает еще о двух падениях несохранившихся метеоритов. В 1421 г. 11 мая в Новгороде произошло «знамение страшно зело»: «В полунощи быть трус велий, на воздусе взыде туча с полудне темна сильно зело с громом страшным и с молниями блистающими, якож и прозрети немочно б, и чающим человеком сожжениым быти от огня онаго. И пришед ста над градом и изменись туча от дожденосня на огненное видение; людиеж всяко чающе пламеню быти пожигающу... И быть дождь мног и град велий, *и камение являшесь изо облака спадшее на землю*». Другое историческое падение метеорита, о котором сообщает летопись, происходило в 1162 году 22 ноября в Белозерском уезде. По преданию, два из выпавших метеоритов были отнесены в монастырь к настоятелю «и один вкладен в стену, а другой положен на паперти». Эти камни исследованию подвергнуты не были.

Первым из найденных в России метеоритов является так называемое палласово железо. Оно было открыто в 1749 г. оберштейгером Меттихом в Енисейской губернии на горном кряже, лежащем между реками Убей и Сисмесом, притоками Енисея. В 1771 г. Паллас доказал метеорное происхождение этого железа и поручил перевезти его из Енисейской губернии в г. Красноярск, лежащий от первоначального местонахождения в 250 верстах. Отсюда метеорит и считается найденным в Красноярске. Первоначальный вес его 42 пуда. Главная масса палласова железа хранится в Академии наук. Когда упало это железо,— неизвестно.

Следующим по времени является тот метеорит, который упал между селениями Ягайловка и Лебединым Харьковской губернии Сумского уезда 1 октября 1787 г. в 3 часа дня. С тех пор в России происходило более пятидесяти падений, метеориты которых известны.— *Примеч. пер.*

в метеоритах в относительно меньших количествах, чем на Земле, драгоценные металлы совсем отсутствуют, а никель играет несравненно большую роль, чем в горных породах Земли. Несмотря на эти частные уклонения, в общем метеориты вполне подтверждают мысль об единстве состава различных мировых тел,—мысль, выведенную путем спектрального анализа. Те данные, которые мы получаем, исследуя при помощи призмы свет Солнца, неподвижных звезд и туманностей, блестяще подтверждаются анализом этих обломков комет. Но здесь мы можем идти и дальше: мы можем исследовать, как группируются в них элементы в простые соединения, минералы, и как из минералов составляются метеоритные горные породы*. Исследования, составляющие великую заслугу славного минералога *Густава Розе*, показали, что большая часть минералов, входящих в состав метеоритов как по кристаллографической форме, так и по своему химическому составу, вполне сходна с минералами Земли. В метеоритах найдены оливин, авгит, энстатит, анортит, тридимит, кварц, хромистый железняк, магнитный колчедан, магнитный железняк, графит, алмаз, серный колчедан (пирит) и, кроме того, неизвестные на нашей планете минералы; к числу последних относятся никелистое железо, сернистый кальций, хлористое железо (лавренит), известные соединения фосфора с железом и никелем (шрейберзит) и серы с железом и хромом (добрелит). Троплит, односернистое железо, играет в метеоритах важную роль, на Земле же этот минерал был наблюдаем только как спутник базальтового железа из Овифака.

В последнее время *Грэм* (Graham) сделал замечательное открытие: он нашел в метеоритах поглощенные газы. Дальнейшие исследования, повторенные другими учеными, показали, что эти газы при нагревании выделяются и состоят из водорода, углекислоты, углеводородов и азота. Эти факты, с одной стороны, усиливают сходство метеоритов с магмой земных вулканов, которая также содержит поглощенные газы, с другой стороны—подтверждают предполагаемую связь между метеоритами и кометами, которые, как показывает спектральный анализ, всегда содержат углеводороды.

По составу метеориты могут быть разбиты на два различных типа: метеорное железо и метеорные камни. Первое состоит из самородного железа с заметным содержанием никеля и с ничтожными примесями серы, фосфора, а часто и углерода. Иногда весь метеорит обладает одинаковым составом и может быть рассматриваем, как обломок целого кристалла. В большинстве же случаев метеорное железо состоит из тонких, лежащих друг на друге пластинок; последние группируются по законам кристаллографии и отличаются между собой содержанием никеля, фосфора и серы. Последствием этих незначительных различий состава является то обстоятельство, что отдельные пластинки железа с неодинаковой скоростью и силой растворяются кислотами. Если распилить кусок метеорного железа и действовать азотной кислотой на отполированную поверхность его, то на последней внезапно выступит характерное пластинчатое строение; это объясняется тем, что одни пластинки сильнее разъедаются кислотой, другие слабее; получаются своеобразные *видманштетовы фигуры*, названные так по имени открывшего их ученого

* В сущности, сам *метеорит* составляет горную породу; горные породы Земли, в противоположность метеоритам, называются *теллуритами*.— *Примеч. пер.*

(рис. 134). *Добре, Мёнье* и *Лоренцу Смиту* удалось искуственно воспроизвести это явление посредством сплавления железа с никелем, сернистым железом, фосфористым железом или с кремнием: но в природе ни на одном из земных тел видманштетовы фигуры не наблюдались, а потому можно принять, что все массы железа, находимые на земной поверхности и дающие эти фигуры, принадлежат метеоритам. Таким образом было доказано космическое происхождение многих масс железа, хотя действительное падение их наблюдалось очень редко (Грашина у Загреба, 1751 г. Теннесси, 1835 г. Браунау в Чехии, 1845 г.).

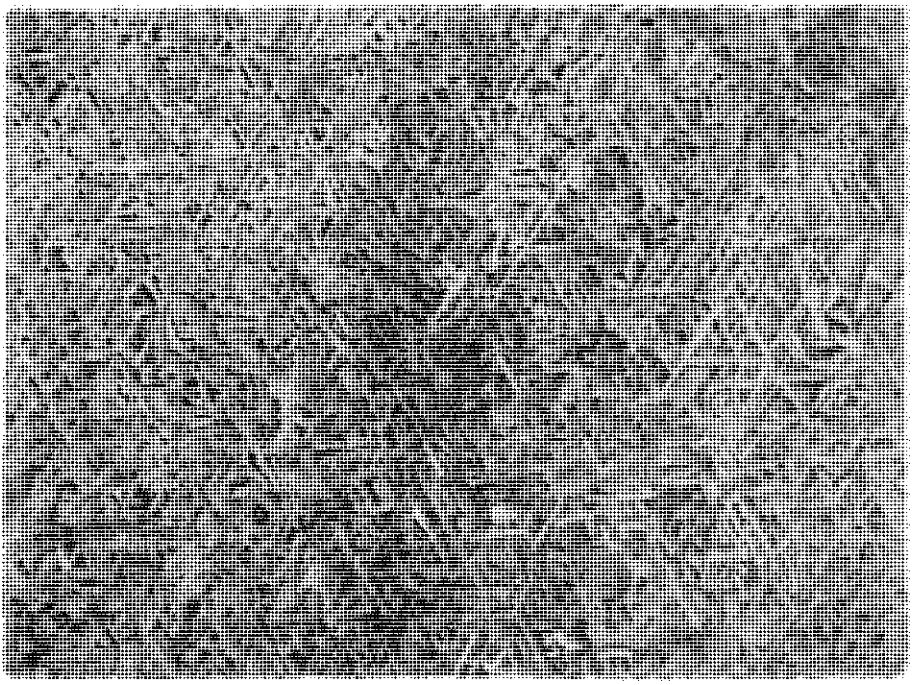


Рис. 134. **Видманштетовы фигуры на метеорном железе**

Метеорное железо представляет интерес не только для геологов, но и для историков культуры. В обыденной жизни железо самый необходимый металл: оно не встречается на земле в самородном виде, добывание же его из руд требует относительно высокой степени культуры; поэтому у всех народов значительно раньше появляется бронза и служит для выделки всевозможных орудий и украшений. Метеорное железо с давних времен находилось под рукой человека; некоторые дикие племена, стоящие на очень низких ступенях развития, обрабатывают его; так, напр., эскимосы в Гренландии, кроме того железа, которое они собирают на потерпевших крушение кораблях, пользуются метеорным железом (рис. 135). На Мадагаскаре наконечники стрел делаются из того же металла. Весьма возможно, что вообще люди познакомились с железом и его употреблением благодаря метеорным массам, находимым па земле, и только впоследствии паучились добывать его из руд.

Как ни резко отличается метеорное железо от метеорных камней, тем не менее существуют и переходные формы. Попадаются метеориты, в которых железо образует основную массу; в ней наблюдаются кристаллы и кристаллические зерна оливина, минерала, состоящего из окиси магния и кремнекислоты. В прошлом столетии немецким естествоиспытателем Палласом во время его путешествия по России был найден первый и знаменитый представитель этого типа метеоритов: находка была сделана в Сибири близ Красноярска, недалеко от берега Енисея; масса достигала 1600 русских фунтов; окрестные жители почитали ее, как священный предмет небесного происхождения. Это так называемое палласово железо в истории науки представляет чрезвычайно большой интерес; оно побудило *Хладни* начать его знаменитые исследования (кусок палласова железа изображен на особой таблице). Метеориты этого типа носят название палласитов.

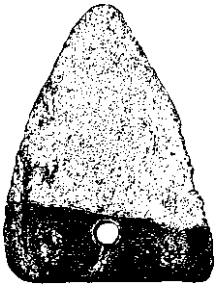


Рис. 135. **Наконечник стрелы из Гренландии, сделанный из метеорного железа**

Мезосидериты,—зернистые массы железа, наполовину содержащие оливин или другие неметаллические минералы,—представляют переход к настоящим метеорным камням, в которых железо хотя и содержится, но только в очень незначительных количествах. В ряду последних самым обычным типом являются хондриты; они состоят из мелкозернистой серой или черной массы, напоминающей вулканические туфы; в ней заметны своеобразные шарики и зерна оливина, бронзита, никелистого железа и др.; происхождение этих зерен еще недостаточно выяснено (см. рис. 136). С земными горными породами хондриты не представляют никакого близкого сходства; наоборот, некоторые другие метеориты, особенно так называемый эвкрит, состоящий из анортита (известкового полевого шпата) и авгита, представляют много сходного с горными породами Земли (например, с некоторыми лавами Исландии). Далее следует назвать метеорит Шассиньи, состоящий из оливина со включенным в него хромистым железняком; он не отличается почти ничем от весьма распространенных на земле оливиновых пород. Мы зашли бы слишком далеко, если бы стали перечислять все менее важные видоизменения метеоритов; мы укажем еще только один вид их, резко отличающийся от других и особенно интересный со стороны своего состава; это так называемые *углистые метеориты*; примером их могут служить метеориты Алэ во Франции (1806 г.), Кольд-Боккефельда (Холодного Боккефельда) в Капской Земле (1838 г.), Кабы близ Добрецина в Венгрии (1857 г.) и Оргейля во Франции (1864 г.). Они представляют землистую рассыпчатую массу и содержат соединения угля с водородом и кислородом; природа этих соединений не определена*.

Особенный интерес представляют метеориты ввиду их *сходства с образованиями, находимыми на земле*; путем сравнения мы можем сделать много важных заключений о тех свойствах нашей планеты, которые не подлежат непосредственному наблюдению.

---

* В этом отношении особенного внимания заслуживает *Новоурейский* метеорит, выпавший 10 сентября 1886 г. в 7 час. утра в Пензенской губ. Краснослободского уезда и весивший 1900 килограммов. Как показали исследования *Ерофеева* и *Лачинова*, этот метеорит содержал в себе не только простой уголь, но и алмаз.—*Примеч. пер.*

Сравнивая составные части земли с метеоритами, мы не находим в последних ничего напоминающего атмосферу или море; точно так же мы не находим в них осадочных пород, содержащих окаменелости, каковы: известняк, песчаник, глина и др. Всячески старались найти в метеоритах какие-нибудь указания на органическую жизнь, но старания эти не увенчались успехом; только углистые метеориты представляют в своем составе как бы некоторые следы живых существ* Но *отсутствие следов организмов* еще ничего не говорит против возможности населения. Прежде, чем достигнуть Земли, метеориты двигались в холодном мировом пространстве, вдали от Солнца и других испускающих тепло звезд, и обладали температурой градусов на 100 ниже точки замерзания: отсюда невероятно допустить существование на них живых существ: метеорит Квенгука тотчас после падения был так холоден, что при прикосновении к нему в пальцах терялась всякая чувствительность. А если на метеоритах и существуют организмы, то во всяком случае условия их жизни так отличны от наших, что мы не можем составить о них никакого представления. Высказывалось предположение, что первые организмы были занесены на землю метеоритами; ввиду сказанного оно представляется невероятным. Граниты, залегающие под всеми слоистыми породами, почти совсем отсутствуют в метеоритах; последние содержат только анортитовые и оливиновые горные породы, которые на земную поверхность выносятся вулканическими извержениями и находятся внутри земли в больших количествах.

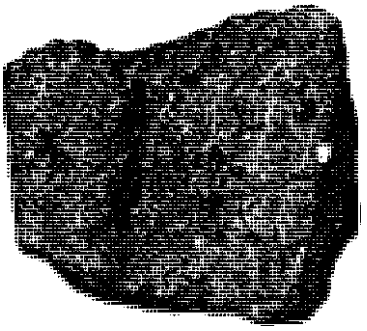


Рис. 136. **Хондрит**

До сих пор сравнение метеоритов с земными горными породами не представляло трудностей, но как только мы коснемся метеорного железа, сейчас же выступает целый ряд неразрешимых вопросов. На первый взгляд кажется, что оно не имеет никакой родственной связи с породами, принимающими существенное участие в строении Земли: самородное железо встречается очень редко, и несколько лет тому назад его вовсе не считали составной частью Земли. Но многие соображения не позволяют делать столь быстрые заключения. Говоря о весе Земли, мы узнаем, что он гораздо больше того веса, который мы могли бы вычислить, предположив, что вся масса нашей планеты состоит из тех же горных пород, которые мы находим на ее поверхности.

Известно, что различные вещества при одинаковом объеме обладают неодинаковым весом: если сделать кубики одинаковых размеров из дерева, мрамора, железа, то они не будут равны по весу: вещества эти обладают различной плотностью или, как обычно говорят, различным *удельным весом*. Мерой удельного веса всех твердых и жидких тел служит 1 куб. см химически чистой воды, весящий, как известно, 1 гр. Приняв плотность воды за единицу и зная, во сколько раз данное вещество тяжелее ее, мы найдем его удельный вес. 1 куб. см

---

* В последнее время появилось большое сочинение Гана; путем микроскопического исследования хондритов он пытается доказать присутствие в них различных организмов, близких к земным (губки, кораллы, морские лилии), но приводимые им доводы не убедительны.

извести весит 2,9 гр.: он в 2,9 раза тяжелее 1 куб. см воды; поэтому говорят, что удельный вес извести равен 2,9; 1 куб. см золота весит 19,4 гр.: его удельный вес 19,4.

Путем сложных опытов удалось определить удельный вес Земли: его принимают 5,5; это значит, что земной шар в $5^1/_2$ раза тяжелее химически чистой воды того же объема. Но из числа горных пород, образующих земную кору, ни одна не обладает столь большим удельным весом. Если, с другой стороны, мы определим удельный вес главных горных пород, принимающих важное участие в составе Земли, то окажется, что они тем тяжелее, чем глубже лежат: так,

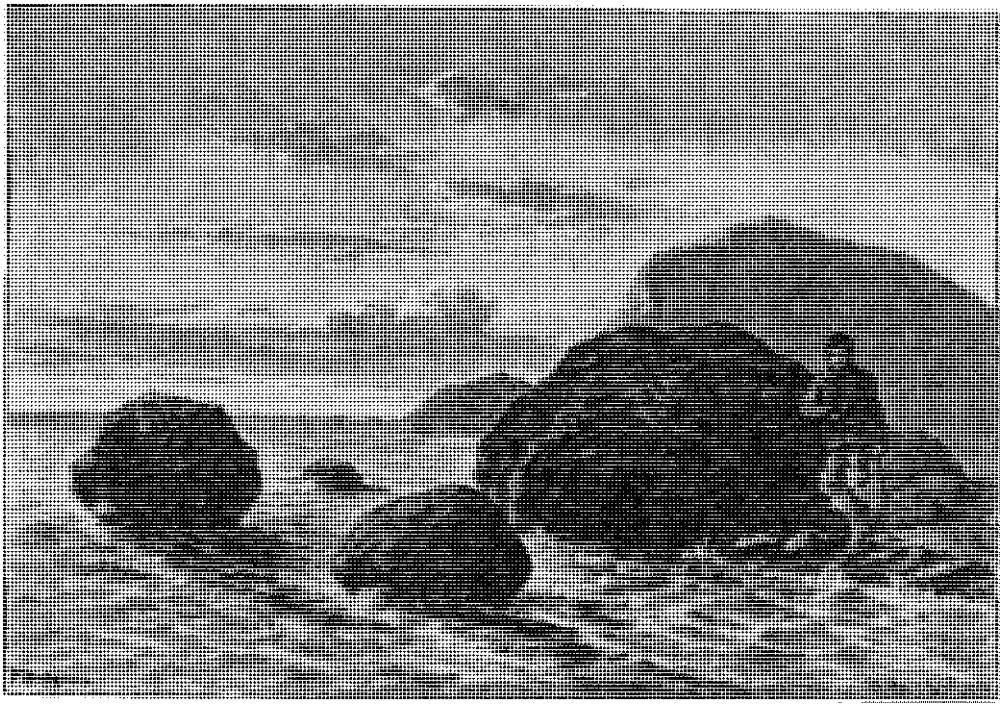


Рис. 137. **Железные глыбы в Овифаке** (по Натгорету)

например, удельный вес осадочных пород в среднем 2,6, гранита—2,7, базальта уже 3, а оливиновых горных пород 3,3—3,5. Отсюда можно сделать вывод, что внутри Земли ниже оливиновой области находятся массы более высокого удельного веса; благодаря им, плотность Земли и достигает в общем 5,5. Таким удельным весом обладают только тяжелые металлы, а потому почти все геологи и предполагают, что ядро Земли из них и состоит; так как среди этих металлов самым распространенным является железо, то в высшей степени вероятно, что этот металл принимает главное участие в образовании внутренности Земли. Малая распространенность самородного железа на земной поверхности объясняется, с одной стороны, тем, что извержения больших глубин редко достигают поверхности; с другой стороны, железо плохо сохраняется во влажном воздухе и легко окисляется.

Чрезвычайно важное значение имеет находка знаменитого шведского путешественника *Норденшёльда*, сделанная несколько лет назад и удивившая весь ученый

мир. В 1870 году Норденшёльд сообщил, что на берегу Гренландского острова Диско, в местечке Овифак, или Уикфак, им найдены огромные глыбы железа, из которых одна весит 21,000 кг, а другая 8,000 кг (см. рис. 137). По сообщению Норденшёльда, в этом месте проходят две базальтовые жилы; они окружают один кусок самородного железа и сверху покрыты многочисленными мелкими блестками железа. По своему химическому составу металл представлял большое сходство с метеоритами: он содержал никель и троилит. Отдельные куски железа были окружены эвкритом, минералом, одинаково находимым и в метеоритах и на земле. Норденшёльд, описывая свою находку, предложил два объяснения ее происхождения: или базальт при своем извержении извлек изнутри Земли массы железа и вынес их на поверхность, или же во времена базальтовых извержений упало много метеоритов, причем массы железа и эвкрита внедрились в мягкий и неуспевший отвердеть еще базальт. Шведское правительство отправило новую экспедицию в Овифак, чтобы взять оттуда большие куски и подвергнуть их исследованиям, которые Норденшёльд не мог произвести. Мелким железным блесткам на базальте трудно было приписать метеорное происхождение; наблюдения *Стенструпа* показали, что распространение железа ограничено исключительно Овифаком и что в других местах острова Диско базальты содержат только незначительные количества этого металла, по-видимому не обладающие космическим происхождением. Железо Овифака вылилось, вероятно, из внутренности Земли и представляет образец той тяжелой массы, несомненность которой вытекает из величины удельного веса Земли: таким образом, метеориты представляют поразительное сходство и с теми породами, которые образуют внутренность земного шара.

Факты, с которыми мы познакомились, имеют чрезвычайно важное значение: метеориты показывают, что кометы состоят из тех же элементов и в большинстве случаев из тех же минералов и горных пород, которые мы находим на земле и особенно в ее глубине; спектральный анализ с несомненностью выяснил, что те же земные элементы входят в состав Солнца, звезд и туманностей. Таким образом, *во всей вселенной*, всюду, куда только проник глаз человека, мы наблюдаем полное *единство материи*.

## 2. Физические свойства Земли

Форма и величина Земли.—Вес Земли.—Температура внутри Земли.—Толщина земной коры и состояние внутренности земного шара.

### Форма и величина Земли

Круг вопросов, занимающих нас, постепенно суживается; мы начали с рассмотрения всех видимых мировых тел, с далеких от нас туманностей и солнц, затем ограничились пределами нашей планетной системы и, нереходя постепенно к более близким представителям ее, достигли, наконец, Земли. На ней мы и остановим теперь наше внимание. Прежде всего мы представим в общих

чертах картину современного состояния нашей планеты; мы будем иметь дело с готовыми, вполне сложившимися свойствами ее: о том, как Земля произошла и развивалась, говорит уже геология.

По самым первым, детски наивным представлениям, Земля является плоским кругом, со всех сторон омываемым водой; но уже у классических народов, по крайней мере, среди ученых, мало-помалу складывалось убеждение о шарообразности Земли. С именами Пифагора, Парменида, Архимеда, Птолемея связывается мысль о первом его возникновении. В эпоху возрождения наук на западе эта идея воскресает, и вера в глубокую несомненность ее заставляет Колумба отправиться в далекое путешествие на неизвестный запад и искать новую дорогу в Индию; наконец, первое кругосветное путешествие Магеллана явилось несомненным и наглядным доказательством шарообразности Земли.

Но этим пытливость человека не была еще удовлетворена: он задался целью определить *величину земного шара.* Уже лет за 200 до Р. Хр. решением этой важной задачи занимался ученый, работы которого принадлежат к числу блестящих исследований древности и имя которого в истории науки окружено неувядаемой славой. Это—афинянин *Эратосфен,* библиотекарь в Александрии. Располагая самыми ничтожными средствами, исключительно руководимый своим гением, он впервые предпринял измерения, которые мы теперь называем *измерением градуса меридиана.*

Определить величину Земли, измерив один из больших кругов ее на всем протяжении, конечно, невозможно; необходимо найти астрономическим нутем географическое положение двух мест и расстояние между ними непосредственно измерить. На основании этих данных будет возможно вычислить величину одного градуса, т.е. $^1/_{360}$ земной окружности, а затем уже и величину всего меридиана. Эратосфен измерил длину тени, которую отбрасывал на землю перпендикулярный шест (гномон); измерение было произведено в Александрии в самый длинный день года около полудня; уже тогда было известно, что в это же время нод тропиком у Сиены (нынешнего Ассуана) в Верхнем Египте солнце находится в зените, и потому вертикально стоящий нредмет вовсе не отбрасывает тени. По этим двум данным Эратосфен нашел, что расстояние между Александрией и троником равняется 7°12′. С другой стороны, тщательные измерения, предпринятые египетским правительством, привели к непосредственному определению расстояния между Александрией и Сиеной; таким образом имелись налицо все данпые для нахождения величины градуса меридиана. По вычислениям Эратосфена он равен 700 стадиям; отсюда окружность Земли = 700. 360 = 252000 стадий; Александрийская стадия = $158^1/_4$ м.; выразив вычисленную Эратосфеном величину в современных мерах, мы пайдем, что она = 5323 геогр. мили; это число так мало отличается от истинных размеров земного меридиапа (5400 миль), что мы можем только удивляться точности, которая была достигнута столь несовершепными средствами. Конечно, результат оказался правильным, благодаря счастливой случайности: ошибки, сделанные при определении географической широты и при измерении расстояния, взаимно уничтожались. Тем не менее, поразительная близость найденной величины к действительной заставляет невольно усомпиться в справедливости сообщения Клеомеда, от которого мы и узнаем, что для определения широты Александрии Эратосфен пользовался только измерением тени, отброшенной гномоном.

Измерения градуса, произведенные арабскими астрономами по приказанию халифа Мамуна в IX в. и французским врачом и математиком Фернелем между Парижем и Аменом в 1525 г., не представляли никаких успехов сравнительно с исследованиями Эратосфена; с достаточным основанием можно утверждать, что в обоих случаях данные александрийского ученого были просто переведены на современные меры. Новая эпоха в истории вопроса начинается работами голландца *Снеллиуса*, который в 1615 г. впервые произвел тригонометрическое определение земной дуги между Бергеном и Алькмаром в Голландии и применил для этого метод, имеющий широкое распространение и в настоящее время. Сущность его в следующем: измеряется произвольно взятая основная линия; если с концов ее визировать некоторую отдаленную точку, то получится треугольник, в котором известна сторона и два угла; по этим данным нетрудно вычислить величину неизвестных сторон и получить таким образом три линии известной величины; если с концов последних визировать опять некоторые новые точки и, вычислив полученные треугольники, повторить те же манипуляции, то можно всю местность покрыть сетью треугольников и определить, наконец, расстояние между теми точками, которые избраны для измерения градуса. Для проверки вычислений непосредственно измеряется одна из сторон треугольников. Этот прием очень прост в теории, но применение его встречает целый ряд затруднений; неправильная форма земной поверхности, влияние температуры на измерительные приборы и целый ряд других условий мешают точности измерений; все эти источники ошибок должны быть предусмотрены и устранены. При измерениях градуса, произведенных в Испании, основание равнялось $14^1/_2$ км, ошибка же не достигала и 3 мм; отсюда понятно, что градусные измерения при современных требованиях науки принадлежат к числу труднейших задач естествознания, которые могут быть выполнены только при больших средствах. Метод Снеллиуса был усовершенствован французами, которые впервые получили с его помощью результаты первостепенной важности. Огромное значение имели измерения Пикара, произведенные в 1669—1670 гг. между Аменом и Мальвуазиной: позднее французская триангуляционная сеть значительно расширилась и охватила все пространство от Дюнкирхена на проливе Па-де-Кале до Средиземного моря.

При всех градусных измерениях первопачально предполагалось, что Земля представляет *вполне правильный шар*, но скоро это допущение оказалось неверным. Было замечено, что часы с маятником, совершающим в наших широтах свой размах равный секунде, у экватора отстают, и для сообщения им правильного хода необходимо несколько укоротить маятник. Для исследования этого факта, французская академия отправила в Кайепу экспедицию с *Рише* (Richer) во главе; последняя нашла, что скорость качаний секундного маятника остается неизменной, если длина его будет уменьшена на $1^3/_4$ линии.

Колебания маятника происходят вследствие земного притяжения; и если в какой-пибудь местности движение замедляется, то это показывает, что здесь величина земного притяжения меньше, чем в других точках земной поверхности. Притягательная сила Земли ослабевает по мере удаления от центра; отсюда следует, что Земля не представляет правильного шара: она растянута у экватора, сплюснута у полюсов и обладает формой так называемого *эллипсоида вращения*, т.е. напоминает апельсин. К этому же выводу пришли Ньютон и Гюйгенс чисто теоретическим путем, предположив, что Земля первоначально находилась в жидком или, по

крайней мере, в пластическом состоянии. Вращаясь около оси, она под влиянием центробежной силы приняла форму эллипсоида вращения. Если бы Земля на самом деле не обладала этой формой, то вода должна была бы собраться у экватора и залить материки: наоборот, полярные страны были бы совсем лишены морей.

Измерения градусов, произведенные до сих пор, не имели никакого значения для решения этого вопроса. Если Земля у полюсов сплюснута, то градусы меридиана должны становиться короче по мере приближения к экватору; французские измерения показали даже обратное: было найдено, что в южной части этой страны градус меридиана несколько длиннее, чем в северной. Это заставило французского астронома *Кассини* выступить энергичным противником Ньютона и Гюйгенса; он утверждал, что Земля у экватора сплюснута и у полюсов вытянута, т. е. напоминает лимон. Но способы измерений в то время были слишком далеки от совершенства, и определить точно различия в величине градусов столь близких местностей, как Северная и Южная Франция, представлялось очень трудным. Для решения возникшего спора французская академия нашла необходимым измерить меридиан в двух значительно удаленных местностях,—одно у экватора в Перу, другое—на Крайнем Севере, в Лапландии. *Буге* и *Кондамине* отправились с этой целью в 1735 г. в Квито, а *Мопертюи* и *Клеро* в 1736 г. в Лапландию. Здесь они производили свои знаменитые работы, которые хотя и не удовлетворяют современным требованиям, но для того времени дали весьма важные результаты и с несомненностью доказали, что Земля сплюснута у полюсов. Градус меридиана в Лапландии оказался равным 57,437 туазам, а в Перу 56,753 (туаз = 6 парижским футам). Еще успешнее были измерения градуса, произведенные во Франции вторично. В 1790 г. национальное собрание решило ввести новую естественную систему мер. За основную единицу приняли сорокамиллионную часть земного меридиана и назвали ее *метром*. Мы знаем теперь, что метр в том виде, как он был тогда определен, не воспроизводит в точности этой величины. Попытка создать новую естественную систему мер оказалась неудачной, но измерения градуса между Дюнкирхеном и Барцелопой, произведенные для этой цели улучшенным способом, имели важное значение для науки.

С тех пор градусные измерения производятся во многих странах, и триангуляционная сеть широко раскинулась от Северного Ледовитого океана до южной оконечности Европы и от берегов Атлантического океана до границ Сибири; даже в Ост-Индии измерена очень большая дуга меридиана*. Эти работы стали осо-

---

* В России произведено три больших градусных измерения: одно вдоль меридиана Юрьева (Дерпта) и два по параллелям под 52° и $47^1/_2$° с. ш. Первым по времени было измерение по дуге меридиана, исполненное под руководством *В. Я. Струве* и *Теннера* и обнимающее период времени почти в 40 лет (1816—1855 гг.). Раньше существовали только попытки градусных измерений в России. Академик *Делиль* в своей речи „Projet de la mesure de la Terre en Russie", читанной в январе 1737 г., обратил внимание Академии на удобство измерения дуги вдоль меридиана С.-Петербурга через западные губернии. Он начал свои работы в 1737 г. и измерил базис, длиной в $13^1/_2$ версты, деревянными шестами по льду Финского залива, между Дубками на о-ве Ретузар и Петергофом. В 1797 г. работы прекратились: путешествие Делиля в Сибирь отвлекло его от начатого предприятия. Другой тоже невыполненный проект измерения дуги меридиана принадлежал *Линденау* (1814 г.). Только В. Я. Струве удалось впервые произвести вполне законченное измерение градуса. Еще девятнадцатилетним юношей задумал он свой колоссальный труд и напечатал окончательный результат в 1861 г., когда ему исполнилось 60 лет. Сочинение его, вышедшее под заглавием «Дуга меридиана в 25° 20′ между Дунаем и

бенно развиваться с тех пор, как по предложению генерала Бейера в Берлине заведывание ими приняла международная геодезическая комиссия. Хотя точность измерений постоянно возрастает и области исследований с каждым днем расширяются, но полученные результаты не соответствуют ожиданиям. Вместо предполагаемых совпадений с вычисленными цифрами получаются сильные уклонения. На основании наблюдений над колебаниями маятника сжатие Земли у полюсов $= {}^1/_{288}$: Бессель же в 1841 г., исходя из 10 известных тогда и произвольно им выбранных градусных измерений, вычислил следующие величины:

| | |
|---|---|
| Радиус Земли от центра до экватора . . . . . | 6,377 379 м |
| Радиус Земли от центра до полюса . . . . . | 6,356 079 м |
| Сжатие у обоих полюсов . . . . . | 21,735 м $= {}^1/_{299}$ |

В 1878 г. Клерк на основании всех наиболее точных измерений получил следующие цифры:

| | |
|---|---|
| Радиус у экватора . . . . . | 6,378 190 м |
| Радиус у полюсов . . . . . | 6,356 455 м |
| Сжатие . . . . . | 21,735 м $= {}^1/_{293}$ |

На первый взгляд эти различия кажутся ничтожными, но если принять в расчет, что незначительное изменение земного радиуса на 1 м влечет за собой изменение земной поверхности почти на 3 кв. мили, то станет ясным, что полученные различия не лишены глубокого значения. Их нельзя объяснить неточностью измерений и вычислений; наоборот, все больше распространяется убеждение, что различные результаты обусловливаются свойствами самой поверхности Земли.

---

Ледовитым морем», представляет один из классических трудов по геодезии. Измеренная дуга меридиана простирается от Торнео до Дуная, обнимает $20{}^1/_2$ градуса, или слишком 2000 верст, и заключает 8 базисов с 245 треугольниками; на протяжении ее лежат 11 астрономических точек, широта которых и азимут точно определены: Торнео, Килпи-меки, Гохланд, Юрьев (Дерпт), Якобштадт, Немеж, Белии, Кременец, Супрунковцы, Водолуй и Измаил.

По мысли В. Я. Струве, производились также измерения параллели под 47° с. ш. Тригонометрические работы начались в 1849 г. в Новороссийском крае. В 1856 году ряд треугольников простирался уже до Астрахани, а в следующем 1857 году В. Я. Струве заручился содействием западно-европейских ученых и правительств для градусного измерения по дуге параллели между Атлантическим океаном и Каспийским морем под 47°; болезнь В. Я. Струве помешала окончанию предприятия, а вскоре затем проект градусного измерения по 47 параллели был оставлен.

Градусные измерения по 52 параллели, произведенные русскими геодезистами, обнимают период времени главным образом от 1827 по 1867 г. и совершенно оканчиваются в 80-х годах. Измеренная дуга заключает семь базисов и 364 треугольника; на протяжении ее лежат десять астрономических точек: Ченстохов, Варшава, Гродно, Бобруйск, Орел, Липецк, Саратов, Самара, Оренбург и Орск.

Третье «южно-русское» градусное измерение дуги параллели $47{}^1/_2{}^\circ$ с. ш. обнимает по долготе дугу в 19 градусов 12 минут (или около 1600 верст) и заключает 196 треугольников: триангуляционная сеть, начинаясь у Астрахани, тянется на северо-запад по правому берегу реки Волги до г. Сарепты, переходит на правый берег р. Дона, опускается к югу и следует между 47 и 48 параллелями до г. Кишинева, пересекая по пути Донец, Калмиус, Днепр, Буг и Днестр.

На основании русских градусных измерений по параллелям и по трем дугам меридианов между этими параллелями были произведены измерения земного эллипсоида. Полученное сжатие сфероида = 1 : 299,7. Оно стоит близко к выводам *Бесселя*, а также к сжатию, вычисленному *Бонсдорфом* из рассмотрения одной дуги меридиана В. Я. Струве.— *Примеч. пер.*

При всех геодезических измерениях имеет весьма важное значение положение отвесной линии. Предполагая, что внутри Земли массы распределены равномерно, долго думали, что она в каждой данной точке перпендикулярна к идеальной поверхности земного шара. Но впоследствии это оказалось неверным. Основываясь на известных вычислениях, мы можем строить только догадки о распределении масс внутри Земли, но на поверхности, как показывает непосредственное наблюдение, массы распределены далеко не равномерно: большие материки с высокими горами, плоскогориями и низменностями располагаются рядом с глубокими морями и океанами; они состоят из твердых масс, которые в среднем в 2,6—2,8 раза плотнее воды. Принимая в расчет и местные условия, можно сказать, что отвесная линия почти никогда не совпадает с перпендикулярами к поверхности земного эллипсоида. Когда *Фишер* обратил внимание на действительное распределение масс, все измерения, произведенные до тех пор, были признаны неточными. При измерении градуса результаты относились к уровню моря, который рассматривался, как эллипсоид вращения; если представить ряд каналов, прорезывающих материки и всюду соединенных с морем, то предполагалось, что вода в них будет на одном уровне; к этой идеальной поверхности и относились все измерения. Однако вблизи материков вода притягивается твердыми массами. Поэтому уровень моря и всех воображаемых каналов не может соответствовать эллипсоиду вращения: у разных берегов он будет стоять на различной высоте, смотря по степени притяжения. Наблюдения над качаниями маятника, произведенные на океанических островах, по-видимому, подтверждали эти соображения; так, напр., секундный маятник на Бонинских островах делает в день 14,2 ударов больше, чем надо было бы ожидать, судя по географическому положению места; на острове Уалау число лишних ударов 12,6, на острове св. Елены 10,3, на Иль-де-Франс 9,9, на Фернандо Норонья 9,4; наоборот, нигде на берегах материков такого ускоренного качания маятника не замечается. Явление это заставило предположить, что океанические острова расположены ближе к центру Земли, чем берега материков. В этом факте видели доказательство материкового притяжения морской воды и опасались, что все измерения градуса лишены реальной основы; но в настоящее время опасения эти оказались преувеличенными и даже совсем неосновательными. Новейшие, точные нивелировки в соединении с прежними измерениями градусов несомненно доказали, что море, окружающее Европу, всюду имеет одинаковый уровень. Точные же определения силы тяжести объяснили и причины кажущейся неспособности материковых масс изменять морской уровень.

Уже и прежде было известно, что отклонения вертикальной линии, установленные наблюдениями, не имеют связи с величиной видимых масс: в горных странах они по большей части ничтожны. Так, например, в Гималайских горах, в Пиринеях, на Кавказе замечались весьма малые отклонения отвеса; то же было и в Мюнхене, несмотря на близость Альп; а в Пизе и Флоренции Аппенинские горы не оказывали почти никакого действия на отвес. Точные определения земной тяжести, произведенные *Штернеком* в Тироле и в других местах Альп, в Чехии и в Карпатах при помощи усовершенствованного маятника дали поразительные результаты. Вычисления же Гельмерта, сделанные на основании этих данных, показали, что действие твердых масс Земли в большей или меньшей степени уничтожается вследствие меньшей плотности земной коры под материками. По-видимому, большим скоплениям масс на поверхности, образующим горы и мате-

рики соответствуют внутри Земли известные недочеты массы (Massendefecte). Дальнейшие исследования подтвердили это допущение и с другой стороны заставили предположить, что под морским дном лежат более плотные массы, которые и нарушают правильность колебаний маятника на океанических островах. Поэтому призмы с одинаковым поперечным сечением, вырезанные на известной глубине и простирающиеся до поверхпости Земли, будут обладать одинаковой массой независимо от того, в каком месте они взяты. Открытие этой компенсации повысило доверие к геодезическим измерениям. Если пе считать ошибок наблюдения, то на точность результата могли влиять только те уклонения, которые являются следствием несовершенной компенсации в разных точках Земли. Все исследования показали, что эти уклонения не должпы быть значительными; поэтому действительная поверхность Земли, перпендикулярная ко всем наблюдаемым отвесным линиям, или, как ее пазывают, поверхность «геоида», пе может значительно отличаться от идеального эллипсоида вращения. Что касается сплюснутости его, то в настоящее время мы можем сказать, что она лежит в пределах между $^1/_{298}$ и $^1/_{300}$. Поверхность «геоида», в зависимости от распределения масс, в одних местах должна приподниматься над эллипсоидом, в других — опускаться, по в незначительпой степени. По мере совершепствования геодезических измерепий и получения более точных величин земной тяжести, форма геоида все более уясняется, но выразить ее строго математически никогда не удастся: распределение масс Земли подчиняется не одному какому-нибудь закону, а является результатом очень сложных геологических явлений, происходивших в минувшие периоды жизни Земли и совершающихся теперь.

Таким образом, новейшая наука не может определить форму и величипу Земли с той точностью, какая предсказывалась несколько лет назад, но, несмотря на это, работы последнего времени имеют огромное значеиие, так как, изучая изменения земной тяжести в разных местах, мы получаем немногие, но вполне доказанные факты, уясняющие строение земной коры. О значении последних мы подробно поговорим впоследствии.

## Вес Земли

Попытка человека измерить с математической точностью огромный земной шар — смелое и отважное предприятие. Но взвесить Землю и определить ее плотность, на первый взгляд, представляется просто невозможным. Тем пе мепее паука успешно идет к решению этой задачи, и хотя в настоящее время точные результаты еще не получены. но мы все более и более приближаемся к истине. Способы таких исследовапий весьма различны. Первые измерения были произведены *Гюттоном* и *Маскелином* (Maskelyne) в Шотландии, в 1774—1776 гг. Выше было упомянуто, что горы притягивают висящую гирьку и вследствие этого несколько отклоняют от вертикального положепия нить, поддерживающую ее; если известна величина и масса горы, то можно вычислить вес Земли, которым и определяется вертикальное положепие нити. Для опытов была избрапа гора Шехаллин в Шотландии, недалеко от Перта; измерив объем этой горы и определив среднюю плотность составляющих ее пород, Гюттон и Маскелин вычислили ее вес. Астрономическим

путем было найдено положение вертикальной линии, и непосредственно определены отклонения отвеса к северу и к югу от Шехаллина. Таким образом получились все цифры, необходимые для решения задачи; вычисления показали, что Земля в 4,7 раза тяжелее равного ей по величине шара чистой воды, или, другими словами, удельный вес или плотность Земли = 4,7. Однако найденное число оказалось неточным. В 1856 г. *Джемс* (James) повторил опыт над горой *Артуров Престол* (Arthur's Seat) у Эдинбурга и нашел, что плотность Земли = 5,3. Эта величина более приближается к истине. Но вообще определение веса Земли по отклонению вертикальной линии должно быть признано ненадежным: измерить объем большой горы, найти положение центра ее тяжести и плотность пород, ее составляющих, невозможно с удовлетворительной точностью.

То же следует сказать и о другом методе, который применялся для нахождения веса Земли и основывался на определении числа колебаний маятника на высоких горах и в глубоких рудниках; и этим путем нельзя было получить точных результатов. Из всех способов, предложенных до сих пор, наиболее успешен тот, который был примепен снерва *Кавендишем,* а потом *Бальи, Корню* и *Рейхом.* Они брали ровный деревянный брусок и на концах его укрепляли одинаковые шары; брусок вешался на нити в горизонтальном положении. После этого к шарам подносили куски свинца. Вследствие своей тяжести они притягивали шары, брусок выходил из равновесия, и нить, па которой он висел, закручивалась. Вес свинцовых кусков был известеп, величина их притягательпой силы могла быть вычислена; точпо так же известно, с какой силой притягивает Земля шары: эта сила выражается их весом. По всем этим данным можно было найти массу Земли. Результаты опытов мало отличаются; *Корню,* произведшнй свои исследования позже всех, при помощи усовершенствованных приборов нашел, что плотность Земли равна 5,56; это число обычно и нринимается всеми. В носледнее время *Жолли* в Мюнхене и *Пайнтине* в Манчестере начали определять массу Земли прн номощи весов: они измеряли увеличение в вес чашки весов, под которой лежит свинцовый шар; Пайнтин нашел этим путем, что нлотность Земли = 5,69, а Жолли — 5,692. *Уильсон* предложил новый метод: он исследовал действие притягивающей массы на колебания маятника. Для опытов он брал чугунные цилиндры, каждый весом 325 кг. Этот, но-видимому весьма точный, способ дал для плотностн Земли цифру 5,59; в самое последнее время *Штернек* получил 5,7 и *Гаркнес* — 5,58.

Знпчительная тяжесть Земли является фактом первостепенной важности. Чтобы нопять его значение, мы должны сравнить удельный вес Земли с удельным весом различных тел. Плотность горных пород, составляющих земную кору, в среднем пе превышает 2,7; известняки и доломиты, глины, песчаники, граниты, порфиры, трахиты, базальты, кристаллическне сланцы обладают удельным весом в большинстве случаев значительно ниже 3, только некоторые базальты несколько превышают эту цифру; даже магнитный железняк по своему удельному весу легче Земли (4,9—5,2), тяжелые металлы превосходят последнюю своей плотностью. Если массы, составляющие значительную часть земной коры, так легки, то естественно донустить, что на большой глубине находится тяжелое ядро, состоящее из металлов. При сравпении метеоритов с Землей мы видели, что существование метеорного железа и родство его с изверженными глыбами Овнфака в Грепландии

указывают на присутствие внутри Земли больших количеств этого металла; очень может быть, что там находятся и богатые запасы драгоценных металлов, которые из числа всех известных нам тел обладают наибольшим удельным весом *.

## Температура внутри Земли

Из предыдущего мы узнали, что между ядром и земной корой существуют глубокие различия в плотности. Но этим дело не ограничивается: ядро и кора различаются также своими физическими свойствами. На первом плане стоит вопрос об их *температуре*: все наблюдения показывают, что последняя *по мере приближения к центру возрастает*. Вулканы, выносящие из недр Земли расплавленные горные породы, и горячие ключи, бьющие во многих местах, указывают на существование большого жара в глубоких частях Земли. Оба явления, несомненно, устанавливают факт, но еще не позволяют сделать самого главного — определить степень возрастания температуры по направлению к центру. *Измерения возможны в буровых скважинах, рудниках и туннелях*; все такие технические сооружения, если они достаточно глубоки, имеют чрезвычайно важное значение для точных исследований по вопросу о распределении теплоты внутри Земли.

Температура верхних слоев земной коры определяется температурой атмосферы: непосредственно на поверхности до той или другой глубины, смотря по местности, почва летом нагревается, зимой охлаждается; но уже на небольших глубинах лежит слой, на который времена года не оказывают влияния; средняя годовая температура его не претерпевает никаких колебаний. Известнейший пример этого рода представляет *погреб парижской обсерватории*: термометр, поставленный здесь *Ловуазье* в 1783 г. на глубине 27,6 м, в течение 100 лет неизменно показывает 11,6 °С. В теплых экваториальных странах, где годовые температурные колебания совершаются в более узких границах, этот слой неизменной температуры лежит уже на глубине 6 м, у полюсов же Земля промерзает на значительную глубину. В Европе северный ледяной покров не имеет большого распространения и только охватывает северные берега материка, но в Азии, по мере приближения к восточной ее окраине, он все более придвигается к югу и спускается около Байкальского озера до 53°, а в бассейне Амура до 50°, т. е. до той географической широты, на которой лежит Франкфурт-на-Майне. Точно так же и в восточной части Сев. Америки у Гудзонова залива ледяной покров простирается до той же широты. Что касается глубины, до которой промерзает почва, то в этом отношении дает указание колодец купца Шергина, вырытый в Восточной Сибири у Якутска, на берегу Лены; в нем на глубине $116^1/_2$ м определена температура — 3 °С **.

Если от того слоя, который обладает средней годовой температурой данной местности, спускаться по буровой скважине или шахте, то заметно повышение темпе-

---

* Эти общепринятые выводы не исключают возможности того, что под влиянием большого давления, царящего внутри Земли, все тела, даже газы, обладают высоким удельным весом.

** Явление *вечной мерзлоты* в Сибири, к сожалению, еще недостаточно исследованное, представляет много любопытного. В местах низменных, в болотах и тундрах и даже на возвышенных плато попадается там особая и интересная форма мерзлой почвы; это — залежи сплошного, в большинстве случаев кристаллически чистого льда, иногда распадающиеся в

ратуры. Первые сообщения об этом факте мы находим в «Mundus subterraneus» («Подземный мир») *Кирхера* из Фульды. Это замечательное сочинение появилось в 1662 г.; в нем, как было уже указано выше, мы находим поразительную смесь глубоких знаний и правильных взглядов с отсталыми возражениями против новейших научных открытий. В десятой главе Кирхер, говоря о добывании и обработке металлов, указывает на те трудности, с которыми он столкнулся при исследовании этого предмета; при содействии некоторых иезуитов, в Тироле, он обратился к инженерам венгерских копей, «первым по известности в мире», и предложил им несколько вопросов. Одиннадцатый вопрос касается «тепла и холода в рудниках»,—Кирхер спрашивает, увеличивается ли тепло с глубиной и заметен ли подземный огонь. Из *Шемница* пришел ответ, что при хорошей вентиляции незаметно ни нагревания, ни охлаждения, но в копях, где обмен воздуха недостаточен, всегда жарко. Особенно интересен ответ *Шапельмана* в Герренгрунде: он указывает, что в сухих рудниках температура всегда повышается с глубиной, наоборот,

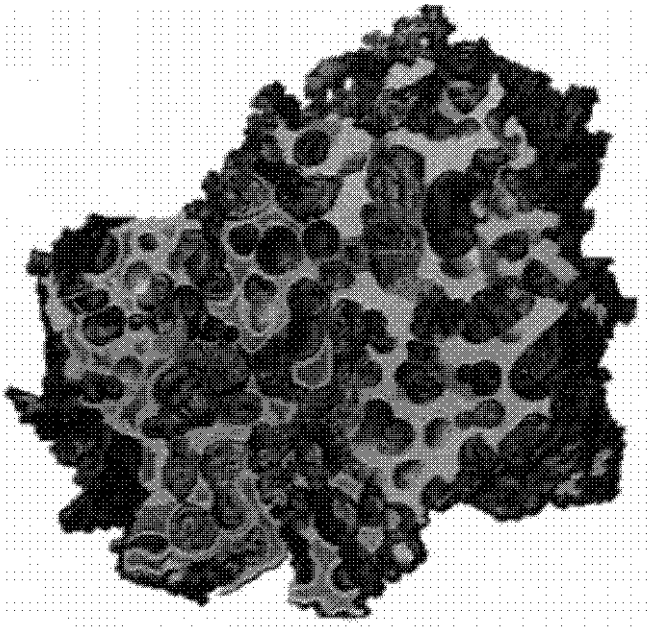
---

верхних своих частях на столбчатые отдельности. Даже под 58° сев. ш. некоторые реки и речки, если только они не промерзают до дна, текут по руслу, представляющему более или менее сплошной мерзляк. По мнению многих, этим фактом объясняется низкая температура воды таких рек (напр. Ангары). В штольнях *Ильинского прииска*, расположенного в верстах 200 от Читы, в области распространения вечной мерзлоты, находится никогда сполна не оттаивающий лед; он появляется уже в небольшом расстоянии от дневной поверхности, и по мере прорытия штольни—количество его увеличивается. Вскоре весь горизонтальный ход превращается как бы в одну сплошную ледяную пещеру, дно, стенки и верх которой выложены массивными, очень толстыми напластованиями льда. Передвигаться по этим частям штолен затруднительно, так как местами путь загроможден большими глыбами льда. Кое-где заметны настоящие ледяные сталактиты и сталагмиты, а подчас и ледяные колонны на перепутье. Картина такого «ледяного грота» поражает, безусловно, каждого своей оригинальностью. Летом в колодцах *Кулундинской степи* был наблюдаем кругом сруба лед толщиной $^1/_4$—$^1/_3$ аршина, иногда на глубине 4—5, иногда на глубине 6—7 арш. (проф. *Залесский*).

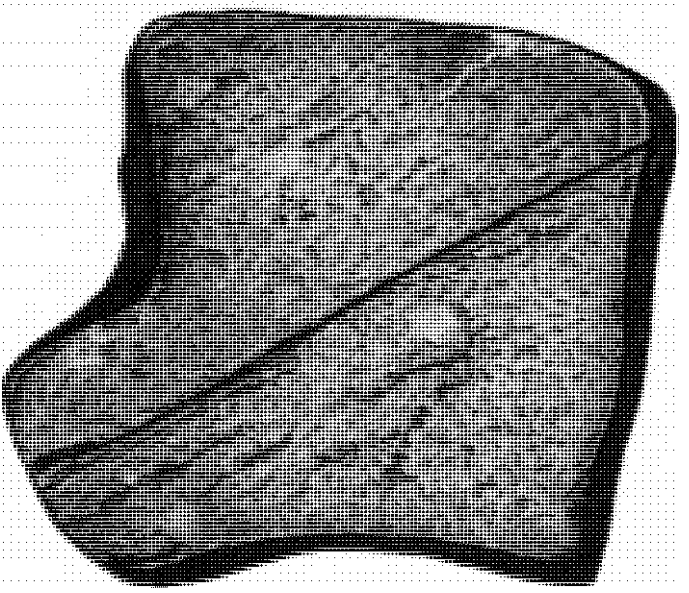
Что касается *области распространения* вечной мерзлоты, то она определяется целым рядом сложных условий и зависит не только от низкой температуры и снегового покрова, но также от геологического и гидрологического характера местности. Поэтому южная граница мерзлой почвы в Сибири, как думает *Ячевский*, должна представлять линию, весьма сходную с извилистой линией материка, окаймленного многочисленными островами. В настоящее время, по недостатку сведений, она может быть отмечена только схематически, а часто и совсем приблизительно при помощи прямых линий. В пределах Европейской России она начинается у устья р. Мезени, переходит р. Печору приблизительно под $65^1/_2$° с. ш. и отсюда направляется к городу Березову на р. Оби; далее она несколько поднимается на север и, перейдя р. Енисей в том месте, где в нее впадает Нижняя Тунгузка, круто поворачивает на юг и постепенно спускается к о. Байкалу. Южным пределом мерзлой почвы Ячевский считает город Ургу, западнее которого на р. Бухате (приток Иги) наблюдались даже ледяные слои до 0,7 м мощностью. Восточнее Урги в Хинганском хребте мерзлая почва спускается, быть может, еще южнее, но далее к востоку граница ее круто поворачивает на север, пересекает р. Амур немного выше г. Благовещенска и проходит отсюда почти по прямой линии в северную часть Камчатки. Кажется, здесь граница вечной мерзлоты должна быть отмечена южнее: по крайней мере, в средней части Сахалина, в долине Дуйки, у Александровской тюрьмы, *И. С. Поляков* на глубине $^3/_4$ аршина в середине июня встретил мерзлую землю, которая шла еще вниз на $^1/_2$ арш.

Толщина или мощность мерзлой почвы колеблется в широких пределах: в *Пустоозерске* она достигает 17 м, а в *Олекминске*—20 м; в *Шергинской шахте*, прорезывающей глины и пески с тонкими прослойками льда от 1,5 мм и меньше, мерзлота замечается еще на глубине около 200 м, а в *Забайкалье*, на золотых промыслах по рекам Баян-зурге, Дильмачику и Дорасуну, мощность пнмерзлой почвы—16 м. На Крайнем Севере, на о-вах Новосибирских наблюдались слои почти чистого льда огромной мощности; они перемежаются с песчано-глинистыми плиоценовыми осадками (*Бунге* и бар. Э. *Толль*) и представляют, по-видимому, древние остановившиеся и погребенные под землей ледники.—*Примеч. пер.*

# МЕТЕОРИТЫ



МЕТЕОРИТ ИЗ КРАСНОЯРСКА (Палласово железо)



МЕТЕОРИТ ИЗ КАКОВЫ

там, где собирается вода, температура всегда ниже (ее понижает происходящее на поверхности испарение); наиболее высокую температуру он наблюдал в тех местах, где залегает марказит*. Сюда же относятся некоторые наблюдения *Бурхова* (Boerhave) и *Майрана*, сделанные в конце прошлого столетия, но только в последние годы прошлого века и в начале нынешнего стали производить точные исследования в широких размерах. Они были начаты *Фрейслебеном* и *А. Гумбольтом* в Саксонии, *Соссюром* в Швейцарии и д' *Обиссоном* во Франции, и с тех пор число наблюдений в рудниках значительно увеличилось; особенно важны исследования, произведенные в Пруссии и обнародованные *Дехеном*, а также наблюдения *Рейха* в Саксонии.

Приблизительные результаты получаются путем измерения температуры воздуха в частях рудника, наиболее удаленных от входа, или температуры воды, которая местами там собирается; но более или менее точные цифры может дать измерение температуры горных пород, да и то при целом ряде предосторожностей: исследования должны вестись на той части породы, которая только что обнажена и не подвергалась еще действию воздуха. Насколько различны могут быть результаты, получаемые в разное время, показывают каменноугольные рудники *Бёкналя* в Англии: температура угля в момент его обнажения была 22°, а десять месяцев спустя 15 °С. Термометр необходимо вкладывать как можно глубже в буровую скважину, которая должна быть просверлена перпендикулярно к поверхности горной породы; так как при бурении развивается теплота, то надо переждать, пока проделанное отверстие не охладится вновь, и затем тщательно оберегать термометр от влияния воздуха. Таким образом можно наблюдать если и не совсем точные температуры, то, во всяком случае, близкие к истинным.

Числа, полученные указанным способом, обнаруживают много колебаний, но если пренебречь теми неправильностями, которые происходят вследствие притока воздуха и воды, то факт возрастания температуры с глубиной становится несомненным; для получения величин, удобных для сравнения, в каждом отдельном случае вычисляют, насколько нужно спуститься, чтобы температура повысилась на 1 °С; это расстояние называют *геометрическим градусом* (γῆ — земля θέρμσζ — тепло). В прусских рудниках из таких расстояний 115,3 м, наименьшее 15,5 м, в среднем — 54,3 м; в Саксонии геотермический градус в среднем = 41,8 м; цифры, полученные в Шемнице, в 1877 г., колеблются в разных шахтах между 30,3 и 51,1 и дают в среднем 41,4 м. Поразительно мал геотермический градус в каменноугольных рудниках у Монте-Масси в Тоскане; там температура повышается на 1° на каждые 13,7 м.; в буровой скважине у Нейффена (Neuffen) в Вюртемберге, простирающейся на 339,5 м, граф *Мандельсло* нашел геотермический градус = 11 м. В золотых рудниках, заложенных в Компстокской жиле в Неваде, на глубине 610 м, температура воздуха = 40°, в шахте Адальберта у Прибрама в Чехии на глубине 899 м температура горных пород = 21,8° и температура воздуха = 17°. В одном и том же рудинке иногда повышение температуры оказывается весьма неправильным. Так, например, копи в Роз-

*Марказит представляет соединение серы с железом; окисляясь на воздухе, он поглощает кислород и превращается в сернокислую соль закиси железа, при этом химическом процессе выделяется теплота.

бридже в Англии в своих верхних частях обладают геотермическим градусом 47,2 м, далее он падает на 18,1 м и снова возрастает до 29,6 м. Другие также каменноугольные копи Дёкфильд, лежащие вблизи названных выше, обнаруживают постепенное возрастание температуры на 1° через каждые 45,8 м. В последнее время Либерт нашел, что в руднике св. Генриеты, в округе Монса, геотермический градус на глубинах менее 675 м колеблется между 36 и 38 м, а на глубинах 675—1150 м он = 22,6 м, в среднем получается 29,67 м; с этим числом вполне совпадает величина геотермического градуса, определенная *Корнетом* в каменноугольных копях Монса в Бельгии (29,65 м), а также числа, найденные *Прествичем* для английских и бельгийских копей (в среднем 27,18 м). Вообще замечено, что в каменноугольных копях температура повышается с глубиной быстрее, чем в рудниках; это объясняется, повидимому, химическими процессами, происходящими в угле. Из рудных жил наиболее высокой температурой обладают те, которые состоят из легко окисляющихся сернистых металлов.

Совершенно особенным представляется распределение теплоты в знаменитых медных рудниках на Верхнем озере в Северной Америке. Громадные скопления воды, обладающие в своих глубоких частях температурой в 4°C, действуют охлаждающим образом; подобно холодному компрессу, они поглощают теплоту и понижают температуру рудников: чем ближе к озеру расположены последние, тем медленнее происходит в них повышение температуры. Обычно геотермический градус для 1° Ф в среднем = 16,5 м, в руднике же Осцеола, расположенном в 8 км от озера, он поднимается до 23,3 м, а в рудниках, лежащих еще ближе,—до 30,5 м и даже до 37,2 м. По мнению *Уилера* (Wheeler), охлаждающее действие воды уже незаметно на расстоянии 12—13 километров.

Богатый материал для наблюдений представляют артезианские колодцы: они дают возможность определить температуру, которой обладает вода на известной глубине. Сравнительно с рудниками колодцы характеризуются более правильным и более быстрым повышением температуры с глубиной. Наиболее важные результаты наблюдений этого рода приведены в следующей таблице:

| МЕСТО БУРЕНИЯ | Достигнутая глубина в метрах | Температура воды | Геотермический градус |
|---|---|---|---|
| Гренелль близ Парижа | 547 | 27,7° | 32,6 |
| С. Андре близ Парижа | 523 | — | 30,7 |
| Рюдерсдорф у Берлина | 696 | 33,6° | 26,9 |
| Нейзальцверк (Вестфалия) | 671 | 34° | 29,6 |
| Руан | — | — | 28,5 |
| Мондорф | — | — | 28,6 |
| Питцпуль у Магдебурга | — | — | 25,1 |
| Ла-Рошелль | — | — | 19,0 |
| Артерн в Тюрингии | — | — | 37,7 |
| Бутль у Ливерпуля | 434,1 | — | 71,3 |
| Скарль, Линкольн | 609 | — | 37,8 |
| Кентиш Тоун | 307 | — | 36,8 |
| Зуденбург у Магдебурга | 568 | — | 32,3 |
| Зенневиц у Галле | 1084 | — | 36,6 |
| Лит у Альтоны | 1259 | — | 35 |
| Зульц, на берегу Некара | 710 | — | 24 |

Для исследования температуры в глубоких частях земной коры особенно важны те крупные технические сооружения последнего времени, где распределение теплоты изучалось с большой точностью. Наблюдения, особенно обогатившие науку, были произведены в глубоких буровых скважинах и длинных туннелях. У Шперенберга, в 42 км к югу от Берлина, на берегу небольшого Крумменского озера стоит среди равнины высокий гипсовый холм в 26,7 м. В равнинах Северной Германии гипс часто сопровождается каменной солью. Ввиду этого решено было произвести у Шперенберга бурение, и в 1867 г. начались работы на месте забытых гипсовых ломок; буровая скважина прошла сначала через слой щебня мощностью 0,63 м, а потом гипса и ангидрита мощностью 88,18 м; далее залегала чистая каменная соль; прорезав этот пласт на протяжении 1182,64 м в глубину, буровая скважина не прошла всей его толщи и не достигла породы, подстилающей соль. Существование огромных соляных богатств могло быть доказано и при менее глубоком бурении, но ввиду научного значения предприятия представлялось особенно желательным достичь значительной глубины. В сентябре 1871 г. работы были прерваны на глубине 1272 м. Скоро новые бурения оставили далеко позади себя Шперенбергскую буровую скважину: в *Лите* у Альтоны удалось достичь глубины 1338 м с температурой в 35,07°, а в *Шладебахе* у Дюррепберга — 1748,40 м*. Последняя прошла через пестрый песчаник, цехштейн, мертвый красный лежень, каменноугольные образования и достигла верхних ярусов девонской системы.

На различных глубинах Шперенбергской и Шладебахской буровых скважин *Дункер* производил измерения, характеризующиеся большой тщательностью. Ошибки были по возможности предусмотрены и исключены: при помощи каучука, а в Шладебахе посредством глины, изолировался сверху и снизу определенный столб воды, температура которого и измерялась: таким образом, термометр был защищен от влияния токов, идущих из верхних и нижних частей буровой скважины. Описанные предосторожности, огромная глубина буровых скважин и отсутствие ключей делают наблюдения Дункера чрезвычайно ценными; наряду с ними можно поставить только те измерения, которые были произведены в С.-Готардском туннеле.

На различных глубинах получены следующие цифры:

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Шперенберг:* | глубина в метрах | 26,7 | 223,0 | 286,7 | 350,4 | 414,1 | 477,8 | 605,2 | 669 | 1080 | 1268 |
| | температура | 9° | 21,6° | 23,5° | 26,4° | 26,9° | 30,9° | 33,1° | 35,9° | 46,5° | 48,1° |
| | геотермический градус для 1 °C = 33,7 м | | | | | | | | | | |
| *Шладебах:* | глубина в метрах | 36 | 216 | 336 | 456 | 606 | 816 | 966 | 1206 | 1476 | 1716 |
| | температура | 11° | 16,2° | 19° | 22,1° | 26,3° | 31,5° | 36,6° | 43° | 51,9 | 56,6 |
| | геометрический градус для 1 °C = 35,7 м. | | | | | | | | | | |

В Шладебахе были получены очень точные результаты для глубины 1266—1716 м: измерения производились тотчас после бурения и перед обсадкой буровой скважины; отдельно взятые, они дали геотермический градус 39,55 для 1 °C.

Еще глубже в недра Земли проникают огромнейшие туннели, построенные и проектируемые в Альпах: окончены в настоящее время *Монсенисский, С.-Готардский и Арльбергский,* в проекте — *Симплонский.* Постройкой Монсенисского туннеля ученые не вполне воспользовались; только с итальянской стороны *Джордано* де-

* Глубочайшая из современных буровых скважин находится у Парушовиц, в Прусской Силезии. В мае 1893 г. она достигала 2000 м, что составляет около 2 в., и после этого продолжалась еще в глубину. Измерения температуры здесь не были произведены.

лал наблюдения над температурой; французы не предприняли никаких исследований, и чрезвычайно важный материал погиб для науки безвозвратно. Гораздо счастливее велись работы в С.-Готарде: решено было произвести все геологические наблюдения, какие только было возможно; задача эта была возложена на инженера *Штапфа*, который оказался вполне на высоте своего призвания и с честью выполнил свое трудное поручение. Он не только сделал геологические профили туннеля и собрал коллекции горных пород, но также произвел точные измерения температуры.

С северной стороны С.-Готардский туннель оканчивается в долине Рейсса, при Гёшенене, на высоте 1109 м, а с южной — у Айроло, в долине р. Тиччино (Тессина), на высоте 1145 м над уровнем моря; длина туннеля достигает 14920 м. Само собой разумеется, что для температуры горных пород имеет значение не расстояние их от отверстия туннеля, а мощность лежащих над ними горных масс. Таким образом, температура отдельных частей туннеля зависит от рельефа прорезаемой им местности, и при определении геотермического градуса данной точки необходимо иметь в виду ее расстоянне от поверхности.

Результаты наблюдений *Штапфа* представлены на чертеже (рис. 138); посредством различных линий отмечены: 1) температуры горных пород внутри туннеля на всем его протяжении, 2) средняя годовая температура воздуха, господствующая на поверхпости в районе туннеля и 3) температура почвы на том же протяжении. Чтобы показать влияние горных масс на распределенне тепла в туннеле, на той же сетке, где откладывается температура, представлен профиль местностн; он зачерчен косыми линиями. Наибольшие из паблюдавшихся температур лежат немного выше 30° и пе превышают 30,8°. Рисунок показывает, что в общем прирост температуры соответствует высоте располагающихся над туннелем горных масс. Одиако полного соответствия не наблюдается: как и нужно было ожидать, колебания температуры мепее значительны, чем перовности поверхности, т. е. возрастапие температуры под горными вершипами и падение под долинами относительно мало и не пропорционально измененням рельефа. Существенное отклонение представляла сравнительно высокая температура под Андерматтом; это явлепне объясняется, вероятно, присутствнем гипса, в котором может развиваться теплота вследствие химических процессов. Геотермический градус достигает здесь 50,3 м.

В Арльбергском туннеле измерения были далеко не так полны, как в С.-Готардском. Наивысшая температура достигала 18,5° на расстоянии 5100 м от восточного конца и 715 м от поверхности земли, между тем в С.-Готардском туннеле высшая температура 30,8° на глубнне 1752 м.

Из всех наблюдений, до сих пор произведенных, нужпо по возможности определить среднюю велнчину повышения температуры с глубиной. Задача эта представляет мпого трудностей, так как цифры, полученные в разных местах, сильно уклоняются друг от друга. С другой стороны, два различных метода исследования,— определепие температуры воды в глубоких буровых скважинах и температуры горных пород в рудниках н туннелях,— приводят к разным результатам. Причины, обусловливающие различия чисел, весьма разнообразны: каменпоугольные копи вследствие происходящих в них химических процессов окнсления обладают относнтельно высокой температурой; то же самое можно сказать

и о тех рудниках, которые содержат легко разрушающиеся сернистые металлы (колчеданы). Кроме того, металлы, как хорошие проводники теплоты, могут переносить ее из более глубоких частей земной коры. Ключи, бьющие со значительной глубины, приносят с собой тепло, вода же, проникающая с поверхности, способствует охлаждению. По мнению *Гюйссена*, на температуру влияет теплопроводность не только тех пород, которые расположены снизу, но также и тех, которые лежат наверху.

Степень повышения темнературы с глубиной зависит также от свойств поверхности. В высоких горах, обладающих относительно небольшой массой, охлаждение происходит быстро, а потому геотермический градус здесь велик. Иное наблюдается на дне разных водовместилищ: в общем температура на дне глубоких озер достигает только 4°, а в море она спускается еще ниже, поэтому возрастание температуры под такими водоемами должно быть очень быстрым.

Ввиду указанных условий решение вопроса представляет ряд непреодолимых затруднений. Так как наблюдения в буровых скважинах дают более постоянные цифры, чем наблюдения в рудниках и копях, то ими главным образом и пользуются для дальнейших выводов; вычисленная отсюда средняя величина геотермического градуса = 33 м; принимают, что *это число и соответствует вообще повышению температуры Земли с глубиной*. Однако цифры, получаемые путем ие-

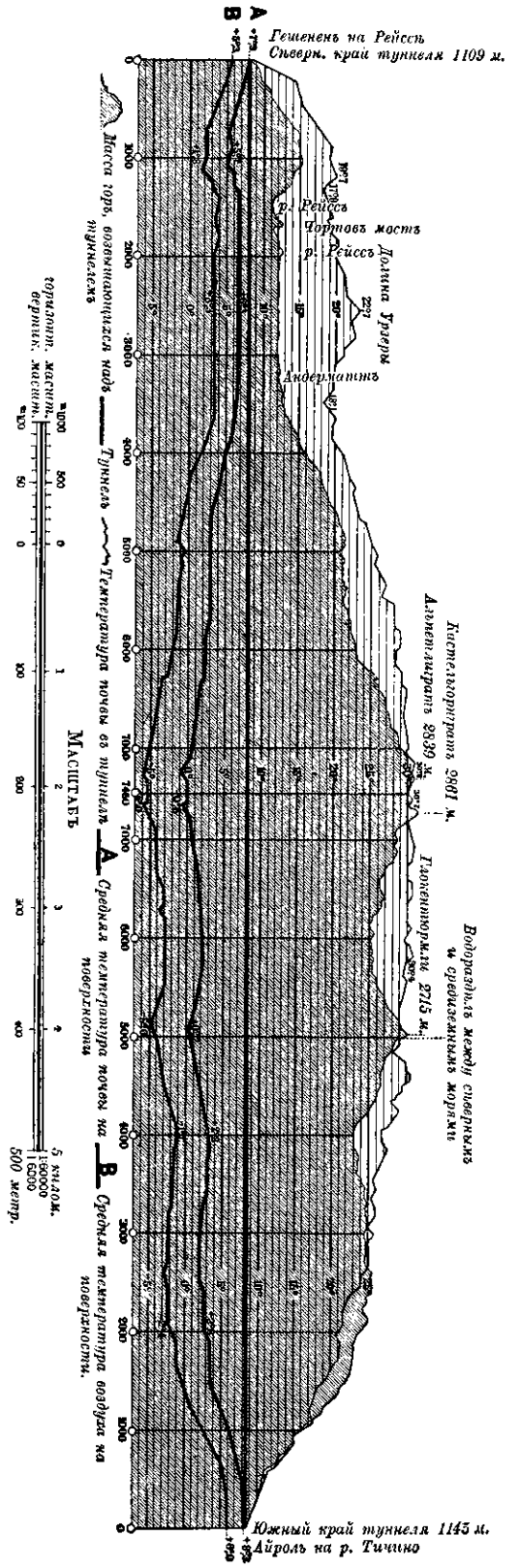



Рис. 138. **Распределение температуры в С.-Готардском тунеле** (по Штапфу)

посредственного измерения температуры горных пород, говорят в пользу более медленного возрастания земной теплоты и заставляют относиться с осторожностью к последнему выводу; несомненно, что средний геотермический градус в 33 м надо рассматривать как приблизительное число, которое в будущем может существенно измениться. Мы должны сознаться, что в настоящую минуту наука еще далека от какого бы то ни было положительного решения вопроса.

Недостаток знаний о температуре земной коры и невозможность пополнить их в ближайшем будущем являются далеко не утешительным фактом: рассматриваемый вопрос по своей важности один из первостепенных не только в теоретическом, но и в практическом отношении. С целью добывания угля и металлов шахты с каждым годом углубляются, и все большие и большие участки горных стран прорезываются туннелями,—появляется вопрос: где лежит та граница, за которой человеческий труд не возможен вследствие высокой температуры? Богатейшие в мире занасы золота и серебра нредставляет Компстокская жила в штате Невада, на границе Калифорнии. В период времени с 1860 до 1876 г. там добыто серебра на 237 миллионов долларов. Но, несмотря на баснословное богатство рудника, опасаются, что дальнейшая разработка его скоро окажется невозможной: страшный жар в некоторых местах делает труд рудокопов чрезвычайно тяжелым. Рабочие находятся в температуре от 42,2 до 46,7°; если ее и выносит здесь человек, то только потому, что воздух рудника очень сух, и местами нонадаются более холодные участки; в самых жарких частях рудника рабочий не может продолжать свой труд более 10 минут. Делались попытки добывать руду и там, где температура достигает 50°, но слишком скоро это оказалось неисполнимым: умственные расстройства и быстрая смерть были последствием такого смелого шага. Впрочем, и теперь смертность среди рудокопов необычайно велика: сребролюбие обрекает много жертв на погибель в этих душных ямах*.

Впрочем, в рудниках Компстокской жилы причиной высокой температуры является не столько глубина, сколько местные неблагонриятные условия, как, напр., существование горячих источников: в таких же глубоких нрибрамских шахтах господствует сравнительно умеренная темнература. С повышением температуры с глубиной приходится считаться также при других горных работах. В 1863 году Сэр Вилльям Армстронг в собрании английских естествоиспытателей заметил, что при том колоссальном развитии каменноугольной промышленности, которого она достигла в Англии, в недалеком будущем предвидится истощение копей. Опасения, высказанные Армстронгом, заставили учредить особый королевский комитет для расследования вопроса. Оказалось, что опасность еще не так велика, но все нришли к убеждению, что будущность английской каменноугольной промышленности существенно зависит от температуры копей: разработка может продолжаться только до той глубины, где труд человеческий вследствие жара становится прямо невозможным. В самом деле во

* Как гибельно действуют такие работы даже при менее высокой температуре, видно из следующего: когда началось сооружение Сен-Готардского туннеля, нельзя было найти ни одного из тех рабочих, которые участвовали в прорытии туннеля в Монсенисе: почти все они умерли от страдания легких.

многих английских каменноугольных копях царит очень высокая температура; так, напр., в Розбриджской шахте, которая в 1875 году была глубже всех других английских шахт и достигала 745 метров, температура достигает 34,5 °С.

Чрезвычайно важен вопрос о возможной температуре проектируемого Симплонского туннеля, при посредстве которого железная дорога соединит кантон Валлис с озером Лаго-Маджьоре. Альпийские железные дороги, не считая линии через Земмеринг, прорезывающей относительно низкие части гор, поднимаются на значнтельные высоты; таковы, напр., дороги через Бреннер, Сен-Готард и Монсенис; только этим путем можно было избежать постройки длинных туннелей и обойти большие водоразделы (Бреннерская железная дорога). Высшая точка Бреннерской железной дороги подымается на 1367 м, южный конец Сен-Готардского туннеля — на 1145 м и южный конец Монсенисского туннеля — на 1291 м над уровнем моря. Такой выбор направления дороги упрощает ее сооружение, но имеет много неприятных последствий для ее эксплуатации: поезда должны подниматься на значительную высоту, а это повышает стоимость перевозки. Кроме того, сильные ветры, господствующие на больших высотах, и обилие выпадающего там снега затрудняют движение поездов, а иногда даже требуют временной остановки его. Отсюда все пришли к убеждению, что та польза, которая могла бы явиться при устранении неудобств альпийских железнодорожных линий, с избытком покроет расходы по прорытию более глубоких туннелей. Поэтому при постройке Симплонской дороги хотели проложить длинный туннель па гораздо меньшей высоте: думали, что новая линия будет представлять такие благоприятные условия для эксплуатации, что убьет скоро всех своих конкурентов н что все торговые сношения Англии, Франции, Бельгии и Западной Швейцарии с Италией станут совершаться только при ее посредстве. Было предложено несколько проектов; в важнейших из них мы находим следующие цифры:

| | а) | б) | с) |
|---|---|---|---|
| Длина туннеля . . . . . | 19,075 м | 18,504 м | 16,150 м |
| Высота южного конца над уровнем моря | 687,5 » | 687,5 » | 790 » |
| Высота северного конца . . . . . | 680 » | 711 » | 771 » |

Эти туннелн должны пройти через большие, высокие горы. По проекту а) туннель проходит под Вазенгорном, высота которого 3270 м, и под Монте Леопе, высота которого 3565 м; таким образом, над этим туннелем расположатся горные массы в среднем в 2220 м толщиной. По проекту б) высота гор, лежащих над туннелем, доходит до 2247 м.* На осповании этих данных нженер Штапф, производивший свон замечательные геологические наблюдения при постройке С.-Готардского туннеля, вычислил возможные температуры Симплонского туннеля и даже теплоту горных пород для средией его части; им найдены цифры для проекта а) 46,9 °С., для б) 47,5 °С.; воздух во время бурения будет обладать температурой в 45,8 °, во время убирания щебня 48,4 °; что касается температуры воды, то она достигает 53,3 °, не говоря уже о возможности горячих ключей.

Является вопрос, возможны ли при таких условиях работы. Температура крови человека не превышает 37°; 40° уже признак сильной лихорадки, а когда температура достигает 42°, напр. при тифе, то наступает смерть; чтобы труд человека был возможен, температура его крови не должна доходить до этого предела.

---

* К проекту с) не приложено точных профилей горных масс, располагающихся над туннелем.

Вообще, можно допустить, что в сухом воздухе работа возможна в температуре до 50°, так как вследствие испарения пота происходит еще некоторое охлаждение поверхности кожи; во влажном же воздухе предел наступает уже при 40°. Все это заставляет считать проекты а) и б) невыполнимыми. Что же касается проекта с), к которому не приложено точных цифр, то вероятность его осуществления, кажется, еще меньше. Сторонники глубоких Симплонских туннелей энергично оспаривали сделанные им возражения, но сомневаться можно было только в одном: вычисления Штапфа были произведены на основании исследований в Сен-Готардском туннеле; если предположить, что условия тут и там одинаковы, то полученные цифры будут более чем вероятны; но возможно ли такое предположение? Имеем ли мы право переносить на Симплонский туннель результаты, полученные в С.-Готардском? Мы знаем, что очень часто местности, расположенные близко друг к другу и во многих отношениях сходные между собой, обнаруживают различное возрастание температуры с глубиною. Поэтому допущение одинакового геотермического градуса в обоих случаях не может быть точным. Но будет ли Симплонский туннель отличаться в этом отношении от С.-Готардского, будет ли в нервом температура возрастать скорее или медленнее, чем во втором, мы не знаем, и потому прорытие глубокого туннеля принадлежит во всяком случае к числу сомнительных предприятий. Вопрос о том, насколько возможно искусственными мерами устранить трудности работ, не касается геологии, и мы не можем говорить о нем подробнее*. С научной точки зрения прорытие глубокого туннеля представляет большой интерес, и в скором времени вопрос может получить практическое разрешение, если только ожидаемые трудности не заставят отказаться от предприятия**.

Точное знакомство с внутренней теплотой Земли имеет огромную практическую важность, но теоретическое значение вопроса еще больше; в тесной связи с ним стоит целый ряд других интереснейших вопросов, к рассмотрению которых мы теперь и перейдем. Прежде всего, необходимо выяснить, в силу каких причин температура повышается с глубиной. По этому предмету высказывалось много разных соображений: для объяснения указывали на химические процессы и на превращение механической работы в теплоту, предполагали, что вся солнечная система проходила через более теплые части мирового пространства, и, наконец, видели причину явления в первоначальном жаре, которым, по теории Канта—Лапласа, Земля обладала при своем отделении от Солнца.

---

* Новый проект, по мнению Гейма, Лори, Реневье и Тарамелли, более удачен; туннель, длина которого дойдет до 20000 м, по-видимому, нигде не будет обладать температурой более высокой, чем 35°С.

** Огромный интерес представляет в этом отношении туннель, проектируемый через главный Кавказский хребет. Новая железнодорожная линия должна соединить Владикавказ с Тифлисом и пройти через Архотский перевал. Длина ее по различным вариантам колеблется между 169 и 192 км. По инициативе Н. П. Петрова (министр путей сообщения.— *Ред.*) было решено сопровождать инженерные изыскания геологическими исследованиями, организация которых и была поручена профессору *А. А. Иностранцеву*. В ряду других важных вопросов необходимо было решить, на какой высоте можно вступить туннелем в главный хребет при условиях работы в нем без особенно крупных затрат на устройство особых сооружений для охлаждения воздуха. К сожалению, за отсутствием положительных данных о величине геотермического градуса на Кавказе, невозможно было определить вполне точно наибольшую возможную глубину проектируемой линии под главным хребтом. Имея в виду среднюю температуру недавно прорытого Сурамского туннеля (15—16°С), можно было принять геотермический градус приблизительно в 44,73 м. На основании произведенных вы-

Выше мы видели, что все неподвижные звезды и планеты или обладают очень высокой температурой, или же обладали ею прежде и постепенно охладились. Весьма серьезные основания заставляют нас допустить, что и Земля развивалась по тому же пути. Отсюда весьма вероятно, что *причиной повышения температуры с глубиной является та теплота, которой обладала Земля при отделении от Солнца.* Это объяснение принимается теперь почти всеми геологами: общность явлений и высокая температура внутренних частей Земли, доказываемая вулканами, служат решительными доводами в пользу этого взгляда. Что же касается других объяснений, то ни одно из них не может быть признано удовлетворительным. Мы не знаем ни одного химического процесса, который бы был так распространен на Земле и совершался бы с такой напряженностью, чтобы ему можно было приписать повышение температуры с глубиной и плавление огромных масс изверженных горных пород. То же самое приходится сказать и о *превращении механической работы в теплоту.* Можно, пожалуй, указать на горообразовательные процессы, но в таком случае были бы замечаемы существенные различия между геотермическими свойствами новейших горных кряжей, каковы Альпы, и равнинами, где эти процессы не действовали. На самом деле этого не наблюдается; да, наконец, и этого источника было бы недостаточно для образования таких огромных количеств теплоты. Что касается гипотезы *о прохождении Земли и всей солнечной системы через более теплые области мирового пространства*, то вряд ли и здесь можно искать причины рассматриваемого явления. Но этой гипотезы мы не станем разбирать: в настоящее время она почти не имеет сторонников.

Пытались доказать, что изменение геотермических градусов с глубиной не соответствует факту постепенного охлаждения Земли из расплавленного состояния. Чтобы яснее себе это представить, обратимся к свойствам нагретой и охлаждающейся массы. Главным вопросом здесь является, возрастают ли геотермические градусы по направлению к центру, или убывают, т. е. замедляется ли в глубинах прирост теплоты, или ускоряется, и если мы находим на поверхности геотермический градус 33 м, то будет ли он на большей глубине равняться 34 м, и т. д. Простое соображение устраняет все недоразумения: нагретое тело, находящееся в более холодной среде, теряет свою теплоту; процесс отдачи последней должен совершаться интенсивнее на поверхности тела и слабее внутри его. Поэтому различия в температуре верхнего слоя должны быть больше, и

---

числений оказалось, что на глубине 1431 м должна существовать температура в 30,43—35,43 °С. Принимая в расчет некоторые другие обстоятельства, северный вход в туннель пришлось отмерить на абсолютной высоте в 1582,24 м (8191,2 ф.), а южный — на высоте 1616,16 м (5302,5 ф.). При таких условиях высота горных масс, расположенных над туннелем, на месте Архотского перевала достигнет 1306,98 м (4288 ф.), а температура в средней части туннеля будет приблизительно = 32 °С. Независимо от отсутствия положительных данных для вычислений, существуют еще другие обстоятельства, уменьшающие точность полученного результата. Сланцы Архотского перевала почти всегда содержат серный колчедан, разложение которого, как известно, сопровождается повышением температуры. Но с другой стороны, те же сланцы обнаруживают крутую постановку относительно горизонта и пересекаются многочисленными трещинами, через которые может просачиваться обильное количество воды со сравнительно низкой температурой, свойственной перевалу (+3°); это должно оказывать противодействие повышению температуры, происходящему вследствие разложения серного колчедана. Ввиду всего сказанного надо полагать, что предполагаемые работы в Архотском туннеле не будут затруднены сильным жаром.— *Примеч. пер.*

по мере приближения к центру — меньше; другими словами, прирост теплоты будет замедляться: геотермические градусы Земли будут возрастать с глубиной.

Бишоф в Бонне проверял этот вывод экспериментальным путем: он заставлял охлаждаться большие шары расплавленного базальта; когда они застывали, Бишоф просверливал в них отверстия и вставлял туда термометры, при посредстве которых и наблюдались законы охлаждения. В шаре с диаметром в $27^1/_4$ дюйма через 48 час. после плавления было наблюдаемо следующее:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Температура в центре . . . . . | 191,9 °C | Температ. в расстоянии $6^3/_4$ д. от центра | 156,1 °C |
| » в расстоянии $4^1/_2$ д. от центра | 170,0 °C | » » » 9 » » | 137,2 °C |

Отсюда, несомненно, следует, что температурные различия по направлению к центру уменьшаются, и геотермический градус возрастает; на расстоянии $4^1/_2$ дюйм. от центра температура убывает на 21,9°, на расстоянии же следующих $4^1/_2$ дюйм. на 32,8°.

Много споров возбудил вопрос о том, соответствует ли теоретическим соображениям действительное возрастание темнературы Земли при приближении к центру; наконец, все согласились, что данных для решения его недостаточно; большая заслуга *Ганна* в Вене в том, что он способствовал утверждению именно этой точки зрения. Вопрос не только затрудняется неравенством геотермического градуса в разных местах Земли и существованием многих неправильностей, но он делается прямо неразрешимым, так как самые большые глубины, которых достиг человек, ничтожны сравнительно с диаметром Земли. *В. Томсон* вычислил, что если охлаждение Земли продолжается 100 миллионов лет, то увеличение геотермического градуса можно подметить только на расстоянии $^1/_{10}$ ее диаметра, т.е. на глубине 40 000 м; если же оно продолжается 1 миллион лет, что, между прочим, совсем уже невероятно, то глубина эта уменьшается до 4000 м. Отсюда видно, что мы не можем наблюдать изменения геотермических градусов в наших рудиниках и буровых скважинах.

Глубина большой Шперенбергской буровой скважины достигает 1272 м, т.е. она равняется приблизительно $^1/_{5000}$ земного радиуса, ее можно сравнить с крошечным уколом в $^1/_{10}$ мм, сделанным на глобусе с диаметром в 1 м. Ясно, что при такой ограниченности наблюдений нельзя установить экспериментальным путем закон возрастания температуры по направлению к цеитру Земли и что наши геотермические наблюдения не могут привести к точным выводам. Успехи техники в ближайшие столетия вряд ли позволят человеку углубить его шахты до 10 миль, т.е. до той глубины, где возможно решение вопроса; там господствует страшный жар, измеряемый тысячами градусов.

Если теплота глубоких частей Земли является остатком первоначального жара, то по изменениям температуры по направлению к цеитру можно сделать известные заключения о *возрасте Земли.* Такие вычисления произведены знаменитым физиком *Вильямом Томсоном*; вследствие неточности данных, цифры, полученные этим ученым, колеблются в больших пределах. Данными, на которых основывал он вычисления, были: температура, при которой началось отвердевание Земли, теплопроводность горных пород и геотермический градус. Так как ни одна из этих величин в точности неизвестна, то в одном случае Томсон брал самую большую величину, в другом самую меньшую и в третьем случае среднюю. Этим путем он пришел к заключению, что с того момента, как Земля начала отвер-

девать, протекло не менее 20 миллионов и не более 400 миллионов лет; самым вероятным оказывается число, лежащее в пределах между 90 и 200 миллионами лет.

Очень многие считают эти цифры весьма вероятными. Было бы весьма важно достичь безусловного определения времени в истории Земли, а потому понятно, что мысль, высказанная таким авторитетным ученым, сразу приобрела множество сторонников. Но математические вычисления могут дать правильные результаты только тогда, когда в основании их ноложены верные данные, при недостатке последних математика бессильна. Вычисления Томсона имели бы право на всеобщее признание только в том случае, если бы все три величины, положенные в их основание, были верны, и если бы не существовало никакого четвертого условия, которое было бы упущено из виду. Первое, может быть, удалось бы и исправить, но в вычислениях Томсона не выполнено и второе условие. Рассматривая вопрос об охлаждении Солнца, мы видели, что при сокращении его массы развивается теплота, которая восполняет потери, происходящие вследствие лучеиспускания; то же самое следует сказать и о Земле: и она в начале охлаждения нодвергалась сильным сокращениям, теплота освобождалась, и процесс остывания замедлялся. Как велико было влияние этого условия, мы не знаем. Во всяком случае вычисления, не принимающие его в расчет, не могут быть верными, а потому возраст Земли выражается на самом деле цифрамн, которые должны быть значительно ниже вычисленных Томсоном.

Независимо от приведенных возражений, все до сих пор рассмотренные вычисления, догадки, гипотезы ложны в самом основании: они унускали из виду одно весьма важное обстоятельство: наблюдая в той или другой местности повышение температуры с глубиной, нредполагают, что горные породы получили свою теплоту непосредственно при охлаждении из расплавленного состояния. Это допущение не верно: большинство наблюдений производится над темн горными породами, которые осели из воды на дне морей и озер; мы даже вообще не знаем ни одной горной породы, которую можно было бы рассматривать, как одну из составных частей первоначальной земной коры. Ту высокую температуру, которую наблюдаем мы в глубине исследуемых горных пород, нельзя считать остатком нервобытного жара: осадочные породы получили свою теплоту от тех нервоначальиых продуктов остывания, которые залегают на более значительных глубинах. Мы не можем входить в рассмотрение следствий, которые отсюда вытекают, и ограничимся указанием, что все гипотезы и вычислення должны быть пересмотрены с указанной точки зрения.

## Толщина земной коры и состояние внутренности Земли

Несомненно, что увеличение темнературы, по направлению к центру Земли, представляет явление, которое не ограничивается верхними слоями земной коры, а продолжается н на значительных глубинах. Возрастание температуры ностепенно, но мы не знаем, до каких областей оно происходит и какого градуса достигает. Во всяком случае в некотором удалении от поверхности, на глубинах, которые сравнительно с диаметром нашей плаиеты очень малы, господствует чрезвычайно большой жар. Еслн мы допустим, что геотермический градус = 33 м, то уже на глубине 66 км,

или неполных 9 миль, должна существовать температура 2000°; ее достаточно, чтобы расплавить все горные породы, по крайней мере, при условиях, которые наблюдаются на дневной поверхности. Должны ли мы заключить отсюда, что внутри Земли находится огненно-жидкая масса? И если это так, то на какой глубине она лежит? Эти вопросы принадлежат к числу важнейших, но и самых трудных во всей геологии. Решением их наука занимается с давних времен, но удовлетворительный ответ невозможен и в настоящую минуту.

Уже *Декарт* и *Лейбниц* допускали существование огненно-жидкого ядра внутри Земли, но только *Лаплас, Фурье* и *Кордье* научно обосновали эту гипотезу. Повышение температуры по направлению к центру и существование горячих ключей подтверждают ее, а лавы, выливающиеся из вулканов, прямо указывают на существование внутри Земли расплавленной массы. Сходство состава лав в разных местах Земли заставляет приписать им общее происхождение из одной большой центральной массы и делает невозможным объяснение вулканических явлений местными процессами. Во все периоды истории Земли, до самых последних времен, наблюдаются сильные колебания материков, которые указывают, по-видимому, на существование под ними какой-то подвижной основы. Сжатие Земли у полюсов служит также доказательством первоначального огненно-жидкого состояния Земли: тело твердое никогда не могло бы приобрести форму, которая соответствует форме вращающихся жидких тел.

Приведенные факты представляют достаточно оснований, чтобы допустить существование огненно-жидкого ядра внутри Земли, и в настоящее время очень многие убеждены в справедливости этой гипотезы. Что же касается толщины земной коры, то мнения разделяются: одни думают, что уже на глубине в $2^1/_2$ мили или, по крайней мере, на глубине в 5—6 миль начинается расплавленная масса; другие считают невероятным существование такой тонкой коры и справедливо полагают, что она должна простираться не менее чем на 14—20 миль; цифра эта принимается теперь многими и приобретает все более и более сторонников.

Однако и в последнем случае различие в размерах твердой оболочки и центрального жидкого ядра было бы слишком велико: на глобусе с диаметром в 1 м кора оказалась бы не толще 23 мм. Для наглядного представления приведенных цифр служит схематический рисунок 139. Внешний круг представляет окружность Земли, толщина крайней линии—земную кору в 6 геогр. миль, пространство между первым и вторым кругом—кору в 55 миль, и, наконец, расстояние между внешним и внутренним кругами соответствует 250 милям. В настоящее время сторонники огненно-жидкого ядра приписывают земной коре толщину, значительно превосходящую 20 миль. Из опыта известно, что вследствие давления точка плавления повышается. Внутри Земли существует чрезвычайно высокое давление, и отсюда уже необходимо допустить, что огненно-жидкая масса во всяком случае распологается на очень значительной глубине.

Физики и астрономы неоднократно оспаривали возможность огненно-жидкого состояния земного ядра, но безуспешно. *Гопкинс* в основание своих рассуждений положил явление так называемой процессии. Луна и в меньшей степени Солнце производят притягательное действие на экваториальные части Земли и изменяют направление земной оси. Это чрезвычайно медленное движение и известно в астрономии под именем *процессии*, или *предварения равноденствия*. Явление должно протекать различно в зависимости от того, представляет ли Земля твердый шар,

окружена ли она тонкой корой, или же состоит из толстой оболочки и относительно небольшого ядра. Гопкинсу удалось доказать, что наблюдаемая в действительности процессия соответствует твердой коре приблизительно в 170—215 геогр. миль. Отсюда он заключил, что весь земной шар можно рассматривать, как твердое тело, в котором только местами существуют полости, заполненные огненно-жидкой массой.

Совершенно справедливо указывали, что вычисления Гопкинса стоят на ложной почве; расплавленная масса земной внутренности не может быть настоящей жидкостью, как допускает этот ученый, она настолько густа и тягуча, что частицы ее передвигаются с большим внутренним трением; кроме того, существует трение и на границе соприкосновения расплавленной массы с земной корой. Вследствие этого выводы Гопкинса не верны, даже в случае очень быстрого вращения, тем более они не применимы к такому медленному движению, как явление процессии.

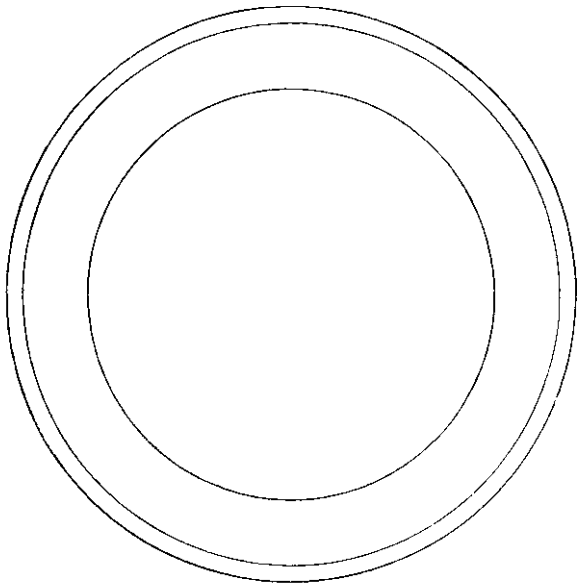


Рис. 139. **Схематический разрез Земли**

*Пуассон* высказал предположение, что отвердевание Земли началось изнутри и что поэтому вся наша планета представляет твердую массу. Процесс остывания он представляет в следующем виде: на поверхности Земли, находившейся в огненно-жидком состоянии, образовались вследствие охлаждения твердые глыбы; превосходя своей тяжестью окружающую жидкость, они падали вниз. Под влиянием того сильного жара, который первоначально господствовал внутри Земли, эти глыбы должны были снова расплавиться, но мало-помалу стали остывать и внутренние массы; твердые части собрались в центре, и отсюда уже процесс постепенно стал распространяться к поверхности.

Все эти рассуждения кажутся очень простыми, но многие факты заставляют сомневаться в их справедливости. Лава часто застывает на глазах геологов; наблюдая ее потоки, мы видим, чтобы застывшие глыбы падали с поверхности в глубину; наоборот, они покрывают всю лаву корою, под которой, точно в трубе, движется жидкая масса. При извержении Этны в 1865 году *Сильвестри* даже становился на глыбы шлаков лавового потока, находившегося в движении, и они не тонули под его ногами. Оставляя в стороне вопрос о том, будет ли остывшая лава плотнее жидкой, достаточно указать только на тягучее состояние последней, чтобы стало ясным, почему в ней не могут тонуть застывшие глыбы. Те же явления происходили на Земле, когда она была огромным расплавленным шаром; ее магма перед началом застывания должна была сделаться густой и тягучей, и только после этого местами стали появляться застывшие

твердые участки; если даже допустить, что плотность их была более плотности окружающей жидкости, то, ввиду сказанного выше, вряд ли они могли потонуть и в этом случае. Таким образом, гипотеза Пуассона совсем не доказана, и большинство фактов говорит даже против нее. На основании опытов *Маллета, Сименса* и др., стекло, близкое по своим свойствам к лаве, при застывании слегка расширяется; новейшие исследования показали, что железо, а также гранит, базальт и др. горные породы, содержащие силикаты, выделились из одинаковой с ними по составу расплавленной массы; *Нис* (Nies) доказал, что застывшие лавовые глыбы плавают не только вследствие густоты и тягучести магмы, а главным образом вследствие меньшего удельного веса их.

Таким образом, первые попытки решения геофизических задач с механико-астрономической точки зрения не привели ни к каким осязательным выводам. В новом любопытном освещении представились эти вопросы, благодаря трудам выдающегося геофизика *В. Томсона* (лорда Кельвина) и математика *Дарвина*. Томсон решал геологические вопросы путем вычислений; он, между прочим, нашел, что шар, обладающий диаметром и скоростью движения Земли и состоящий из стекла, стали или какого-нибудь другого твердого вещества, должен сплюснуться у полюсов под влиянием центробежной силы; степень сжатия его будет только незначительно отличаться от сплюснутости, наблюдаемой теперь на Земле. Таким образом, мысль *Ньютона*, утверждавшего, что Земля своей формой обязана первоначальному жидкому состоянию, теряет свою убедительность. Та незначительная степень пластичности, которой обладают даже твердые тела, по мнению Томсона, достаточна для того, чтобы произошло сжатие шара у полюсов. Эти данные устраняют, по-видимому, представление о полной неспособности твердых тел видоизменять свою форму; притягательное действие Луны и Солнца, выражающееся в жидкой оболочке Земли существованием приливов и отливов, должно распространяться и на материки: последние также могут обнаруживать своего рода приливы, но, конечно, весьма незначительные; доказать их непосредственно представляется чрезвычайно трудным. Но в последнее время и этот вопрос близок к решению. Всестороннее изучение морских приливов и находящиеся еще в зачатке наблюдения *Ребёра-Пашвица* и др. над чрезвычайно чувствительным горизонтальным маятником, который при помощи самопишущего прибора отмечает ничтожные изменения горизонтальной плоскости, по-видимому, подтверждают существование приливов и отливов в твердой коре.

Мысль о твердом состоянии земного ядра была подхвачена многими геологами: в основе этой теории лежало допущение, что твердые тела в известной степени способны к изменению формы; с другой стороны, наблюдения над складчатыми горами заставляли предположить, что горные породы, залегающие на большой глубине действительно обладают известной пластичностью. Причину твердого состояния земного ядра видели в сильном давлении, которое, несмотря на высокую температуру, не допускает плавления. Вулканические извержения, по-видимому, противоречили этому допущению, но *Рейер* устранил все недоразумения; он показал, что и твердая магма, находясь под сильным давлением, способна извергаться. Если в располагающихся выше твердых массах образуются трещины и вследствие этого уменьшится давление, то магма перейдет в жидкое состояние и вырвется наружу. Позднее внимание геологов было привлечено к другой теории, которая занимала средину между

учением о твердом и огненно-жидком состоянии земного ядра. Она предполагала существование жидкой магмы или в форме ограниченных бассейнов, или же в виде непрерывного промежуточного слоя между твердой корой и твердым ядром. Теория эта была разработана *Гопкинсом* и после обнародования поразительных уклонений земной тяжести в Гималаях снова приобрела много сторонников среди английских и французских ученых. *Пратт* и *Фай* (*Faye*) объясняют увеличение земной тяжести на океанических островах бо́льшей мощностью твердой коры, располагающейся над промежуточным огненно-жидким слоем. Как известно, на дне океана господствует постоянная температура, близкая к 0°; на больших глубинах она достигает — 1° и даже — 2 °С. Вследствие этого океанические области теряют много теплоты, и земная кора на дне океана быстро утолщается, а по Фаю и уплотняется. Для объяснения компенсации масс, которая, как мы знаем, происходит на земной поверхности, Фай допускает, что твердая оболочка плотнее верхних слоев жидкого промежуточного слоя. Воззрения английского астронома *Эри* в общем сходны с мнениями Фая, но в частностях представляют и отличия. По представлению этого ученого, материки с их горами лежат на толстой твердой коре, которая на дне океана уплотнена и обладает меньшей мощностью. Промежуточный огненно-жидкий слой сравнительно с твердой оболочкой должен обладать большим удельным весом, и потому он производит уравновешивание тяжести. Горы, по мнению Эри, сильнее погружены в магму, чем окружающие их части; скоплениям масс на земной поверхности соответствуют в магме особые выступы, или так называемые корни гор. К этому мнению присоединяется и геофизик *О. Фишер*.

Что касается внутреннего ядра, то в последнее время оно также обращало внимание ученых. Особенно были успешны исследования *Риттера* и *Цёпприца*; на основании вычислений они пришли к заключению, что в центре Земли господствует температура около 20 000 °С и давление в 3 миллиона атмосфер. О физических свойствах тел, при таких исключительных условиях, мы не имеем никакого представления. Опираясь на лабораторные исследования, мы можем только сказать, что температура земного ядра лежит выше критических температур всех тел. Как мы уже знаем, критической называется такая температура, при которой газообразное тело не может быть переведено в жидкое состояние даже при очень высоких давлениях. Отсюда, если температура земной внутренности вычислена правильно,— ядро Земли, несмотря на высокое давление, не может быть жидким: оно находится в особом виде газообразного состояния, которое можно назвать *надкритическим*, и при всей своей плотности обладает свойством газов заполнять пространство, в котором оно находится.

В центре Земли все химические состояния должны быть разложены, и элементы находятся в свободном состоянии; по направлению к поверхности давление понижается, и химические соединения образуются вновь. Вокруг ядра, обладающего надкритической температурой, находится, по-видимому, газовая оболочка; она постепенно переходит в жидкую массу; далее располагается пластическое вещество, представляющее переход к твердой коре (литосфер). Такое представление о свойствах земной внутренности, конечно, не лишено гипотетического характера, но оно удовлетворяет физиков и до известной степени облегчает геологам объяснение вулканических явлений и процессов горообразования. Ядро, находящееся в надкритическом состоянии, должно обладать большой плотностью, и потому эта теория в своих

главных чертах совпадает с воззрениями *Томсона*, который допускает существование твердого земного ядра.

Оглядываясь назад, мы можем спросить, велико ли количество положительных знаний наших о состоянии земной внутренности; к сожалению, оно оказывается очень скромным. На основании всего сказанного мы можем прийти к одному несомненному выводу, что ни путем математического анализа, ни путем физических и геологических умозрений нельзя достигнуть результата, если все исследования не будут идти рука об руку с наблюдениями. Конечно, последние представляют немало трудностей, требуют много времени и терпения, но неизмеримое преимущество их в том, что все выводы, добытые индуктивным путем, обладают неоспоримым значением. Будем надеяться, что наблюдения над морскими приливами, опыты с горизонтальным маятником, исследования явлений процессии и измерения земной тяжести с течением времени позволят нам с большей точностью, чем теперь, говорить о физических свойствах земной коры и о состоянии внутренности земного шара.

# II. Динамическая геология

## 3. Вулканы

Предмет динамической геологии. — Везувий. — Продукты вулканических извержений. — Теория поднятия и теория накопления. — Флегрейские поля. — Остальные вулканы Италии. — Вулканические острова Атлантического океана. — Европейские вулканы. — Вулканы Азии, Восточной Африки и Индийского океана. — Американские вулканы. — Вулканы Тихого океана. — Число вулканов. — Деление вулканов. — Массовые излияния. — Разрушение вулканических гор. — Причины и предшественники вулканических извержений.

### Предмет динамической геологии

Всякий знает, что поверхность Земли не всегда была такова, какой представляется нам теперь, и не всегда такой останется; материки и моря, горы и равнины, ручьи и реки, как бы малы они не были, имеют свою длинную историю. Современная форма их определилась путем постепенных изменений. Дальнейшие изменения совершаются по тем же законам. Каждый день влечет за собой перемены: вулканы непрерывно выбрасывают лаву, пепел и камни, участки земной коры перемещаются вдоль трещин и производят землетрясения, реки несут твердые частицы, взятые внутри материков, и отлагают их на дне морей. Наряду с этим множество других деятелей изо дня в день работает над разрушением одних образований и над созиданием других. Все эти процессы совершаются так медленно, что в течение короткого времени мы не замечаем их и даже привыкаем думать, что Земля остается в главных чертах неизменною. Но проходят миллионы лет, и результатом постепенной работы незаметных деятелей являются величественные изменения земной поверхности.

Изучение этих изменений составляет главную задачу геологии. Все явления, происходящие на земной поверхности, состоят в новообразовании, изменении и разрушении масс, составляющих ее. Геология исследует силы, которые производят эти явления, и деятелей, при участии которых они совершаются, а также изучает законы действия последних. Среди путей, ведущих к разрешению этой задачи, самый простой и точный заключается в исследовании процессов, совершающихся на Земле и доступных непосредственному наблюдению, а также в выяснении тех результатов, к которым приведут такие процессы в течение долгого времени. Главной особенностью современной науки и является введение этого метода. Впервые он был предложен *Геттоном*, автором «Истории естественных изменений земной по-

верхности» («Geschichte der natürlichen Veränderungen der Erdoberfläche»), и введен во всеобщее употребление *Ляйэллем* в его «Основаниях геологии» («Principles of geology»).

Являясь противником больших переворотов, которые будто бы совершались в прежние геологические эпохи, и признавая полное однообразие процессов во все периоды истории Земли, Ляйэлль довел свое учение до крайности. Нельзя не соглашаться с ним, когда он ратует против внезапного появления горных цепей и мгновенного образования вулканов, вследствие вспучивания земной коры, или когда он отвергает возможность больших потопов, решающее влияние земной теплоты на климат и ряд других ошибочных допущений,— наконец, когда он все величественные геологические явления приписывает *совокупному действию малых сил.* Донуская, что Земля развивалась постепенно в течение долгого времени, он просто и удовлетворительно объясняет геологические факты, между тем как отвергаемые им гипотезы требовали произвольных предположений, противоречащих законам физики и химии.

Но крайние взгляды Ляйэлля не могли быть приняты современной наукой: мы не можем допустить безусловной и повсеместной равномерности геологических изменений, особенно в древнейшие периоды жизни Земли. Как видно из предыдущих глав, повышение температуры по направлению к центру, существование вулканов и современное состояние многих небесных тел заставляет предположить, что первоначально наша планета находилась в расплавленном состоянии и мало-помалу отвердела; при постепенном остывании Земли одни силы, действующие на ее поверхности, должны были усилиться, другие ослабеть. Конечно, такие изменения происходили очень медленно, и со времени кембрийского периода почти незаметны. Но факт их существования не подлежит сомнению, и в признании его заключается отличие современной геологии от учения Ляйэлля, который склонен отрицать даже расплавленное состояние Земли в первые периоды ее существования. Но если в принципиальном отношении различие между учением Ляйэлля и современной наукой велико, то в объяснении отдельных явлений несогласие ничтожно. Мы стоим, во всяком случае, на той почве, которую указали Гофф и Ляйэлль, и ищем объяснения геологических явлений путем исследования совершающихся теперь изменений. Конечно, этот метод не везде применим: некоторые процессы совершаются столь медленно и постепенно, что не только короткой человеческой жизни, но и тех немногих столетий, в течение которых ведутся научные исследования, недостаточно для их изучения; некоторые силы действуют на недосягаемой глубине и навсегда останутся недоступными человеческому глазу. В этих случаях мы можем делать заключения только по тем окончательным результатам процесса, которые непосредственно наблюдаются. Где невозможно и это, там путем аналогии и на основании общих физических и химических законов наука устанавливает ряд вероятных процессов, а в некоторых случаях прибегает и к дедуктивному методу. Не надо, впрочем, забывать, что, выходя за пределы естественно-научной индукции, мы получаем неточные выводы и тем более удаляемся от истины, чем далее распространяется ряд подобных заключений.

Тот отдел геологии, который исследует изменение масс и действующие при этом силы, называется *динамической геологией.* Все силы, изменяющие вид Земли, распадаются на две группы; к первой относятся те из них, которые имеют

земное происхождение, ко второй те, которыми выражается действие небесных тел, и прежде всего Солнца и Луны; таким образом, существуют силы *теллурические* и *сидерические* (tellus—земля, sidus—звезда). Под влиянием солнечной теплоты происходит испарение воды, выпадение дождя и снега, движение воды в форме ключей, рек и морских течений; Солнцу же обязаны мы чередованием холода и тепла, движением воздуха и существованием животного и растительного мира, который, в свою очередь, является важным деятелем геологических изменений. Луна вместе с Солнцем обусловливает существование приливов и отливов на море. Деятельность этих сил сводится главным образом к следующему: все высокое, выступающее на земной поверхности, разрушается, продукты разрушения сносятся в долины, низменности, моря и отлагаются там.

Иной характер носят теллурические силы: на первом плане стоят явления вулканические, землетрясения, горообразующие процессы—в широком смысле этого слова. Все эти грандиозные явления не могут быть сведены ни к солнечной теплоте, ни к притягательному действию ближайших небесных тел: они, очевидно, находятся в связи с процессами, происходящими внутри нашей планеты. Результат их деятельности совсем уже иной: вулканические силы выдвигают величественные конуса гор и выносят из глубины на поверхность лаву, каменные глыбы, пепел; горообразующим процессам обязаны возникновением большие горные цепи, прорезывающие наши материки; наконец, замлетрясепия, происходящие вследствие перемещения частей земной коры по линиям трещин, принадлежат к числу явлений, которые ие только не сглаживают неровностей земной новерхности, но даже увеличивают их. Таким образом, в образовании формы земной поверхности участвуют две группы противоположных друг другу деятелей: *теллурические силы сообщают Земле выпуклости, вызывают образование возвышенностей и низменностей, сидерические же силы выравнивают, сглаживают ее*; форма земной поверхности в каждый даниый момент представляет результат того равновесия, которое установилось иа некоторое время между теми и другими деятелями.

## Везувий

Среди всех геологических деятелей, производящих в сравнительно короткое время огромные измеиения земной поверхности, одним из самых замечательных являются вулканы. К рассмотрению их мы теперь и обратимся. Вулканы встречаются во всех частях света; из них до 300 действуют и теперь, а 400—500 извергались еще в историческое время или недавно прекратили свою деятельность: кратер, лавовые потоки и рыхлые продукты их извержений свежи.

На европейском материке существует теперь только один действующий вулкан—*Везувий*. Кроме того, имеются определенные известия об извержениях в историческое время Флегрейских полей и Мефаны в Греции. Среди огнедышащих гор Везувий особенно привлекает путешественников и отлично изучен; так как вместе с Флегрейскими полями он удовлетворительно объясняет большую часть явлений, то мы с него и начнем наше знакомство с вулканами. Кто видел окрестности Неаполя (см. карту на рис. 140), тот не мог не обратить внимание на контрасты между отдельными частями залива; они и создают те

очаровательные виды, которыми так славится эта местность. Если со стороны Неаполя, с той части берега, где лежит аквариум, смотреть на море, то вдали представится цепь высоких зубчатых гор, образованных светлыми известияками и резко выделяющихся среди всей местности; это — цепь Монте Анджело (в древности Mons Lactarius); она начинается в окрестностях Салерно и Амальфи, спускается склонами к Кастелламаре и Сорренто и оканчивается на мысе Минервы (Пунта делла

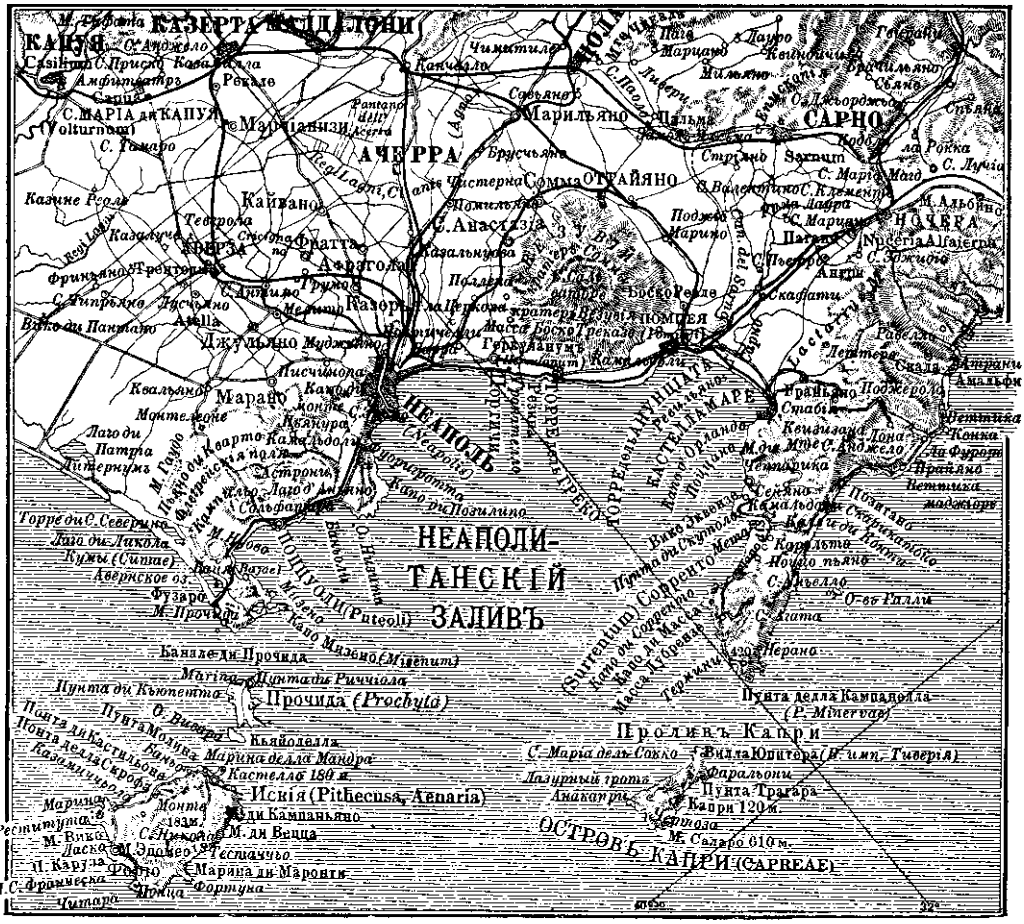



Рис. 140. **Окрестности Неаполя**

Кампанелла); продолжением цепи служит уже остров Капри. Этот ряд известковых холмов меловой системы ограничивает залив с юга-востока и является отрогом Апеннин; он образован древними морскими осадками и не имеет ничего общего с вулкапическими явлениями.

Система реки Сарно с ее большими притоками отделяет цепь Монте Анджело от Везувия; величественный конус его и полукруг Соммы резко выделяются своими темными массами среди окружающей изменпости; они могут служить прекрасным примером вулкана, действующего в течение долгого времени, и представляют поразительную противоположность длинной цепи Монте Анджело. Иной характер

носит местность, расположенная к западу; здесь нет и следа самостоятельных кратеров, но вулканический материал лежит всюду; рыхлые продукты извержений — пенел, песок и так называемые ланилли (или рапилли) — нагромождены кучами; вода превратила их в вулканические туфы, которые и составляют почву счастливой Кампании.

К западу от Неаполя за мысом Позилиппо заметны опять ясные следы вулканической деятельности; от острова Низиты и Камальдоли до Капо-Мизепо тянутся многочисленные малые и большие кратеры. Пьянура у Камальдоли, Сольфатара, Астроии, Гаурус, Монте Нуово, Авернское и Аньянское озера и др., — все это кратеры одной и той же вулканической области, целой системы вулканов; извержепия происходили не из одной центральной точки, как это мы видим в Везувии, но из целого ряда вновь появляющихся и исчезающих отверстий. Поэтому здесь не могло образоваться большой горы, вся местность покрылась множеством конусов, расположенных друг около друга. Острова Прочида и Иския, составляющие продолжение Флегрейских полей, приближаются к известнякам острова Капри и замыкают с юга обширпый Неаполитанский залив.

Везувий у своего подножия занимает $3^{3}/_{4}$ кв. геогр. мили; он возвышается на 595 м пад уровнем моря в виде отлогого конуса и служит подножием двух гор — *Соммы* и собственно *конуса Везувия*. Сомма представляет полукруглый вал, спускающийся отлогими склопами к местечкам Сомма, Оттайяно и др. и обрывающийся крутыми уступами к центральному конусу. По обе стороны полукруг Соммы обрезан; другую половину кольца составляет плоская терраса *Ле-Пьяне*, окружающая весь Везувий; она хорошо известпа каждому посетителю Везувия; здесь проходит ровная дорога от обсерватории к тому месту, где обыкновенно подымаются на конус Везувия, и где находится станция недавно построенной канатной дороги.

В центре круга, образованного Соммой и террассой Пьяне, возвышается главная вершина Везувия, в которой и находится современный кратер. Это — крутой конус со склонами в 30—31°. От Соммы он отделен диким полукруглым ущельем *Амрио дель Кавалло*, которое располагается приблизительно на 300 м ниже Соммы и на 480 м ниже центрального конуса. Внд горы различен с разных сторон: из Неаполя видны обе вершнны его: налево Сомма, направо конус Везувия; Сомма кажется с этой стороны также конусом, так как обращена к Везувию не крутымн стенамн Атрио, а своим главным гребнем, который тянется по направлению к обсерватории. На небольшом уже расстоянии картина меняется: южнее мыса Позилиппо, с маленького острова Низита, Сомма и Везувий представляются в виде одпой горы. Рис. 141., сделанный с фотографии, изображает вулкан с этого места; он наглядно показывает, пасколько наш глаз может преувеличивать высоту н крутизну гор. Кто проезжал мнмо мыса Позилиппо к Поццуоли н смотрел па Везувий с места, где снята фотография, тот представляет себе этот вулкан чрезвычайно крутой и очень высокой горой, резко выделяющейся на горизонте; но беспристрастная камера фотографического аппарата показывает, что на самом деле Везувий спускается отлогими склонами, которые только у самой вершипы становятся круче. Отсюда видно, как мало можно полагаться на глазомер при определении высоты гор... Опять новую форму принимает Везувий, еслн смотреть на него с других сторон: при входе в Неаполитанский залив путешественник видит конус, стоящнй прямо перед крутымн обрывами Соммы. Если же ехать с северо-запада, то кольцо Монте Соммы совсем скрывает Везувий.

Сомма сохраняет свою форму и высоту, несмотря на незначительные изменения, которые являются следствием выветривания; в течение 1800 лет она осталась приблизительно неизменной. Наоборот, центральный конус изменяет свои очертания и величину: настоящую форму он получил при извержении 1872 года. Об этих изменениях конуса мы будем говорить подробнее и тогда же опишем современное состояние Везувия; описывать его сейчас же было бы не целесообразно. Представив *историю Везувия* в ее отдельных фазах, мы на частном примере познакомимся с сущностью вулканических извержений вообще; заметим, кстати, что история Везувия известна несравненно лучше, чем история какого бы то ни было другого вулкана.

Первое извержение, о котором имеются сведения, случилось в 79 г. по Р. Хр. Во время этой знаменитой катастрофы были засыпаны пеплом Помпея, Геркуланум и Стабия. До тех пор в течение многих веков Везувий бездействовал; о

Рис. 141. **Вид на Везувий с острова Низиты**

прежних извержениях его находятся только смутные намеки у разных писателей, в преданиях же окрестных жителей не сохранилось никаких воспоминаний о них; только проницательные ученые по свойствам горных пород, образующих Везувий, считали его потухшим вулканом.

Первым предвозвестником извержения явилось землетрясение в 63 г. по Р. Хр.; оно превратило всю окрестность в пустыню и разрушило часть Помпеи; впрочем, город скоро обстроился заново. На молитвенном алтаре был найден барельеф (см. рис. 142), изображающий падение одного из храмов форума. Принимая в расчет топографическое положение города, нетрудно представить и направление падения; удар был, по-видимому, направлен с востока к западу; расположение трещин в зданиях также подтверждает это заключение.

16 лет спустя, в 79 г. по Р. Хр., началась настоящая вулканическая деятельность горы; она обнаружилась с поразительной, редко наблюдаемой силой; это был страшный пароксизм после продолжительного покоя. Об извержении мы имеем несколько сведений; первое место занимают два письма *Плиния Младшего* к *Тациту*. Плиний, живший в Мизене, был еще молодым человеком, когда случилось это страшное событие, жертвою которого сделался его великий дядя, *Плиний Старший*. Катастрофа началась сильным землетрясением, после этого из кратера поднялось огромное пиниеобразное (как его называет Плиний) облако белых водяных паров; временами камни и вулканический пепел, извергаемые горой, сообщали ему черный цвет (рис. 143). Водяные пары, выброшенные из кратера со страшной

силой образовали огромный столб, но на значительной высоте, там где первоначальный толчок уже не мог действовать, они распространялись в стороны; из ветвей гигантской пинии стали падать камни и пепел, и пролились страшные потоки дождя, сопровождаемого молниями ужасающей силы. Эта характерная форма облака и до сих пор во всех сочинениях сохраняет имя, данное ей Плинием: оно называется *пинеобразным облаком* (Pinus pinaea — «пиния» — итальянская сосна).

Землетрясение становилось все сильнее, а когда извержение вулканического пепла достигло своей наибольшей силы, оно прекратилось; зато количество вырывавшегося из кратера пепла и камней стало столь громадно, что на другом берегу Неаполитанского залива, у Мизены, солнце было закрыто ими. Среди дня наступила тьма; «ее нельзя было сравнить с темнотою безлунной облачной ночи; она походила на тьму, которая наступает в комнате, когда там погасят свет». Даже

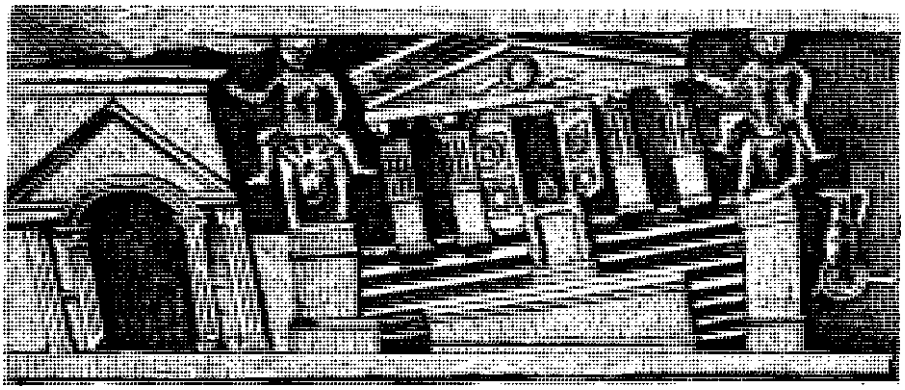


Рис. 142. **Античный барельеф, изображающий падение храма в Помпее во время землетрясения 63 г.** (по Росси)

в этой отдаленной от Везувия местности «часто нужно было вставать и отряхать пепел: иначе он засыпал бы человека и придавил бы его своей тяжестью; все предметы были покрыты пеплом, точно снегом». Лавы вылилось, кажется, немного; теперь уже несомненно установлено, что Помпея и другие города были засыпаны пеплом и мелкими камнями, так называемыми лапилли, или рапилли. Потоки дождя, низвергавшиеся из «пинии», превратили пепел в жидкую грязь; она ручьями текла по склонам горы и все губила на своем пути. Этим и объясняется происхождение туфа, который облекает погибшие города; в затвердевшем пепле образовались пустоты, соответствующие форме погребенных предметов; наполняя их гипсом, можно получить теперь полные модели погибших людей и пр.

На первый взгляд кажется странным, что при извержении вулкана *вода* произвела грозные опустошения. Но это не исключительный случай: вообще можно сказать, что потоки воды, изливающиеся из вулканических облаков, или сами по себе, в соединении с пеплом, превращающим их в грязь, часто производят такие же страшные разрушения, как и лава. Ниже мы познакомимся с ужасной катастрофой этого рода, случившейся на Яве, у Гунунга Гелунгунга в 1823 г.

До последнего времени почти все уверены, что до извержения в 79 г. Сомма представляла замкнутое кольцо и что только во время этой катастрофы обрушилась юго-западная часть ее. Но недавно *Франко* обратил внимание на две фрески,

найденные в Помпее и Геркулануме. Они показывают, что и до извержения 79 г. Сомма не обладала этой формой; следовательно, и раньше происходили извержения, которые, вследствие некоторого перемещения их оси, способствовали разрушению кольца Соммы. Наоборот, несколько эксцентрическое расположение внутреннего конуса следует приписать извержению времен Плиния. Тогда же произошли и другие изменения. Сомма выносила прежде только богатые кремнекислотой трахитовые лавы, внутренний же конус выбросил лейцитовые массы. С тех пор Сомма не давала больше извержений; последние происходили только в центральном кратере или по бокам его. Лава движется или непосредственно по южному склону, или же изливается в Атрио дель Калалло; вследствие этого последнее все более загромождается. Большие лавовые потоки направляются из ущелья или на запад мимо обсерватории, или на восток к Помпее.

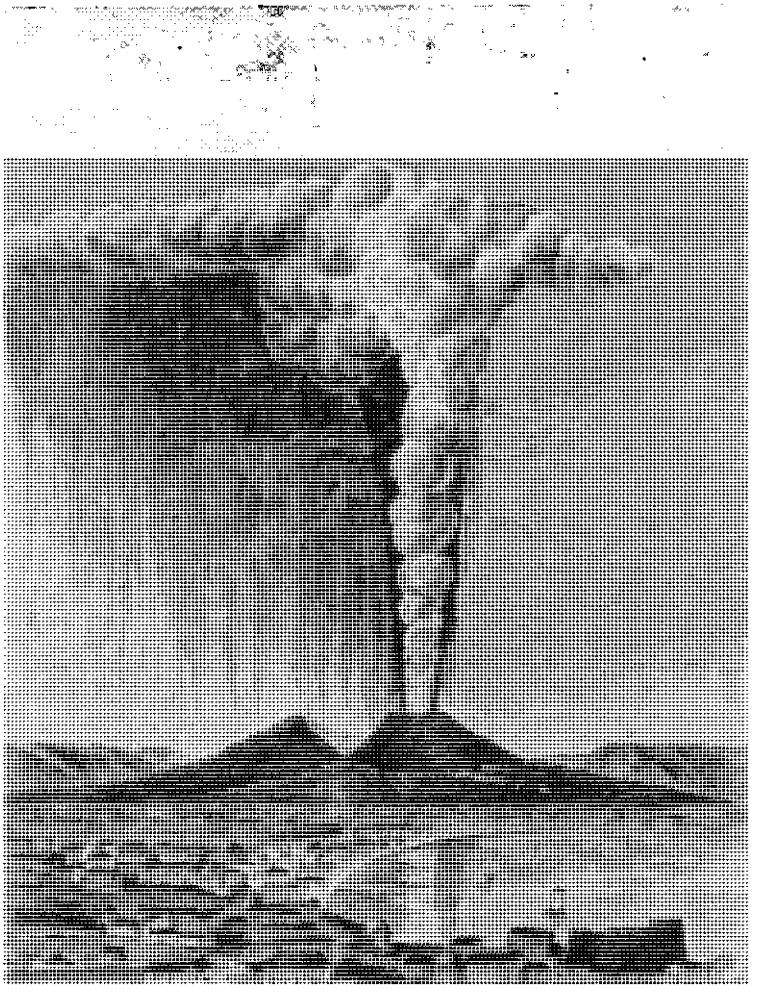


Рис 143. **Пиниеобразное облако во время извержения 1822 г.** (по Пулету Скропу)

Что касается относительной высоты Соммы и Везувия, то она изменяется, но обыкновенно последней выше. В период слабой деятельности конус растет вследствие накопления пепла и камней, во время же сильных извержений часть его обрушивается. и Везувий становится ниже Соммы. Мы приведем здесь несколько цифр, наглядно показывающих, как изменяется высота Везувия:

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1749 | 1160 | м | Февраль 1846 | 1193 | м |
| 1810 | 1249 | » | Март 1846 | 1196 | » |
| 1822 | 1269 | » | Июль 1846 | 1219 | » |
| 1832 | 1140 | » | Январь 1847 | 1222 | » |
| 1845 | 1182 | » | Март 1847 | 1237 | » |
| Август 1847 | 1240 | м | | | |
| 1850 | 1291 | » | | | |
| 1855 | 1286 | » | | | |
| 1855 | 1234 | » | | | |
| 1868 | 1297 | » | | | |

После измерения, произведенного в 1822 году, произошло сильное извержение; верхняя часть конуса обрушилась, и Везувий сравнялся с Соммой. После этого, как показали измерения *Амати*, производившиеся в течение сорока лет, Везувий постепенно рос. Извержение 1855 года понизило его на 60 метров, затем конус опять продолжал расти и в 1868 году достиг огромной высоты. Во время катастрофы 1872 года опять обрушилась новообразовавшаяся вершина. Таким образом, в течение всего времени, когда производились измерения, конус Везувия превышал Сомму, вышина которой 1110 м; но иногда, напр. во время извержений 1631-го и 1737 г., обрушивалась такая огромная часть Везувия, что он делался ниже Соммы.

Со времени разрушения Помпеи до XVII в. было восемь извержений, отделенных друг от друга длинными периодами полного покоя. Достойно внимания, что во время перерывов происходили извержения соседних Флегрейских полей и острова Искии: в 1198 году действовал Сольфатара у Поццуоли, в 1302 году Монте Эпомео на Искии. В 1538 году обильные извержения камней и пепла воздвигли у Поццуоли конус Монте Нуово; с 1139-го по 1631 г. Везувий бездействовал, и только в 1500 году в слабой степени извергал пепел. Извержения Везувия происходили в 203, 472, 512, 685, 993, 1036, 1139 и 1500-м гг. Известия о них чрезвычайно скудны и представляют мало интереса. Следует только упомянуть о тех огромных расстояниях, на какие был унесен ветром, по сообщению *Прокопия*, вулканический пепел: в 472 г. он выпал в Константинополе, а во время другого извержения (512 г. ?) даже в Триполи, на африканском берегу.

В течение почти ненарушимого пятивекового покоя от XII до XVII столетия Везувий покрылся растительностью, и в кратере красовалась густая роща дубов и ольхи; только фумаролы (извержение паров) да три лужи, отчасти с горячей, отчасти с соленой и горькой водой, напоминали о прежней деятельности; наступил конец 1631 года, но никто не думал, что это был канун ужаснейшей катастрофы. За несколько дней предвестником ее явился подземный шум; на северо-западной стороне образовалась трещина, из которой стали вырываться пары; открылся кратер, но люди не обращали внимания на эти явления и не ждали грозного бедствия. Вечером 15 декабря 1631 года началось землетрясение, сначала слабое, а потом все сильнее и сильнее. В течение ночи до пяти часов утра следующего дня произошло двадцать ударов. Перед восходом солнца раздался ужасный грохот, и с южной стороны Везувия, немного выше Атрио дель Кавалло, появилась трещина; пар, пепел, камни вырвались со страшной силой и в несколько мгновений часть горы взлетела на воздух. Появилось пиниеобразное облако; быстро распространившись в ширину, оно помрачило солнце. В одиннадцать часов выпал пепельный дождь в Базиликате, в два часа — в Таренте; утром 17-го он был уже занесен в Далмацию в Каттаро, а накануне, 16-го, упал на палубу корабля в заливе Воло, в Фессолии. Огромные каменные глыбы были также унесены далеко; одна из них упала в 12 милях от Везувия и пробила крышу одного погреба; пылающие массы извергались всюду и произвели пожары в Ноле, Пальме, Лауро, Оттайяно и др. местах. На всем протяжении до Калабрии и Апулии происходили сильные землетрясения.

Но ужасы достигли своего апогея только 18 декабря. После необычайно сильного землетрясения из кратера вырвался огромный лавовый поток; он разбился

на много рукавов и в течение какого-нибудь часа достиг моря. Погибло 3000 человек. Один поток разрушил Боско и Торре делль Аннунциата, другой — большую часть Торре делль Греко, третий — Портичи и Резину. Все эти потоки продолжали двигаться в море на протяжении нескольких сотен метров. Четвертый поток, на основании недавно найденных документов, распространился до Масса ди Сомма, Сан Себастьяно и до Санта Анастазия, на северо-западном склоне Везувия. Он вышел из Вороньего грота (Гротта де Корви) у Соммы и распространился до Помильяно д'Арко. Всего поразительнее было то, что тотчас за лавой *из кратера* вылились огромные потоки воды; они несли в себе морские водоросли, раковины и даже рыб. Явление повторилось 18-го, 20-го, 24-го и 31 декабря (?). В последние дни года после страшных дождей и грозных бурь опять происходили землетрясения и извержения пепла, затем вулкан успокоился. 19 декабря тьма, производимая кучами пепла, рассеялась, и в это время можно было заметить, что значительная часть вулкана обрушилась; до катастрофы он превышал Сомму на 40 м, теперь же был ниже ее на 130 м, следовательно, высота его понизилась на 170 м.

После этой страшной катастрофы в ближайшие годы произошло еще несколько извержений. С 1638-го до 1660 г. вулкан находился в покое. Год 1660 ознаменован новым большим извержением, и с тех пор Везувий находится почти в непрерывной деятельности. Едва ли можно указать одно десятилетие, которое не было бы ознаменовано катастрофой. Сильные и слабые извержения сменяли друг друга. В 1734 г. провалилась в бездну большая часть горы. Извержение 1794 г., значительное само по себе, особенно приковывает наше внимание, благодаря прекрасному описанию *Леопольда фон Буха*. Вот что сообщает он об этом грозном явлении:

«Среди всех извержений Везувия только два могут сравняться по своей ужасающей силе с извержением 1794 г. Первое разрушило богатый Гермуланум и приморский город Помпею и изменило положение береговой линии. Второе происходило в 1631 г. Многочисленные огненные реки устремились на местечки, расположенные у подножия вулкана. Пышные сады были уничножены, и почти половина жителей погибла от огня.

Оба извержения случились после продолжительного покоя, когда среди окрестного населения исчезли воспоминани о той разрушающей силе, которая скрывалась в недрах горы. В последнее же время вулкан чуть ли не ежегодно в новых и величественных формах проявлял свою деятельность, и почти каждый из жителей был свидетелем страшных опустошений, произведенных извержением. Но достаточно было двухгодового бездействня вулкана, который даже не дымился, и беспечные люди забыли о Везувии. Вдруг, в ночь на 12 июня, в $11\,^1/_2$ часов, произошло страшное землетрясение.

С утра до вечера во всей Кампании земля колебалась, подобно морским волнам; неаполитанцы бросились бежать из своих домов на площади Королевского замка, Рынка, делле Пинье. В первые мгновения они думали, что жилища их разрушены, и со страхом дожидались утра. Когда взошло солнце, все увидели, что обычный покой не нарушался; стало ясно, что опасность грозит южным частям королевства, откуда и исходили все ужасы минувшей ночи. Но ошибка обнаружилась скоро. Спустя три дня, 15 июня, в 11 часов ночи, земля затряслась снова. Это было уже не волнообразное движение, а страшный подземный удар.

Здания давали трещины, окна звенели и бились, мебель падала. Вдруг все небо озарилось красным пламенем и светящимися парами.

У подножия конуса Везувия образовалась трещина, и с крыш домов было видно, как вылетала оттуда лава, описывая в воздух параболические дуги. Слышался глухой, но сильный шум, точно рев водопада, низвергающегося в глубокую долину. Гора, не переставая, колебалась, а спустя четверть часа землетрясение распространилось и на город. С такой силой лава никогда не вырывалась. Люди не чувствовали под собой твердой почвы, воздух был охвачен пламенем, отовсюду неслись страшные, никогда не слыханные звуки. Пораженный ужасом, народ бросился в церкви, к ногам святых, хватался за образа и кресты; многие в диком смятении метались по городу, оглашая воздух воплями. Но природа не внимала мольбам: новые отверстия появились в вулкане, и со страшной силой и ревом вырывались новые потоки лавы. Дым, пламя и пары подымались выше облаков и разливались во все стороны в виде неизмеримо огромной пинии.

После полуночи прекратился непрерывный глухой шум; земля перестала трястись, а гора колебаться; лава вырывалась из кратера рядом толчков, которые быстро следовали друг за другом и сопровождались грозными раскатами, точно громом. Бесчисленные огромные камни поднимались на страшную высоту; огонь и черные облака дыма летели за ними.

Взрывы следовали все реже, но их сила удвоилась: гора напоминала батарею пушек, стреляющих залпами. После полуночи, по ту сторону вулкана, небо вдруг озарилось ярким светом. Лава, произведшая опустошения с южной стороны горы, устремилась по северным склонам ее в широкое ущелье, где лежали старые лавы. Потоки ее свирепствовали в лесах, расположенных при входе в долину, распространялись в менее отлогие места, текли там медленнее и через три дня застыли, не достигнув жилищ.

Не то было в окрестностях Неаполя. Широкой рекой быстро неслась лава по склонам, но вулкан выбрасывал все новые массы; они низвергались в поток и сообщали ему новую силу. Одни из жителей Резины, Портичи, Торре дель Греко с ужасом следили за каждым движением огненной реки, угрожавшей то тому, то другому месту; другие неподвижно лежали у алтарей, моля о спасении. Вдруг лава устремилась на Резину и Портичи. В Торре дель Греко все население бросилось в церкви, благодаря Бога за спасение; в порыве радости они забыли о той неизбежной гибели, которая ожидала их соседей. Но лава встречает на своем пути глубокий ров, изменяет направление и устремляется на несчастный Торре дель Греко, который мнил себя спасенным. Огненный поток с новою яростью несется по крутым склонам и, не дробясь на рукава, достигает цветущего города в виде реки в 2000 футов шириной. Все восемнадцатитысячное население бросилось к морю, ища там спасения. С берега было видно, как из лавы над крышами залитых ею домов поднимались столбы черного дыма и огромные огненные языки, точно молнии. С шумом падали дворцы и церкви, и страшно гремела гора.

Лава вырвалась из вулкана в 11 часов ночи, а в 5 часов утра городка Торре дель Греко не было. В течение 6 часов пылающая масса прошла четыре итальянских мили с быстротой, не известной в истории Везувия. Даже море было бессильно остановить ее; нижние части лавовых потоков застывали в воде, а верхние текли по ним. На большом расстоянии вода кипела, и сварившиеся рыбы без счета плавали на ее поверхности.

Наступил следующий день. Огонь более не вырывался из кратера, но не было видно и горы. Черное густое облако лежало над нею и мрачным покровом расстилалось над заливом и над морем. В Неаполе и его окрестностях падал пепел; он покрывал траву и деревья, дома и улицы. Солнце было лишено блеска и света, и день напоминал сумрак утренней зари. Только на крайнем западе виднелась светлая полоса, и тем мрачнее казалось тьма, окутывавшая город... Ужасы стали невыносимы. Убитые страхом и тоской, неаполитанцы хотели умиротворить разгневанное небо торжественными процессиями. С крестами в руках шумно ходили по улицам толпы народа; знатные семьи Неаполя примыкали к ним и безмолвной вереницей с тяжелыми вздохами шли за крестом. В народе разнесся слух, что все, чего коснулся пепел, заражено дуновением смерти; многие с туным отчаянием смотрели на воображаемую гибель богатых садов. Правительству стоило немалого труда рассеять этот страх и доказать безвредность составных частей пепла.

Чем ближе к Везувию, тем гуще и сильнее падал пепел; улицы Неаполя покрывал пласт, толщиной в линию, в Портичи он достигал 5 линий, в Резине — 9 и около лавы — 15. В Неаполе он имел вид черной мелкой пыли, около вулкана — вид песка, а на самом Везувии падали обломки камней, так называемые лапилли.

Лава продолжала двигаться, но движение ее было так медленно, что заметить его можно было только на конце. Твердая кора покрывала поток, и поверхность раскаленной массы остыла очень скоро: через двенадцать часов после гибели города многие из его несчастных жителей отважились пропутешествовать к своим погибшим жилищам, чтобы забрать все, что пощадила лава. Удалось даже спасти многих людей, которые от страха заперлись в одном монастыре и напрасно молили до сих пор о помощи. Во многих местах лава дала трещины; из этих трещин стремительно поднимались пары, насыщенные поваренной солью, а по краям их виднелось ярко светящееся пламя. Слышался непрерывный шум, будто раскаты отдаленного грома, и молнии, прорезывая черные тучи падающего из вулкана дождя, нарушали ночной мрак. При их свете было видно, что эти огромные массы вырывались из большого кратера на вершине горы. Они поднимались густым черным облаком и расплывались на высоте. Тяжелые обломки камней падали обратно в кратер. За первым облаком следовало второе и третье — без конца; все они поднимались на невероятную высоту. Чудное, величественное зрелище! По временам гора казалась одетой вепцом облаков, расположившихся в каком-то своеобразном порядке; понемногу они расплывались, а тяжелые камни падали обратно и катились по склонам конуса; ветер подхватывал мелкий пепел и разносил его по всей окрестности. Несколько часов спустя пепел опять покрыл все небо, и снова день нельзя было отличить от ночи.

В течение дня чувствовалось несколько слабых сотрясений. Но под влиянием минувших ужасов люди не обращали внимания на эти слабые проявления вулканических сил. В ночь на 18-е, около двух часов, все были перепуганы новым сильным ударом. Он чувствовался главным образом в Портичи, Резине и др. местах, расположенных вблизи Везувия. Под утро пепел стал падать в меньшем количестве, и на рассвете люди с удивлением увидели, что вершина вулкана провалилась: вместо нее образовался косой покат к морю. Вследствие непре-

рывных извержений ненла внутренность горы настолько была разрушена, что не могла выдержать тяжести вершины: она обвалилась в бездну кратера. Но этим величественным явлением не закончился пепельный дождь. Правда, в Неаполе, Портичи и их окрестностях ненла надало меньше, чем прежде, и уже несколько часов сквозь густые тучи ныли виднелся красноватый диск солнца; но в местностях, расположенных к востоку от Везувия, пепельный дождь усилился. Стремительный вихрь нес вылетевшие из кратера массы и с яростью низвергал их на Сомму, Оттайяну, Нолу, Казерту. Во всей стране до Аненнинских гор стояла черная ночь; казалось, весь Везувий разлетится в прах. Потоки дождя перемешивались с пеплом, и на землю падала грязь, похожая на тесто. Она ложилась на траву и на ветви деревьев; все сады этого нлодородного уголка гибли, обремененные ее тяжестью. В некоторых местах провалились крыши домов, и перепуганные жители, спасаясь, бежали в горы. Таким же образом погибли некогда Помпея и Геркуланум.

Новые бедствия грозили стране. 18-го и 19-го грязь и пенел падали густыми тучами, не пронускавшими дневного света; вдруг, грозные потоки воды устремились по крутым склонам горы; с неистовой силой ломали они скалы и вырывали деревья; вся местность нокрылась огромными глыбами камней. В ночь на 20 июня пронеслось пять таких нотоков, трижды в течение дня производили они свои опустошения и в последний раз с удвоеиной силой. Все окрестности Везувия были охвачены разрушением; каждое маленькое облако, казалось, обладало необычайной силой; стоило ему только облечь вершину вулкана, и тотчас же низвергались потоки воды, сокрушали леса и города, ломали мосты и дома, опустошали поля. Охваченные ужасом предстоящей смерти, несчастные жители бежали. В Боско, Сомма, Оттайяно, Торре делль Аннунциата безвозвратно погиб человеческий труд, и опустошения, произведенные лавой в Торре делль Греко, едва ли были обширнее и ужаснее. Количества вылетавшего пепла понемногу уменьшались. Вместе с ними вылетали теперь клубы наров и рассеивались но воздуху. В Неаполе темноту ночи нарушали яркие молнии, постоянно вырывавшиеся из пепельных туч. Они сопровождались сильиым громом, но без раскатов.

24-го и особенно 26-го пепел стал падать в Неаполе сильнее, но при виде его у жителей невольно вырвался крик радости: это был уже не темно-серый и черный пепел, а совсем светлый, почти белый. Опыт прежних лет показывал, что такое явление предшествует концу извержения. Люди не обманулись; с этих нор Везувий только дымился; непел падал еще в течение нескольких дней, и с 8 июля небо над Неаполем нрояснилось. Торре делль Греко скоро обстроился, благодаря неиссякаемому трудолюбию его жителей. Тысячами рассеялся народ но полям, очищая от пепла ветви плодовых деревьев и виноградных лоз. Снова стали стекаться люди в Неаполь на веселые нредставления, и «полишинель» своими шутками снова собирал на перекрестках улиц толпы парода».

В следующие десятилетия происходило несколько извержений, но ни одно из них не было особенно сильным. Только 1822 г. ознаменовался опять грозным извержением (рис. 143), которое, впрочем, не имело таких роковых последствий, как в 1794 г. Дальнейшие извержепия происходили в 1839, в 1850, в 1855 и в 1861-м году. Последнее большое извержение случилось в 1872 году. Мы онишем его, руководствуясь, главным образом, данными *Гейма* и *Рата*. Сначала наполнился кратер и в поябре 1868 г. дал с северной стороны

трещину; лава нотекла в Атрио и направилась по тому же пути, как и в 1855 г. После этого внутри кратера образовался конус, достигавший 100 м в высоту; из него выдвинулся другой небольшой конус: подобное явление, как сообщает *Гамильтон* в своем сочинении о Флегрейских полях, наблюдалось уже в середине прошлого столетия (см. рис. 144). В 1871 г., в ночь с 12-го на 13 января, на северной стороне конуса, на 65 м ниже вершины, образовалось новое отверстие. Огромные куски лавы нагромоздились вокруг него и образовали так называемую *бокку*, в которой раскаленная лава клокотала и кипела; приблизительно через каждые 6—8 минут с шумом вылетали оттуда куски шлаков,—вулканические бомбы. Такой же характер носили взрывы вулканической деятельности в 1871 и в начале 1872 г. Ничто не намекало на возможность большого извержения. 24 апреля в течение целого дня вулкан выбрасывал камни, а вечером выступила лава; 25-го новторилось то же, но с удвоенной силой, лава потоками изливалась в Атрио. В ночь на 26-е в ущелье собралось много народа, который любовался величественными переливами огненного потока; вдруг между 3—4 часами утра конус дал огромную трещину от вершины до Атрио; лава ворвалась в ущелье, и кучи раскаленных камней вылетели из кратера; густые облака паров окутали Атрио, град вулканических бомб сыпался на оторопевших зрителей, и лава настигала их; большинство погибло, и только немногие, израненные и избитые, спаслись в обсерватории.

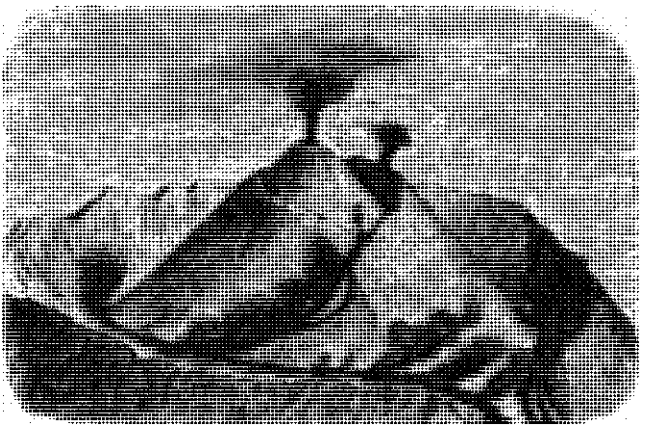


Рис. 144. **Кратер Везувия в 1774 г.** (по Гамильтону)

Лавовый поток изливался сначала в Атрио и повысил дно его на 6 м. Опускаясь по склону горы, он разделился на два рукава: один направился к Торре делль Греко и скоро застыл на высоте 420 м, не достигши населенных мест; другой устремился по Фоссо делла Ветрана, расположенному к северу от обсерватории, и прошел так близко к зданиям, что оконные косяки, нагретые излучаемой им теплотой, вспыхнули. Ниже Фоссо делла Ветрана поток опять разделился; один его рукав ринулся к Масаа и Сан Себастьяно и отчасти разрушил эти местечки (рис. 145); другой направился к Сан Джьорджьо а Кремано, но не достиг его. Любопытно было наблюдать за лавой, двигавшейся среди садов; дерево, настигнутое ею, ярко вспыхивало и сгорало (см. рисунок на особом листе).

Из главного кратера поднялось огромное облако; сначала оно было совсем белым и состояло из чистых водяных паров, но постепенно становилось темнее и темнее: огромные массы мелко раздробленного материала вылетали вместе с ним. В Неаполе стал падать пепел и скоро засыпал конус Везувия: восхождение на гору стало затруднительным, вследствие сыпучести новых ее склонов. Рис. 146

сделан с фотографии, снятой в Неаполе; на нем видно не только черное облако над вершиной, но и пары, поднимающиеся с лавовой реки.

Извержение 1872 года замечательно в двух отношениях: страшный взрыв вулканической деятельности проявился почти внезапно, но также скоро и затих; уже через 24 часа после катастрофы лава перестала выливаться в Атрио, тучи рассеялись, пепельный дождь прекратился. Несмотря на кратковременность извержения, гора претерпела существенные изменения; они изучены довольно точно, благодаря счастливой случайности. Швейцарский геолог проф. *Гейм*, из Цюриха, сделал точные рисунки Везувия за несколько дней до катастрофы; по окончании извержения он сделал снимки с тех же мест. Из Неаполя вершина казалась до тех пор одинаково округленной со всех сторон; теперь она была косо срезана (рис. 147—148), упомянутая выше бокка на наружной стороне исчезла, из Атрио была видна трещина, образовавшаяся в ночь с 25-го на 26 апреля и зиявшая в виде глубокой пропасти; края кратера на значительном протяжении обрушились и сам кратер расширился.

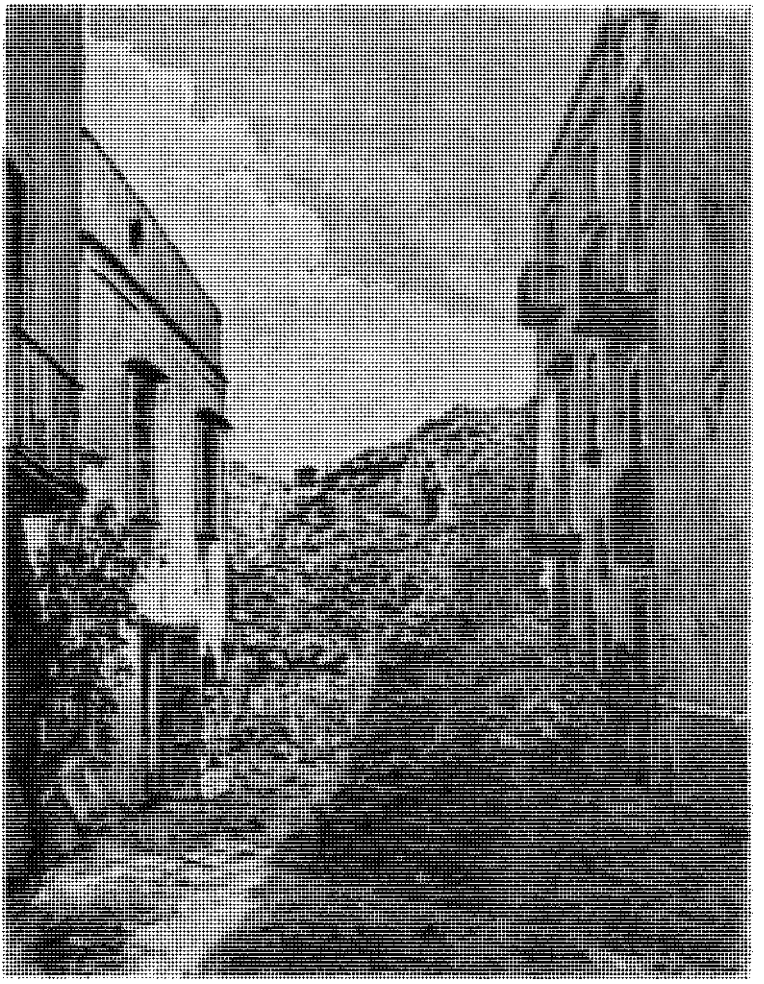


Рис. 145. **Передний конец лавового потока 1872 г. в местечке Масса** (по фотографическому снимку Зоммера)

После этого большого извержения Везувий был спокоен до 18 декабря 1875 года. С этих пор начинается период непрерывной, но слабо выраженной деятельности: лава вытекает слабо, и только иногда происходят более значительные взрывы. По имени одного из итальянских вулканов, деятельность такого рода называют *стромболианской*. Большой кратер постепенно заполняется шлаками, пеплом, лавой. Рисунки 147—150, изображающие его в 1880-м и 1882 г., наглядно показывают, как в относительно короткое время происходило постепенное заполнение кратера.

Наконец дно кратера совершенно выровнялось, и потери 1872 г. были восстановлены. Иногда лава выливалась через края кратера, там, где они были ниже, и текла в Атрио. Сравнительно сильное извержение произошло в 1885 г. Конус треснул по направлению с севера на юг по плоскости, проходящей через его ось; трещина шла так же, как и в 1868 г. В августе 1891 г. лава вытекала с северной стороны конуса через ту же трещину. Это было последнее большое извержение Везувия; вулкан проявил свою деятельность относительно спокойно, без значительных колебаний почвы и без шума. Центральный конус обрушился тогда в

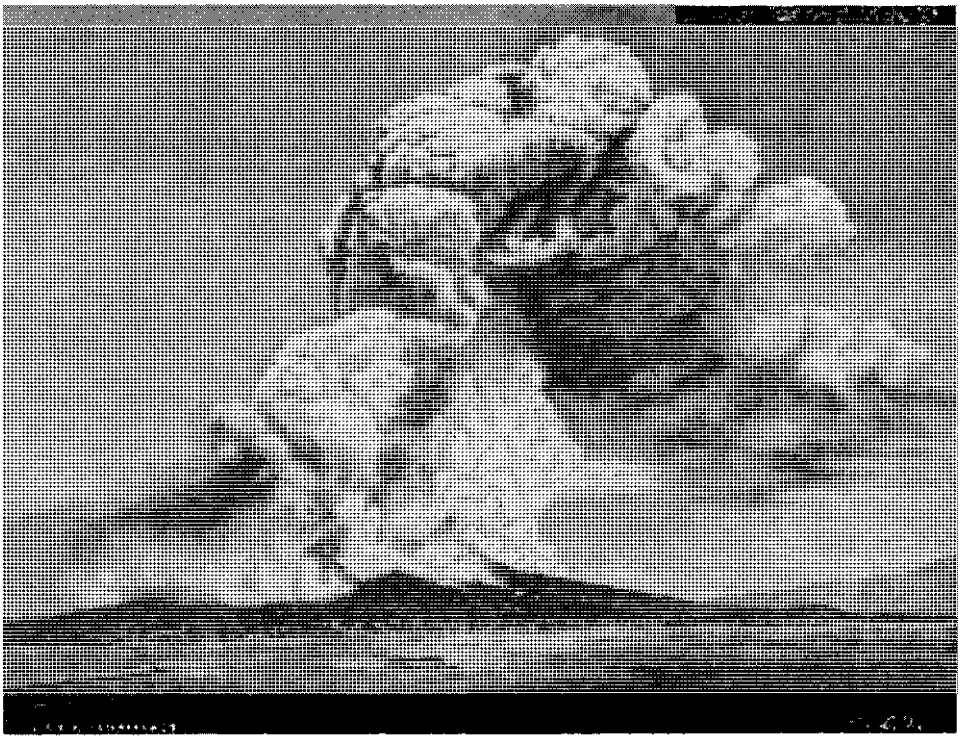
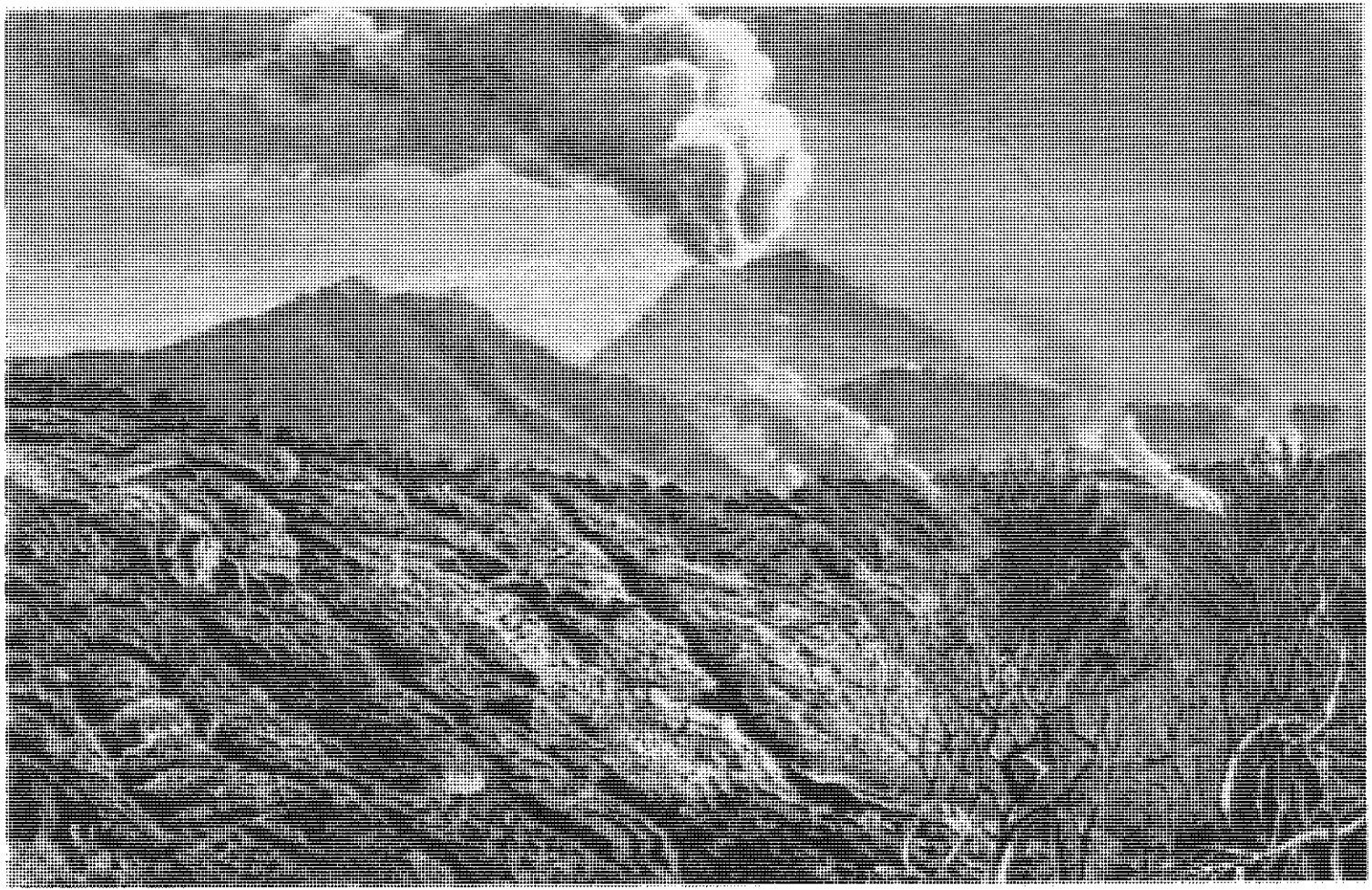


Рис. 146. **Везувий 26 апреля 1871 г.** (по фотографическому снимку Зоммера)

кратер и повысил напряжение лавовых масс. Этого было достаточно, чтобы размягчить горные массы, располагающиеся в уномянутой трещине, и открыть выход лаве. Сначала образовалось в кольце кратера одно отверстие, затем появилось значительно ниже много других отверстий, из которых лава и выливалась по направлению к Фоссо делла Ветрана. Деятельность центрального кратера ограничивалась выбрасыванием мелких лапилли.

В последние столетия вулкан периодически обнаруживает такую умеренную и ненрерывную деятельность; она сопровождается выделением нара, иногда в незначительном количестве; в кратере всегда существуют бокки, через которые время от времени и выбрасываются камни и лава. Из наров выделяются минералы, каковы: железный блеск, хлористая медь и др.; они нокрывают скалы пестрым налетом или мелкими кристаллами. Временами деятельность вулкана уси-



ВЕЗУВИЙ: КРАЙ ЛАВОВОГО ПОТОКА 1872 ГОДА (ГЛЫБОВАЯ ЛАВА)
*(по фотографии Зоммера)*

ливается; открываются новые отверстия, выделение паров увеличивается, выбрасываются камни и пепел, и появляются даже небольшие потоки лавы. В это то время и созидается кратер вследствие постепенного нагромождения вулканических продуктов. В один из таких периодов, именно с 1840-х по 1850-е гг., *Скакки* производил наблюдения над Везувием. Мы сообщим здесь вкратце содержание последних за несколько месяцев; это — лучший способ представить картину горы в описываемые периоды ее деятельности.

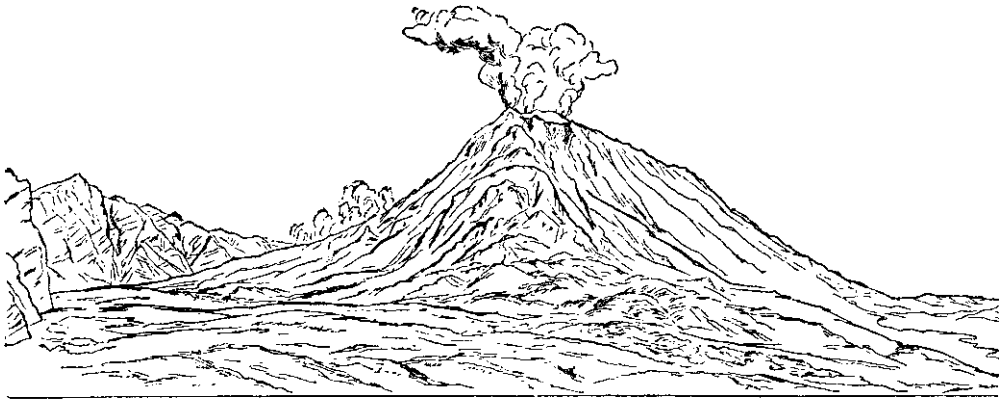


Рис. 147. **Конус Везувия перед извержением 1872 г.** (по Гейму)

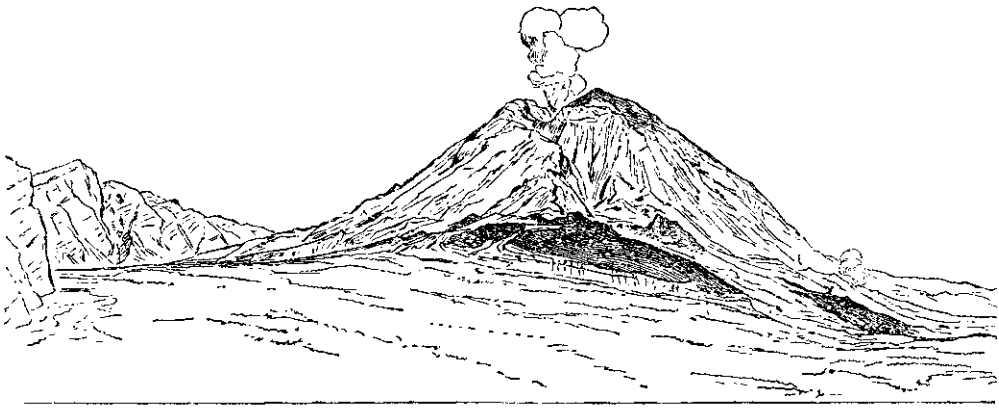


Рис. 148. **Конус Везувия после извержения 1872 г.** (по Гейму)

14 января 1843 г. Небольшой конус внутри кратера выбрасывает вулканические продукты.
15 марта. Три лавовых потока выливаются из основания небольшого конуса; фумаролы выделяют железный блеск.
22 марта. Две бокки в боковых частях внутреннего конуса.
30 июня. Два лавовых потока у основания внутреннего конуса.
15 июля. Извержение внутреннего конуса происходит через три бокки; лава у его основания.
4 сентября. Большие продольные трещины во внутреннем конусе; сильно выбрасываются камни; в фумаролах хлористая медь.
9 сентября. Новый внутренний конус на развалинах старого; лава течет из его основания.

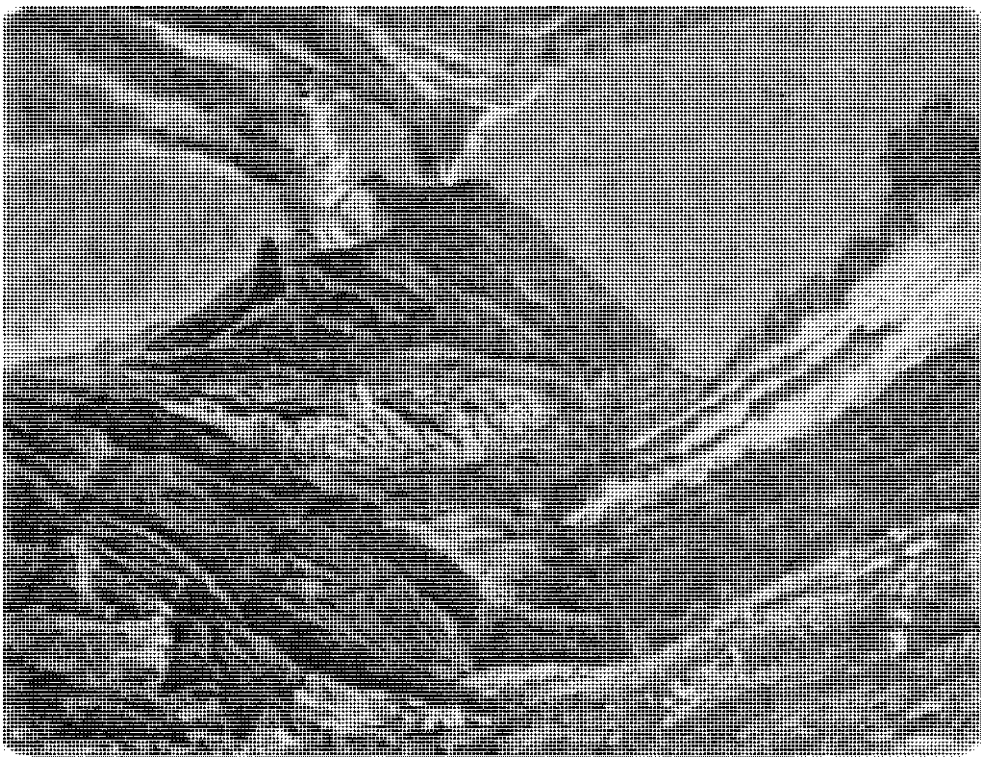


Рис. 149. **Внутренность кратера Везувия в 1880 г.** (по фотографическому снимку Зоммера)

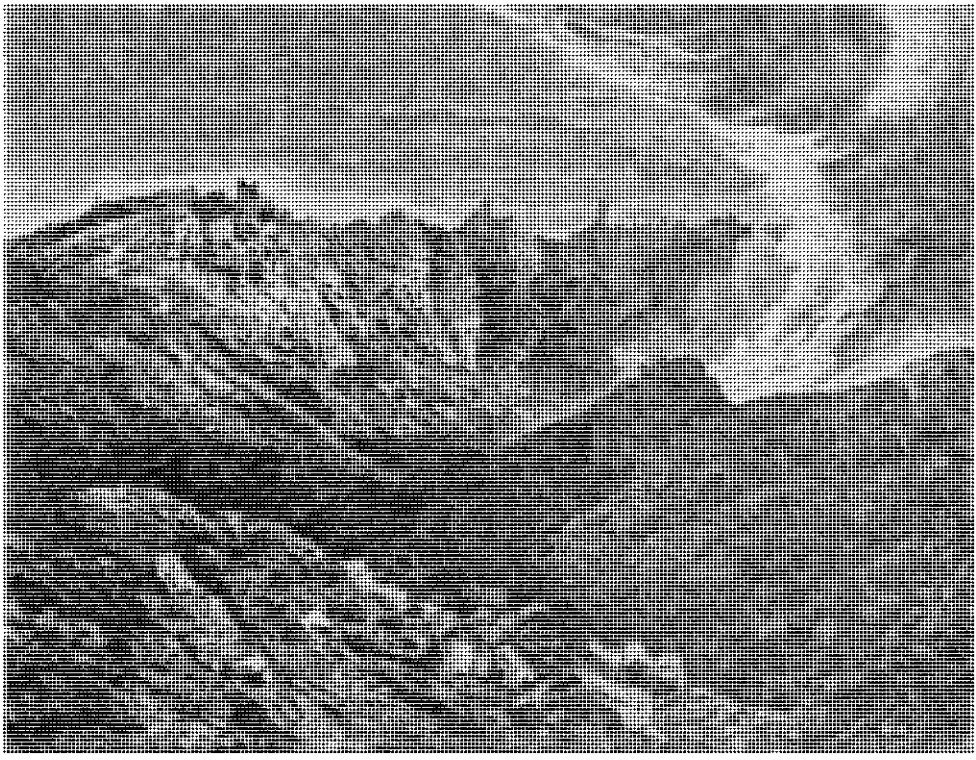


Рис. 150. **Внутренность кратера Везувия в 1882 г.**

13 октября. Внутренний конус выбрасывает вулканические продукты через три отверстия (два — у вершины, одно — на восточной стороне); лава выделяется из основания.

31 октября. Два отверстия во внутреннем конусе, но действует одно; лава выделяется у основания; в фумаролах — медный купорос (сернокислая медь).

18 ноября. Шесть лавовых потоков выделяются у основания внутреннего конуса; железный блеск и хлористая медь в фумаролах.

30 ноября. Внутренний конус выбрасывает вулканические продукты через четыре бокки; лава выделяется у основания; она жиже, чем обыкновенно.

14 декабря. Лава выделяется внутри кратера под Цунта дель Пало (высшая точка).

19 января 1844 г. Семь лавовых потоков выделяются в разных местах у основания кратера; большая часть внутреннего конуса разрушена.

31 января. Пять лавовых потоков выливаются недалеко от основания внутреннего конуса; при образовании одного из них выбрасывались камни также из внутреннего конуса.

27 февраля. Лава вытекает в 50 м от внутреннего конуса; очень много железного блеска.

2 марта. Новая бокка на юго-восточной стороне кратера выделяет много лавовых потоков; внутренний конус выбрасывает вулканические продукты через три отверстия; выбрасываются свободные кристаллы авгита.

5 апреля. Большая трещина во внутреннем конусе; лава вытекает в пяти местах; много окиси меди.

13 апреля. Дым в форме колец*.

22 апреля. Внутренний конус выбрасывает вулканические продукты через две бокки; четыре бокки в дне кратера у основания конуса; большая трещина внутри кратера с юго-восточной стороны; много железного блеска и гипса.

6 июля. Три лавовых потока у основания внутреннего конуса; дым в форме колец.

22 июля. В течение целого дня дым в форме колец; страшный грохот. Четыре лавовых потока на дне кратера; множество трещин во внутреннем конусе; недостаток воды в колодцах Резины.

4 августа. Большие сталактиты поваренной соли и хлористого калия с подмесью хлорного железа.

24 августа. Вершина внутреннего конуса выше краев кратера; два лавовых потока на дне кратера; выбрасываются свободные кристаллы авгита.

4 сентября. Сильное извержение комков лавы из внутреннего конуса.

8 сентября. Вершина внутреннего конуса обрушивается; три лавовых потока на дне кратера.

30 октября. Два новых небольших конуса; множество лавовых потоков на дне кратера.

4 ноября. Конус, образовавшийся 30 октября, разрушен; два новых небольших конуса; сильный лавовый поток у основания большого конуса.

Мы проследили непрерывную деятельность вулкана приблизительно в течение двух лет. Почти все время она ограничивалась внутренними частями кратера, и только в последний день, 4 ноября 1844 г., сильный лавовый поток вырвался наружу.

Много спорили о том, наблюдается ли при извержениях огонь. По старым сообщениям он играет большую роль и особенно хорошо виден ночью. Впоследствии, однако, убедились, что явления, которые приписывались прежде пламени, на самом деле происходят вследствие отражения текущей лавы; она освещает пары облаков и производит такое впечатление, как будто из горы вылетает огонь. Но хотя в больших размерах явления пламени и не наблюдаются, однако в некоторых

* Это чрезвычайно интересное явление. Кратер выбрасывает иногда кольцеобразные облака, которые, поднимаясь вверх, все растягиваются и увеличиваются. Подобное явление можно наблюдать, пуская кольца табачного дыма.

случаях они несомненны. Целый ряд достоверных фактов указывает, что из кратера, из лавовых потоков и из фумарол выделяются горючие газы; они-то и могут образовать пламя; по мнению Сименса, такое воспламенение горючих газов, особенно водорода, играет большую роль при взрывах.

## Продукты вулканических извержений

Наиболее важным и любопытным продуктом извержений являются *лавовые потоки*; на них мы и остановим прежде всего наше внимание. Состояние движущейся лавы чрезвычайно различно, но обыкновенно она представляет тягучую массу. Небольшие потоки обладают густотой меда, но в большинстве случаев сцепление их частиц значительно больше; по крайней мере, требуется некоторое напряжение, чтобы воткнуть палку в лавовую массу, и углубление, возникающее при этом, остается в течение целых часов. Многие потоки могут быть сравнены с полужидким цементом. В некоторых случаях, как это наблюдали *Гумбольдт* и *Буссенго* в Южной Америке, они не представляют вполне расплавленной массы, а являются смесью жидкой магмы с твердыми кусками.

Быстрота движения лавы различна, смотря по ее густоте и по наклону местности, где она совершает свой путь. Относительно небольшие лавовые потоки, льющиеся по крутым склонам, подвигаются вперед чрезвычайно быстро; поток, выброшенный Везувием 12 августа 1805 г., мчался по крутым склонам конуса с поразительной скоростью и в первые четыре минуты сделал $5^1/_2$ км, а в 1631 г. другой поток того же вулкана достиг моря в течение одного часа, т. е. прошел в это время 8 км. Особенно жидкие лавы выделяются открытыми базальтовыми вулканами о-ва Гавайи; они до того подвижны, что на обрывах образуют настоящие лавопады* и могут двигаться при самом ничтожном наклоне почвы, даже в 1°. Неоднократно наблюдалось, как эти лавы проходили 10—20 и даже 30 км в час. Но такая быстрота движения принадлежит во всяком случае к числу исключений; даже та лава, которую наблюдал *Скроп* в 1822 г. и которая в течении 15 минут успела спуститься от края кратера Везувия до подножия конуса, является далеко не обычной. На Этне движение лавы считают уже быстрым, если оно совершается со скоростью 1 км в 2—3 часа. Обыкновенно лава движется и того медленнее и в некоторых случаях проходит только 1 м в час.

Лава, вытекающая из вулкана в расплавленном состоянии, обладает белокалильным блеском и внутри кратера долго его сохраняет: это хорошо можно видеть там, где, благодаря трещинам, обнажаются глубокие части потока. Вне кратера лава быстро охлаждается, и поток покрывается скоро твердой корой, состоящей из темной шлаковой массы; в течение непродолжительного времени она становится столь крепкой, что человек может спокойно ходить по ней; иногда по такой коре, покрывающей еще движущийся поток, можно подняться до того места, откуда лава вытекает. Твердая шлаковая кора образует нечто вроде трубы, внутри которой

* Рисунок такого лавопада читатель найдет в главе «Вулканы Тихого океана».

движется жидкая масса. Передний конец лавового потока также покрывается черной твердой корой; при дальнейшем движении лава придавливает эту кору к земле и течет по ней дальше, покрываясь спереди новой шлаковой оболочкой. Это явление не имеет места только при очень быстром движении лавы; в остальных случаях путем сбрасывания и передвигания шлаков образуется слой застывшей лавы, по которому и движется поток. Последний представляет редкое зрелище: переднюю часть его *Пулет Скроп* сравнивает с огромной кучей углей, которые, под влиянием какого-то давления сзади, нагромождаются друг на друга. Движение его сопро-

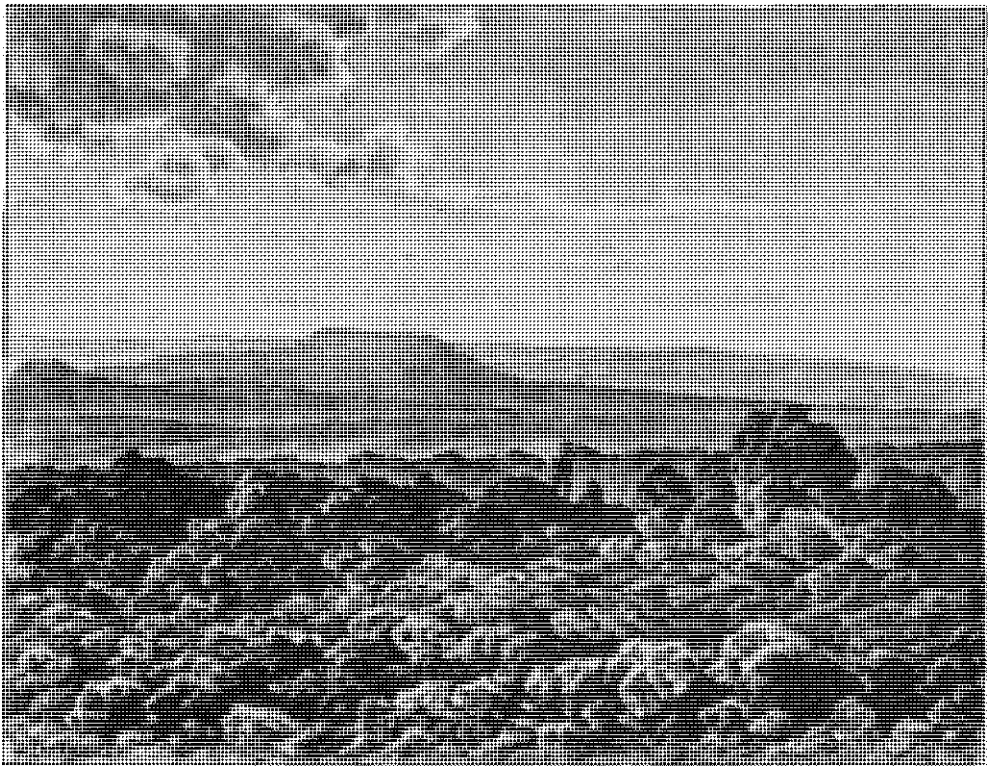


Рис. 151. **Глыбовая лава на о. Гаван. На заднем плане — вулкан Мауна Лоа** (по Дуттону)

вождается шумом, подобным звону разливающегося металла; этот шум происходит вследствие трения отдельных комков лавы, их раздробления и сокращения.

Твердая кора лавового потока обыкновенно не представляет ровной поверхности; она покрыта множеством трещин, через которые иногда вытекает жидкая лава; глыбы, образовавшиеся вследствие раздробления первоначального покрова, сталкиваются друг с другом, подобно льдинам во время ледохода. Трудно вообразить более дикую и угрюмую картину, чем та, которую представляет нам внешняя поверхность потока *глыбовой* лавы (см. рис. 151). Еще своеобразнее формы так называемой *волнистой* лавы, которая наблюдается реже, но хорошо известна всякому посетителю Везувия. Дорога от Резины до обсерватории проложена на значительном протяжении по такой лаве; последняя выброшена Везувием в 1855 г. Покров таких потоков не разбивается на куски, а представляет сплошную

массу, неровная поверхность которой своим своеобразным видом напоминает кишечные сплетения (см. рис. 153 и 154).

Расплавленные массы обладают способностью сильно поглощать газы и пары и выделять их снова при остывании. Серебро, сплавленное с селитрой, при охлаждении под колоколом воздушного насоса, выделяло много кислорода: объем его превосходил в 22 раза объем взятого металла; следовательно, один литр расплавленного серебра может поглотить 22 литра кислорода. Такой поглотительной

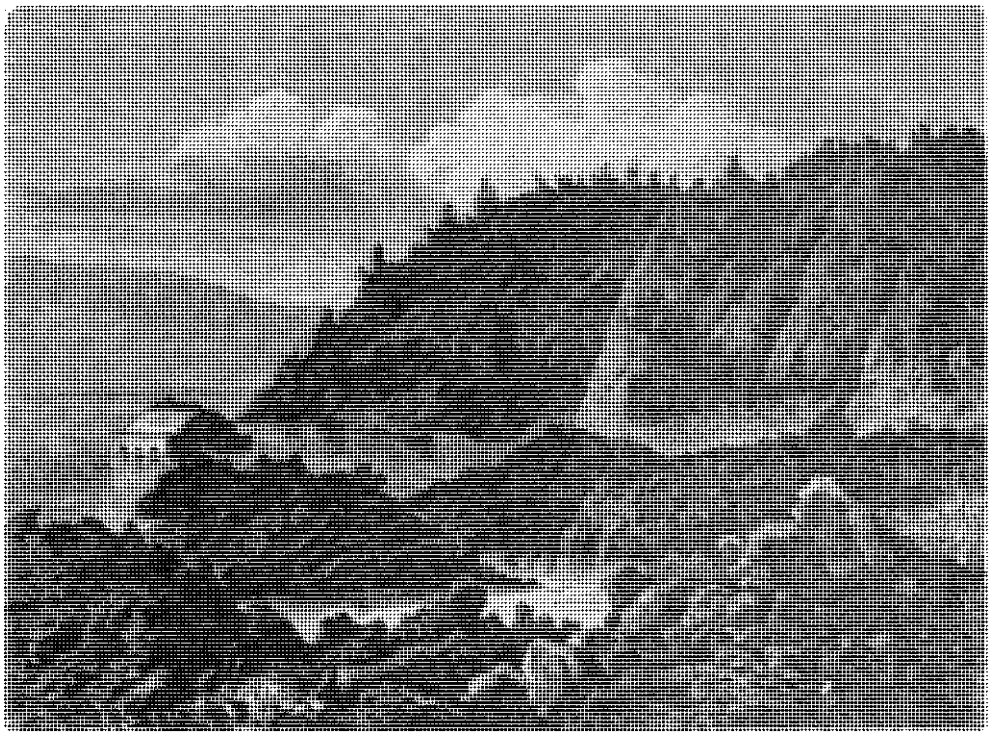


Рис. 152. **Конец потока глыбовой лавы, выливавшейся из кратера Гиоргнос в группе Санторина в Греции** (по Фуке)

способностью обладает и лава: она бывает насыщена главным образом водяными парами. Если лава охлаждается быстро с обильным выделением паров, то образуется глыбовая лава; если же охлаждение совершается медленно и сопровождается незначительным выделением пара, то получается волнистая лава. Количество выделяемого пара может зависеть как от самих свойств лавы, так и от условий, при которых она выливается и течет. На о-ве Гаваи в потоке волнистой лавы, или «пахоехое», как ее называют на местном паречии, были наблюдаемы ограниченные участки глыбовой лавы, или «аа»; это явление *Дана* объясняет случайным обогащением лавы водяными парами в тех местах, где почва была сыра.

Сначала газы и водяные пары выделяются на всем протяжении лавового потока; впоследствии же образуются так называемые фумаролы, и выделение пара происходит только из трещин и отверстий в коре, покрывающей поток. В последнем случае вместе с вырывающимися парами выбрасываются и комья жидкой лавы; они поднимаются в воздух и падают обратно к фумароле, где воздвигаются часто

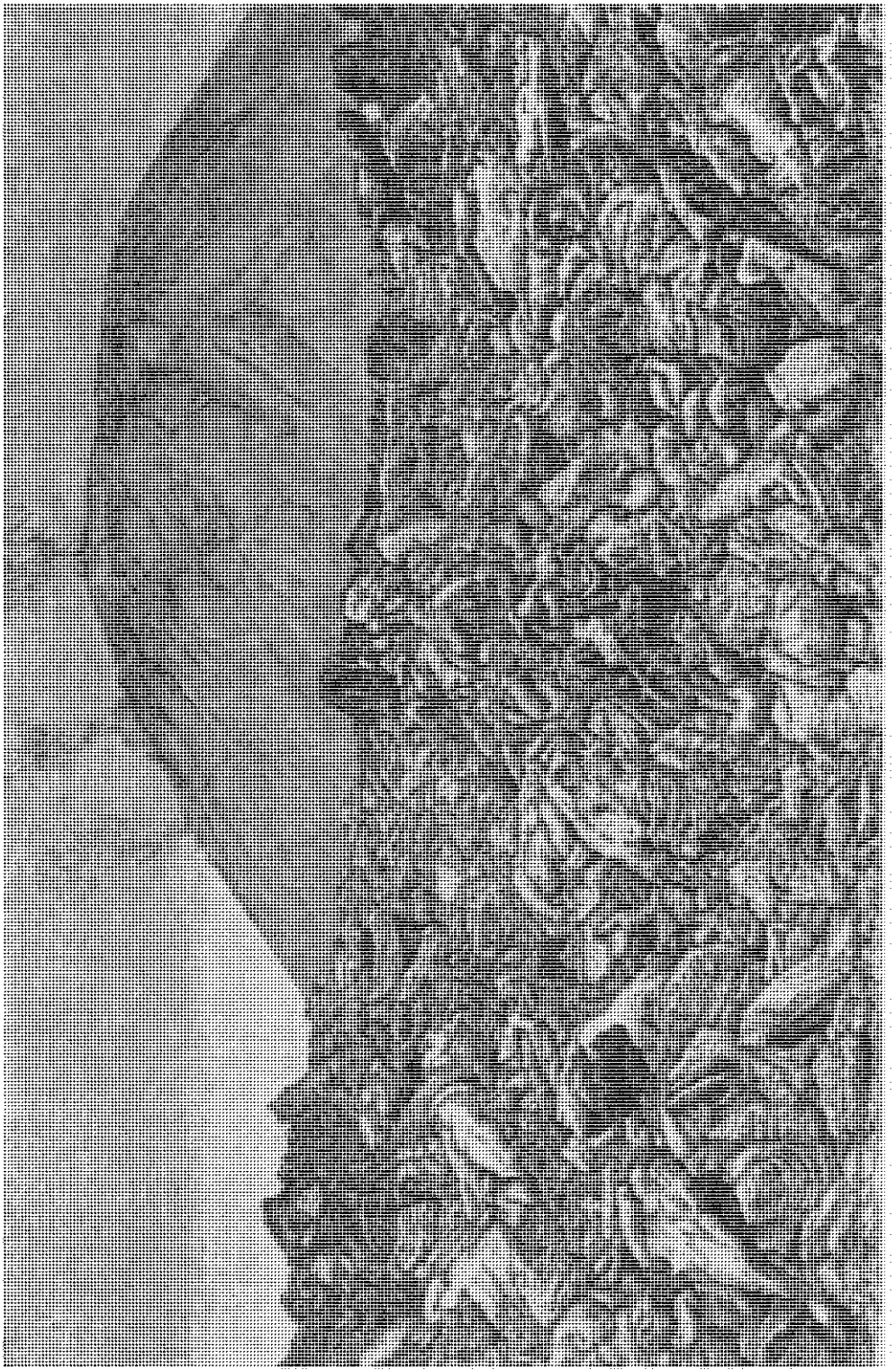


Рис. 153. **Волнистая лава Везувия** (по фотографическому снимку)

высокие конусы (см. рис. 155). Подобное явление можно воспроизвести искусственно, вылив расплавленную свинцовую окись на холодное и сырое место (см. рис. 155). Кроме водяных паров, лава выделяет много других газов, так, напр., пары соляной кислоты, нашатыря, хлорного железа, сернистого газа, углекислоты и др. В значительно бóльшем количестве эти же газы выделяются из кратера.

Особенно любопытны те минеральные образования, которые получаются при охлаждении паров или отдельных их составных частей; это так называемые «продукты возгонки». Среди таких образований наиболее распространены: поварен-

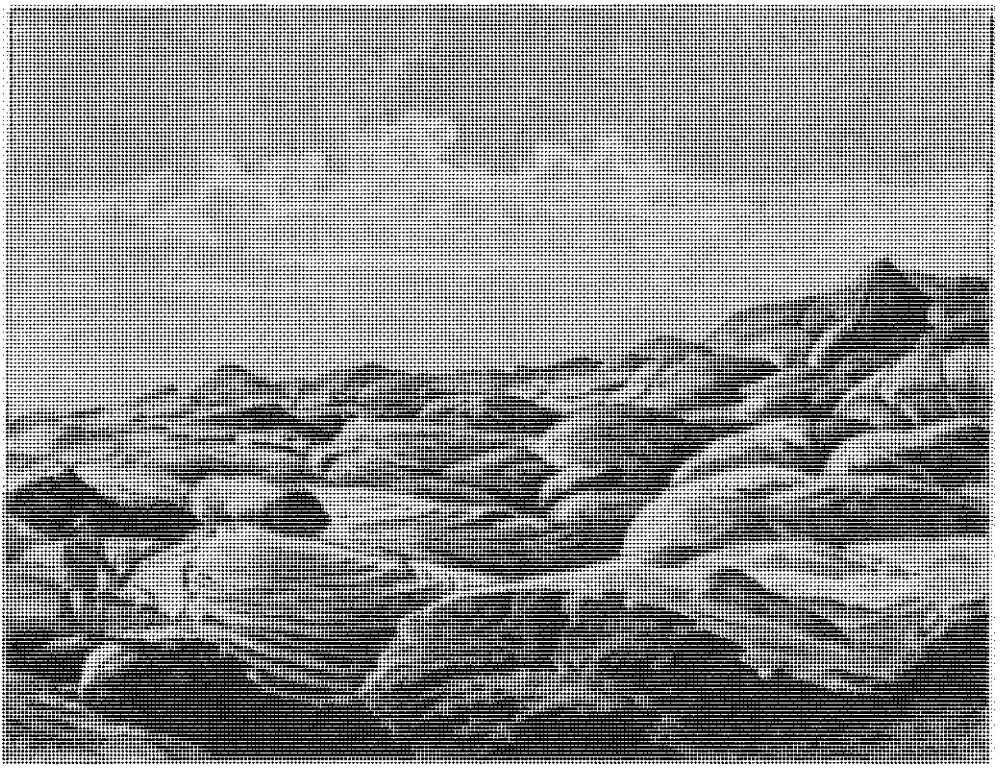


Рис. 154. **Волнистая лава вулкана Килауса на о. Гаваи** (по Дана)

ная соль, нашатырь и хлорное железо; последнее покрывает часть вершины и стены кратера ярко-желтым налетом, который нередко вводит в заблуждение туристов, принимающих его за серу. Водяные пары разлагают хлорное железо на соляную кислоту и окись железа, которая и выделяется в виде мелких кристалликов железного блеска. Между продуктами возгонки попадаются также хлористые соединения тяжелых металлов: меди и свинца; это проливает некоторый свет на происхождение многих рудных жил в древнейших массивных породах. Но особенно интересен факт, открытый внервые *Скакки* и подтвержденный впоследствии *Ратом* (von Rath). Оказывается, что при сгущении паров выделяются и кремнекислые соединения, так называемые силикаты; среди них образуются некоторые минералы, играющие важную роль в составе массивных горных пород, каковы: калиевый полевой шпат (санидин), авгит, слюда (биотит) и др.

Время, необходимое для остывания лавы, не может быть определено точно: в зависимости от мощности потока, строения лавы и степени первоначального жара оно бывает очень различно. В некоторых случаях лава застывает чрезвычайно быстро; так, напр., один из потоков Везувия в 1832 г. застыл в два месяца. В других случаях лавы находятся в движении до двух лет; часто по прошествии несколько лет температура лавы остается чрезвычайно высокой: кусок дерева, воткнутый в нее, мгновенно загорается. Такова была, напр., лава Везувия в 1876 г., через четыре года после извержения; в 1878 г. она уже остыла.

Некоторые потоки в течение многих лет образуют фумаролы. На Хорулло, в Мексике, в ключах, проходивших через лаву, которая вылилась 46 лет тому назад, Гумбольдт наблюдал температуру в 54°. Потоки значительной мощности застывают еще дольше. *Скаптар-иокул* в Исландии в 1783 г. выделил два лавовых потока, объем которых превосходил объем Монблана; нет ничего

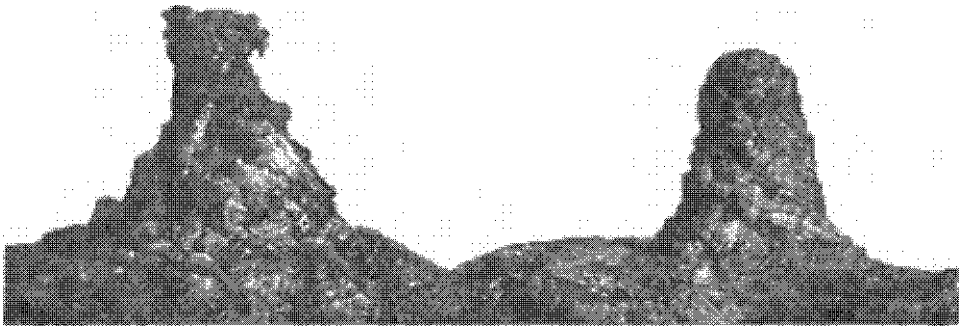


Рис 155 **Конус, образованный свинцовой окисью в одной из шахт Прибрама в Чехии**

удивительного в том, что такая мощная масса застывала постепенно в течение 110 лет.

Мы видели, что лавовые потоки быстро застывают с поверхности и одеваются твердой корой, в которой жидкая масса движется, точно в трубе. Если после этого количество выделяющейся лавы уменьшится, то такая труба не будет совсем ей заполнена: верхний покров станет понемногу опускаться, сильнее в середине и меньше по краям; вместо обычной выпуклой поверхности, какую представляет всякая густая текучая масса, получится вогнутая поверхность в виде желоба. Впрочем, твердая кора, одевающая поток, опускается далеко не всегда: если она будет достаточно мощна и крепка, то выдержит собственную тяжесть; в таких случаях внутри застывшего потока образуются пустоты; без сомнения, таким именно путем возникли знаменитые гроты Исландии. Наибольшей известностью среди них пользуется Суртсхеллир («Черная пещера») у Калманстунга, расположенный среди огромного лавового поля; длина его 1600 м, ширина 16—18 м и высота 11—12 м. Он состоит из главной залы с целым рядом боковых камер. Стены грота покрыты стекловатыми блестящими образованиями, с потолка спускаются великолепные лавовые сталактиты; по бокам видны длинные полосы—следы двигавшейся огненно-жидкой массы. Многие лавовые потоки острова Гаваи прорезываются длинными гротами, вроде тунпелей: местами эти гроты очень узки, иногда расширяются до 20 м и образуют обширные высокие залы, украшенные сталактитами; они тянутся

иногда на протяжении многих километров и извиваются, следуя всем направлениям лавового потока. Подобные туннели были описаны также на вулканических островах Бурбон (Реюньон) и Амстердам.

Быстро застывшая лава не обладает способностью явственно распадаться на так называемые *отдельности*, т. е. давать трещины в известных определенных направлениях; наоборот, в глубоких частях потока и в жилах, застывавших медленно, такие отдельности часто выражены весьма характерно. В новейших продуктах действующих еще вулканов нельзя ожидать их; для ознакомления с этими образованиями мы должны обратиться к древнейшим вулканическим поро-

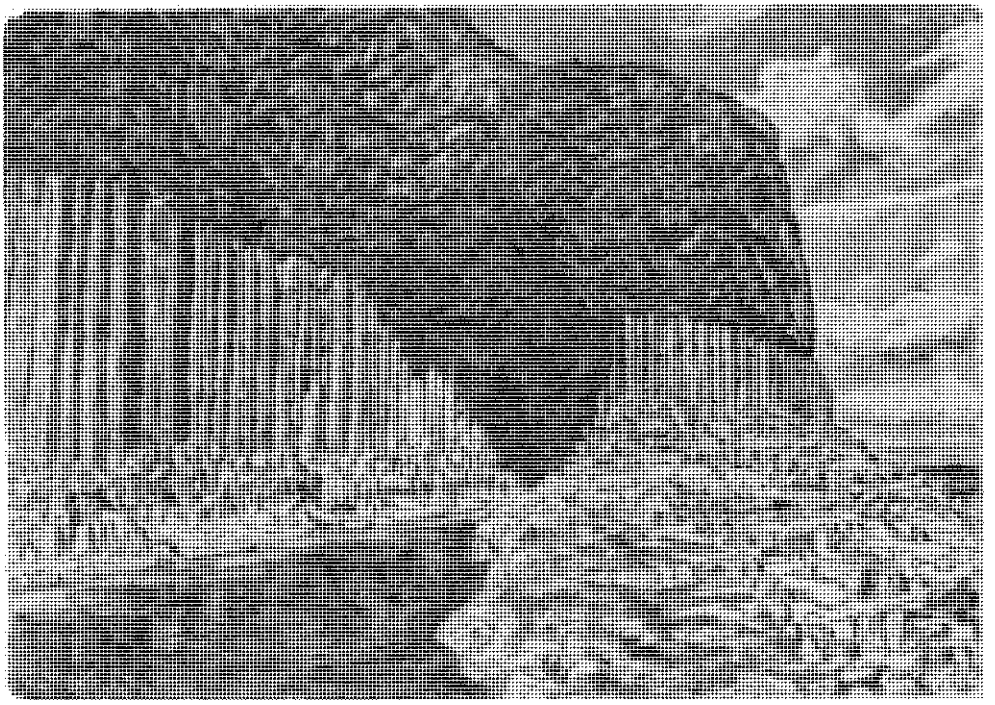


Рис 156. **Фингалова пещера на о. Стаффа** (по фотографическому снимку)

дам, которые, вследствие размывания, выветривания и других разрушительных процессов, обнажили свои глубокие частн. Особенно любопытны *столбчатые* отдельности, встречающиеся обыкновенно в базальтах и реже в порфирах, трахитах и диабазах. В виде исключения *Иддингс* наблюдал такие же отдельности в обсидиане северо-американского национального парка па реке Иеллоустоне. Величина таких колонн различна; иногда они достигают 100—150 ф. в длину и 8—9 дюймов в ширину; наоборот, на горе Баула в Исландии одни колонны бывают толщиной в палец, а другие достигают до 9 ф. в толщину.

Причиной таких замечательных образований является сокращение лавы при ее остывании. Вследствие растрескивания масса распадается обыкновенно на многогранные и чаще всего на *шестигранные* колонны; в глубине потока они стоят перпендикулярно к поверхности; в верхних частях или совсем не происходят распадения на отдельности, или же образуются неправильные призмы, сгруппирован-

ные в беспорядке и расположенные перпендикулярно к главным трещинам. Иногда верхние части таких потоков представляют тонкослоистые отдельности даже в форме шестигранных брусков и пластинок. Граница между верхней и нижней частью выступает так резко, что на первый взгляд кажется, будто здесь двигались два потока один над другим. Однако при ближайшем исследовании состав той и другой части оказывается настолько сходным, что принадлежность их к одиому потоку становится несомненной. Любопытный пример этого рода представляет Фингалова пещера иа острове Стаффа у берегов Шотландии (см. рис. 156). Вся

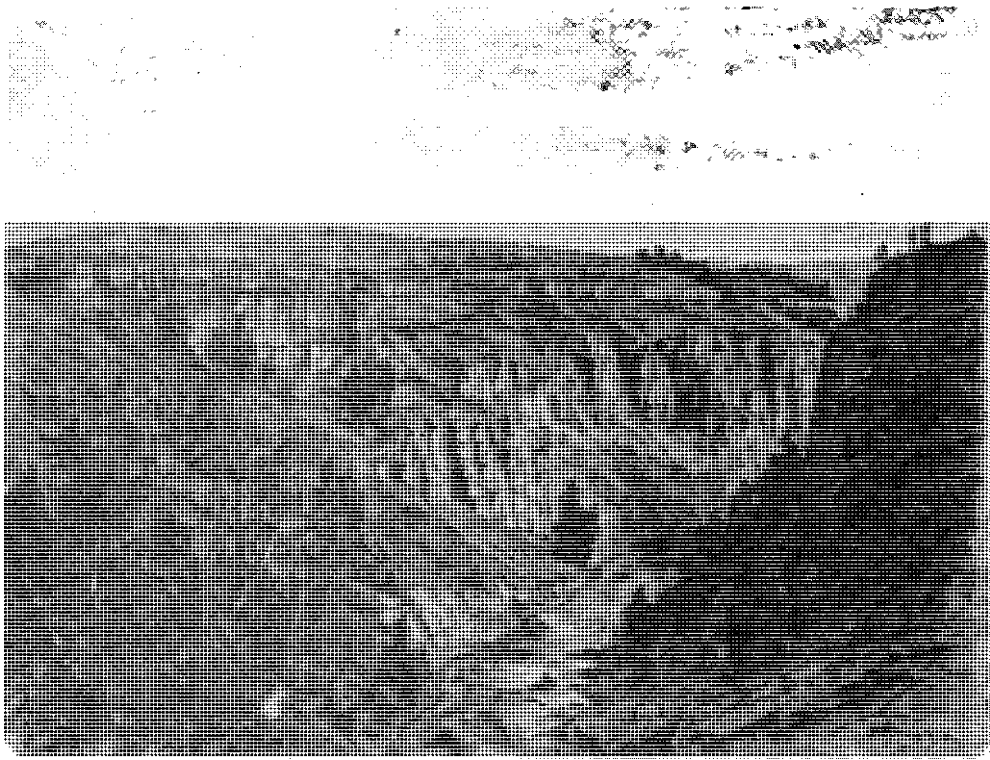


Рис. 157. **Столбы базальтов на берегу реки Колорадо в С. Америке**

базальтовая масса представляет часть разрушенного потока, нижние части которого распались на прекрасно выраженные столбы, верхние же представляют сплошную массу. Прекрасный пример столбчатых отдельностей в базальтовом покрове представляет рис. 157, изображающий местность на берегу реки Колорадо, в Северной Америке. Потоки лавы некогда залили эту местность, новые отложения покрыли его, и впоследствии река прорыла себе ложе в базальтах.

В лавовых жилах также образуются столбчатые отдельности, но расположение их в этом случае иное: призмы стоят и здесь перпендикулярно к охлаждающейся поверхности, но последняя не имеет горизонтального положения, как в лавовых потоках: ее образуют прямые или наклонные стенки жилы; вследствие этого отдельные призмы расходятся в обе стороны от центра и располагаются косо в виде бородок пера. Исследуя части вулканических горных

нород, обнаженные действием разрушительных процессов, часто бывает трудно решить, имеем ли мы дело с остатками жилы или потока. Расположение столбчатых отдельностей позволяет нам разобраться иногда в этом трудном вопросе; так, напр., вертикальные столбы на берегу реки Колорадо (рис. 157) обладают расположением, которое свойственно отдельностям лавового потока; наоборот, перистые образования Гумбольдтовой скалы на берегу Эльбы у Ауссига (Устье) в Чехии (рис. 158) являются прекрасным примером того строения, которым обладают жилы.

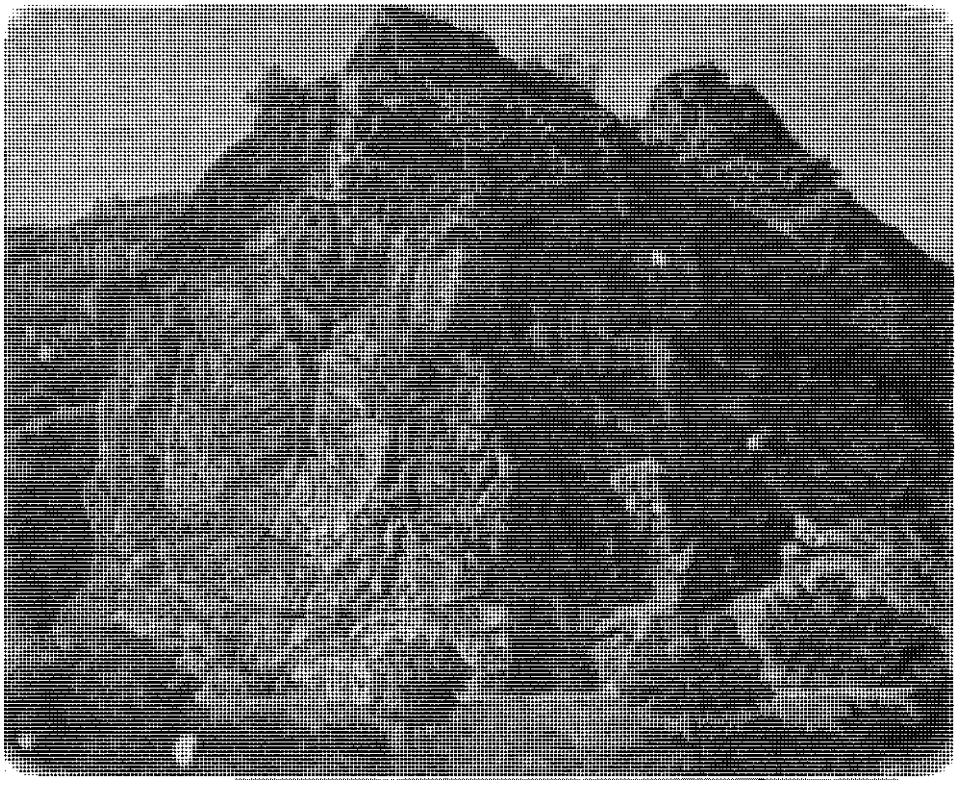


Рис. 158. **Перистое расположение отдельностей в Гумбольдтовой скале у Ауссига на берегу Эльбы в Чехии**

В других случаях застывающая лава приобретает сфероидальную структуру; вся порода распадается на шаровые отдельности, состоящие из концентрических слоев, расположенных друг на друге (см. рис. 159); иногда сфероидальное строение переходит в столбчатое и наоборот. В некоторых случаях горная порода распадается также на плитняковые отдельности (см. рис. 160).

Микроскопическое строение вулканических продуктов также разнообразно. Некоторые лавы образуют при застывании *стекловатые* горные породы; таковы в большинстве случаев трахитовые лавы разных местностей. Они представляют обыкновенно сильно блестящие массы с раковистым изломом и при разбивании дают осколки с острыми просвечивающими краями. Чаще они окра-

шены в черный цвет, реже в темно-бурый, серый и зеленоватый. Это так называемые *обсидианы*; они не представляют чистого вулканического стекла, и под микроскопом можно заметить в их основной массе множество мелких кристалликов. Обсидиановые лавы известны в Европе на Липарских островах к северу от Сицилии, и в огромном количестве на Исландии; кроме того, в Армении, на Канарских островах, на некоторых из Вест-Индских островов, в Мексике, в Национальном Парке Соедин. Штатов на реке Иеллоустон, и на Яве находится много богатых кремнекислотой стекловатых лав. Впрочем, стекловатое

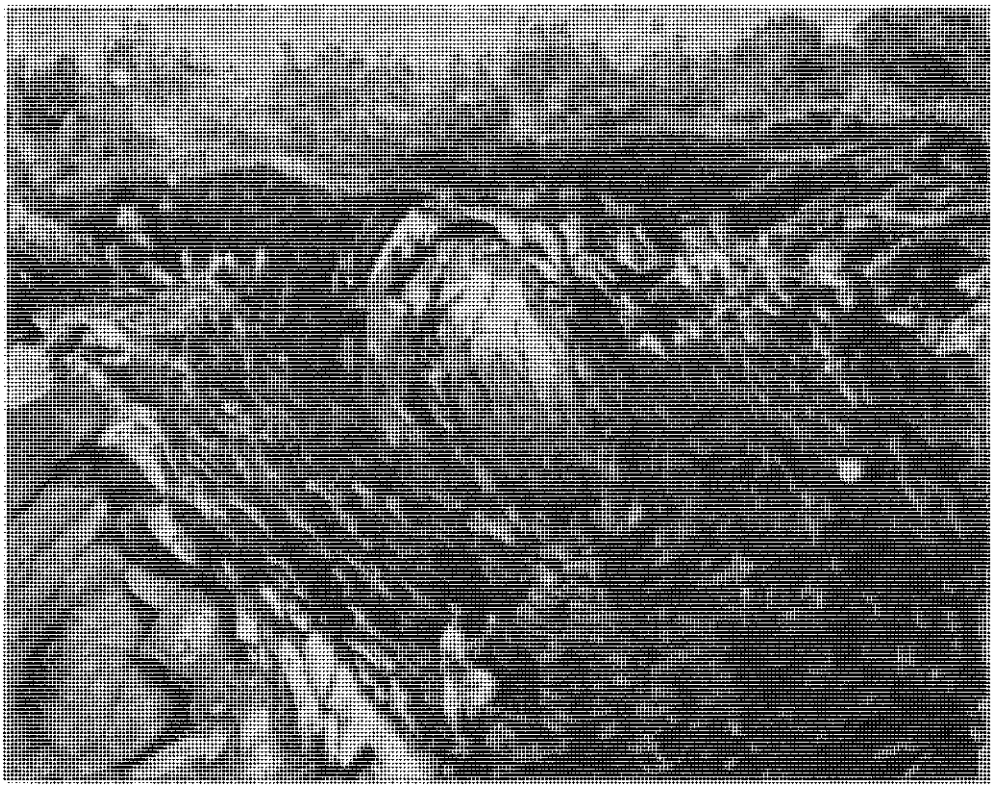


Рис. 159. **Шаровые отдельности Лукавеца в Темешском Комитате** (по фотографическому снимку)

строение лав является вообще исключением; особенно редко наблюдается оно у бедных кремнекислотой базальтовых лав.

Края базальтовых жил, которыми они примыкают к соседней породе (так называемые зальбанды), состоят иногда из базальтового стекла — тахилита. Такое же строение наблюдалось и в лавовом потоке Пасти Ада (Gueule de l'Enfer) в департаменте Ардем в Центральной Франции; нижние части его, распологающиеся непосредственно на древнейшей породе (гнейсе), обладают стекловатой структурой. Стекловатые видоизменения базальтовых лав в огромном количестве находятся на острове Гаваи; не чужды эти образования и большим потокам занадной части Северной Америки. Причина, вследствие которой лавы приобретают

стекловатое строение, не вполне известна нам. Общераспространенное мнение, по которому быстрота остывания имеет решающее значение, не может быть удержано ввиду существования мощных потоков, состоящих из обсидиана и распадающихся на столбчатые отдельности. Может быть, тягучесть кислых лав, препятствующая свободному движению молекул, является важным условием стекловатого строения. Противоположность представляют основные лавы, обладающие значительной подвижностью частиц, которая и позволяет им вполне выкристаллизовываться. Причину большой подвижности основных лав *Дана* видит в легкоплавкости их составных частей, а наклонность кислых лав образовывать стекловатые породы *Юдд* приписы-

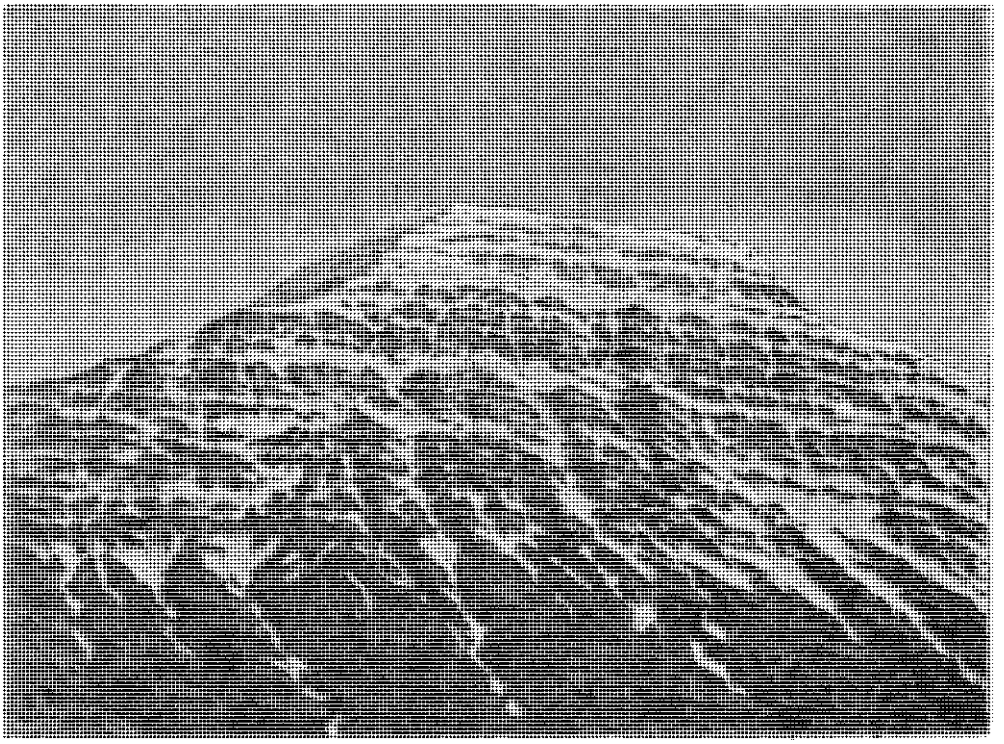


Рис. 160. **Базальты Хольмарефьила в Исландии, распадающиеся на плитняковые отдельности** (по Надгорету)

вает богатому содержанию в них натровых и калиевых силикатов, которые, как показывает фабричная практика, вообще благоприятствуют образованию стекла.

Гораздо более распространены *кристаллические* лавы. Верхние части потоков обыкновенно представляют пузырчатые шлаковые образования, но в глубине кристаллическое строение выступает в столь резкой форме, что в некоторых случаях такие лавы очень трудно отличить от древнейших базальтов и трахитов.

Неоднократно указывали на непостоянство *химического состава* лав; при этом имели в виду трахитовые и базальтовые извержения породы. На самом деле под именем лавы мы разумеем не какую-нибудь определенную в химическом и минералогическом отношении породу: этим словом мы обозначаем всякую рас-

плавленную массу, выбрасываемую вулканом. «Все то, что вытекает из кратера и отлагается в новых местах, называется лавой»,—говорит Леопольд фон Бух. Число пород, относящихся к разряду лав, довольно ограничено: это главным образом трахиты, базальты и породы, занимающие промежуточное положение между ними. Кроме того, сюда же можно отнести некоторые другие породы, характеризующиеся содержанием известных минералов: лейцита, нозеана, нефелина и др. *Трахиты* и *базальты* представляют различие не только в их химическом и минералогическом составе; лавовые потоки, образованные ими, обладают далеко не одинаковыми физическими свойствами. Базальтовые лавы наклонены распространяться в ширину и текут на огромных протяжениях; трахитовые лавы обладают большой густотой, меньшей подвижностью. Как древнейшие, так и новейшие базальтовые лавы встречаются особенно часто в виде покрова. Упомянутый выше огромный поток Скантарь-иокула в Исландии относится к базальтам. Вообще во всякой вулканической местности можно найти целый ряд примеров, подтверждающих справедливость сказанного. Наоборот, трахиты представляют короткие и широкие потоки с поверхностью, покрытой множеством неровностей.

Свойства лавы одного и того же вулкана далеко не всегда одинаковы; некоторые вулканы в течение всей своей деятельности выбрасывают только один какой-нибудь вид лавы, но в большинстве случаев они выделяют одновременно как базальтовые, так и трахитовые массы; в редких случаях вулкан выбрасывает то одну, то другую лаву (Гекла и Крафла в Исландии). Значительно чаще свойства и состав лав изменяются с известной правильностью; сначала выделяется одна лава, затем другая. Обыкновенно трахитовые продукты предшествуют базальтовым. Примером может служить Везувий: Сомма состоит из пород, богатых кремнекислотой, наоборот, во время новейших извержений выбрасывались бедные кремнекислотой лейцитовые лавы. В некоторых случаях по окончании базальтового периода деятельности вулканы выделяют в течение непродолжительного времени трахитовые лавы. В Венгрии и в западной части Северной Америки *Рихтофен* наблюдал сложную последовательность различных лав. В этих странах продукты древнейших извержений обладают сильно основным характером и состоят из пропилита и андезита; далее кислотность возрастает, выбрасываются трахировые лавы и сильнокислые риолиты; наконец, опять появляются базальты. Эта замечательная последовательность, названная по имени открывшего ее ученого, наблюдается в Японии, на Липарских островах и в других местностях.

Таким образом, в большинстве случаев продукты, выбрасываемые вулканами, подвержены известным сменам. В чем же причина этого явления? По-видимому, в глубинах, откуда извергаются лавы, существуют два разнородных материала, занимающих различные области: один и тот же вулкан получает лаву из разных областей. В большинстве случаев можно допустить существование двух областей; одна доставляет лавы, богатые кремнекислотой, другая—бедные ей; лавы, занимающие промежуточное положение по своему составу, происходят вследствие смешения. Мысль эта подтверждается исследованиями *Бунзена* над лавами Исландии: он показал, что на этом острове встречаются крайние представители того и другого рода. Одни он называет нормальными трахитовыми породами, другие—нормальными пироксеновыми породами (лучше было бы их назвать базальтовыми). Химический состав их следующий:

| | Нормальн. трахиты | Нормальн. базальты |
|---|---|---|
| Кремнекислоты | 76,67 | 48,47 |
| Глинозема и закиси железа | 14,23 | 30,16 |
| Окиси кальция | 1,44 | 11,87 |
| Окиси магния | 0,28 | 6,89 |
| Окиси калия | 3,20 | 0,65 |
| Окиси натрия | 4,18 | 1,96 |
| Всего | 100,00 | 100,00 |

Остальные горные породы, по количеству содержащейся в них кремнекислоты, занимают промежуточное положение; они рассматриваются как смесь нормальных трахитовых и базальтовых лав. Процентный состав этих пород вполне подтверждает такое допущение. Если, напр., в некоторой горной породе найдено 53,08 процентов кремнекислоты, то это позволяет рассматривать ее как смесь 1 части трахитовой массы и 5,117 частей базальтовой. Можно вычислить, сколько глинозема и окиси железа, извести, магнезии и т. д. должна содержать порода и проверить вычисленный состав непосредственным анализом. Результаты подобных сопоставлений приведены в следующей таблице:

| Составные части породы | I | | II | | III | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Найдено | Вычислено | Найдено | Вычислено | Найдено | Вычислено |
| Кремнекислоты | 51,75 | 51,75 | 53,08 | 53,08 | 73,37 | 73,37 |
| Глинозема и окиси железа | 28,31 | 28,39 | 27,57 | 28,70 | 16,09 | 17,25 |
| Извести | 10,65 | 10,49 | 10,16 | 9,92 | 2,66 | 2,49 |
| Окиси магния | 6,13 | 5,90 | 5,81 | 5,32 | 1,05 | 1,52 |
| Окиси калия | 0,96 | 1,01 | 1,06 | 0,61 | 2,90 | 3,01 |
| Окиси натрия | 2,20 | 2,46 | 2,32 | 2,37 | 3,93 | 2,35 |
| Сумма | 100.00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 99,99 |

I. Порода из Рейгадалр Фосс у Гваммра (1 часть трахита, 7,597 частей базальта).— II. Горная порода из Кальманстунги (1 часть трахита, 5,117 частей базальта).— III. Фонолит из горы Клетта у Кальманстунги (1 часть трахита, 0,1325 частей базальта).

Это поразительное совпадение вычисленного и непосредственно найденного состава замечается во всех исландских массивных горных породах. Тому же закону подлежат многие вулканические породы других местностей, как, напр., породы Армении, исследованные *Абихом*. Однако существует не мало и таких изверженных пород, которые не могут быть рассматриваемы как смесь базальтовой трахитовой массы: они содержат, напр., более 76,87 процентов кремнекислоты. Отсюда следует, что свести все массивные горные породы земли к двум типам *Бунзена* невозможно, но что касается Исландии, то существование двух различных масс, питающих ее вулканы, почти доказано. Весьма вероятно, что все горные породы каждой данной области могут быть сведены к двум главным типам, состав которых может быть везде одинаков или различен, смотря по местности.

Полагая, что в глубинах существуют две различных массы, питающих вулканы, мы до сих пор, однако, ничего не говорили ни об их свойствах и залегании, ни о причинах их смешения. Установить какую-нибудь точку зрения на этот предмет

чрезвычайно трудно, но среди всех гипотез, объясняющих явление, наиболее вероятна гипотеза *Сарториуса фон Вальтерсгаузена.* По общепринятому воззрению Земля была первоначально расплавленным шаром. При охлаждении последнего различные вещества располагались ближе к центру или дальше от него в зависимости от их удельного веса: тяжелые массы сосредоточились в центре, более легкие расположились около него в виде ряда последовательных концентрических слоев. Так как богатые кислотой силикаты (нормальные трахиты) обладают меньшим удельным весом, то они и образовали внешний слой первоначального земного шара; бедные же кремнекислотой силикаты (нормальные базальты) расположились глубже. Таким образом обе области, из которых вулкан получает лаву, лежат друг на друге; трахитовые лавы извергаются с меньшей глубины, базальтовые — с большей. На границе этих двух областей обе массы перемешаны и постепенно переходят одна в другую. Отсюда возможно появление на поверхности лав промежуточного характера. Можно сделать другое объяснение и представить, что базальтовые массы, извергающиеся из глубины, увлекают за собой трахитовые массы. Иногда продукты одного и того же извержения неоднородны на всем своем протяжении; в таких случаях можно допустить, что смешение обоих материалов было неравномерным и что в расплавленной массе еще до ее извержения породы различного состава присутствовали в обособленном виде.

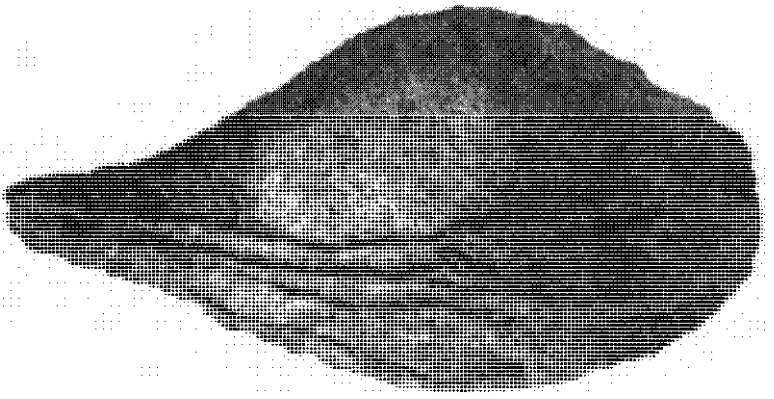


Рис. 161. **«Скрученная бомба», выброшенная Везувием в 1872 г.**

Наряду с лавами громадный интерес представляют и рыхлые продукты извержений; большие камни, выбрасываемые вулканами, носят название *вулканических бомб*, мелкие — *лапилли*, или *рапилли; вулканическим песком* называют мелкозернистые обломки твердых продуктов и *вулканическим пеплом* — мельчайшие частицы их, подобные пыли. Происхождение всех этих вулканических продуктов может быть двоякого рода. Часто низвергаются в кратер большие или меньшие части прежнего конуса, размельчаются и снова выбрасываются вверх: иногда весь прежний конус взлетает на воздух. Но обломки конуса дают только незначительную часть извергаемых рыхлых продуктов: главная масса их состоит из расплавленных пород, которые выбрасываются из глубины и сильными взрывами пара раздробляются в мелкую пыль, подобно воде, которую стреляют из пистолета. Справедливость такого соображения подтверждают многие явления и прежде всего особый вид круглых или овальных так называемых «скрученных бомб» («gedrehte Bomben»; в Неаполе их называют «слезами

Везувия»; см. рис. 161); это куски лавы, выброшенные из кратера в расплавленном состоянии и отвердевшие во время полета через воздух; вследствие вращательного движения они покрылись спиральными бороздами. В большинстве случаев рыхлые продукты превосходят по своей массе количество вытекающей лавы. Если извержение происходит под водой или твердые продукты его падают в море, то образуются слоистые осадки вулканических туфов, заключающие иногда остатки морских животных. Вся Неаполитанская Кампания состоит из таких пород; происхождение их вряд ли может быть приписано деятельности Везувия; вероятнее допустить, что они выброшены вулканами Флегрейских полей. По мнению *Деекке* их следует приписать извержениям кратера Камальдоли.

Среди продуктов извержений многих вулканов, и особенно Везувия, большого внимания заслуживают обломки тех горных пород, которые прорезывала лава при своем движении вверх и увлекала за собой при извержении (fremde Blocken). Такие продукты редко попадаются у новейших конусов Везувия, а при последних извержениях и вовсе отсутствовали; напротив того, древний Везувий,—Сомма во время своих доисторических извержений выбрасывал огромное количество таких бомб. Последние состоят отчасти из новейших морских отложений с раковинами двухстворчатых и брюхоногих, отчасти из серых известняков меловой системы. В Апеннинах и горах Соррента подобные известняки образуют мощные пласты; вероятно, они залегают также в глубине под Везувием. Выброшенные вулканами известняки претерпели существенные изменения; некоторые обломки их превратились в кристаллический мрамор, в некоторых же из них, вследствие химического действия лавы на углекислый кальций, образовался целый ряд любопытных и прекрасно окристаллизованных минералов. Чаще всего попадается кальцит, авгит, слюда, оливин, реже везувиан, гранат, форстерит, гумит, сарколит, мейонит, мелилит, лейцит, нефелин, содалит, гаюин, волластонит и многого других. Везувий считается одним из знаменитых месторождений различных минералов.

## Теория поднятия и теория накопления

Если бы мы поднялись на конус Везувия или заглянули в одну из глубоких трещин, обнажающих его внутренние части, то заметили бы, что этот конус образован теми массами, которые выбрасываются из кратера. Рыхлые продукты — рапилли, вулканический песок и пепел — перемешаны с застывшими потоками лавы; они прорезаны во всех направлениях лавовыми жилами, которые заполнили трещины в боках горы. Мы уже видели, что во время умеренной деятельности вулкана происходит наконление изверженных масс, и конус постепенно растет: этим путем в очень короткое время возмещаются значительные потери, претерпеваемые вершиной во время сильных извержений. Части конуса, образовавшиеся на наших глазах, не отличаются от древнейших его частей ни материалом, из которого построены, ни его расположением; поэтому мы можем думать, что и весь конус образовался путем наконления продуктов извержений, начиная с 79 года.

Мы не имеем точных сведений об извержении Соммы в историческое время; но для нас несомненно, что этот полукруглый вал, окружающий конус Везувия, представляет остаток древнего кратера. Сомма также состоит из нагроможденных масс лавы, вулканического пепла, песку, шлаков и в расположении их обнаруживает большое сходство с внутренним конусом. Мы не находим здесь и следа горных пород, которые не имели бы связи с извержениями; массы, образующие Сомму, расположены именно так, как мы наблюдаем их на несомненных конусах накопления. Отсюда нетрудно представить и способ образования Соммы. Как уже сказано, это — древний кратер; внутри него вырос новый конус, в котором и сосредоточилась деятельность вулкана. Почти при каждом извержении новые лавы изливаются в Атрио дель Кавалло, и если только не случится страшного извержения, во время которого обрушатся вместе с вершиной и массы, загромождающие ущелье, то с течением времени последнее будет окончательно заполнено, новые продукты будут накопляться над ним, и Везувий сольется с Соммой в одну гору; ущелье, отделяющее их теперь, заменится террасой, подобной нынешнему Ле Пьяне.

В настоящее время почти все геологи рассматривают Везувий и Сомму, как результат накопления изверженных продуктов; этот взгляд распространяют обыкновенно и на все другие вулканы. Теория, объясняющая происхождение огнедышащих гор таким именно способом, носит название *теория накопления*; ей противоположна *теория поднятия*, принадлежащая *Леопольду фон Буху* и *Александру Гумбольду* и впоследствии доведенная до крайности *Дюфренуа* и *Эли де Бомоном*. Различные сторонники этой теории придавали ей иногда более широкое, иногда более узкое значение, но все они признают, что во время извержений не только выливаются расплавленные массы на земную поверхность, но также приподнимаются расположенные вокруг горные породы; последнему процессу они приписывают решающее значение в образовании рельефа вулканических областей. По теории поднятия образование огнедышащей горы начинается вздутием почвы и горных пород, залегающих на поверхности. Иногда, а по мнению некоторых сторонников теории очень часто, явление этим и ограничивается. Таким именно путем и возникли трахитовые, базальтовые и т. п. купола, в которых не видно и следов кратера, вулканического пепла, шлаков, лавовых потоков. Прекрасными примерами подобных образований могут служить огромные трахитовые горы южноамериканских Андов, как, напр., *Чимборасо*, а также *Пюи де Дом* в Средней Франции, *Вультур* у Мельфи в Италии и огромное число обнажений массивных пород третичного возраста. В других случаях эти вздутия лопались и образовывали кольцевые горы, так называемые «кратеры поднятия». В центре последних постепенно образовался тот кратер, который непосредственно доставляет на дневную поверхность лаву и рыхлые продукты.

По этой теории Сомма рассматривалась, как кратер поднятия, конус же Везувия — отчасти как результат накопления, отчасти как второй кратер поднятия, выдвинувшийся внутри первого. Некоторые сторонники теории вообще не приписывали никакой существенной роли накоплению и объясняли происхождение всех вулканических гор поднятием; другие же, напр. Гумбольдт в работе «Космос», не разделяли такого крайнего взгляда и допускали возможность образования конусов путем одного накопления.

Не говоря уже о частностях, трудно объяснимых поднятием, достаточно указать, что в прямом противоречии с разбираемой теорией находится следующий факт: почти все кольцевые валы состоят исключительно из вулканических горных пород, между тем в образовании кратера поднятия могли бы участвовать известняки, глинистые сланцы, песчаники в той же степени, как лавы и туфы. Это заставило последователей теории допустить, что в первый период охлаждения земли, когда еще не было гор, первобытная кора покрылась трещинами, через которые вылились базальты, трахиты и другие родственные им породы в виде обширных покровов. Последние были приподняты вулканическими силами и образовали кратеры огнедышащих гор. Но такое допущение объясняет только присутствие вулканических пород в кратерах, но не исключительное их преобладание; во всяком случае, должна была бы существовать резкая граница между первоначальными составными частями приподнятого кольца и новейшими вулканическими продуктами; но, как прекрасно доказал *Гартун*, такой границы на самом деле не существует.

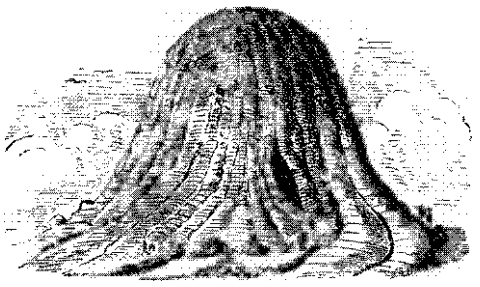


Рис 162. **Колоколообразный лавовый конус на острове Бурбон (Реюньон)** (по Пулету Скропу)

Рис. 163. **Гора Эгмонта в Новой Зеландии** (по Гохштеттеру)

Лучшим доводом в пользу теории поднятия считали наклонное положение многих лавовых покровов и пластов, а также крутизну некоторых вулканических конусов, превосходящую естественный угол падения сыпучих тел; особенное значение придавали сильно наклоненным лавовым потокам, так как предполагалось, что жидкая магма не может удержаться и затвердеть на крутых склонах. Эли де Бомон обратил большое внимание на этот факт и пытался доказать, что уже при наклоне в 4° лава не может держаться и что только в очень редких исключительных случаях она застывает при наклоне в 6°. Но в основании всех этих доводов лежала глубокая ошибка: человеческий глаз обыкновенно преувеличивает крутизну склонов, и в большинстве рисунков высота гор обозначена

не верно. Утверждая, что конусы вулканов вследствие своей крутизны не могли образоваться путем накопления, ученые основывались на измерениях, произведенных ими на рисунках южноамериканских вулкаиов. Точные данные, полученные в последнее время, показали, что измерения были не верны; Везувий со склонами в 31° принадлежит уже к числу очень крутых конусов, а такие горы, как Гунунг Сумбинг на Яве с наклоном в 37° или Ключевская сопка на Камчатке с наклоном в 38° являются редким исключением; вулканов с наклоном в 40° вовсе не известно.

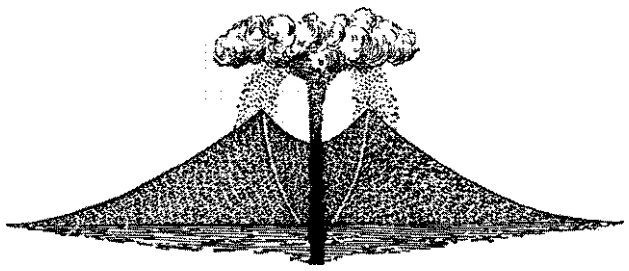


Рис. 164. **Схематический разрез вулкана** (по Пулету Скропу)

Что касается мнимой несособности лавовых потоков застывать на крутых склонах, то соображения Эли де Бомона прямо опровергаются непосредственными наблюдениями. Уже в историческое время выброшено вулканами не мало таких потоков лавы, которые застыли, несмотря на их сильный наклон. В окрестностях Этны Ляйэлль наблюдал целый ряд таких случаев. Так, напр., один лавовый поток этого вулкана застыл под уголом в 35°; положение главной массы лавы, выделившей его, и туфов, по которым он двигался, исключают всякую мысль о возможности поднятия; на острове же Бурбон (Реюньон) в Индийском океане, известен лавовый столб, имеющий форму колокола: он образовался вследствие остывания лавы, медленно выделявшейся из бокки (см. рис. 162).

Рис. 165. **Вулканический конус в Новой Зеландии, сидящий на горизонтальных третичных пластах** (по Пулету Скропу)

Против теории поднятия говорят и другие факты. Если бы горы, имеющие форму конусов и колоколов происходили вследствие поднятия горизонтально расположенных пород, то они сопровождались бы трещинами. Сторонники рассматриваемой теории пытались в известных случаях отыскать их, но безуспешно. Правда, многие конусообразные вулканы острова Явы нокрыты трещинами, расходящимися во все сторопы в виде лучей; подобные же явления *Гохштеттер* наблюдал в Новой Зеландии на горе Эгмонта (рис. 163) и в некоторых других местах. Но если бы эти трещины возникали вследствие подпятия, то они должны бы были расширяться кверху. Отсутствие этой особенности заставляет приписать их происхождение действию стекающей с вершины воды. То же следует сказать и о глубоких оврагах и

ущельях на наружных склонах вулкана, называемых барранкосами и особенно хорошо развитых на Канарских островах; впоследствии мы подробнее остановимся на этом явлении, теперь же заметим, что оно не имеет ничего общего с явлениями поднятия.

В появлении новых вулканов на глазах человека видели также довод в пользу теории поднятия. Сообщение *Овидия* о появлении огнедышащей горы на полуострове Мефань на северном берегу Пелопонеса, конечно, не может служить доказательством. Особенной известностью пользуется вулкан Хорулло в Мексике, внезапно появившийся среди цветущей равнины в ночь с 28-го на 29 сентября 1759 года. Окрестные жители рассказывают, что на их глазах земля вздулась в виде пузыря: в момент катастрофы они бежали на холм, поднимавшийся над равниной на 2260 м и отсюда видели, как образовывался вулкан. Конечно, здесь не может быть и речи о точных наблюдениях. Так называемый Мальпайс представляет лавовое поле, в современном состоянии которого нет никакого намека на возможность происходившего здесь поднятия.

Многие чрезвычайно важные наблюдения совершенно противоречат теории поднятия в ее крайнем выражении. Вулканы, повторные извержения которых не успели замаскировать характер напластования образующих их пород, обладают сравнительно простым строением: главная масса изверженных продуктов представляет пласты, падающие кнаружи во все стороны от центра; внутри же кратера слои туфов и пепла расположены обратно и падают к центру (см. рис. 164). Это «*переклинальное*» залегание рыхлых продуктов, как его называет *Рихтгофен*, прекрасно выражено, между прочим, в Сольфатаре у Поццуольского залива. Оно легко объясняется накоплением: изверженные продукты, падая с краев кратера внутрь, естественно должны образовать склоны, которые с течением времени приобретут слоистое строение; наоборот, теория поднятия не может объяснить падение пластов внутри кратера к его центру.

Еще больше возражений разбираемой теории представляет тектоническое отношение кратера к соседним ему древнейшим породам. Так, например, *Пулет Скроп* наблюдал на Новой Зеландии чрезвычайно любопытный, хотя незначительный вулканический конус: он возвышается над горизонтально расположенными пластами третичной системы (рис. 165), которые не только не приподняты, но даже несколько наклонены по направлению к вулкану. Точно также *Дуттон* описывает вулкан среди каньонов реки Колорадо, стоящий на горизонтальных пластах (см. рис. 271). Не лишены значения и исследования *Титце* над огромным вулканом Демавендом в Персии, подымающимся приблизительно на 20 000 ф. Он располагается в восточной части хребта Эльбурс, который тянется с востока на запад вдоль южного берега Каспийского моря. Вулкан этот не вносит никаких изменений в простирание и падение пластов, образующих хребет: кругом незаметно и следов поднятия, и подножием вулкана служат складчатые горы, ни в чем не измененные его появлением.

Мы видим таким образом, что все обычные появления вулканов вполне удовлетворительно объясняются теорией накопления и что с последней вполне согласуются фактические данные. Наоборот, теория поднятия не выдерживает строгой критики; при объяснении явлений она представляет много непреодолимых трудностей и в настоящее время отвергнута наукой. Впервые *Юнихун* и *Дана* заме-

тили, что их наблюдения не согласуются с этой теорией, но только *Ляйэлль, Константин Прево* и *Пулет Скроп* решительно выступили против теории поднятия; они приобрели много сторонников, и их взгляды нашли широкое распространение. Конечно, признание того факта, что образование конусов вулканов происходит главным образом вследствие накопления, является несомненным успехом. Но соглашаясь с большинством геологов, мы не можем не заметить, что противники отвергнутой теории зашли слишком далеко в своем безусловном отрицании каких бы то ни было явлений поднятия при вулканических извержениях. Мы приведем здесь несколько фактов, которые покажут справедливость нашего замечания и напомнят, насколько всякий исследователь должен быть осторожен в своих крайних заключениях.

Пример несомненного поднятия был уже описан и правильно оценен *Пулетом Скропом*, решительным противником теории Леопольда фон Буха. В Оверни находится древний кратер Пьи Шонин, окруженный полукруглым валом Пюи де ла Гутт так же, как Везувий окружен Соммой. Пюн Шонин обладает замечательною особенностью: в его строении принимают участие не только новейшие изверженпя породы, каковы трахиты и базальты, но также и древние граниты. С одной стороны горы виден только трахнт, на других же склонах, обращенных к югу, юго-востоку и юго-западу, строение вулкана представляется сложным (рис. 166): на основании, состоящем из базальтов и базальтовых шлаков, покоится мощный слой гранита, прикрытый сверху трахитом; но Пулету Скропу гранит располагается между базальтом и трахитом, как «начинка в нироге». В некоторых местах трахит залегает и под гранитом. До сих нор еще не сделано удовлетворительного объяснения всех особенностей этого редкого явления; но всего вероятнее, что своеобразное расположение гранита указывает на местное поднятие огромной толщи древних пород, происшедшее при извержении Пюи Шопин.

Подобное же явление, но значительно резче выраженное, онисывает *Абих* в своем замечательном сочинении об армянском плоскогории. Недалеко от города Эрзерума стоит гора Паландокен, возвышающаяся над уровнем моря на 3147 м и пад окрестиой равпиной на 1145 м. Огромный кратер ее состоит не только из иовейших изверженных пород, и в его строении принимают также участие змеевик, хлоритовые сланцы, известняки и гинс. Все эти породы обнаруживают явные следы резких нарушеиий и прикрыты сверху трахитами. По-видимому, и в этом случае следует предположить, что во время извержений происходили движения и поднятие древнейших пород.

Незадолго до подводного извержения у Пантеллярии в 1890-м и в 1891 г. берег этого вулканического острова поднялся на 0,8 м на протяжении целых 10 км. Явления, сопровождавшие поднятие, как мы увидим ниже, доказывают, что изменение высоты берега должно быть приписано вулканическим силам. Появлению Монте Нуово среди Флегрейских полей в 1538 году и извержению Везувия в 1861 г. также предшествовало вулканическое поднятие. Целый ряд других явлений, не исключая и так называемых лакколитов и др. интрусивных форм, показывает, что вулканическая магма, проходя через земную кору, производит на нее сильное давление. Явления этого рода разыгрываются на значительных глубинах в земной коре и будут описаны нами ниже: вулканы же образованы магмой, достигшей поверхности, представляют не что иное, как конусы накопления.

Исследование Везувия и его строения привело нас к рассмотрению общих вопросов, касающихся вулканической деятельности. Здесь мы прервем цепь наших рассуждений и снова вернемся к величественному вулкану Неаполитанского залива. Если мы огляпемся пазад и представим себе в общих чертах историю Везувия, то заметим следующее: в течение нескольких тысячелетий деятельность его сосредоточивается в одном месте; иногда она нарушается периодами продолжительпого покоя, иногда совершается непрерывпо в течение многих лет; за периодами умеренной деятельности следуют иногда грозные извержения; вулкан выбрасывает лаву и рыхлые продукты; постепенно путем их накопления созидается гора. Во времена доисторические выбрасывались по преимуществу трахитовые лавы, и действующим вулканом была Сомма. Затем вулкан на много веков прекратил свою деятельность и извержением 79 года вступил в новую фазу своей истории; он выбрасывает теперь бедные кремнекислотой лейцитовые породы; внутри кольца Соммы появился новый конус, расположенный несколько эксцентрически; в течение 1800 лет он непрерывно растет в периоды умеренпой деятельности и онять теряет свою вершину во время стремительных извержений. Атрио дель Кавалло и терраса ле Пьяне загромождаются изверженными массами, и основание вулкана расширяется. Если развитие Везувия продлится в том же направлении, то он сольется с Соммой в одии огромный конус.

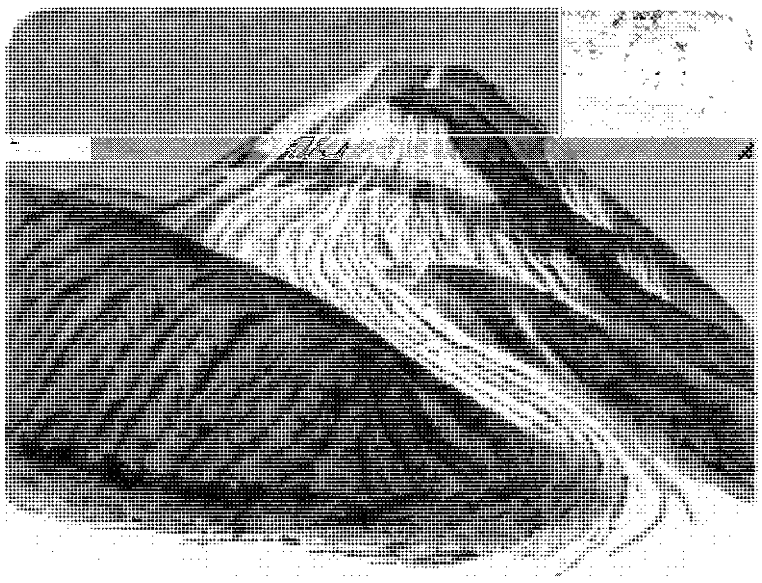


Рис. 166. **Пюи Шопин в Оверни, прорезанный гранитами** (по Пулету Скропу)

## Флегрейские поля

Иную картину вулканической деятельности представляют Флегрейские ноля (см. рис. 167), расположеиные на северном берегу Неаполитанского залива, и простирающиеся от самого города до Мизенского мыса. Если в немногих словах характеризовать эту местность, то придется указать на господство трахитовых пород, на второстепенное зиачение застывших лав и па огромные количества рыхлых вулканических продуктов и образованных ими туфов; в противоположность Везувию мы не найдем здесь цептрального кратера, действующего более или менее продолжительпо: в разное время среди этой местности то тут, то там

появляются новые бокки; они дают иногда одно, иногда несколько слабых извержений и затем прекращают деятельность.

Некоторые насчитывают среди Флегрейских полей до двадцати кратеров; но число это во всяком случае не точно: наблюдая здесь те или нные выступы, мы часто не можем решить, представляют ли они остаток размытых водой кольцевых кратеров. Прекрасным примером этого рода служит сам Неаполь и его ближайшие окрестности до мыса Позилиппо. *Брейслак* насчитывает здесь до пяти древних кратеров, но ни один из них не может быть доказан. Только значительно западнее начинаются несомненные кратеры, каковы: остров Низита, Аньянское озеро,

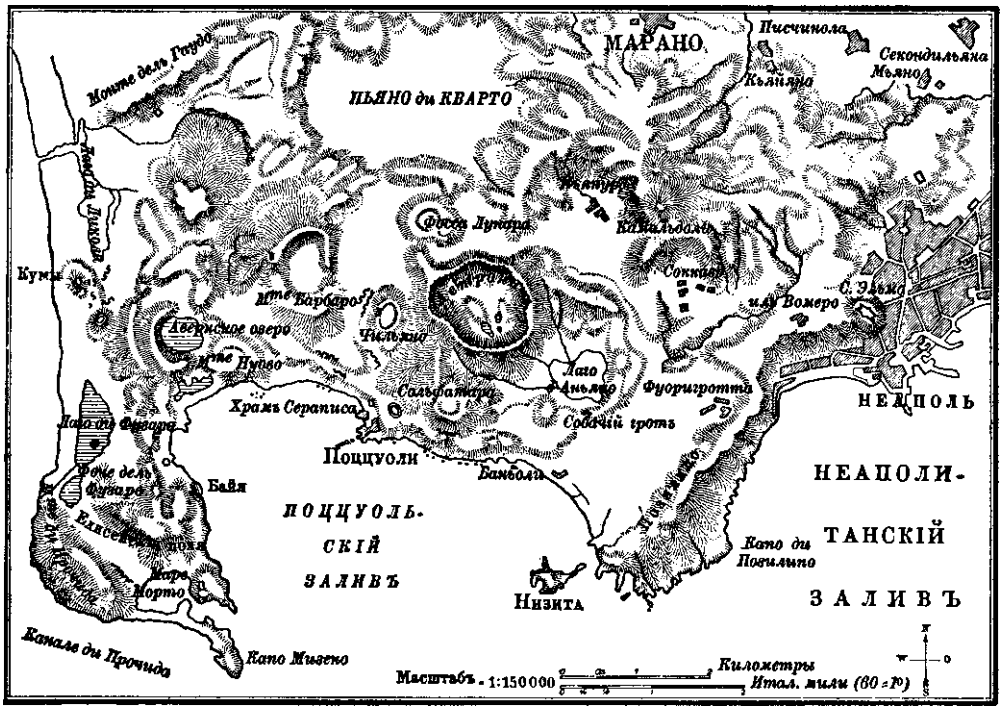



Рис. 167. **Карта Флегрейских полей**

Пьянура у Камальдоли и др.; отсюда они тянутся до Мизенского мыса и продолжаются на островах Прочида и Иския. Общая картина этих многочисленных кольцевых гор открывается с монастыря Камальдоли: он занимает высшую точку всей местности (450 м) и сам лежит на кольцевом валу древнего, отчасти разрушенного кратера, самого большого среди Флегрейских полей, называемого Пьянуры. Картина эта, без сомнения, одпа из самых очаровательных на земле; но особую прелесть приобретает она для того, кто умеет смотреть глазами геолога и в первый раз озирает с высоты вулканическую местность: Астрони, Сольфатара и другие нредставители Флегрейских полей, раскинувшиеся у его ног и выступающие с такой ясностью, могут служить лучшими нримерами своеобразных кольцевых гор.

Мы не будем говорить здесь о всех многочисленных вулканах этой местности и остановимся только на самых замечательных из них. Одним из

наиболее характерных кратеров является Астрони, кольцевое углубление которого обладает формой эллипса с большой осью в 2000 м и с малой в 1300 м. Его склоны известны своей поразительной крутизной; единственный доступ к кратеру представляет искусственный прорез в его отвесных стенах, нодымающихся у лесистой подошвы и нредставляющих парк, огороженный самой нриродой. Обрывистые стены Астрони состоят из трахитового туфа и рыхлых изверженных продуктов; вулкан никогда не выливал лавы, только внутри кратера видно несколько холмистых возвышений из твердого трахита; последний вырвался, по-видимому, из глубины и застыл в кратере, не достигая его краев.

Мы ничего не знаем о деятельности Астрони в историческое время. Нельзя этого сказать о соседней с ним знамепитой Сольфатаре, сообщившей особое название целой грунне вулканов. Широкое кольцо ее раснолагается почти у самого Поццуоли и своими более высокими точками поднимается над уровнем моря на 200 м, а более низкимн на 166 м. Плоское дно кратера едва достигает 500 м в ноперечнике и лежит на высоте в 100 м, т. е. на 70 м ниже самых низких частей вала. Трахитовые туфы, образующие эту гору, сильно разрушены проходившими через них парами; такой же характер носит дно кратера. Местамн горная порода дает при ударе характерный звук пустого сосуда, происходящий, может быть, вследствие существования подземных пустот, а может быть, и вследствие сильно выражепной порнстости породы. Внутри кратер оделся богатой растительпостью, вечно зеленеющимн кустарниками, лаврами и т. п., но местами, особенно в восточной части, горные породы на больших протяжепиях обпажаются; здесь можно яспо видеть слоистое расположение туфов, которые падают по направлению к центру и нредставляют прекрасный пример так называемого «переклинального» напластования; во многих местах из-под земли поднимаются фумаролы, выделяющие сероводород; они преимущественно сосредоточены у главной бокки па восточном краю кратера; здесь в небольшом гроте стоит лужа мутной воды, из которой с громким шумом и ревом вырываются водяные пары и сероводород; это — остаток прежпей сильной деятельностн кратера, вступившего теперь в ту фазу, которую проходят многие вулканы на пути к полному покою. Вулканы, выделяющие сероводород и сернистый газ, встречаются в разных местах на земной поверхпости. Все онн носят название *сольфатар*.

В давнее время, о котором мы не имеем никаких сведений, знаменитая Сольфатара у Поццуоли извергала лаву: по крайней мере, часть кольца ее образована лавой, а может быть н трахиты Монте Олибано представляют древний лавовый поток. В историческое время извержение Сольфатары происходило, вероятно, в 1198 году, т. е. в один из тех периодов, когда Везувий прекращал свою деятельность.

Едва ли не самым важным и любопытным кратером Флегрейских полей является Монте Нуово (рис. 168); эта коннческая гора, возвышающаяся на 139 м над уровнем моря, выросла в несколько дней на ровном месте во время страшного извержепия 1538 года. Монте Нуово представляет редкий случай внезапно выросшего вулкапа, о появлении которого мы нмеем точные сведения; кроме того, история горы ограничивается немногими днями и таким образом представляет огромное значение для уяснения вулканической деятельности вообще. Сохранилось четыре докумснтальных известия об этом грандиозном событии. Особенного внима-

ния заслуживает письмо Франческо дель Неро и сообщение Марко Антонио дельи Фалькоии. Вот что пишет первый:

«Не зиаю, случалось ли вам бывать в Поццуоли. На расстоянии шести выстрелов от города начинается равнина. Прежде она простиралась на $^1/_2$ мили в ширину и захватывала часть морского берега, вправо от горы. Теперь вся равнина и часть горы превратились в одну огромную огненную пасть: она достигает почти $^1/_2$ мили в длину и ширину. Это явление невольно приковывает внимание и поражает неожиданностью, хотя в нем и нет ничего противоестественного. *Аристотель* увековечил два таких случая в своем сочинении «Meteorologica», книга 2: один имел место в Понте, другой на острове Сагре. 28 сентября, около 18 часов (12 часов 15 минут дня), у Поццуоли море высохло на протяжении 600 локтей; жители города собирали рыбу, которая лежала на песке, и увозили ее целыми возами. 29 сентября, приблизительно в 14 часов (8 часов 15 минут утра), в том месте, где теперь разверзлась огненная пропасть, земля опустилась на 6 локтей и выбросила водяной столб. По сообщению одних очевидцев, он был холоден и прозрачен; другие же уверяют, что вода была тепла и издавала серный запах. Так как лица, которых я опрашивал, вполне заслуживают доверия, то надо полагать, что оба сообщения правильны: сначала вода обладала одними свойствами, а потом другими. Около полудня того же дня земля стала вздуваться; к $1^1/_2$ часам (7 часов 45 минут) вечера участок, опустившийся раньше, сильно поднялся и достиг высоты Монте Руози в том месте, где находится башня. Приблизительно в это же время вырвался из-под земли яркий огонь и образовалась пропасть с таким ужасным грохотом и шумом, что я, находясь в то время в саду, сильно перепугался; через $^2/_3$ часа, несмотря на болезнь, я взобрался на близлежащий холм, откуда все было видно. Вы не поверите, какое чудное зрелище открылось предо мной! Вместе с огнем поднимались земля и камни; они летели вверх и падали обратно вблизи огненной пасти. В море они насыпали огромную мель, имеющую вид дуги. Расстояние между ее концами составляет $1^1/_2$ мили, а ширина ее в середине — $^2/_3$ мили.

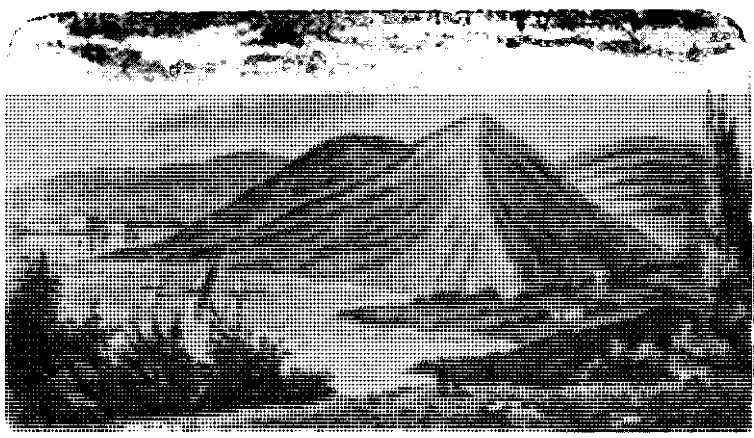


Рис. 168. **Монте Нуово у Поццуоли** (по Ляйэллю)

В стороне, обращенной к Поццуоли, образовалась гора, такой же высоты, как Монте Морелло, и на 70 миль кругом земля и деревья покрылись неплом. В моем имении не осталось ни одного листочка, который не был бы им засыпан, а около Поццуоли на протяжении шести миль ветви всех деревьев были поломаны; трудно было даже вообразить, что здесь недавно красовалась богатая растительность;

ее побил пепельный град, который был здесь крупен, мягок, тяжел и издавал запах серы; он сокрушил не только деревья, но и убил множество зайцев, птиц и других мелких зверей. Вчера я отправился опять в Поццуоли вместе с мессером Чекко ди Лоффредо, который вез вещи мессера Пауло Антонио. Там собралось все общество. Смотрели и удивлялись. Но теперь смотреть было не на что: стояла гора — и только. Я говорю так потому, что в сравнении с ночью, когда произошло извержение, виденное мной, это было слишком ничтожно. В Неаполе никто не заметил огня, а таких очевидцев, которые сумели бы объяснить, в чем было дело, почти не нашлось; ну, я один и должен быть рассказывать о явлении, свидетелем которого был. С той ночи, когда люди собрались у города, не случилось уже ничего замечательного... Постараюсь пояснить примером виденное мной. Представьте, что огненной пастью служит башня Ангела (в Риме) и что вся она наполнена множеством ракет, расположенных друг возле друга,— вообразите, что они зажжены. Ракеты полетят вверх, но при падении сделают поворот и направятся или к Тибру, или на городской выгон. Представьте, что они заполнили реку и нагромоздились еще в высоту до 12 локтей, а на лугах воздвигли гору величиной с Сапто Сильвестре в Тускулане: она запяла все пространство от виноградников мессера Биндо до Монте Марио. Западный ветер, который дул тогда, нес ракеты только в эти места, и для полноты картины вы должны представить, что у собора Св. Петра их упало немного. Все это сделала огненная пасть. Опа извергала огромные глыбы земли, величиной с быка, и подбрасывала их, по моему мнению, на $1^1/_2$ мили в высоту. Эти массы падали вблизи пропасти на таком расстоянии, какое пролетает камень, брошенный рукой,— может быть, на расстоянии вдвое или втрое большем. В течение ночи они загромоздили часть моря и образовали гору, о которой я уже говорил. Камни и комья земли, низвергавшиеся на землю, были сухи. На более далеком расстоянии от пасти падали легкие и мелкие камни; они были мягки и пористы,— верный признак их охлаждения на высоте. Пары, поднимаясь вверх, тоже остывали и превращались в воду; потому-то пепел и был влажен и мягок, хотя на небе не виднелось ни тучки. Я бы мог по всем правилам логики выяснить естественные причины высыхания моря, происхождения сначала холодных, а потом горячих водяных столбов, онускания земли и поднятия ее и, наконец, извержения огня. Я мог бы объяснить, почему в течение десяти дней по десяти раз в час проходили землетрясения, а в Поццуоли и вовсе не прекращались и почему они и там, и здесь затихли после извержения. Но мне известно, что все это уже написал мессер Симоне Порцио в своем донесении вице-королю и светлейшему князю Фарнезе, а прослыть человеком, который загребает жар чужими руками, не особенно желательно. Поццуоли теперь онустел, море неузнаваемо и скорее походит на вспаханную землю. Сверху лежит слой камней, которые здесь называют рапилли; высота его $^1/_2$ ладони; некоторые из них плавают. Единственно, чего я не могу объяснить, это огромное количество материала, вырвавшееся из огненной пасти: камни, загромоздившие море, гора, образовавшаяся вновь, и пепел, о котором вы знаете,— все это вылетело оттуда и все это было остатком сгоревшего материала. Если все это собрать, то получилась бы огромнейшая гора. Сегодня я говорил с одним лицом, прибывшим из городка Эбели (Эболи?), который отстоит на 45 миль от места, где вырвалось пламя; он рассказывал мне, что и там падал пенел; таким образом подземный огонь распространился

более чем на 10 миль и выбросил вверх огромную массу земли, и если бы этого не было довольно, то он распространился бы и дальше. Богу угодно было пощадить Неаполь; возвращаясь вчера в Поццуоли, мы видели две новых огненных пасти почти у самого Неаполя, в расстоянии только трех миль от него. Ученейшие люди вели между собой блестящие споры о том, грозит ли опасность этому городу, и многие думали, что она неизбежна. Были устроены процессии, и чтобы потушить подземный огонь, люди вырыли колодцы между Неаполем и Поццуоли. В народе говорили, что ракеты, летевшие с запада на восток, предвещают войну с турками. Неаполь».

Из этого письма видно, что Монте Нуово выдвинулась среди равнины и что извержение происходило не из старого, раньше существовавшего кратера, как это иногда предполагали. Выброшенные вулканом массы засыпали часть морской бухты. Извержению предшествовало поднятие почвы.

Последнее обстоятельство неоднократно оспаривалось, но без всяких оснований, как это и доказал своими обстоятельными исследованиями *Зюсс*. Он обратил внимание на забытое известие *Марко Антонио дельи Фалькони*. В этом редком документе мы находим хотя и грубый, но довольно верный рисунок Монте Нуово во время извержения и поднявшегося морского берега, жители которого бежали; ввиду еще некоторых других данных нельзя сомневаться, что появление нового вулкана действительно сопровождалось поднятием почвы. В настоящее время к этому старому известию мы можем относиться с очень большим доверием, так как такое несомненное явление, как поднятие берега у Пантеллярии накануне подводного извержения в 1891 г., находится в полном согласии с ним. Ниже, говоря о так называемых материковых поднятиях, мы еще вернемся к этому предмету; теперь же ограничимся замечанием, что все выводы общего характера, основанные на этом факте, лишены серьезных оснований. Для подтверждения их ссылались также и на доказанное высокое положение морского уровня у храма Сераписа близ Поццуоли перед появлением Монте Нуово. Факт, конечно, не подлежит сомнению, но в обоих случаях мы имеем дело с местным явлением, которое было вызвано напором вулканической магмы.

Третьего и шестого октября происходили следующие извержения Монте Нуово: до января из вершины выделялся пар, а затем вулкан потух. Конус Монте Нуово, образовавшийся в это время, обладает высотой в 139 м; поперечник его кратера достигает 370 м, а глубина — 120 м; таким образом, дно кратера лежит только на 19 м выше уровня моря. Гора состоит из вулканического пепла, песка и шлаков, перемешанных с обломками светлых туфов, на которых покоится вулкан. Видны также следы небольшого лавового потока.

Как думает *Деекке*, из того же материала образован и вулкан Фосса Люнара; он состоит из двух колец и центрального конуса; вероятно, в доисторическое время гора была местом продолжительной вулканической деятельности.

Рядом с Монте Нуово располагается *Авернское озеро*. Это кратер, незначительно поднимающийся над уровнем моря и наполненный водой; вблизи его бьют горячие ключи, и вырываются из земли серные пары. Вообще такие остатки вулканической деятельности очень распространены в области Флегрейских полей. К их числу относится и так называемый *Собачий грот*, на дне которого существует мофетта, выделяющая углекислоту. Углекислота превосходит своим весом атмо-

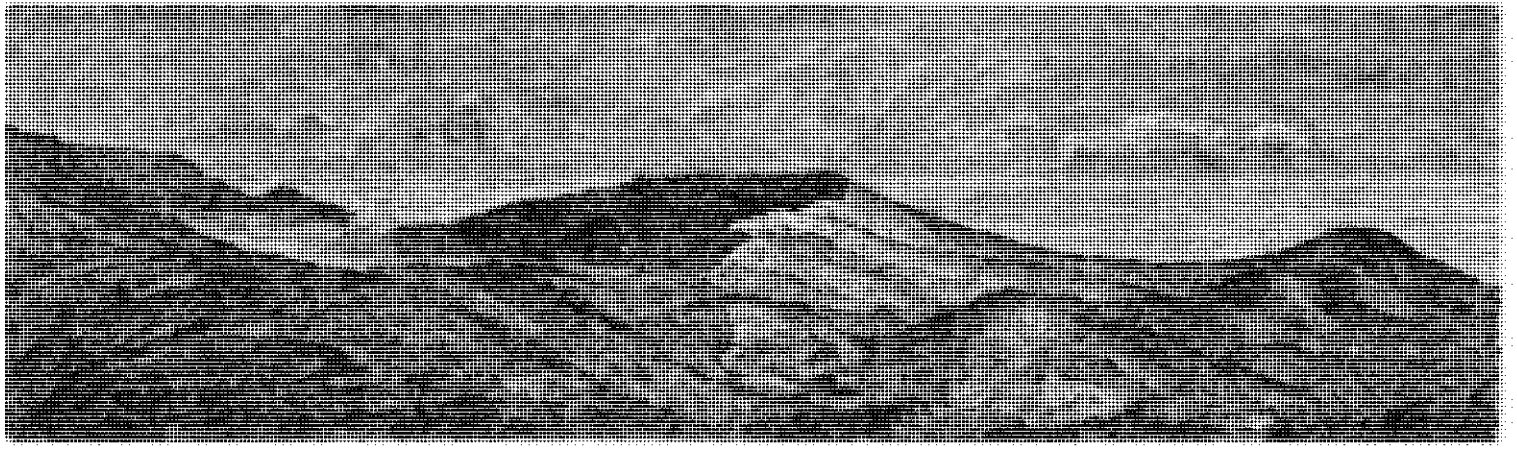


Рис. 169. **Остров св. Павла, вид с западной стороны** (по Велену)

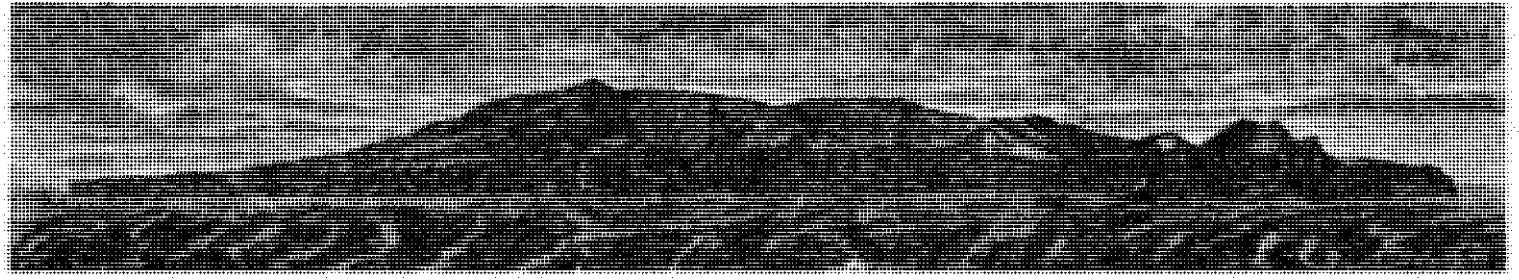


Рис. 170. **Остров св. Павла, вид на вершину вулкана** (по Велену)

сферный воздух; поэтому она не поднимается вверх, а слоем распространяется над землей; вследствие недостатка воздуха всякое теплокровное животное быстро погибает в пещере. Впрочем, этот слой не так высок, чтобы мог достичь головы стоящего человека; но собака очень скоро погибает здесь в страшных конвульсиях.

К Флегрейским полям примыкают острова Низида и Прочида. Первый из них представляет характерную форму кратера, повторяющуюся у большинства вулканических островов: среди моря возвышается кольцо, обрушившееся с одной стороны и обнаруживающее здесь зияющее отверстие; так как дно кратера лежит

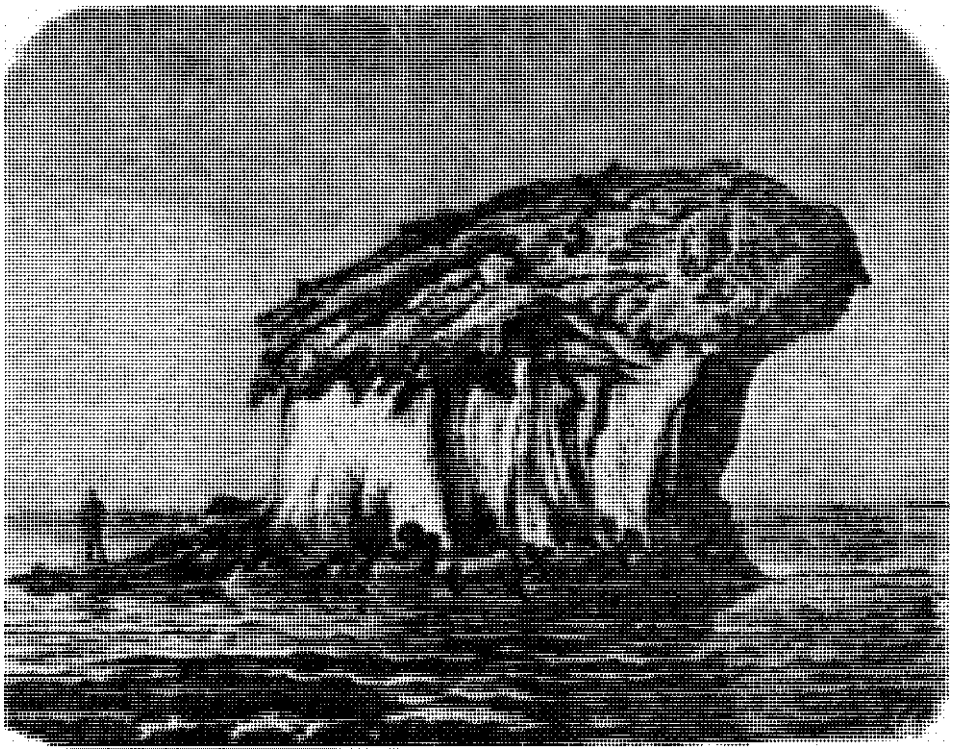


Рис. 171. **Туфовая скала в заливе Лакко на Искии**

ниже уровня моря, то вода врывается внутрь этого амфитеатра и образует круглую бухту. Характерный пример этого рода представляет вулкан на о-ве св. Павла, изображенный на рисунках 169 и 170. Подобно родственному ему острову Амстердаму, он одиноко выдвигается среди Индийского океана; оба эти острова лежат под 39° южной широты, прямо к югу от южной оконечности полуострова Индостана.

Дальнейшим продолжением Флегрейских полей служит остров Иския. И здесь извержения происходили очень редко, после продолжительных периодов покоя, и в разных местах. В древнейшие времена Иския была гораздо обширнее. Значительная часть ее разрушилась, как это и доказывает туфовая скала, одиноко стоящая в бухте Лакко. Она представлена на рис. 171. Высочайшая гора острова *Монте Эпомео* достигает 800 м и представляет большой центральный вулкан, кольцевой

кратер которого с одной стороны совершенно разрушен. Он, по-видимому, очень давно прекратил свою деятельность; на склонах его образовались бесчисленные побочные кратеры. У подножья одного из таких кратеров Монте Ротаро воздвигается, в свою очередь, небольшой побочный конус Монте Табор; незначительный лавовый поток последнего спускается прямо в море. Последнее извержение происходило в 1302 году из побочного конуса Кремате, лежащего на склонах Эпомео, и выбросило огромный лавовый поток дель Арзо, который и в настоящее время, 600 лет спустя после своего появления, лежит в виде неровной и бесплодной массы среди цветущей окрестности. Сохранились известия и о других извержениях, происходивших в 472 и 92 г. до Р. Х., упоминаются также многочисленные извержения в период времени от Тита до Диоклитиана. Фумаролы и горячие ключи напоминают еще и теперь о прежней деятельности. Сильные землетрясения, предвестники вулканических явлений, тоже часто случаются на этом острове, и о последнем из них свежи еще ужасные воспоминания.

## Прочие вулканы Италии

В окрестностях Неаполя мы нашли ряд любопытных и типичных представителей огнедышащих гор. Теперь мы перейдем к описанию остальных итальянских вулканов, которые, в свою очередь, представляют много важных и новых для нас особенностей.

Все вулканы Апеннинского полуострова, извержения которых происходили после третичного периода, расположены по прямой линии; исключение представляет всего лишь один вулкан. Линия эта тянется параллельно Апеннинам, вдоль берега Тирренского моря, с северо-запада на юго-восток. С северной стороны крайним членом ряда является Монте Амиата у Радикофани; она лежит на границе Тосканы с Церковной областью. Эта огромная гора выбрасывала ранее мощные потоки трахитовой лавы, но теперь кратер ее определить невозможно. Монте Амиата отмечает собой северную границу распространения лав в Италии: к северо-востоку от нее заметны только следы вулканической деятельности; последняя выражается здесь существованием горячих ключей и сольфатар; они встречаются у Вольтерры и в некоторых других местах и пользуются большой известностью, благодаря присутствию борной кислоты в выделяемых ими продуктах.

К юго-западу от Монте Амиаты располагается огромный кратер Больсенского озера, на кольце которого раскинулся городок Монтефьясконе; далее следуют Чиминийские горы с несколькими кратерами, озеро Браччьяно, также заполняющее древний кратер, и целый ряд небольших вулканов, расположенных к северу от Рима; вообще в римской Кампаньи известно очень много небольших вулканических конусов. К юго-западу от вечного города возвышаются известнейшие среди всех потухших вулканов Италии Альбанские горы (см. карту на рис. 172). Они живописно выступают среди окрестных равнин и представляют один огромный кратер; высота его, впрочем, незначительна, и склоны отлоги. Кольцо Тускулапских гор тянется на протяжении 18 км; начинаясь выше Фраскати, оно идет мимо Рокка Приора к Монте Череза, затем поворачивает к Монте Весково и оканчивается горой Артемизио у Лаго ди Неми. Этот длинный ряд возвышенностей не

представляет полного кольца; с западной стороны последнее, по-видимому, обрушено: здесь лежат три небольших кратера: два из них наполнены водой и образуют озера Альбанское и Неми; третий, Ариччья, лишен воды. В середине этого огромного кольца возвышается внутренний кратер; его можно сравнить в Везувием, который также располагается среди кольца Соммы; это центральное кольцо Альбан-

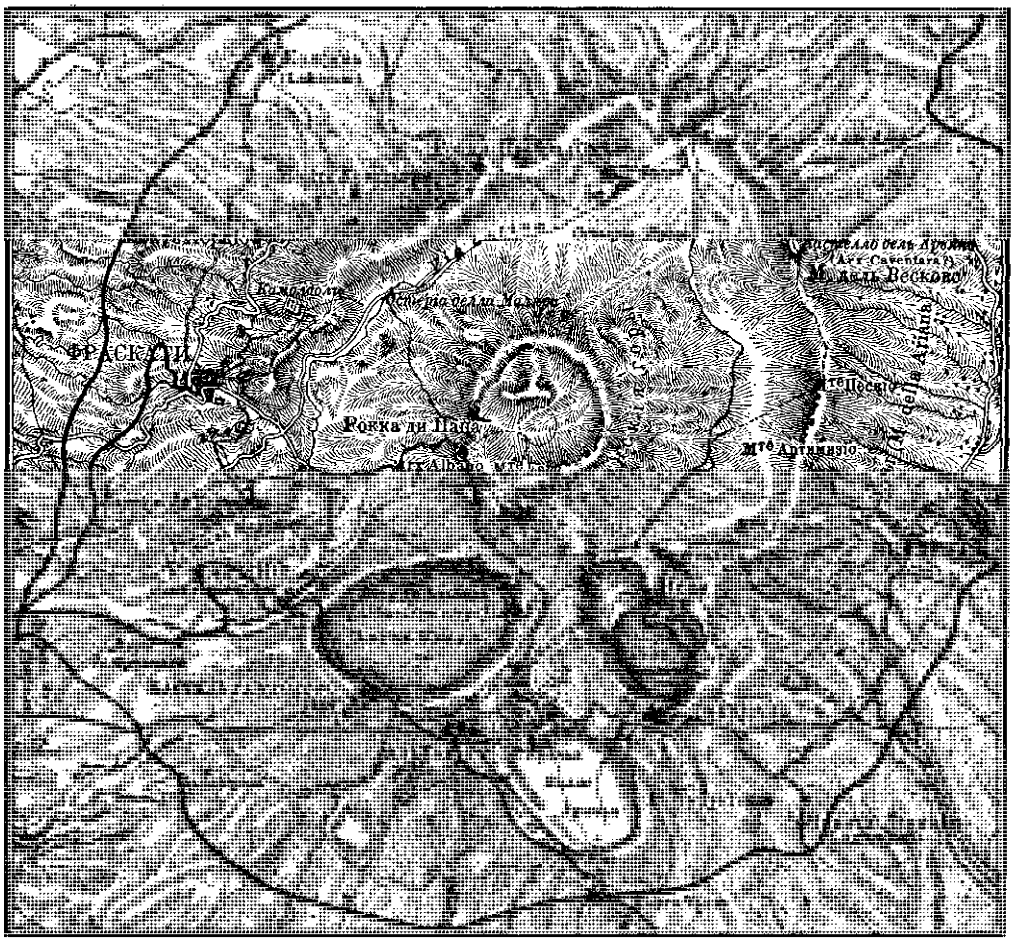



Рис. 172. **Карта Альбанских гор**

ских гор тоже открыто с запада; внутри него располагается равнина, так называемый «Лагерь Ганнибала»; это дно древнего озера, лежащее на 190 м ниже высочайшей точки Альбанских гор Монте Каво (954 м).

Из Альбанских гор выливался в Кампанью целый ряд значительных потоков лавы; из них наиболее известны два огромных потока, прошедшие почти около самого Рима. Выехав из города через Порте Себастьяна и направившись по Аппиевой дороге, путешественник через полчаса достигает знаменитого памятника Цецилия Метелла и развалин крепости Гаэтани, башня которой долго служила

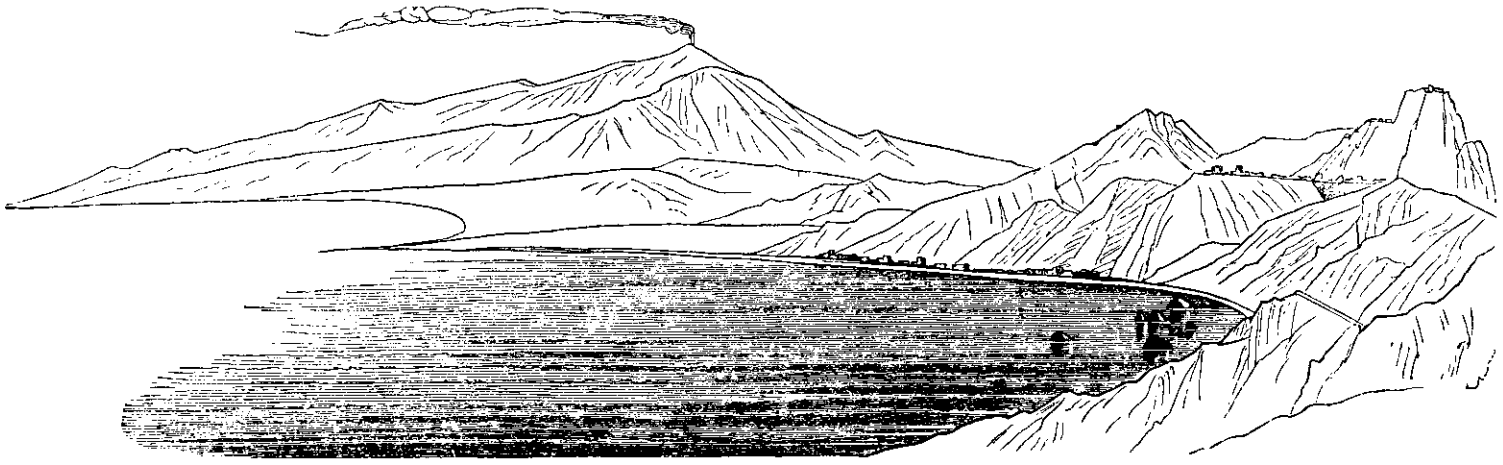


Рис. 173. **Вид на Этну с моря; направо (к северу)—горы, образованные слоистыми породами** (по Зюссу)

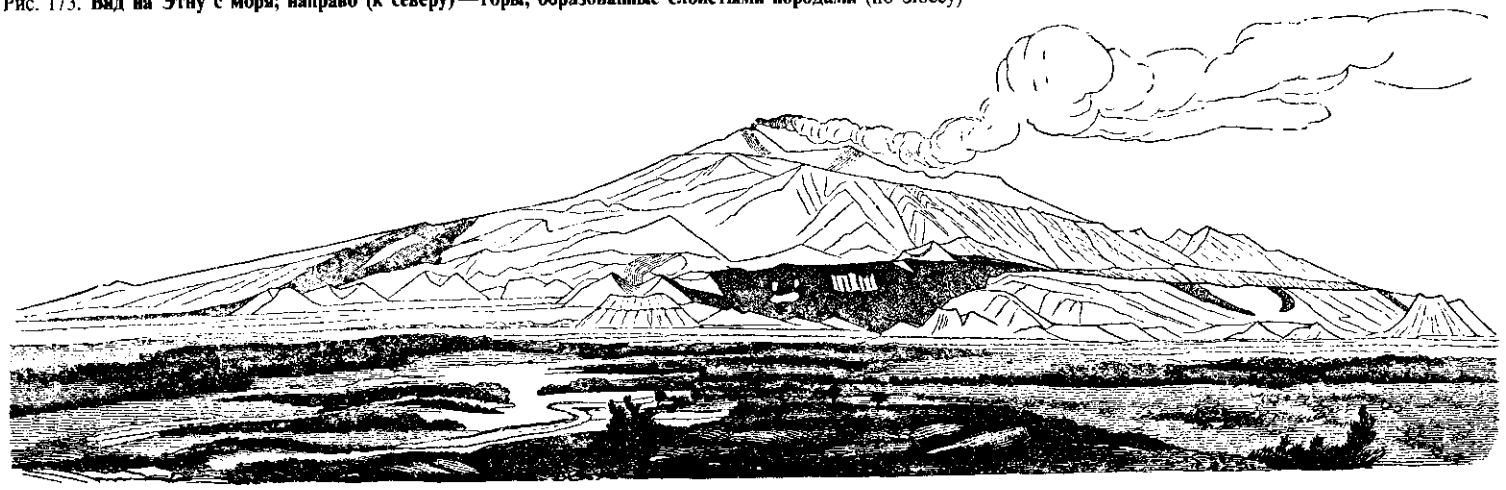


Рис. 174. **Этна с ее паразитными кратерами** (по Сарториусу фон Вальтерсгаузену)

одним из лучших памятников древности. Отсюда дорога несколько поднимается вверх и приводит скоро на высокую равнину, на краю которой располагается терраса. Здесь лежит передний конец потока лейцитовой лавы, и дорога идет далее по его давно застывшей поверхности. Другой поток простирается до Аква Ачетоза и кончается в 6 км от Порта Паола. Оба потока направляются к Альбанским горам, встречаются у Сальферата и далее исчезают; поток прикрыт здесь новейшими пепериповыми туфами, которые и не позволяют проследить его до выхода из кратера.

Вулканические образования римской Кампаньи обязаны своим происхождением также и вулканам Херникских гор, расположенных недалеко от Фрозиноны; здесь найдено восемь различных точек, где происходили извержения.

Вулканы и застывшие лавы, расположенные между Больсенским озером и Херникскими горами, несмотря на их большое число, не занимают сколько-нибудь значительной площади. Наоборот, туфы, образовавшиеся из рыхлых изверженных продуктов, широко распространены; они представляют сплошной покров всей Кампаньи, прерываемый только в относительно высоких местах.

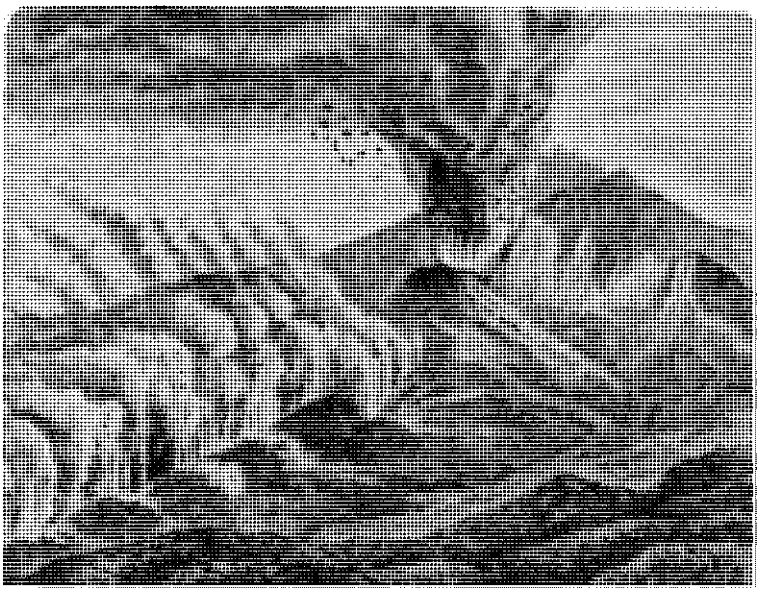


Рис. 175. **Извержение паразитного кратера Этны**
(по Сарториусу фон Вальтерстаузену)

К югу от Херникских гор исчезают всякие следы вулканических образований, впрочем, на небольшом расстоянии; далее к юго-востоку располагается Рокка Монфина, еще далее Флегрейские поля и, наконец, Везувий, крайний член этого длинного ряда вулканов, действующий и в настоящее время; здесь цепь вдруг обрывается: ей преграждают путь известковые горы Сорренто, представляющие отроги Апеннин; это — так называемая цепь Монте Сант'Анджело. Далее, до самой крайней оконечности Калабрии, не видно и следов новейших извержений.

Как было упомянуто выше, этот длинный ряд вулканов сопровождает цепь Апеннин и лежит вне их области; он располагается вдоль крутых обрывов юго-западной стороны их; наоборот, по другую сторону хребта, там, где он образует отлогие склоны, постепенно спускающиеся к северо-восточному берегу полуострова, вулканы отсутствуют. Замечено, что ряды вулканов и во многих других местах располагаются с той стороны складчатых гор, которая падает крутыми обрывами; значение этого факта мы выясним ниже.

Единственным исключением служит потухший вулкан Вультур у Мельфи, расположенный к востоку от Везувия. Он лежит уже по другую сторону Апеннин. Впоследствии мы выясним геологические особенности его положения в сравнении с остальными итальянскими вулканами: теперь же заметим, что Вультур достигает огромных размеров, превосходит высотой Везувий (1329 м) и обладает большим круглым кратером, в середине которого располагаются два небольших озера.

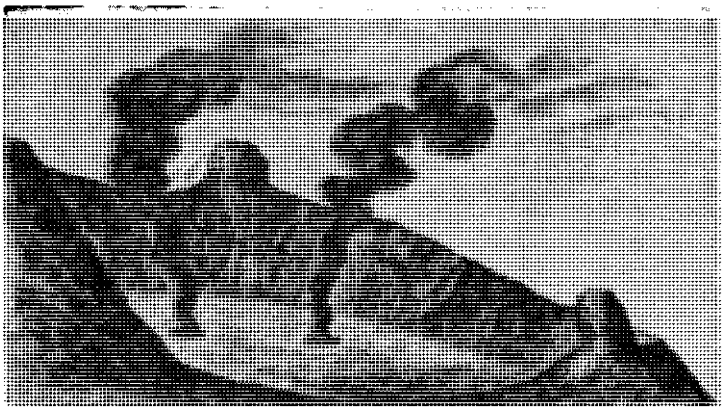


Рис. 176. **Кратер Этны в 1804 и 1805 годах** (по Сарториусу фон Вальтерсгаузену)

Рис. 177. **Кратер Этны в 1805—1809 годах** (по Сарториусу фон Вальтерсгаузену)

Совсем иную картину представляют вулканы итальянских островов. На первом плане следует отметить гигантскую Этну на острове Сицилия (3313 м). Далее, между Сицилией и Тунисским побережьем, лежит Пантеллярия и исчезнувший остров Фердинандеа; к северу от Этны располагаются Липарские острова с действующими вулканами, а еще севернее — Понтинские острова, лежащие при входе в залив Гаэта, к западу от Флегрейских полей.

Прежде всего остановим наше внимание на *Этне*, которая является величайшим вулканом Европы и высочайшей горой Италии (рис. 173—174). Выброшенные ей вулканические продукты занимают огромное пространство в 130 км и со всех сторон окружены осадочными породами. Подобно Везувию, этот вулкан действует в течение многих тысячелетий и испытывает только незначительные перемещения своей оси. Но каждому посетителю Этны резко бросается в глаза и ее отличие от Везувия: главный действующий кратер ее в последнее время вовсе не выделяет лавы и выбрасывает только пары, вулканические бомбы и вулканический пепел. Подступая к вершине горы, мощная масса лавы оказывает огромное давление на боковые части; вследствие этого в разных местах, иногда выше, иногда ниже, появляются трещины, по которым лава и выливается, не до-

стигая вершины. На месте этих трещин образуются *второстепенные*, или так называемые *паразитные* кратеры (см. рис. 175), которые сами по себе представляют иногда значительные горы. Так, напр., кратер Монти Росси у Николози, выбрасывавший лаву во время грозного извержения 1669 года, возвышается над окрестной местностью на 250 м. Почти при каждом большом извержении образуются новые бокки, и в настоящее время вулкан имеет на своих склонах до 900 паразитных кратеров (см. рис. 174).

Внизу склоны Этны отлоги, а вверху становятся несколько круче; гора имеет форму сильно срезанного конуса, который и представляет остаток древнего раз-

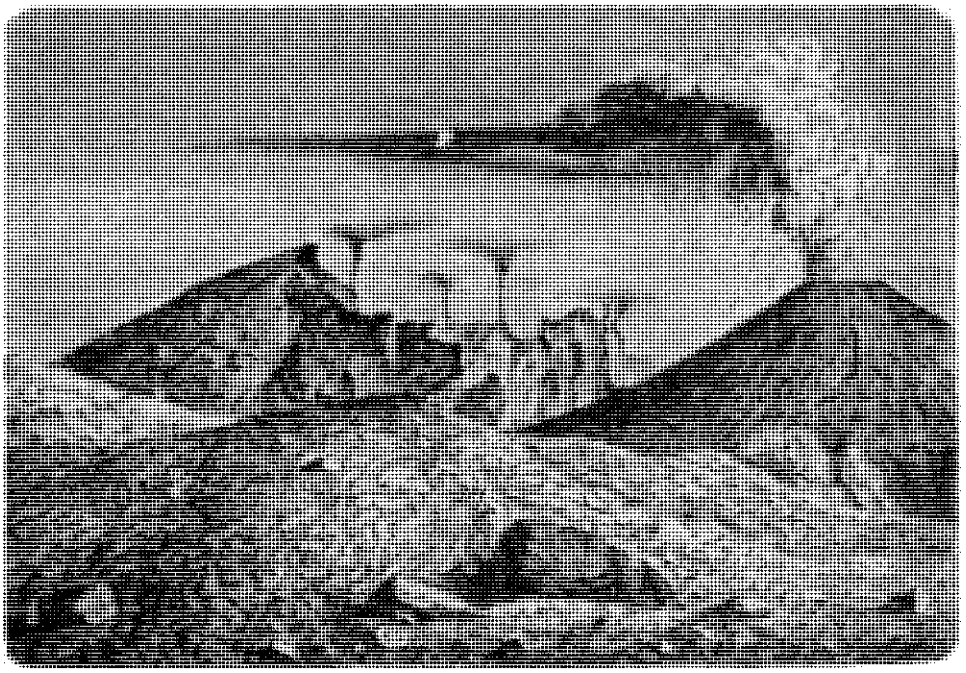


Рис. 178. **Кратер Этны в 1838 г.** (по Сарториусу фон Вальтерсгаузену)

рушившегося кратера типа Соммы; к нему примыкает плоская терраса Пьяно дель Лаго, на которой прежде помещался дом, где могли отдыхать путешественники, так называемый «Casa inglese». Внутренность кратера подвержена сильным изменениям; рисунки 176, 177 и 178 представляют его в различные моменты развития в начале нынешнего столетия.

Одну из замечательнейших особенностей Этны представляет огромное ущелье Валль дель Бове, прорезывающее гору с восточной ее стороны; угрюмые скалы ограничивают эту пустынную долину с обеих сторон, и только разве пастухи с их стадами заглядывают сюда. Вопрос о происхождении этой долины является и в настоящую минуту спорным. Одни геологи предполагали, что Валль дель Бове — особый род кратера поднятия, другие видели в ней трещину, которая возникла во время одного из извержений и была потом размыта водой; предлагалось, наконец, и много других объяснений. Но наиболее вероятное решение вопроса

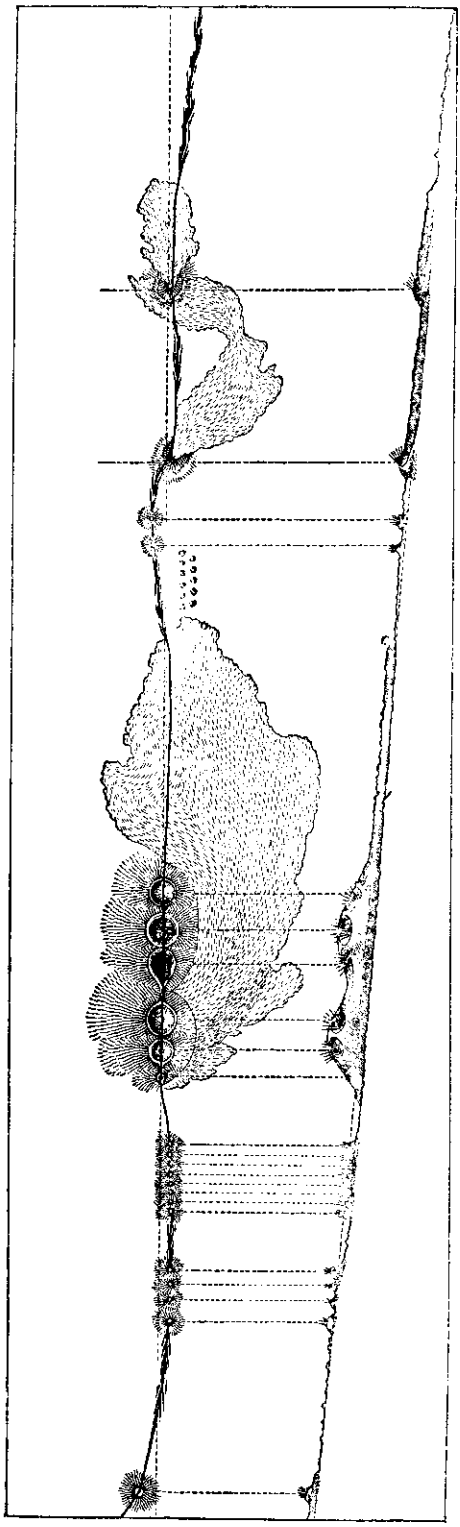


Рис. 179. Трещины извержения на Этне (по Сильвестри)

находим мы в трудах *Сарториуса фон Вальтерсгаузена* и *Джеммелларо*, которые показали, что в Валль дель Бове существуют следы древнего кратера. Древние лавы и туфы распространяются от одной точки в этой долине, от так называемого Трифольетто; здесь же сходятся и древнейшие лавовые жилы. Наоборот, центром распространения новейших изверженных масс служит современный кратер. Отсюда следует предположить, что прежний кратер располагался над Трифольетто к юго-востоку от современного. Во время одного из сильнейших извержений образовалась глубокая трещина на месте нынешней Валль дель Бове; кратер нередвинулся на северо-запад; трещина же, вследствие разрушения прежнего кратера, расширилась и образовала долину.

Этна действует с незапамятных времен; сильные извержения происходят приблизительно через каждые десять лет и отделяются друг от друга периодами почти полного покоя. Сильнейшее из известных нам извержений случилось в 1669 году; оно сопровождалось образованием Монти Росси у Ннколози и длилось три с половиной месяца. Вершина Этны обрушилась; на ее склонах ноявилась огромная трещина в 18 км длиной, из нижнего конца последней вырвалась лава и образовала Монти Росси. Лавовый поток нокрыл площадь в 50 кв. км, разрушил двенадцать местечек и большую часть города Катании; он двигался еще и под водой на протяжении нескольких сот метров.

Подобную, но менее значительную трещину, образовавшуюся во время одного из извержений, представляет рис. 179. Верхняя часть этого рисунка изображает ее в виде карты; трещина отмечена здесь чер-

ной линией; на ней располагается 23 паразитных кратера, выливших 4 лавовых потока; нижняя часть рисунка представляет ту же трещину в профиле.

На южном склоне Этны, вблизи Николози, происходили также и оба последних извержения. Трещина, образовавшая в 1886 году конус *Монте Джемелларо*, 8 июля 1892 года значительно продолжилась к северу. Явлению этому предшествовало сотрясение почвы и усиленная деятельность главного кратера, который выбрасывал рыхлые продукты. В течение следующих трех дней в сопровождении сильных взрывов определилось три новых кратера, а затем появился и четвертый. Из извергаемых ими продуктов образовалось четыре паразитных конуса. Лава выливалась главным образом из нижней части трещины. На короткое время вулкан понизил свою деятельность; в августе она проявилась с новой силой и выразилась образованием двух новых второстепенных конусов. В них главным образом и сосредоточилась вулканическая деятельность; прежние же конуса, названные «Монти Сильвестри» в честь покойного исследователя Этны, почти совсем потухли, за исключением того, который образовался позже других. Извержение происходило в течение пяти месяцев, т. е. дольше, чем это обыкновенно бывает на Этне.

Об острове *Пантеллярия*, расположенном к югу от Сицилии, придется сказать немного. На нем десять небольших кратеров, которые в историческое время не давали вовсе извержений. Только некоторые из них находятся в стадии сольфатар. Но огромный интерес представляют подводные извержения этой местности. Между Пантеллярией и Сицилией располагается мель на том месте, где прежде лот на глубине ста саженей не достигал еще дна. В 1831 г. здесь произошло подводное извержение, которое выдвинуло новый остров; он просуществовал лишь несколько месяцев и был разрушен морскими волнами. 28 июня 1831 г. английское судно, находившееся по 37°2′ северной широты и 30°16′ восточной долготы от Ферро, почувствовало сильный толчок, как будто наехало на мель. 8 июля здесь же проезжала сицилийская бригантина, капитан которой заметил, что огромная масса воды вдруг поднялась на 60 футов выше уровня моря и клубилась в течение десяти минут; когда волнение успокоилось, над морем со страшным шумом появилось густое облако дыма. Явление повторялось через каждые 15—20 минут. 10 июля, по сообщению другого сицилийского капитана, поднялась масса воды в 60 фут. высотой и 800 локтей в обхват; из нее вырвался столб паров до 1800 ф. в вышину. 12 июля у Шьякки на берегу Сицилии были выброшены вулканические массы и мертвые рыбы, а 13 июля над водой появился столб дыма, ярко светившийся ночью. 18 августа упомянутый выше сицилийский корабль проходил по тому же месту и нашел здесь небольшой остров, поднимающийся на 12 ф. над уровнем моря; в середине его находился кратер, выбрасывавший рыхлые продукты и огромные клубы паров.

20 июля этот остров, получивший название острова *Фердинандеа**, посетили четыре немецких геолога,—*Филиппи, Гоффман, Эшер фон дер Линт* и *Шульц*. «Подойдя к острову, они увидели, что это было кольцо кратера, который

* Другие названия его: о-в Юлии, о-в Грэма (Graham), о-в Хотам (Hotham), о-в Коррао, о-в Нерита.

продолжал выбрасывать шлаки. Тихо поднимались вверх огромные шарообразные клубы паров, белых, как вата; они составляли столб в 2000 футов высоты. Через каждые 2—3 минуты эту белую массу прорезали черные шлаки, которые, подобно молниям, мелькали со страшной быстротой; вдруг вырвалось такое огромное количество шлаков, что они образовали столб, достигавший 600 ф. в высоту и рассыпавшийся вверху в виде снопа. Вылетавшие из кратера камни были черны, только по временам вырывались яркие молнии, распространявшиеся во все стороны. Это извержение не сопровождалось обычным грохотом, слышался только шум сталкивающихся и обратно падающих в кратер шлаков. Оно длилось непрерывно 8—10 минут. В это время остров в своей высшей восточной части поднимался на 60 ф. и обладал поперечником в 800 ф.» (*Фукс*).

2 августа англичане завладели островом; после этого он посещался много раз. В момент своего наибольшего развития остров достигал 2000 ф. в окружности и 200 ф. в высоту; он круто поднимался с морского дна, и у самого его берега глубина достигала 700 ф. Северо-восточная часть кратера обрушилась; кратер наполнился водой, которая постоянно кипела. Сила извержения стала ослабевать, и уже 12 августа с берега Сицилии не было видно столба паров. Остров состоял из рыхлых вулканических масс, шлаков, вулканического песка, вулканического пепла и т. п.; только немногие куски составляющих его пород достигали одного фута в поперечнике. Все эти вулканические породы располагались в виде системы характерных слоев: снаружи они падали по направлению к морю, внутри кратера — по направлению к бокке.

Эти рыхлые массы не могли противостоять разрушительному действию морских волн; уже в конце октября кратер исчез, и остров чуть-чуть приподнимался над поверхностью моря; только в одном месте возвышался незначительный холм из вулканического песка и шлаков. К концу года все исчезло. Существует даже известие, что на месте острова море достигало в это время 24 саж. в глубину. Цифра эта вряд ли справедлива: по крайней мере, в конце 1833 года здесь существовала опасная мель, и дно, образованное вулканическими породами, было хорошо видно через тонкий слой воды. Но и эта мель существовала недолго. Кончилась ли этим история внезапно явившегося и исчезнувшего острова, или же это только начало грандиозного вулканического процесса, который заключается образованием постоянного острова? Мы не можем ответить на эти вопросы, но последнее кажется более вероятным: по крайней мере, огромное число вулканических островов разных морей образовывалось при условиях, подобных появлению острова Фердинандеа.

Независимо от появления острова Фердинандеа, у южного берега Сицилии случаются также подводные извержения: одно из них происходило в ночь с 4-го на 5 октября 1846 г. перед Сикулианой у Джирдженти, другое — 18 июня 1845 г. несколько далее к юго-востоку, под 36° 40′ 56″ северной широты и 13° 44′ 36″ восточной долготы от Грипвича; наконец, одно из самых любопытных подводных извержений случилось 17 октября 1891 года в 5 км к северо-западу от Пантеллярии.

О всех этих извержениях мы имеем немного известий, да и то сомнительного характера. Тем более ценным является описание одного из них, сделанное таким знатоком дела, как профессор Рикко. Благодаря счастливой случайности, он был свидетелем замечательного подводного извержения, по крайней мере, в его

отдельных фазах. Пробуждению вулканических сил предшествовало сильное землетрясение в юго-восточной части острова в ночь с 24-го на 25 мая 1890 г. Фумаролы увеличились числом и усилили свою деятельность. Температура в старых кратерах настолько повысилась, что роскошные фиговые деревья и виноградники, раскинувшиеся там, погибли; появилось около сорока водоемов, и в течение следующих нятнадцати дней происходило незначительное поднятие северо-восточного берега.

Новое землегрясение случилось в июне; оно, впрочем, не чувствовалось в местечке Пантеллярия, на северо-западном конце острова, но тем сильнее было здесь землетрясение 14 октября 1891 г., длившееся десять дней. Удары были направлены снизу вверх и, только благодаря особенному способу прочной постройки домов, произвели незначнтельные опустошения. 14 октября при начале землетрясения многие ключи иссякли, а 17-го, когда началось подводное извержение, появились вновь. Вода на море поднялась и выбрасывала огромные столбы дыма и паров, появление которых сопровождалось продолжительными раскатами; землетрясение ослабело. На следующий день площадь, охваченная землетрясением, достигла 830 м в северо-восточном направлении. На поверхности моря появились бесчисленные черные вулканические бомбы. Они выделяли пары и с страшным шумом лопались, распространяя запах серы. Осколки их взлетали на высоту 15 и 20 м, и вместе с ними поднимались столбы воды и пара. Бомбы падали обратно в море, температура которого повысилась на месте извержения на $1^1/_2°$; некоторые бомбы тонули не разрываясь. В следующую нрчь облако паров было залито огненным цветом; сила же извержения стала ослабевать, и 23 октября Рикко насчитал на поверхности моря около 500 вулканических бомб. Температура морской воды более не повышалась, и площадь, охваченная извержением, простиралась до 200 м в длину и 50 м в ширину. Продолжительные раскаты заменились отдельными глухими звуками; только лопающиеся бомбы распространяли шум, подобный шуму пальбы оружия во время битвы. Центр извержения во время этого постепенного утихания вулканического взрыва лежал на северо-восточном конце площади, охваченной извержением; раньше же главная деятельность была сосредоточена в трех точках, расположенных значительно дальше к западу. 26 октября море было уже спокойно. Извержение окончилось.

Едва ли не самым поразительным, хотя и не существенным явлением было всплывание вулканических бомб на поверхности моря. Температура внутри них достигала, по крайней мере, 415°: цинковая проволока, воткнутая в них, тотчас же плавилась, а латунная не изменяла своего твердого состояния. Эти вулканические бомбы представляли сильно пористую массу, походнли на пемзу и, благодаря находящемуся внутри них воздуху, обладали незначительным удельным весом (1,5), превышавшим, однако, удельный вес морской воды. По-видимому, их выталкивали на поверхность не вулканические силы, а давление заключающихся внутри паров. Рикко представляет процесс следующим образом: когда массы шлаков вылетали из кратера, то вода проникала в расплавленную массу и приходила в так называемое сфероидальное состояние, т. е., несмотря на высокую температуру, не обращалась в пар. Поднимаясь вверх, вулканические бомбы охлаждались, находящаяся внутри них вода переходила в парообразное состояние и сообщала бомбам новый толчок. Пока гидростатическое давление было более или менее значительным, бомбы не могли лопнуть, но на поверхности, вследствие внезапного ослабления давления, происходили сильные взрывы.

Перед извержением глубиiа в этом месте достигала 160 м; после извержения измерения, произведенные, к сожалению, при помощи несовершенных приборов, показали, что она возросла до 320 м. Отсюда следовало бы предположить, что исчезнувшие на дне твердые массы были выброшены извержением; но такое предположение мало вероятно: количество обломков и главным образом пемзы указывает, что взрыв вулканической деятельности не принадлежит к числу сильных, а в таких случаях, как мы знаем, расширення и углубления кратера не происходит. Всего вероятнее, что измерения были неверны.

Гораздо любопытнее и важнее явления, происходившие на острове Пантеллярии до извержения. Часть северо-восточного берега на протяжении 10 км между Пунта Карушья и Пунта Трачино, несколько приподнявшаяся во время извержения 1890 г., поднялась и теперь; она лежала на 0,8 м выше первоначального уровня. Это случилось в ночь с 14-го на 15 октября. Над поверхностью моря появились две белых полосы, образованных организмами, живущими у берегов,—морскими червями (серпулами), морскими желудями, ракушниками (Mytilus), морскими блюдечками (Patella) и т. п. Они были обильно усыпаны вулканическими породами. Скалы, прежде покрытые водой, выдвинулись над морем. Все это ясно указывало на происшедшее поднятие. Южнее мыса Карущья появилась трещина, тянувшаяся в подводных скалах на протяжении 300 м и удаленная от приподнявшегося берега на 82—45 м. Другая трещина прошла около вулканического озера, которое служило для кунаний; фумаролы повысили деятельность. Около трещип и вдоль берега землетрясепие ощущалось сильнее, чем в других местах острова.

Описанное явление представляет ясный и неоспоримый пример поднятия, произведенного вулканическими силами. Мы не знаем, на какой глубине происходило извержение, и лишены поэтому возможности выразить в цифрах ту огромную работу, которая была при этом совершепа.

Область, охваченная описанным выше нодводным извержением, направлепа к северо-востоку; опа совпадает с главной вулканической трещиной, идущей через острова Пантеллярия и Фердипандеа и через Шьякку в Сицилии. Выше мы видели, что во время извержения центр последнего переместился по направлепию к северо-востоку. Вулкапы острова Паптеллярии, раскинувшегося с юго-востока на северо-запад, лежат па поперечпой трещине, и явления 1890 года,—землетрясения па юго-восточном конце острова, повышение температуры в древних кратерах и поднятие берега нараллельно последней трещине,—несомпенно указывают, что вулканическая магма стремилась открыть пути, по которым она изливалась в прежнее время вдоль поперечной трещины. В первый момент вулканические силы не проявили себя ничем на поверхности, но в следующем уже году опи обиаружили действие: центр извержепия переместился к северо-западу и берег поднялся снова; вследствие этого перемещения цептра и произошло вулканическое землетрясение на северо-западном конце острова и подводпое извержение на том месте, где пересекаются обе трещины.

Известио много островов, которые образовались на глазах человека действием вулканических сил; отчасти оии сохранились, отчасти были разрушены морскими волнами. Не говоря о тех любопытных явлениях, которые происходили среди Липарских островов, в группе Санторипа (в Греческом архипелаге), и у Японских островов и о которых речь будет ниже, мы уномянем здесь о но-

вых образованиях в 1638, 1720, 1757 и 1811-м году в группе Азорских островов. Все они скоро были разрушены. То же самое наблюдалось и у берегов Исландии. У юго-западной оконечности этого острова, у мыса Рейкьянеса находится действующий подводный вулкан; известно до 13 извержений последнего. Образованные им в 1240 г. острова скоро опять исчезли, а более значительный остров с несколькими горами, явившийся в 1783 году, просуществовал не более года.

Любопытна судьба острова *Иоанна Богослова,* появившегося в 1796 г., под 53° 58′ с. ш. и 168° 5′ зап. д. в 45 верстах к западу от Уналашки в цепи Алеутских островов. В первых числах мая 1796 г. недалеко от острова Умнака появился огромный столб дыма; на окрестных островах произошло землетрясение, и слышался подземный шум; постепенно образовался небольшой вулкан, выбрасывавший шлаки. В течение месяца он все увеличивался. После этого сила извержения стала ослабевать, но дым и камни выбрасывались по-прежнему и остров продолжал расти. Через восемь лет почва его была так горяча, что нельзя было пристать к берегу*. Извержения продолжались, и новый остров, названный островом Иоанна Богослова, достигал в 1806 г. $2^1/_2$ мили в окружности и 300 ф. в высоту, а в 1819 году — 4 геогр. мили в окружности и 2000 футов в высоту; около 1823 г. извержение стало ослабевать, и размеры острова уменьшаться; в 1832 г. он достигал только двух миль в окружности. Разрушение острова продолжалось; в сентябре и октябре 1883 г., во время извержения Алеутского острова Августина, произошли также извержения недалеко от острова Иоанна Богослова, следствием которых было появление нового более значительного острова, названного о. *Гревинка,* в честь бывшего проф. Дерптского (ныне Юрьевского) университета. В августе 1884 г. этот остров достигал 120 м в высоту и соединился с островом Иоанна Богослова узким низменным перешейком. Высота острова Иоанна Богослова, несмотря на происходившее разрушение, оставалась прежней и достигала 300 футов. В феврале 1890 г. произошли новые извержения около этого острова, и недалеко от него появилось три островка, достигавших приблизительно 300 м в высоту.

---

* Остров *Иоанна Богослова,* появившийся в районе прежних владений России, вводит нас в область распространения русских вулканов. Вот как описывает его появление *Лангсдорф,* посетивший Алеутские острова в августе 1806 г. (сокращено):

«Под 54° с. ш. и 268° з. д. от Гринвича, почти в 45 верстах от острова Уналашки, находилась скала, одиноко выдвигавшаяся среди моря. С давних времен алеуты смотрели на нее как на главное убежище морских собак и морских львов и посещали ее иногда один, а иногда и несколько раз в год, рассчитывая на верную и прибыльную охоту. В 1795 г. по соседству с этой скалой островитяне заметили туман, который упорно держался даже в то время, когда остальной горизонт был совершенно чист. Явление это обеспокоило жителей Уналашки и соседнего острова Умнака, которые лишались теперь главного источника их пропитания. После нескольких лет напрасного ожидания самый храбрый из алеутов решился проникнуть сквозь туман на знакомую скалу. Он скоро вернулся оттуда и с ужасом сообщил, что море кипит около скалы и что туман смешан с пламенем. Никто более не отваживался пускаться на это место; его считали теперь обиталищем злых духов. Только в 1800 г. горизонт очистился, и алеуты, к величайшему своему изумлению, увидели на месте скалы остров, не существовавший прежде: он возвышался в виде пика и извергал огонь и дым.

Почти каждый месяц Уналашка испытывала сильные сотрясения земли, продолжавшиеся до 1802 года. В этом году случилось страшное землетрясение, разрушившее много хижин жителей. С этого времени пик нового острова потух, но Уналашкинский вулкан имел очень сильное извержение в первый раз после многих лет покоя. Этот вулкан чередовался также

К северу от Новой Зеландии также известны вулканические новообразования. В 1825 году здесь появился один остров, а в 1885—другой; о последнем, *о. Фалькен* (Соколиный), мы будем говорить еще ниже.

Пользуясь случаем, сделаем здесь несколько замечаний о подводных вулканах, расположенных вдали от материков и вулканических островов. Существуют ли вообще вулканы на значительных глубинах, как они распределены и как действуют—все это важные вопросы, но для решения их мы имеем весьма мало данных. Одно время предполагался такой вулкан на Атлантическом океане под 20—22° западной долготы, на $^1/_2$° южнее экватора, но, как показал *Рудольф*, предположение было ошибочным. Определенные сведения имеются только относительно тех извержений, которые происходили около скалистого острова св. Павла, отделенных глубоким морем от мнимого вулкана (см. карту землетрясений). Путем точного изучения многочисленных сообщений мореплавателей Рудольфу удалось показать, что среди океана действительно происходят подводные извержения; они сопровождаются иногда вскипанием воды, повышением ее температуры и выбрасыванием водяных столбов. Во всех же случаях паблюдается сильное волнение, простирающееся до отдаленных берегов. Проявление подводпой вулканической деятельности стоит вне всякой зависимости от соседних материков. Мы не имеем никаких данных для того, чтобы судить о том, как протекает явление на глубине и какое количество материала там выбрасывается; но огромные массы изверженных продуктов, паходимых на морском дне, заставляют предположить, что часть их выброшена подводными вулканами.

Вернемся к главному предмету этой главы, к итальянским вулканам. К северу от Сицилии лежат замечательные во многих отношениях *Липарские* острова. Семь болес значительных островов расположены по паправлению трех линий в виде лучей, расходящихся из центра группы; липия, паправленная на запад, состоит из осгровов Салина, Феликуди и Аликуди; к югу располагаются о-ва Липари, Волкано и Волканелло; продолжением этой линии служит фумарола, находящаяся на мысе Калава в Сицилии; Панария, Стромболи и Стромболуццо состав-

---

извержениямн с вулканом острова Умнака, который с давних времен считался погасшим.

В апреле месяце 1806 года некоторые из обитателей Уналашки посетили вновь образовавшийся остров и рассказали мне следующее: онн обошли весь остров в течение 6 часов. По их счету он имеет верст 30 в окружности; определить высоту пика онй не могли, однако думают, что ежели бы существовала возможность взойтн на него по прямой линии, то, чтобы достигнуть вершины, потребовалось бы 5 или 6 часов. С северной стороны вулкан продолжал еще гореть, и лава (липкое вещество, как онн выражались) стекала с вершины до самого моря. Вследствие сильного жара было невозможно туда проникнуть; леуты пристали к южному краю острова, где берег был менее крут и более остыл. Они пытались взобраться на вершину пика; трещины в земле и острые крутые скалы, нагроможденные массами, делали путь чрезвычайно затруднительным; после долгих блужданий они достигли немного менее половины высоты пика; идти далее им казалось уже опасным: почва становилась все горячее, трещиины увеличивались и извергали горячие пары. Остановясь тут, алеуты положили в одну из расщелин принесенное с собой мясо морского льва; оно очень скоро изжарилось, так что им уже не было надобности разводить для этого огонь. Недостаток воды и сильная жажда принудили алеутов возвратиться назад. Никому из них не пришла мысль захватить с собой каких-нибудь камней с этого острова; самородной же серы, которую они искали и которую они употребляют для разведения огня, найдено не было. Прочие камнн, говорили алеуты, были такие же, как и на Уналашке».—*Примеч. пер.*

ляют третью линию, направленную на северо-восток. Мы неоднократно уже указывали, что вулканы, расположенные рядами, стоят, по всей вероятности, в связи с трещинами, простирающимися глубоко в землю; в данном случае можно предположить, что такие трещины расходятся в различных направлениях от центра Липарских островов.

Важнейшим членом этой группы является *Стромболи*. Этот непрерывно действующий вулкан обнаруживает много своеобразных особенностей, с которыми мы не имели еще случая познакомиться. На основании тех сведений, которые дошли до нас со времен глубокой древности, приходится заключить, что гора не изменяла своего характера, может быть, даже в течение 3000 лет; она находится в непрерывной периодической деятельности, но не производит сильных извержений. Правильный конус этого вулкана, одетый легкими клубами дыма, известен всякому, кто проезжал из Неаполя в Палермо или Мессину. Гора достигает 900 м в высоту (имеющиеся цифры колеблятся между 853 и 979 м); кратер расположен приблизительно на 300 м ниже вершины; в течение долгого времени черное шлаковое дно его лежало на 100 м ниже его краев, и только в 1889 г. впервые произошло изменение, о котором мы скажем дальше. Вулканическая деятельность обнаруживается при посредстве особых отверстий в дне кратера, так называемых бокк; число и расположение последних изменяется: иногда существует одна бокка, иногда даже 6—7. Из одних вырывается пар со свистом и шипением, которые напоминают шум движущегося локомотива; из других выливается расплавленная лава, обыкновенно на дно кратера. Но всего замечательнее отверстия, выделяющие полужидкую тягучую лаву. Время от времени поверхность их вздувается и, разорвавшись, выбрасывает огромные количества паров. Пары увлекают за собой раскаленные комки лавы и куски шлаков и подбрасывают их вверх на несколько сот футов. Когда это извержение прекратится, в бокке снова начинают собираться пары, вспучивают лаву и разрывают ее, а сами взлетают вверх. Таким образом деятельность вулкана носит ритмический характер, хотя и не в такой степени правильный, как думали прежде. Взрывы происходят через промежутки, приблизительно от 1 до 20 минут.

Большинство вулканических бомб падает обратно в кратер. Можно безопасно стоять на его краю и наблюдать за всеми изменениями вулканической деятельности. Ночью это явление, наблюдаемое издали, представляет восхитительное зрелище; при каждом взрыве выступает пылающая лава и озаряет облако паров ярко-красным пламенем; зарево постепенно бледнеет, но через несколько минут снова достигает прежней яркости. Это чудное явление, видимое со всех сторон на протяжении ста английских миль, сообщило Стромболи своеобразное название «маяка Средиземного моря».

Равновесие вулканической деятельности Стромболи, существующее в течение целых тысячелетий и выражающееся рядом ритмических взрывов,—чрезвычайно интересное явление. Мы привыкли обыкновенно связывать с вулканами представление о правильных грозных извержениях, совершенно противоположных этому многовековому равновесию. Деятельность Стромболи до такой степени урегулирована, что уже ничтожные изменения давления вызывают заметные изменения ее: взрывы вулкана находятся в тесной связи с высотой барометра. Окрестным жителям известно, что во время широкко они усиливаются и учащаются, а перед бурями и

непогодой увеличивается количество выбрасываемого дыма. Эти признаки, подтвержденные многовековым опытом, служат руководством для моряков. Любопытно, что древние греческие сказания, по крайней мере в том виде, как они сохранились в Одиссее, считают это место обиталищем Эола, бога ветров:

... Был он
Их господином по воле Кроноона Дия и всех их
Мог возбуждать, иль обуздывать, как приходило желание.
(*Одиссея*, перевод *В. Жуковского*, песнь X, ст. 20—22)

Следовательно, уже во времена седой классической древности вулканическая деятельность «Эолова острова» стояла в известной связи с движениями ветров и изменениями ногоды и уже тогда периодические взрывы Стромболи находились в зависимости от метеорологических явлений. Причина этой связи заключается в следующем: при сильном атмосферическом давлении, предвестнике хорошей погоды, пары должны нреодолевать большее внешнее сопротивление; и потому нри низком положении барометра взрывы происходят чаще.

На земле известно немного вулканов, находящихся в состоянии непрерывной деятельности, а таких, которые обнаруживали бы нравильность взрывов, как у Стромболи, не найдется и вовсе. Можно указать на вулкан Асамаяма в Японии, который носле сильного извержения в 1783 действует непрерывно. Далее следует упомянуть вулкан Сиоа на Молуккских островах, Тофуа на островах Дружбы и Масайа в Никарагуа. Но едва ли не самым знаменитым вулканом этого рода является огромный Сангай в Экуадоре, достигающий 5223 м в высоту и упоминаемый Александром Гумбольдтом в его «Космосе». В 1849 г. на эту громадную гору, расположенную в малодоступной местности, ноднимался *Себастьян Виссе*; в течение часа он наблюдал 267 взрывов, при которых вулкан выбрасывал дым, пепел, лапилли и большие камни; впрочем, в последнее время строгая последовательность взрывов нарушилась, и они нроисходят теперь через промежутки в несколько часов.

В последнее десятилетие нечто нодобное случилось и со Стромболи. В ноябре 1882 года в области этого спокойно действующего вулкана произошли землетрясения и слышался подземный гул, не известной до тех пор силы. На стене горы, называемой Шьярра, образовалось на 100 м ниже кратера нять боковых бокк; со страшной силой выбрасывали они камни и пепел. В декабре новые бокки закрылись, и прежний кратер начал свою обычную деятельность. В октябре 1888 г. и в течение всего следующего года деятельность Стромболи усилилась; это тем более нривлекло всеобщее внимание, что в то же время происходили извержения на острове Волкано. Продолжительный гул и сотрясения сонровождались образованием новых нобочных конусов; вылилась даже базальтовая лава, чего до тех нор не бывало на Стромболи. Внрочем, по свидетельству *Меркали*, существует несколько древних лавовых потоков этого вулкана. Этот же исследователь доказал, что никакой внутреиней связи между усилением деятельности Стромболи и одновременно происходящими извержениями Волкано не существует.

К югу от Стромболи лежит о-в *Панария*; он окружен рядом маленьких островков—Базилуццо, Даттило и др., которые обыкновенно рассматриваются как остатки большого центрального вулкана. В настоящее время эти островки представляют собой подводную сольфатару.

Самый большой остров всей группы *Липари* не проявляет ныне вулканической деятельности. Его древние огнедышащие горы считаются потухшими; конуса их расположены без всякого порядка и прекрасно сохранились. Только обилие горячих ключей, содержащих сероводород, является остатком прежней вулканической деятельности. Особенное внимание обращает широкое развитие здесь богатых кремнекислотой трахитовых лав. Эту группу горных пород Рот и назвал липаритами. Наряду с мощными потоками стекловатого обсидиана на Липари встречаются и зернистые трахиты. Особенно огромного развития достигает здесь пемза. Эта стекловатая, но сильно пористая порода, напоминающая губку или густую пену, пронизана многочисленными пустотами и обладает серым, гораздо реже черным цветом. Пемза европейских, а равно и большинства остальных вулканов представляет богатое кремнекислотой вулканическое стекло. На островах же южных морей *Коген* наблюдал и богатые кремнекислотой пузыристые стекла, так называемые базальтовые пемзы.

Благодаря многочисленным воздушным пустотам пемза плавает на воде, но впрочем, до тех пор, пока не будет вытеснен весь воздух. Не удивительно, что этот вулканический продукт уносится морскими течениями и ветром далеко от места своего образования и отлагается в отдаленных местностях. После большого извержения вулкана Конзегвина в Никарагуа, корабль Конуэ натолкнулся под 7°26′ с. ш. и 104°45′ зап. долг. от Гринвича на огромные массы плавающей пемзы; на расстоянии 1100 английских миль от места извержения корабль встретил широкую полосу пемзы, покрывавшую море на протяжении 40 миль. Эта замечательная порода, находимая главным образом среди рыхлых продуктов многих вулканов, реже в лавовых потоках, встречается на Липари в огромном количестве и принимает видное участие в строении острова. Почти вся та пемза, которая обращается в европейской торговле, выброшена извержениями около мыса Бьянко на Липари.

Подобно Стромболи, Волкано не прекратил еще деятельности, но извержения его происходят очень редко. Насколько известно, они начались с 475 года до Р. Х. Сравнительно сильные извержения, сопровождавшиеся выделением лавы, отделены долгими промежутками умеренной деятельности, выражающейся выделением пепла. Последнее большое извержение относится к 1771 г. В это время выделился с северной стороны конуса обсидиановый поток Пьетрекотте. После этого вулкан вступил в тот период деятельности, который свойствен сольфатарам, и только изредка выбрасывает пепел. Выделяемые им газы главным образом состоят из водяных паров, соляной кислоты и сероводорода, к которым примешан хлористый аммоний (нашатырь), борная кислота и, вероятно, некоторые другие газы, каковы азот и углекислота. Полезные вещества, выделяемые фумаролами, добываются чрезвычайно простым способом; отверстие фумаролы засыпают рыхлыми породами, пеплом и т. п.; газы, проходя через них, выделяют кристаллы квасцов, серы, нашатыря и борной кислоты. Спустя некоторое время массы, закрывающие отверстие, собираются и доставляются на фабрики для переработки.

В 1873 году произошло извержение камней и пепла, длившееся 44 дня; с тех пор вулкан вышел из своего спокойного состояния. Извержения следовали все чаще, и промышленность, ютившаяся внутри кратера, должно быть, ограничиться теперь наружными склонами. Еще более усиленная деятельность горы проявилась в

промежуток времени с 3 августа 1888 года до 22 марта 1890 года, т.е. в течение года и восьми месяцев. Она прерывалась только короткими наузами от 5 до 30 и даже 40 минут. В зимние месяцы число извержений увеличилось, что должно быть приписано меньшему давлению атмосферы в это время года. Извержения сопровождались глухим гулом различной силы, но без заметных землетрясений, и сильными электрическими разрядами в кратере; иногда происходили выделения огромных масс нара, перемешанного с пеплом, лапилли и огромными вулканическими бомбами. Последние состояли из пористой центральной массы и стекловатой, покрытой трещинами коры. По-видимому, они выходили из глубоких частей кратера в полузастывшем состоянии и покрылись своеобразными трещинами вследствие расширения находящихся внутри них газов и паров. Внутри многих бомб были включены куски древней лавы. Свежая лава не выливалась во время извержения. После 22 марта 1890 года вулкан снова вступил в обычную для него стадию сольфатары.

Большого внимания заслуживают явления, сопровождавшие это извержение. На острове Липари, в местностях Пьяно Грекко и Баньо Секко появились новые фумаролы, а недалеко от берега острова Салины, в местности Сконкассо, которая считалась в народе местом подводных извержений, были заметны сильные выделения газов. Целый ряд фактов далекого прошлого указывал на существование подводных извержений около Волкано. Существующий теперь полуостров *Волканелло* с тремя небольшими кратерами появился в 183 году до Р. Х. при подводном извержении; он был сначала самостоятельным островком и только впоследствии,—по имеющимся сообщениям—в 1570 г.,—соединился с Волкано. Но этим явления не ограничились. 29 ноября 1888 года вблизи Волкано море сильно взволновалось и выбросило пемзу. В этом же месте, несколькими днями раньше, был разорван подводный телеграфный кабель; во время извержения 13 марта и 11 сентября 1889 г. в той же местности кабель был поврежден два раза.

Изменения, испытанные вулканом во время извержения, ограничились заполнением кратера, дно которого прежде лежало на 130 м ниже самой низкой и на 246 м ниже самой высокой части кольца. Но доисторические извержения, насколько позволяет судить строение самого острова,—производили, по-видимому, чрезвычайно большие изменения. Подобно Везувию, кратер окружен широким полукруглым валом в роде Соммы; но он располагается не в центре этого вала, а передвинуть несколько снаружи, в ту сторону, где кольцо прерывается. Юго-восточная часть острова представляет подобный же вулканический вал, срезанный упомянутым выше кольцом. Такое строение получилось вследствие перемещения центра извержения вдоль главной трещины. Существование двух небольших кратеров на северной стороне современного конуса вулкана и положение кратера Волкапело также указывают на перемещение центра извержения по направлению к северу; впрочем, последнее отрицается таким выдающимся знатоком рассматриваемой группы островов, как проф. *Меркалли.*

Другая группа итальянских вулканических островов расположена к западу от залива Гаэта; это—*Понтинские* острова: Понца, Вентотене, Пальмарола, Цаннопе и Сан-Стефано; все они были исследованы *Скропом,* а в последнее время *Дёльтером.* В противоположность описанным до сих пор случаям, мы имеем здесь дело не с новейшей вулканической местностью, а с остатками и развалинами тре-

тичных вулканов. В Италии встречается множество таких древних вулканов. Среди них следует упомянуть возвышающиеся среди Ломбардской равнины Евганейские холмы и широко распространенные базальты в окрестностях Вероны и Виченцы; последние образуют многочисленные отроги, распространяющиеся в область Южных Альп, именно в долину реки Эча (Адидже): все эти следы вулканической деятельности относятся к древнейшим временам третичного периода.

## Вулканы Атлантического океана

Прилагаемая карта представляет распределение вулканов на земной поверхности. На ней, по возможности, отмечены только те вулканы, которые действовали в послетретичное время или принадлежат к числу самых новейших образований, сохранивших кратер, конус и лавовые потоки. Единственное исключение сделано для западных частей Северо-Американских Соединенных Штатов. Здесь находится много таких областей, где третичные вулканы не могут быть резко отделены от позднейших. Вулканы, расположенные рядами, отмечены одной общей чертой.

Беглый взгляд на карту показывает, что в распределении вулканов существует замечательная правильность. Почти все действующие вулканы лежат вблизи берегов или на островах. Внутри материка, хотя и не особенно далеко от моря, располагается только Арарат и часть мексикапских и южноамериканских вулканов. Впрочем, последине во всей их совокупности могут быть рассматриваемы как прибрежная цепь. Точно так же большинство потухших вулканов мы встречаем или на берегу моря, или на берегу больших внутренних *озер* и морей, существующих теперь или существовавших нрежде. Внрочем, здесь число исключений уже гораздо больше. При дальнейшем рассмотрении карты мы заметим, что на берегах материков вулканы распределены далеко неравномерно и в громадном числе встречаются только там, где горные хребты раснолагаются вдоль берегов и круто обрываются около них. Третья чрезвычайно важная особенность, впервые указанная Леопольдом ф. Бухом в его классическом сочинении о Канарских островах, заключается в *рядовом* (линейном) расположении большинства вулканов. Уже при беглом взгляде на карту зти ряды в большинстве случаев бросаются в глаза, и было бы совершенно излишне перечислять их в отдельности. Эти ряды выражают направление больших трещин, простирающихся в глубину. Прежде вместе с рядовыми вулканами различали еще вулканы *центральные.* Последние нредставляют группу, в которой около некоторого центра разбросаны другие кратеры, не обнаруживающие в их расноложении правильных рядов. Но весьма вероятно, что и этот тип может быть сведен к трещинам, которые, начинаясь в известной точке, расходятся в разные стороны в виде лучей.

Оставляя в стороне зти чрезвычайно важные подробности, мы найдем в распределении вулканов и другую любопытную особенность: оказывается, что большинство вулканов расположено вокруг Великого (Тихого) *океана.* Начинаясь у Огненной Земли, вдоль всего западного берега Америки до самой Аляски, тянется с небольшими перерывами длинная цепь огромных вулканов, отчасти действующих, отчасти потухших. За Аляской начинается островной ряд вулканов, имеющий вид кривой, изогнутой в форме гирлянды. У Берингова нролива, между Америкой

и Азией, лежат Алеутские острова с их многочисленными вулканами, далее следует Камчатка, острова Курильские, Японские, Лиу-Киу, Формоза, Филиппинские и, наконец, Молуккские. На юге они примыкают к длинному ряду вулканов, который, начинаясь у Бенгальского залива, тянется к Новой Гвинее через Суматру, Яву и другие острова, расположенные к востоку от последней. За Новой Гвинеей между 10 и 20° южной широты располагается также много небольших вулканичееких островов, которые заканчиваются островами Товарищества и Маркизскими. Между этими островами и берегом Южной Америки одпноко выделяется остров Пасхи, замыкающий огромное кольцо, которое охватывает большую часть океана и заключает в своем центре величественные вулканы Сандвичевых островов; почти три четверти всех действующих вулканов принадлежит к этому кольцу.

Подобных особенностей в распределении вулканов не наблюдается ни в какой другой местности. В области Атлантического океана существует только короткая цепь на Малых Антильских островах. Некоторые группы вулканических островов рассеяны по всему океану. Одна из вулканических линий, начинаясь от африканского побережья, уходит далеко в море, но в ней нельзя найти даже отдаленного подобия с описанным выше кольцом Великого океана. То же самое видим мы в Индийском и Южном Ледовитом океанах. Переходя к краткому обзору главнейших вулканических областей земли, мы встретим много ие известных нам особенностей и увидим, что Везувий и другие огиедышащие горы Италии представляют только слабую картину той ужасающей силы, которой достигают извержеиия. Впрочем, это нисколько не мешает итальянским вулкапам служить прекрасными примерами при нервом знакомстве с вопросом, тем более что они, благодаря своей доступности, изучены очень нодробно. Мы рассмотрим вулканы Атлантического и Индийского океапов, познакомимся с огромным кольцом Тихого океана и заключим наш обзор Южным Ледовитым океаном с его спорадически действующими вулканами.

В северной окраине Атлантического океана на острове Исландии находится один из замечательнейших центров вулканической деятельности. Сравнительно с обычным типом, представителем которого служит Везувий, извержения этой местности и внешиие формы вулканов представляют много особенностей. Благодаря этому Исландия проливает значительный свет на некоторые образования древнейших периодов. Исландские вулканы точно изучены только в самое последнее время. Правда, извержения их наблюдались и описывались в течение многих столетий, и угрюмый остров неоднократно посещался иноземными естествоиспытателями, но все исследования ограничивались только южной заселенной частью его, где под влиянием влаги и тепла, испускаемого гольфстримом, разрослись пышные луга, доставляющие средства к существованию энергичным и нетребовательным северянам. Наиболее же любопытные внутренние и северо-западные области Исландии оставались неисследованными, так как путешествие но ним сопряжено с необычайными трудностями и лишениями. Огромные ледники и обширные нространства, нокрытые голой лавой или вулканическим пеплом, превращают страну в безотрадную пустыню. На протяжении целых миль отсутствует всякая растительность, и во многие из таких диких мест не ступала еще нога человека. Наука обогатилась важными сведениями об Ислапдии, благодаря трудам *Иенструпа* и *Хелланда* и особенно неустрашимости исландца *Тороддсена.*

Основание острова образуют мощные базальтовые покровы и туфы третичного возраста; среди них залегают пласты бурого угля, так называемые *суртурбранды*. Остров Сабина у восточных берегов Гренландии, остров Диско и Фэрерские острова обладают тем же строением. Невольно появляется мысль, что вся эта область представляет остаток огромного базальтового покрова третичного периода. Даже базальты Шотландии и Ирландии могут быть рассматриваемы как его отроги.

В конце миоценовой или в начале плиоценовой эпохи этот огромный базальтовый покров, обладавший мощностью более чем в 3000 м, раснался. Большая часть его совершенно погрузилась в море, и Исландия приобрела в общих чертах ее современный вид. Базальты занимают окраины Исландии. Как показал *Кейльхак*, они прорезаны базальтовыми жилами и огромными трещинами и представляют много участков, опустившихся вследствие сбросов (Grabensenkungen)*. В общем в этой местности нет значительных вулканов. Наоборот, они встречаются в огромном числе в южной, средней и северо-западной частях страны. Здесь господствуют *палагонитовые* и *тахилитовые туфы*, переходящие в брекчии и заключающие в своей массе базальтовые бомбы и куски шлаков. Породы эти еще во многих отношениях не достаточно исследованы. Кейльхак различает два рода палагонитовых туфов: те, которые стоят в связи с базальтом, он рассматривает как продукт первой фазы вулканической деятельности, а те, которые широкими поясами прорезают новейшие вулканические области, связывает с новейшими извержениями. Тороддсен считает последние более поздними образованиями, чем миоценовые базальты, и относит их к той эпохе, когда в Средней Исландии, в осевшем при сбросе участке, происходили сильные извержения пепла, лапилли и бомб. Как бы ни было дело, мы должны отметить, что эти туфы прорезаны длинными трещинами, около которых и сосредоточена новейшая вулканическая деятельность. Направление трещин соответствует дугообразной форме опустившегося участка. В Западной и Южной Исландии трещины идут к востоко-северо-востоку, в средней части они отклоняются на северо-восток и даже на северо-северо-восток; наконец, в северной части они направлены с севера на юг. С давних времен вдоль этих господствующих линий происходят землетрясения, онускания целых участков земной коры, извержения и бьют горячие ключи.

Среди исландских вулканов найдется немного таких, которые, подобно Везувию, представляют крутые конусы, состоящие из туфов и лавовых покровов и долгое время служащие центрами извержений. Тороддсен называет только два вулкана этого типа Снёфелс-иокул и Эйяфьялла-иокул**. В большинстве случаев жидкая лава вытекает непосредственно из трещин на всем их протяжении; она распро-

---

* В русской геологической литературе нет терминов, соответствующих немецким «Horst» и «Graben». Считая невозможным писать последние русскими буквами, как это часто делается, мы выражаемся в данном случае описательно: *Graben — участок, опустившийся (осевший) при сбросе (вследствие сброса)*, или *сбросовая впадина*, *Horst — участок, выдвинутый сбросом*, или *сбросовый выступ*. Употребляя выражения «опустившийся» и «выдвинутый», мы указываем только на *относительное положение* переместившихся участков и никоим образом *не на направление* самого перемещения. — *Примеч. пер.*

** Исландские географические названия состоят обыкновенно из собственного и нарицательного имен. Помещаем здесь перевод последних: *иокул* — глетчер, ледник, *фьял* — гора, *раун* — лавовое поле, *ватн* — вода, озеро, *дингья* — куча (вулкан?), *нес* — мыс, *фльот* — река, *фьорд* — залив. — *Примеч. пер.*

страняется в разных направлениях в форме покрова или же течет в виде потока. Над трещиной возникает обыкновенно ряд конусов, состоящих из шлаков и лавы; они располагаются друг возле друга, подобно четкам, и напоминают паразитические конусы больших вулканов: по крайней мере, деятельность их ограничивается тем извержением, во время которого они образовались. Если лава начинает изливаться из соседней трещины, то она бесследно погребает их в своей массе. Иногда лава вытекает спокойно, не образуя этих мимолетных побочных конусов; иногда образуются по обе стороны трещины длинные валы из шлаков и лавы.

Одно из огромнейших извержений этого рода произошло в 1783 г. к югу от глетчера Скаптар в Южной Исландии. Трещина, извергавшая лаву, была направлена к северо-востоку и на протяжении 24 км проходила в палагонитовых туфах, которые в виде немногочисленных и небольших холмов выступали из базальтового покрова. Спачала лава вылилась из западной, а потом из

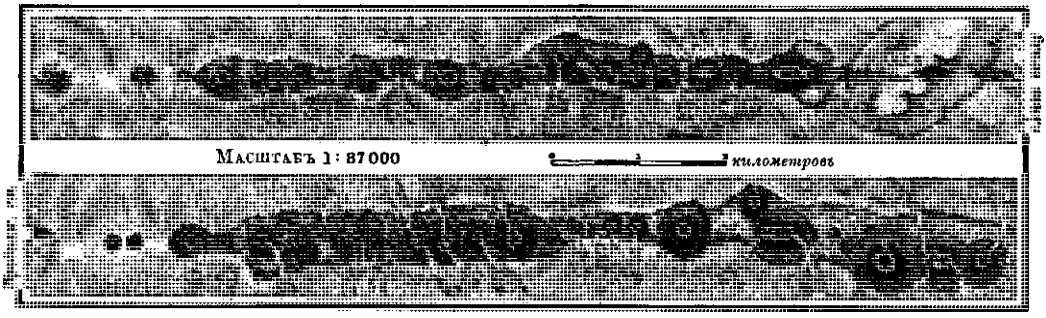



Рис. 180. **Ряд кратеров, образовавшийся в 1783 г. на трещине Скаптар в Исландии (кратер Лаки)** (по Хелланду)

восточной части трещины. По обе стороны последней явилось не менее 34 больших и 60 маленьких шлаковых конусов и кратеров; большинство из них было только в несколько метров высотой, и самый высокий кратер поднимался на 150 м над окрестностью (см. рис. 180). Лава распространялась по обе стороны трещины, текла далее к берегу в виде двух потоков, каждый длиной в 45 км, и покрыла поверхность приблизительно в 900 кв. км. *Хелланд,* которому мы обязаны первым точным описанием этого замечательного и величественного извержения, полагает, что средняя мощность потока достигала 30 м, а общее количество выброшенных масс — 27 куб. км. Трещина Скантар вылила самый мощный из всех известных нам лавовых потоков. Явления, сопровождавшие это извержение, *Рейер* (по Хелланду) описывает следующим образом (мы приводим его описание в несколько сокращенной редакции):

«1 июня 1783 г. в прибрежных местностях произошло землетрясение, которое с небольшими перерывами длилось целую неделю. На севере небо потемнело, и на деревни посыпались огромные массы вулканического пепла. В следующие дни прибрежные жители поняли, что извержение, происходящее где-то далеко, грозит и их существованию. 10 июня на севере появились огненные столбы, и к ужасу людей река Скапта, достигавшая нрежде летом 150 м в ширину, иссякла. Было ясно, что откуда-то с гор устремился в долину лавовый поток и превратил воду в пар. Если извержение не прекратится, то лава, двигаясь по долине, достигнет моря.

Действительно, в следующие дни лава надвинулась огромными массами. Там, где долина сужалась до 100—200 м, лава скоплялась и загромождала эти глубокие ущелья до их краев. Падая по крутым склонам на равнины, она образовала страшные, пылающие лавопады. Ветер пес целый дождь шлаков и тучи кислых паров. Многие из перепуганных жителей, искавшие спасения в бегстве, захворали и ослабели. 18-го произошло новое извержение, и новые потоки лавы перелились через ущелье Скапты. Впоследствии воды реки прорыли себе другое русло, но теперь от соприкосновения с лавой они были страшно нагреты. Эта кипящая вода, перемешанная с вулканическим пеплом, произвела грозные опустошения. В конце июня произошел новый приток лавы, и поток разделился на три рукава. В середине июля наступило спокойствие.

Едва жители стали оправляться от перенесенных ужасов, как вдруг в конце июля произошло опять страшное землетрясение. Теперь огромные огненные столбы появились уже на востоке. В начале августа новый поток лавы ворвался в восточную часть долины Верфиса, но, несмотря на прибывавшие массы, он не достиг равнины. В конце октября опять появились на востоке огненные столбы и держались там в течение пяти дней; лава прибывала, но новых опустошений в равнине уже не произвела. После этого извержения в окрестностях второго лавового потока появились горячие болота шириной на 2 часа пути; они просуществовали там в течение долгого времени.

Непосредственный вред, произведенный извержением, был велик даже в этой малонаселенной местности. Но всего ужаснее были потери, происходившие вследствие гибели растительности и обнаружившиеся только в ближайшие годы. Нечем было кормить скот, и все население гибло от голода. В довершение несчастья в 1784 г. в округе Арнес 100 дворов было разрушено землетрясением. В течение одного года из 47 000 жителей острова умерло 9000».

Тороддсен доказал, что кратеры Скаптар образовались в 1783 г. на месте древней трещины, выбрасывавшей лаву, вероятно уже в первом веке после заселения страны. Но чуть ли не самой замечательной и во всяком случае единственной в своем роде является вулканическая трещина, открытая Тороддсеном у Лангишора между Мирдалс-иокулом и Ватна-иокулом. Она простирается на 4 мили по совершенно прямой линии и идет через горы и долины. Горы, превышающие 1000 ф., разломаны ей, точно игрушки; она внедряется в них до глубины 400—600 ф. Непосредственно из этой трещины без кратеров вылились мощные потоки лавы в виде огромных лавонадов: один из них достигает 6—7 географ. миль и может быть прослежен до самого моря.

Многочисленные и характерные вулканические трещины находятся далее в Северо-Восточной Исландии между реками Иокулсо и Скалфандафльот. По сообщению Тороддсена эта лишенная всякого населения пустыня рассекается глубокими и длинными параллельными трещинами на ряд полос. Одни из них опустились, другие сохранили свое первоначальное положение или осели менее соседних. Большинство трещин сопровождается рядовыми вулканами, но некоторые трещины, равно как и целые участки, осевшие при сбросе, лишены их. Одну из величайших впадин последнего рода Тороддсен нашел в северо-восточной части Одадарауна; длина ее приблизительно 15 км, ширина 1 км, а высота по обе стороны 30—50 м.

Параллельно этой впадине тянется ряд вулканов,—Рандуборгир, Свейнар и кратер 1875 г. В южной части ряда располагался прежде (до 1875 г.) длинный, осевший при сбросе, участок Свейнагья; крутые стены его достигали с обеих сторон 10—20 м в вышину. 18 февраля 1875 г. начались извержения вдоль западной стены этой впадины и с некоторыми перерывами продолжались до конца августа. Вдоль трещины образовалось три группы кратеров; они сравняли осевший участок с около лежащими частями и выбросили поток, масса которого, как

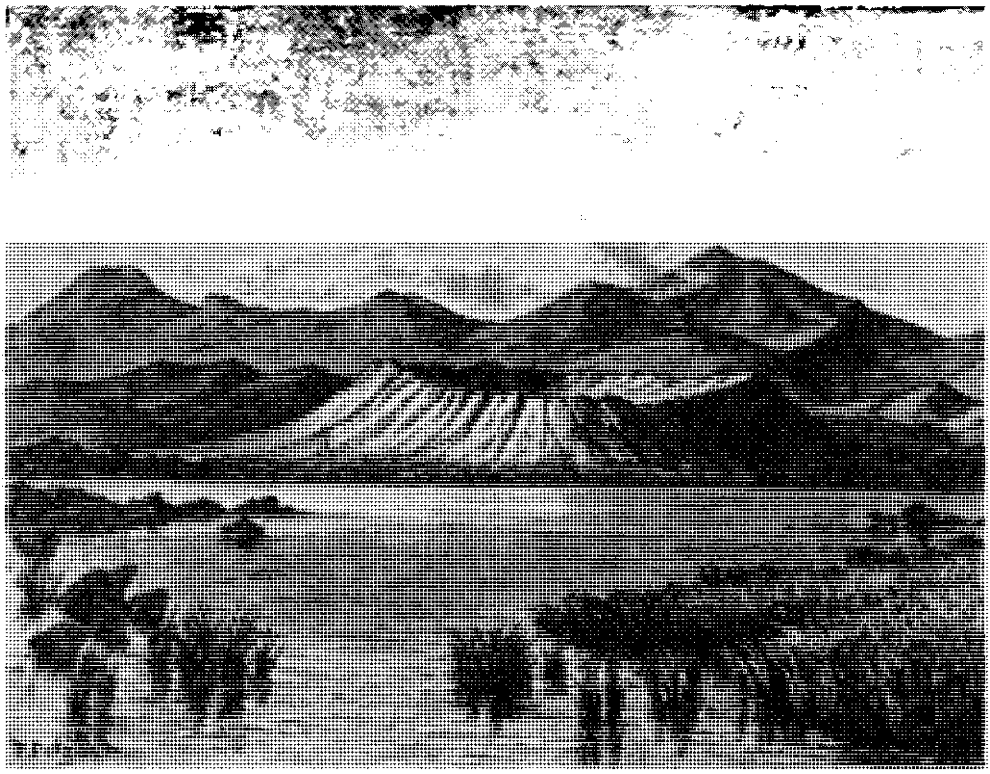


Рис. 181. **Вулканы Вер-фьял на Комарином озере (Ми-вати) в Исландии** (по Прейеру и Циркалю)

думает *Хелланд,* достигала, по крайней мере, 276 миллионов кубических метров. Шум, произведенный этим извержением, слышался на далеком расстоянии и напоминал собой тяжелые удары морских волн о скалистые берега. По сообщению *Хальгримура Ионассона,* 12 марта длина лавового потока была не менее одной датской мили. Извержение свирепствовало вдоль восточной стороны шлакового вала, который достигал 400 м в длину и 13 м в высоту; шестнадцать огненных столбов вырвалось из трещины, лавовые глыбы без счета поднимались вверх и падали каменным дождем. Почва покрылась множеством коротких параллельных трещин; там, где двигался поток, они заполнились лавой. Восточная сторона одной из трещин в течение 12 часов опустилась более чем на 2 фута. В апреле и в августе происходили извержения в южной части.

Поразительной правильностью отличается выдвинутый сбросом длинный участок (Horst) на восточном берегу Комариного озера (оз. Ми-ватн); в разных местах он носит различные названия (Наму-фьял, Дал-фьял, Лейр-нукура). Он достигает в высоту 400—600 м и в ширину 400 км. Трещины, ограничивающие его, сопровождаются непрерывным рядом кратеров, выливших огромные массы лавы. Периодом сильных извержений их было время между 1724-м и 1730-ми годами. Ныне у этих трещин находятся фумаролы, сольфатары и ключи, извергающие горячую грязь. Среди вулканов Комариного озера особенно любонытен *Вер-фьял*, отличающийся своей чрезвычайно правильной формой (см. рис. 181). Резкую противоположность этим грандиозным вулканическим извержениям представляют крошечные трещины, напоминающие какую-то искусственную модель и наблюдавшиеся Тороддсеном в южной части Свейнагьи. На одной из таких трещин, имеющей в длину только 10 м и в ширину 10—12 см, располагаются 12 крошечных кратеров, из которых самый большой достигает одного метра в поперечнике, остальные же не больше 12—16 см. Такую же вулканическую трещину с крошечным лавовым нотоком Тороддсен нашел у Хелгафела на полуострове Рейкья-несе.

В области Комариного озера и в северной части Одада-рауна перемещения земной коры,—сбросы и сдвиги,—происходили в северо-южном направлении. Наоборот, в южном Одада-рауне трещины направлены, главным образом, к северо-востоку. К числу последних и относятся ряды кратеров Кверкнука-рани и Дингьюхолс. Кверкнука-рани состоит из многочисленных конусообразных скал туфа и брекчий, между которыми в самых фантастических формах нагромоздилась лава. Профили местности между Кверкнука-рани и Дингьюхолсом, представленные на рис. 182 и 183, дают наглядное представление о строении этой замечательной вулканической области.

В котловине Аскья пересекаются трещины, идущие в северо-южном и северо-восточном направлениях; вследствие этого здесь вулканы достигают такого огромного развития, какого мы не встречаем ни в каком другом месте Исландии. К сожалению, эта недоступная область еще мало исследована. Огромный туфовый вал Аскьи, занимающий площадь приблизительно в 55 км, обрамляется с наружной и внутренней сторон многочисленными кратерами. В юго-восточном углу находится озеро, окруженное сильными фумаролами и несколькими кратерами, которые 2 и 3 января 1875 года выбрасывали базальтовые и туфовые глыбы. 29 марта произошло страшное извержение немзы: ненел долетел до Стокгольма. Дно кратера превратилось теперь в зелено-голубую, ностоянно кипящую и клокочущую глинонодобную массу. С шумом и ревом вырываются из кратера огромные столбы паров и множество незначительных наровых струй, которые расходились в виде лучей. Деятельность Аскьи представляет некоторое отличие от деятельности вулканов, располагающихся на трещинах; это—единственный вулкан Исландии, выбросивший в историческое время настоящую белую пемзу. Перемещения земной коры в северо-восточном направлении, характерные для южного Одада-рауна, наблюдаются также и у подножья глетчера Ватна. Они оказывают решающее влияние на расположение вулканов всей Южной и Западной Исландии, полуострова Рейкья-песа и области знаменитой Геклы. Последняя представляет туфовый вал, достигающий 20 км в длину и сопровождаемый многочисленными кратерами.

Кроме вулканических трещин и сравнительно менее распространенных туфовых вулканов, в Исландии существует еще один замечательный тип огнедышащих гор: это — плоские щитообразные вулканы, с огромным кратером, который наноминает своей формой шахту рудника и выбрасывает лаву. Такие вулканы достигают огромного развития на острове Гавайи, и нотому нодробное описание их мы отлагаем до другого места. Распространяется ли это сходство и на деятельность исландских вулканов, мы не можем решить, так как они в настоящее время уже нотухли. По Тороддсену величайшими вулканами этого рода являются Трёлла-дингья и Коллота-дингья в Одада-рауне и Стиртур в Средней Исландии, между Хофс-иокулом и Лонг-иокулом. *Кейльхак* относит сюда еще вулкан Скьялбрейд (широкий щит), расположенный к северу от озера Тингвалла. Трёлла-дингья достигает в вышину 1491 м над уровнем моря, а в понеречнике доходит до 15 км.

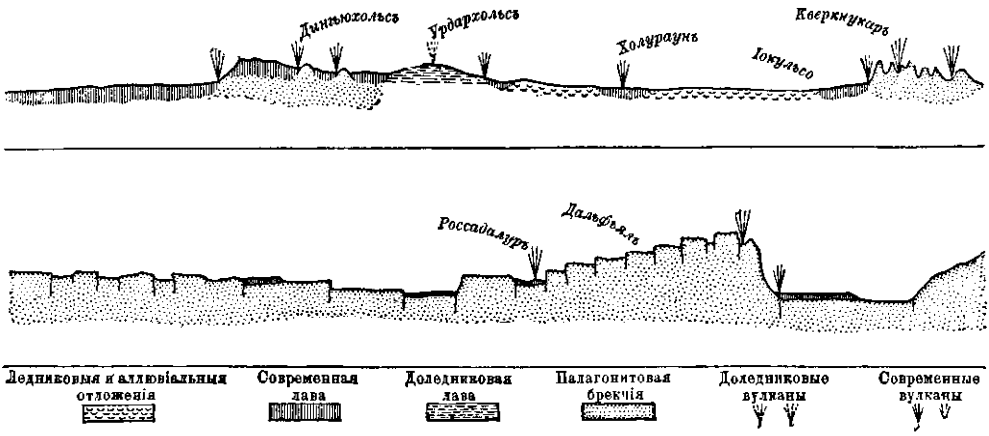



Рис. 182—183. **Разрезы ряда вулканов на Одада-рауне в Исландии** (по Тороддсену)

Коллота-дингья несколько ниже. Склоны этих чрезвычайно плоских вулканических кунолов наклонены незначительно — от 1° до 10°. Они образованы исключительно многочисленными лавовыми покровами с небольшими шлаковыми конусами на внешней поверхности и с пустотами внутри. На вершине распологается огромный круглый или эллиптический кратер с необычайио крутыми стенами. Тороддсеи полагает, что внутри этого кратера так же, как и в гавайских вулканах, распологаются лавовые озера. В юго-западиой Исландии, в области распространения базальтов, известно много небольших вулканов па берегу залива Факсафьорд. Расположение их представляется чрезвычайно любопытным: как показал Тороддсен, они образуют на берегу бухты полукруг и лежат на тех трещинах, из которых бьют теплые углекислые ключи. Таким образом, бухта Факса представляет как бы остаток разрушившейся котловины.

Что касается химического состава лав Исландии, то они обладают в большинстве случаев основным характером. Впрочем, встречаются также и кислые лавы,— липариты, пемза, а в новейшее время и обсидиановые потоки. Примером последних может служить Итрафутину-раун в области Геклы, а также некоторые потоки у Крафлы, у Торфа-иокула и особенно у Иокулбармура внутри острова. Что касается внешних свойств лавовых потоков, то в Исландии, как и во всякой

другой вулканической области, можно различать две главных формы: так называемые «хеллу-рауны» и «апал-рауны»: первые соответствуют волнистой лаве «пахоехое», вторые — глыбовой «аа» гавайских вулканов. Глыбовая лава, поверхность которой напоминает взволнованное море, занимает в Исландии относительно меньшую площадь; преобладающая здесь волнистая лава обладает прекрасно выраженным плитняковым строением. Масса лавы, выброшенной исландскими вулканами, необычайно громадна; по расчетам Тороддсена, в одной только северо-восточной части острова, между Иокульсо и Скалфандафлют она достигает 216 куб. км. Пред-

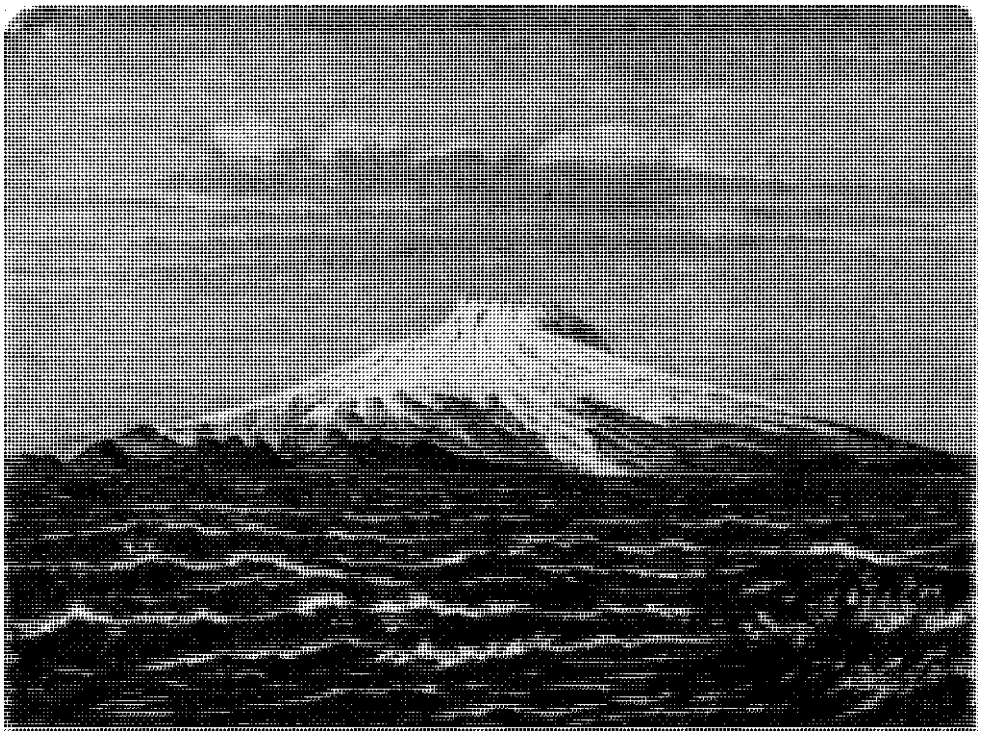


Рис. 184. **Ягодная Гора на о-ве Ян-Майен** (из трудов Норвежской полярной экспедиции)

полагают, что со времени заселения острова в IX веке происходили извержения двадцати вулканов; большинство их приходится на долю Геклы (21) и Катлы (12).

Продолжением вулканической цепи, косо прорезывающей Исландию, можно считать остров *Ян-Майен*, расположенный далее к северу. Высшая вершина его, Ягодиая Гора, покрыта ледниками и достигает 2545 м. Это потухший вулкан. Более низкие горы Яна-Майена, а также горы расположенного невдалеке Яичного Острова обнаруживали вулканическую деятельность в недавнее время. Рис. 184 изображает Ягодную Гору с ее многочисленными паразитическими кратерами, а на рнс. 185 представлена Птичья Гора, в разрушенный кратер которого ворвалось море. К Ягодной Горе примыкает длиниая и узкая коса, направленная к юго-западу. Она покрыта множеством небольших кратеров, которые извергали базальтовые лавы.

За пределами Исландии берега Атлантического океана на огромном расстоянии не представляют и следов вулканической деятельности. На всем восточном побережье Америки от Полярного круга до Огненной Земли и на западном берегу Европы и Африки к северу от экватора мы не находим ни одного вулкана. Только в средней части Гвинейского залива находится ряд хотя и не действующих, но хорошо сохранившихся вулканов: к числу их относятся гора Камерун, достигающая 4000 м в высоту, острова Фернандо По, Принчипе, Св. Фомы и Аннобом. Древний вулкан, располагающийся у озера Чад, вероятно составляет северо-

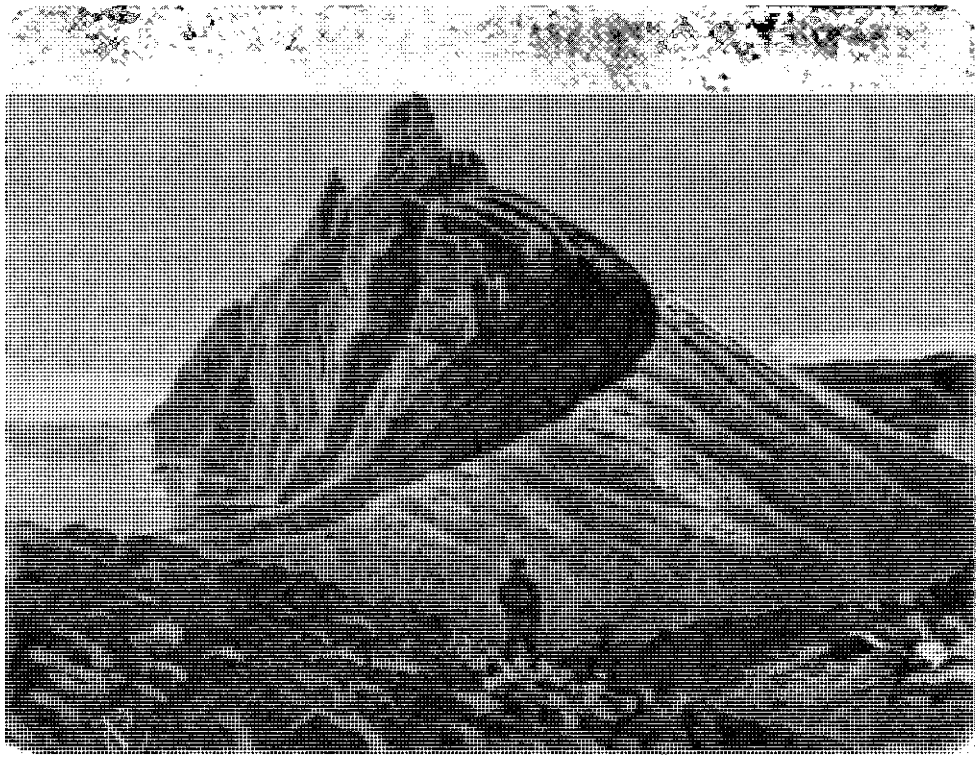


Рис. 185. **Птичья Гора на о-ве Ян-Майен** (из трудов Норвежской полярной экспедиции)

восточный отрог этого рода. К юго-западу продолжением линии Камеруна служит остров св. Елены с ее потухшим кратером. Здесь ряд вулканов, кажется, дает новый отрог, направленный к северо-западу и идущий через острова Вознесения к острову св. Павла. Если это так, то остров св. Елены должно рассматривать как место пересечения двух вулканических линий. Может быть, и Тристан да Кунья, остров, расположенный еще дальше к югу, стоит в связи с трещиной, идущей также от острова св. Елены; насколько это справедливо, еще нельзя решить.

Значительно большого внимания заслуживают острова, лежащие к западу от Африки, между 14 и 40° с. ш.; сюда относятся Азорские острова, Мадейра, Канарские и Зеленого Мыса. Из них Мадейра представляет вполне потухший вулкан. В основании острова залегает, кажется, диабаз, и, если судить по находимым в

туфах окаменелостям, то вулканическую деятельность Мадейры следует отнести к началу миоценовой эпохи. Много хорошо сохранившихся кратеров и свежие лавовые потоки указывают, что извержения происходили здесь и в позднейшее время, но с того момента, как европейцы завладели островом, вулканическая деятельность ие проявлялась.

В группе *Азорских островов* действующие вулканы находятся на Сан Мигуэле, Терцейре, Пико, Файяле и о-ве Св. Георгия. Кроме того, среди этой группы вблизи Сан Мигуэля и Терцейры нередко происходят подводные извержения. Последнее случилось в 1867 г. Часто во время таких катастроф появляются новые островки, которые скоро опять исчезают. Особенной известностью пользуется извержение, насыпавшее в 1811 году остров Сабрина. По своему типу Азорские острова, по-видимому, сходны с Канарскими, по богатая растительность, одевающая их почву, затрудняет исследование.

Гораздо более известны *Канарские острова,* которые со времени знаменитых исследований Леопольда фон Буха сделались классической местностью для изучения вулканов. Группа состоит из семи больших и нескольких малых островов. К пей отпосятся: о-в Ферро, недостаточно изученный базальтовый остров *Пальма,* мало известпый остров Гомера, Тепериф, Грап Канарья, Фуэртевентура и Ланцарот. Что касается расположения островов, то два последние образуют ряд, направленный с юго-запада к северо-востоку; в этом же направлении раснолагаются на них и кратеры. Группируются ли вулканы островов Гран Канарья, Тенерифа и Ферро в такой же ряд,—не известно. Со времени заселепия островов испапцами происходили извержепия Теперифа, Пальмы и Ланцарота.

Главную массу острова Теперифа составляет огромный вулкан, достигающий 3710 м в высоту. Со всех сторон местность постепенно приподнимается, и склопы вулкана падают под углом 10—14°. На значительпой высоте располагается огромный древний кратер типа Соммы. По мнению одних исследователей, оп достигает 2 геогр. мили в поперечнике, по мнению других—$1^1/_2$ геогр. мили. Южная часть этого огромного кольца внолне сохранилась, северпая же разрушилась в тех местах, где выливались к нодножью вулкана лавовые нотоки. Около этого древнего эллиптического кратера располагается несколько паразитических конусов типа Этны, выливавших лаву, а внутри возвышается самый Пик Тенериф (или Пико де Тейде), «гора на горе», как выразился Леопольд фон Бух. «Только войдя внутрь цирка, образованного кольцевым валом, путешественник может сказать, что он достиг нодножья Пика и увидел те его особенности, которые отсутствуют в других вулканах. Горные массы, которые служат подножьем Пика, несмотря на их высоту, являются чем-то несущественным, второстененным. Пемзовые ноля на склонах конуса так огромны, что издали вся гора кажется нокрытой снегом. Черные нотоки абсидиана прорезают эту белую нелену и точно ленты спускаются с вершины; одни доходят до основания цирка, другие до половины конуса, а третьи выступают резко своим черным цветом только у самой вершины. Все покрыто рыхлыми изверженными массами, кругом ни дерева, ни травы» (Леопольд фон Бух). На вершине располагается кратер, достигающий $^1/_2$ км в нонеречнике; он вполне доступен для исследования. Если нренебречь небольшими бокками, то, кроме главного Пика, следует указать еще на два значительных конуса, расположенных внутри кольцевого вала,—Монтанья Бланко и Пико Виейо,

или Хахорра. Кратер последнего шире кратера главного конуса, и выброшенные им обсидиановые потоки обладают более значительной мощностью.

Совсем иную картину представляет остров *Пальма,* сообщивший целому ряду образований названия «кальдер» и «барранкосов»; последние употребляются точно так же, как «сомма» и «сольфатара». В строении острова принимают участие не одни только новейшие изверженные породы: в основании его залегают массивные диабазы, и только над ними располагаются продукты новейших извержений. Остров обладает клинообразной формой: широкий конец его образован своеобраз-

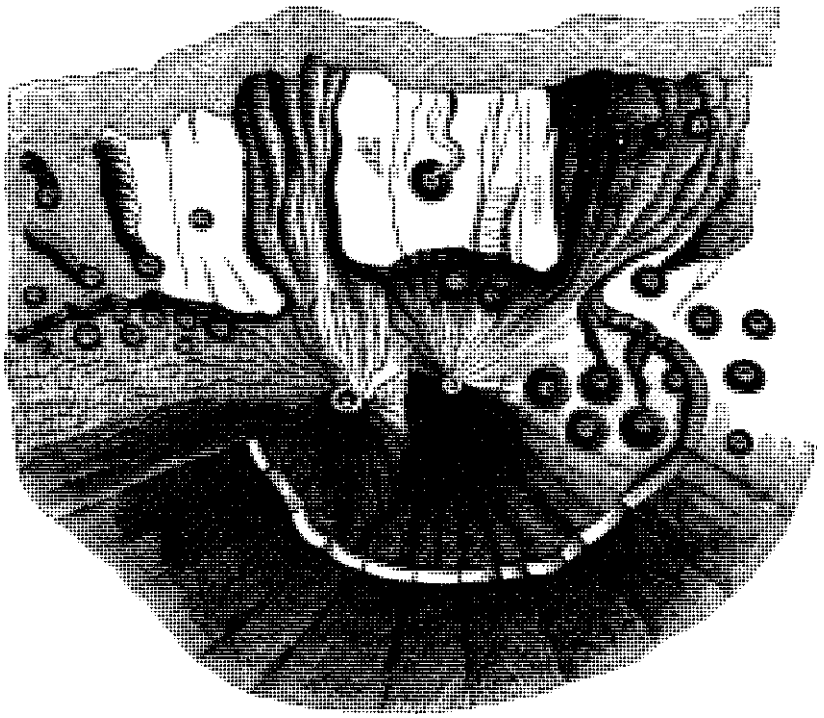


Рис. 186. **Снимок с старинной модели Пика Тенерифа**

ным кратером Кальдерой, на остром же конце располагается длинный и крутой гребень Кумбрэ Виейа с многочисленными вулканическими конусами; низкий вал соединяет его с Кальдерой. На южном конце Кумбрэ, на острой оконечности острова, стоит вулкан высотой в 728 м. В 1669 г. он дал извержение, которое было вообще последним извержением острова Пальмы.

Кальдера представляет только остаток огромного конуса. Вершина его обрушилась, и на ее месте образовалась огромная широкая и глубокая котловина. Скалы, окружающие эту котловину, также называются Кумбрэ; они поднимаются в северной своей части до высоты 2511 м, а в южной до 2095 и 2133. Дно Кальдеры располагается не выше 700 м над уровнем моря. Таким образом, зта глубокая котловина окружена стенами в 1200—1600 м. В нее ведет узкое ущелье, прорытое горными ручьями. Это — Барранко-де-лас-Ангустиас, или Гран-Барранко (Большой Барранкос). Стены Кальдеры состоят из вулканических масс. На краю и на склонах располагаются паразитные кратеры, откуда лавы распространялись в

низменные части острова и доходили до моря. Иной представляется картина, если войти внутрь Кальдеры через Большой баррапкос. При входе видны только продукты новейших извержений, но в глубине горы господствуют древнейшие массивные породы,—диабазы, гиперстениты и др. Все они раздроблены и разорваны многочисленными жилами, которые иногда совсем скрывают прорезанные ими породы. Эти древнейшие изверженные массы составляют и дно Кальдеры, крутые же стены последней образованы продуктами новейших извержений. Внутренние части Кальдеры изборождены глубокими рытвинами, которые внедряются и в обрывы Кумбрэ.

Много споров вызвал вопрос о происхождении этой огромной котловины, достигающей $1^1/_2$ географ. мили в поперечнике и 1600 м в глубину. Леонольд фон Бух считал Кальдеру и окружающие ее скалы Кумбрэ характернейшим примером кратера поднятия и на особенностях острова Пальмы построил свою теорию. Весьма любопытно познакомиться с выводами, к которым он пришел. «Картина, открывающаяся с Кумбрэ, не менее величественна, чем внутри Кальдеры. Путешественник видит перед собой бездну во всем ее величии, и едва ли в другом месте на земной поверхности найдется такая же страшная пропасть. Середина Кальдеры поднимается на 2257 ф.; немного выше лежит подножье крутых скал, которые образуют обрывы более, чем в 4000 ф. Где можно найти что-нибудь подобное? Где величественные скалы окружают такую котловину? Где исследователь видит с такой ясностью скрытое у него под ногами? Отдельные гребни резко выдвигаются среди вала и позволяют по ним судить о составе целого. Всюду, куда ни кинешь взор, лежат слои твердого базальта и мощные массы туфов, вулканических бомб и куски шлаков. У верхнего края эти пласты сильно наклонены кнаружи, а внизу наклон их делается меньше; с северной стороны они падают к северу, с южной—к югу. Можно думать, что громадное количество базальтовых жил, прорезающих стены сверху донизу, образуют нечто вроде связок или бинтов, которые и удерживают эти раздробленные массы в их положении. Догадка тем более естественна, что стены стоят по большей части вертикально или только немного отклоняются от отвесной линии. Внизу, в барранкосе, этих жил еще больше. Наружный склон Кальдеры как бы закручен по направлению к морю. Малые барранкосы* не видны или представляются только в виде небольших трещин; все другие возвышения также незаметны, и склоны спускаются почти равномерно. Это замечательное явление поражает исследователей местности: при взгляде на карту острова нетрудно заметить, как многочисленны барранкосы, идущие от вершины к подножью, но часто путешественник, находясь рядом с этими глубокими рытвинами, не видит их и даже совсем не ожидает встретить, пока не сделает последнего шага к краю; барранкосы появляются вдруг; путнику приходится спускаться по крутым скалистым стенам на 400 и 500 ф. вниз и подниматься потом на такую же высоту; дальше, через какие-нибудь четверть часа, он опять встречает другой барранкос, столь же крутой и глубокий, еще дальше—третий... Только на небольших промежутках между этими гигантскими рытвинами могут ютиться жилища. Ручьев, спускающихся в барранкосы, не существует; вода падает туда только в дождливое время года или

* Следует отличать Большой барранкос, который ведет в Кальдеру, от Малых барранкосов, глубоких ущелий, которые находятся в наружной стороне Кумбрэ.

во время таяния снега на горах. При восхождениях даже на незначительную высоту над уровнем моря бесчисленные барранкосы делают путь чрезвычайно утомительным: приходится то подниматься вверх, то опускаться вниз, почти не двигаясь вперед. Поэтому местные жители предпочитают делать обход: они поднимаются от Санта-Круц до Кальдеры и затем уже спускаются к Большому барранкосу; они обыкновенно избегают кратчайшего пути, перерезанного многочисленными глубокими рытвинами и ущельями. Барранкосы расходятся во все стороны от края Кальдеры. На южных склонах Кумбрэ они попадаются редко и достигают большой глубины только у самого берега.

Все эти явления, так прекрасно гармонирующие друг с другом, легко сводятся к одной общей причине. Кальдера — не что иное, как огромный кратер поднятия, созданный действием тех же сил, которые воздвигли на дне моря целый остров. Вследствие этого слои наклонены так же, как и наружные склоны, и вверху сильнее, чем внизу. Поверхность вновь образовавшегося конуса должна была покрыться многочисленными трещинами — барранкосами, так как она заняла теперь значительно бóльшее пространство, чем прежде на дне моря. Вдали от конуса такие трещины попадаются редко, и здесь, действительно, не было причины для их возникновения. Если бы в середине Кальдеры мог выдвинуться пик, то произошел бы вулкан, т. е. открытый канал, соединяющий поверхность земли с ее внутренностью. Но в кратере поднятия огромные приподнятые массы падают опять и закрывают этот канал».

Как уже было упомянуто, названия этих замечательных образованнй стали нарицательными: всякую большую котлообразную долину, располагающуюся внутри притупленного конуса вулкана и открывающуюся наружу ущельем, называют *кальдерой*; своеобразные же ущелья на склонах вулканов, которые рассматривались приверженцами теории поднятия как трещины, возникшие при образовании кратера, носят название *барранкосов*.

Объяснение кальдер, предложенное Леопольдом фон Бухом, оказалось неправильным; но ход мыслей этого ученого и способ его доказательств представляют большой интерес и в настоящее время. Исследования *Рейсса* и *Хартунга* показали, что образование кальдер и барранкосов просто объясняются теорией накопления и что, наоборот, нет ни одного серьезного основания приписывать их возникновение поднятию. Мы слишком бы уклонились в сторону, если бы стали подробно разбирать доводы, подтверждающие этот взгляд. Мы проследим процесс только в самых главных чертах. Как уже упомянуто, внутренним ядром Кальдеры служат массивные горные породы из группы так называемых зеленокаменных пород (грюнштейнов), диабазов, гиперстенитов и т. п. Они, очевидно, находились здесь уже перед началом извержения. Судя по той высоте, какой достигают эти породы на дне котловины, можно заключить, что они представляли гору около 1200 м в высоту. На поверхности последией происходили новейшие извержения. Путем накопления лавы и вулканического пепла образовался конус; он совершенно закрыл зеленокаменные породы и поднялся на большую высоту. Кумбрэ достигает теперь 2511 м, а поперечник кратера равняется $1^1/_2$ географической мили; отсюда можно заключить, что первоначальный конус поднимался, по крайней мере, до высоты Пика Тенерифа. Во время одного из дальнейших извержений верхняя часть копуса взлетела на воздух, и горные массы, рас-

полагавшиеся выше современной Кумбрэ, были сброшены; наконец, подобно тому как это мы видели при извержении Везувия в 1872 г., огромная трещина прорезала всю гору сверху донизу. После этого внутри Кальдеры извержения должны были прекратиться; если бы они продолжались на прежнем месте, то в середине появился бы новый конус, а если бы центр извержений передвинулся к северо-восточному краю Кумбрэ, туда, где теперь располагаются отдельные паразитические кратеры, то гора приобрела бы форму и строение Этны, и вместо Кальдеры и барранкоса появилось бы ущелье, подобное Валль дель Бове. Дальнейшая роль в создании современного вида острова принадлежала уже воде. В дождливое время года и во время таяния снега ручьи сбегали по склонам потухшего кратера и покрыли его глубокими оврагами; вода стекала и по той огромной трещине, которая образовалась во время последнего извержения, размывала ее все больше и превратила в современный большой барранкос. Барранкосы не могут быть рассматриваемы как трещины, возникшие при поднятии горы, уже по тому одному, что в верхних своих частях они очень узки, почти даже незаметны и по мере приближения к подножью горы делаются шире и глубже. Эта отличительная особенность барранкосов и заставляет приписать их происхождение действию вод, стекавших по склонам.

Много сходного с Пальмой представляет в своем строении остров *Гран Канарья*. Он имеет также свою кальдеру с двумя барранкосами.

Происхождения островов Пальма и Гран Канарьи одинаково; то же самое следует сказать и об островах *Фуэртевентура* и *Ланцарот*, вытянутых с юго-запада на северо-восток. Первые исследования Ланцарота были произведены *Леопольдом фон Бухом*; позднее оба острова подробно исследовал *Хартунг*. По своему рельефу они резко отличаются от остальных членов группы и не представляют ни одной горы более или менее значительной величины. Высочайшая вершина Фуэртевентуры поднимается на 796 м, а Ланцарота на 727 м над уровнем моря. Древнейшими изверженными породами здесь являются также диабазы и гиперстениты; они находятся в непосредственном соприкосновении с базальтами и трахитами. Новейшие изверженные породы обладают базальтовым характером и по времени своего образования распадаются на три формации, следующих одна за другой. На острове Ланцарот древнейшие из этих базальтов образуют только скопление шлаков; кратер и лавовые потоки отсутствуют. Второй период характеризуется появлением конуса с кратерами и лавовыми потоками. Наконец, к последнему периоду относятся продукты страшных извержений, 1730—1736 г.; они были выброшены длинным рядом кратеров, расположенных по прямой линии. Почти треть острова покрылась потоками лавы, и самая значительная огнедышащая гора этого времени Монтаньо де Фуэго, поднимающаяся на 533 м над уровнем моря, и теперь еще умеренно действует. Направление этого ряда новейших кратеров резко отличается от простирания древнейших изверженных пород: весь остров, его горы и все древнейшие кратеры располагаются приблизительно с юго-запада на северо-восток; наоборот, кратеры прошлого столетия идут с запада на восток, параллельно линии, которую можно провести через острова Ферро, Гомера, Гран Канарья и Тенериф. По направлению этой трещины образовалось в течение шести лет не менее 30 конусов; они состоят из лапилли и поднимаются в высоту до 200—400 ф. (см. рис. 187).

Во время этих извержений были выброшены огромные массы лавы, относительно немного рыхлых продуктов и, как кажется, мало водяных паров. Конуса насыпаны камнями и шлаками, которые и вообще извергаются иногда в больших массах. Что же касается вулканического пепла, который обыкновенно всей своей массой превосходит количество выбрасываемой лавы, то он отсутствует; преобладающая роль принадлежит лаве; она занимает площадь почти в 3 кв. географических мили. Современные известия почти не говорят об огромных столбах пара, о пепельных облаках, затемняющих свет и превращающих день в ночь; не упоминается также о землетрясениях, и лава, по-видимому, при всей громадности ее массы выливалась спокойно. При описании этого извержения говорится о выделении лавы трещинами, которое происходило совершенно также, как это бывает в Исландии. Со слов допа Андреа Лоренцо Курбета, который был священником в Яйсе, местечке, расположенном недалеко от места извержения, Леопольд фон Бух таким образом описывает катастрофу, которая произошла за 85 лет до его посещения Канарских островов.

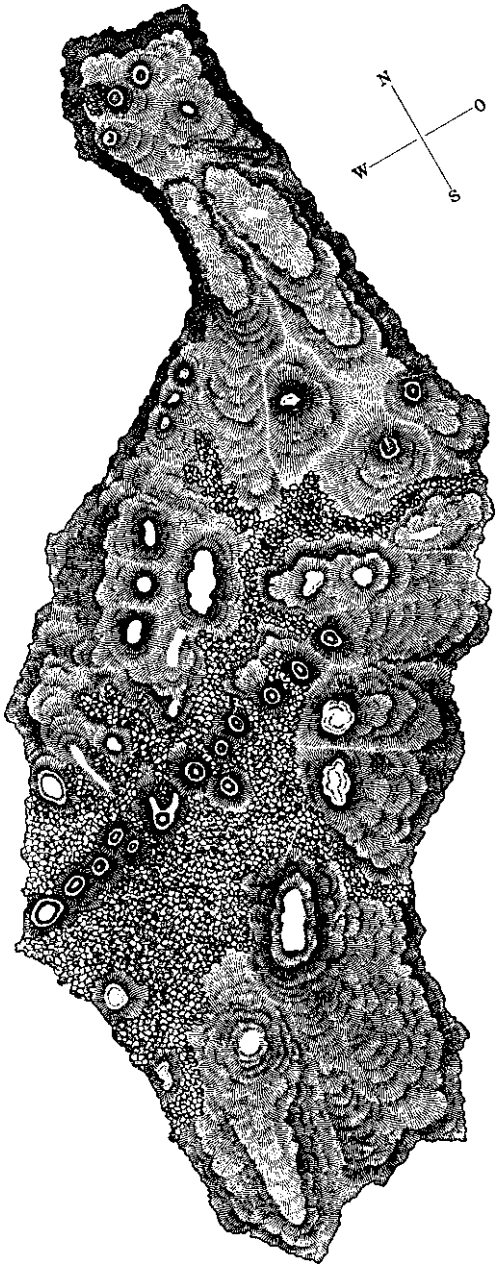
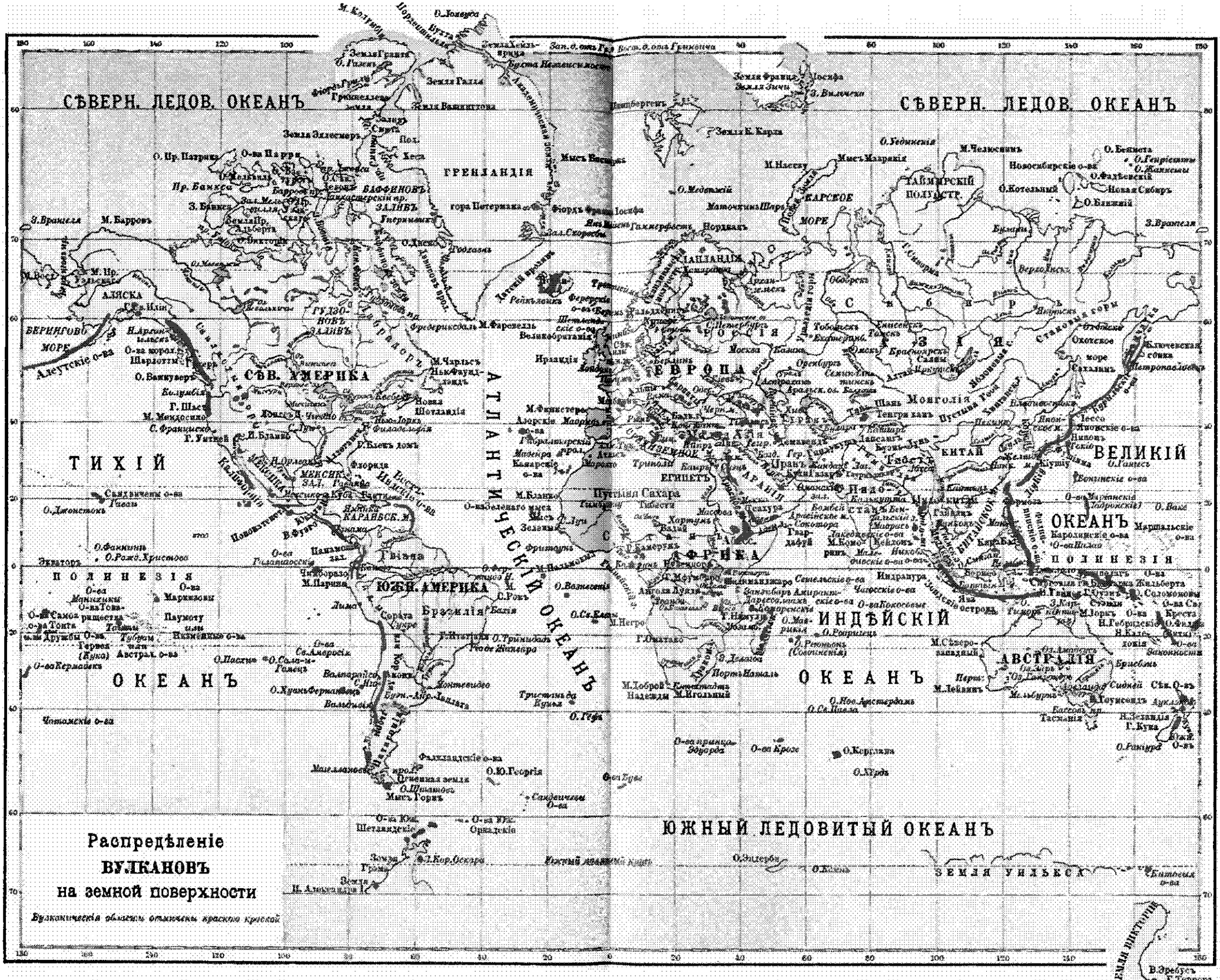



Рис. 187. **Остров Ланцарот с рядом конусов, образовавшихся во время извержения 1730—1736 годов (ряд идет с запада на восток) и их лавовыми потоками** (по Леоп. фон Буху)

«1 сентября 1730 г., между 9 и 10 часами вечера в двух часах пути от Яйсы у Чиманфайи внезапно явилась в земле трещина. В течение следующей ночи образовалась довольно значительная гора; из нее вырвался огонь (?) и горел, не переставая, в течение 19 дней. Несколько дней спустя открылся новый кратер,—вероятно, у подножья новообразовавшегося конуса, и лава свирепо устремилась на Чиманфайю, Родео и на часть Манча Бланка. Таким образом, это первое извержение произошло к востоку от Монтанья-де-Фуэго, в полпути от Субако. Лава двигалась к северу через деревни, сначала с быстротой текущей воды, а потом тяжело и медленно, как мед. 17 сентября с страшным громом и шумом выдвипулась из недр земли огромная скала. Преградив путь лавовому по-


СѢВЕРН. ЛЕДОВ. ОКЕАНЪ
СѢВЕРН. ЛЕДОВ. ОКЕАНЪ
ГРЕНЛАНДІЯ
БАФФИНОВЪ ЗАЛИВЪ
ЗАЛИВЪ УНГЕРНИКЪ
КАРСКОЕ МОРЕ
ТАЙМИРСКІЙ ПОЛУОСТР.
ЗЕМЛЯ ФРАНЦА ІОСИФА
ЗЕМЛЯ ВИЛЬЧЕКА
ЗЕМЛЯ К. КАРЛА
ЗЕМЛЯ ГРАНТА
ЗЕМЛЯ ГАЛЛЯ
ЗЕМЛЯ ВАШИНГТОНА
ЗЕМЛЯ ЭЛЛЕСМЕРЪ
ГУДЗОНОВЪ ЗАЛИВЪ
БЕРИНГОВО МОРЕ
АЛЯСКА
АЛЕУТСКІЕ О-ВА
СѢВ. АМЕРИКА
ЕВРОПА
АЗІЯ
МОНГОЛІЯ
КИТАЙ
ВЕЛИКІЙ ОКЕАНЪ
ТИХІЙ ОКЕАНЪ
АТЛАНТИЧЕСКІЙ ОКЕАНЪ
ИНДѢЙСКІЙ ОКЕАНЪ
ЮЖН. АМЕРИКА
АФРИКА
ЕГИПЕТЪ
ПУСТЫНЯ САХАРА
АВСТРАЛІЯ
ПОЛИНЕЗІЯ
ЮЖНЫЙ ЛЕДОВИТЫЙ ОКЕАНЪ
ЗЕМЛЯ УИЛЬКСА
ЗЕМЛЯ ВИКТОРІИ
Распредѣленіе
ВУЛКАНОВЪ
на земной поверхности
Вулканическія области отмѣчены красною краской

току, она заставила его повернуть на северо-запад и северо-северо-запад. Лава достигла теперь деревень Масетас и Санта Каталина и в мгновение разрушила их.

11 сентября лава снова свирепствовала. От Саита Каталина она направилась на Мако, сожгла и залила всю деревню и в виде огненного лавопада с ужасным ревом лилась в море в течение восьми дней. Мертвые рыбы без счета плавали на поверхности воды, и волны выбрасывали их на берег. После этого все успокоилось. Несмотря на огромное количество лавы, залившей многие деревни и достигшей моря, извержение происходило, по-видимому, только из одного отверстия. 18 октября над сгоревшей Санта Каталина открылось три новых отверстия; они выбросили густые тучи дыма, распространившиеся над всем островом. Вместе с дымом вылетели огромные количества ранилли, вулканического песка и пепла; всюду западали крупные капли воды, точно дождь. Шум и грохот извержения, мрак, распространяемый тучами пепла и дыма, неоднократно разгоняли перепуганных жителей Яйсы и ее окрестностей. Впрочем, они все же возвращались назад, полагая, что извержение не повлечет за собой новых разрушений. Все осталось неизменным в течение десяти дней, но 28 октября во всей местности скот вдруг попадал на землю мертвым; он был убит вонючими парами, которые низвергались с неба точно капли дождя. 30 октября все успокоилось: во время этого последнего извержения не было выброшено ни одного лавового потока.

Два дня спустя, 1 ноября, опять вырвался дым и пепел. Извержение продолжалось до 20-го. Появилась и лава, но она не принесла большого вреда, так как все кругом было уже разрушено, сожжено и засыпано пеплом. 27 ноября лавовый поток мчался с невообразимой быстротой; 1 декабря он достиг моря и образовал остров, который был покрыт мертвыми рыбами. До 16-го лава изливалась в море. После этого она изменила свой путь, направилась к юго-западу, достигла Чупадеро и 17 декабря сожгла его; затем она опустошила плодородную Вега-де-Уго и дальше не распространялась. 7 января произошли новые разрушительные извержения: из двух отверстий вырвались огненные потоки лавы и густые облака дыма; блестящие красные и голубые молнии поминутно прорезали тучи, и гром гремел, точно в непогоду. Он тем более пугал туземных жителей, что на острове не знают грозы. 10 января образовалась высокая гора, которая в тот же день с поразительным треском обрушилась и покрыла камнями и пеплом весь остров; огненные реки лавы устремились через Мальпайс (пустынное лавовое поле) к морю. 27 января извержение прекратилось. Горы, образовавшиеся во время него, вероятно, еще существуют до сих пор. Они громоздятся друг около друга и обладают большими кратерами, которые открыты с одной стороны сверху до самого основания. Если идти от моря, то это будет, кажется, седьмая по счету горная группа. Меня уверяли, что под этими конусами, поднимающимися на 400 ф. в высоту, погребена некогда процветавшая Санта Каталина.

3 февраля поднялся новый конус. Родео был сожжен, и лава достигла моря. Она лилась, не переставая, до 28 февраля. 7 марта появились новые конусы и выбросили лаву в море к северу от селения Тингафа, которое было разрушено. Конуса идут почти правильно от востока к западу, как будто трещина вследствие извержений делалась все длиннее и открывала свободный выход лаве по направлению к западу».

Грозные явления не прекращались, и на западе появлялись все новые конуса; наконец, извержения произошли и в восточных частях трещины, где прежде была сосредоточена вулканическая деятельность. В конце декабря 1731 г. лава подошла близко к местечку Яйса; люди потеряли всякую надежду, что на острове настанет спокойствие. Они покинули Ланцарот и бежали на Гран Канарью. Извержения происходили еще в течение года почти без всяких перерывов и совершенно прекратились только 26 апреля 1736 г. С тех пор вулканы острова успокоились и не проявляли признаков деятельности вплоть до незначительного извержения в 1824 году.

Острова *Зеленого Мыса* лежат к югу от Канарских, недалеко от устья р. Сенегала; они были впервые описаны *Дарвином*, а в последнее время их подробно исследовал *Дёльтер*. В геологическом строении этих островов наблюдается важная особенность: они образованы не исключительно вулканическими продуктами, а также гнейсами и другими кристаллическими сланцами, древнейшими известняками, диоритами, сиенитами и диабазами. Отсюда естественно предположить, что острова Зеленого Мыса представляют остаток исчезнувшего материка. На некоторых из них находятся огромные конуса, на других, по-видимому, никогда не проявлялась более или менее сильная вулканическая деятельность. Среди всех островов только один Фого обладает действующим вулканом, все остальные принадлежат к числу потухших.

Наконец, существуют сообщения, что острова у берега Сиерра Леоне носят вулканический характер и что несколько южнее, под 7° с. ш. и 4° в. д. от Ферро произошло в 1824 г. подводное извержение.

В западной части Атлантического океана мы найдем немного вулканов. Было уже сказано, что на восточном берегу Америки нет и следов вулканических извержений. Если не считать остров *Фернандо Норонью*, лежащий 3°50′ ю. ш., в 45 географических милях от мыса С. Рока в Бразилии, то придется прямо указать на Вест-Индские острова, как на одну из вулканических областей. В 1837 г. 24 ноября произошло подводное извержение около *Багамы*. Особого внимания заслуживают вулканические *Малые Антильские* острова, расположенные в виде изогнутого ряда между Венесуэлой и Порто Рико. Что касается островов *Гранады, Св. Винцента, Санта Лючия, Мартиника, Доминика, Гваделупа, Монферрата, Невиса, Св. Христофа* и *Св. Евстахия*, то все они обязаны своим происхождением новейшим вулканическим извержениям; на островах же Св. Винцента, Санта Лючия, Мартиника, Гваделупа и Св. Христофа происходили извержения и в течение последних столетий. Особенно любопытен вулкан Суфриер на Гваделупе; он выбрасывал лавы с выделенными зернами кварца.

## Вулканы Европы, лежащие за пределами Италии

Мы привели все, что нам известно о вулканах Атлантического океана. Теперь обратимся к Европе и прежде всего остановим наше внимание на вулканах материка. Здесь прежде всего мы встречаем потухшие вулканы в Средней и Южной

Франции. На берегу Средиземного моря у города Агд, в департаменте Геро (Hérault), располагаются незначительные вулканы; такие же вулканы находим мы и у Монпелье. Несравненно бо́льшего внимания заслуживает центральное плато Франции с его многочисленными конусами. В истории геологии им принадлежит чрезвычайно важная роль: благодаря обстоятельному изучению этих вулканов, был решен ожесточенный спор о происхождении базальтов. Центральное плато Франции поднимается около 1000 м над уровнем моря и состоит из древнейших кристаллических горных пород, главным образом из гранита. Местами встречаются здесь и пресноводные третичные отложения; над ними возвышаются новейшие изверженные породы, которые по их расположению, а отчасти и по возрасту распадаются на две различные группы. С одной стороны, мы находим здесь большие вулканические центры, занимающие значительные пространства и образующие целые системы гор; это древние вулканы третичного периода: действием размывания кратер их разрушился, и вместе с тем исчезли всякие внешние признаки их вулканиче-

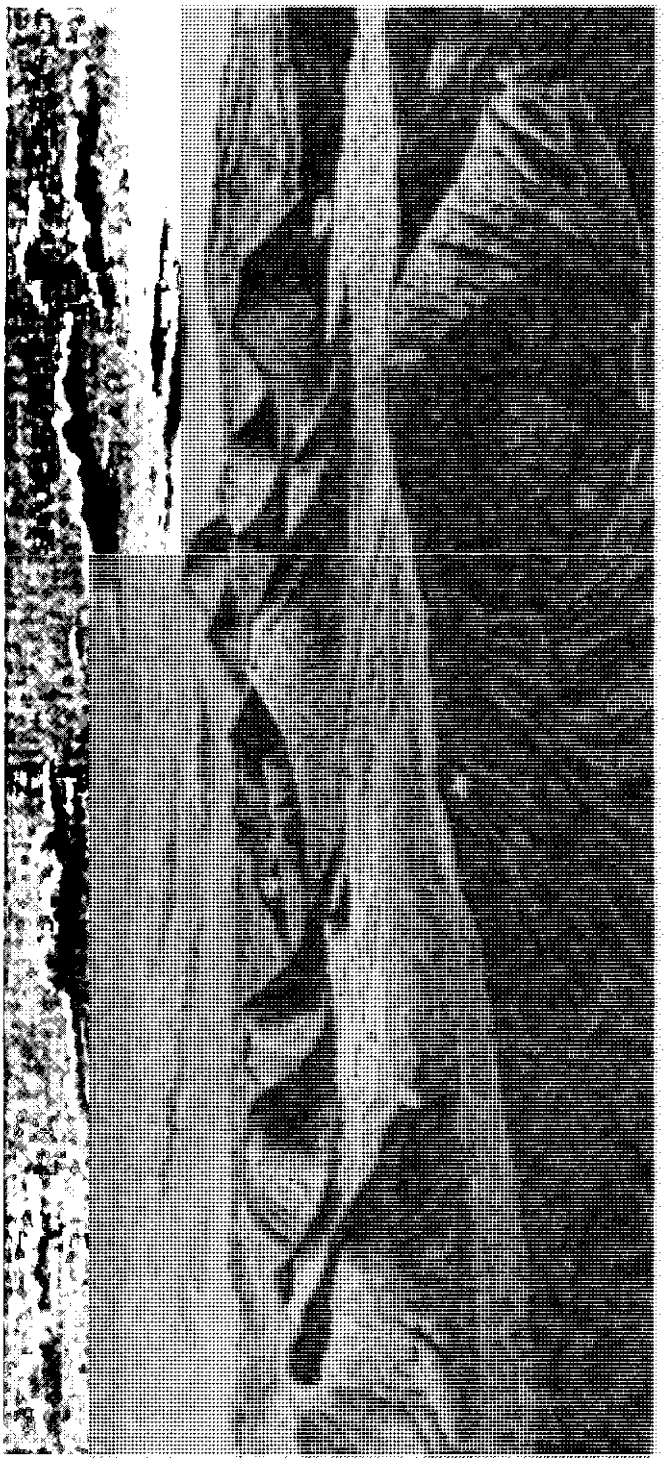


Рис. 188. Вулканы Оверни; вид с Пюи Шопина

ского происхождения. С другой стороны, здесь встречается огромное число мелких вулканов. Они представляют отдельные конуса, часто с хорошо сохранившимися кратерами и накоплениями рыхлых продуктов. Подобно Флегрейским полям у Неаполя, эти вулканы имели в большинстве случаев только одно извержение; значительная часть их образовалась, видимо, недавно. Только те из этих конусов, которые потеряли свой кратер, действовали, вероятно, в одно время с большими вулканами и должны быть отнесены к третичному периоду. Но во всяком случае огромное большинство их образовалось в более позднее время, и мы имеем даже несомненные доказательства, что человек был свидетелем их извержений: среди вулканических брекчий, прикрытых шлаками позднейшего происхождения, у Мон Дениса в Виварэ найдены кости человека вместе с остатками слонов, носорогов и гиен. По одному довольно сомнительному сообщению в окрестностях Виенны происходило извержение еще в средние века.

Самые важные вулканы Средней Франции принадлежат *Оверни* (см. рис. 188). Здесь мы находим три огромных разрушенных кратера третичного периода. На севере располагается высочайшая из этих гор *Мон Дор,* состоящая из трахитов и базальтов и достигающая 1890 м в высоту. К югу от нее лежит *Канталь*; он ниже Мон Дора (1861 м), но занимает огромную площадь. Наконец, значительно южнее расположен третий небольшой вулкан *Кантон д' Обрак.* Эти остатки третичных вулканов не имеют для нас значения, так как цель наша — проследить новейшие вулканические явления. Два ряда недавно действовавших вулканов, так называемых Пюи, располагаются к северо-востоку от Мон Дора. Они идут с севера на юг и представляют около 40 характерных кратеров,— отчасти базальтовых, отчасти трахитовых. Некоторые из них выбросили значительные потоки лавы. Кроме того, здесь же мы встречаем купола, у которых кратер отсутствует. Это — древние вулканические горы, извержения которых относятся, по-видимому, к третичному периоду. Части, образованные рыхлыми продуктами, были с течением времени размыты. Наиболее замечательным представителем этой группы является Пюи-де-Дом. Некоторые кратеры дали у подножья трещину, выбросившую потоки лавы, некоторые заполнены в настоящее время водой и образуют живописные озера.

В противоположность большинству рассмотренных до сих пор случаев, вулканы Оверни располагаются в значительном отдалении от моря; полагают, что в верхнетретичную эпоху здесь существовали большие пресноводные озера. Присутствие в этой местности третичных вулканов объясняется таким допущением, но трудно предположить, что упомянутые озера существовали и во время позднейших извержений. Во всяком случае не следует упускать из виду, что рассматриваемые вулканы удалены от моря не больше, чем Попокатепетль, и меньше, чем вулкан Толима в Америке.

К востоку от знаменитой вулканической области Оверни располагаются развалины третичного вулкана Мезен и кратеры местностей Велэ и Виварэ; здесь мы находим более ста отверстий, через которые выбрасывались изверженные массы.

Еще менее следов вулканической деятельности представляет *Германия.* Третичные изверженные породы здесь очень распространены: они тянутся в виде широкой полосы от Рейна через Вестервальд, Фогельсберг и Рён до Кобурга. На продолжении этой полосы лежат мощные базальты, образующие в Чехии под-

ножье Исполиновых гор и продолжающиеся в Силезию. Их отроги, действовавшие в послетретичное время, не достигали большой высоты. Несравненно больше значения имеют те вулканы, которые составляют западное продолжение вышеупомянутой полосы и располагаются по ту сторону Рейна в Эйфеле. В большинстве случаев мы находим здесь только первые проявления вулканической деятельности, слабые попытки вулканообразования, если можно так выразиться, и тем не менее эти образования представляют огромнейший интерес: незначительные размеры таких простейших представителей вулканов позволяют подметить все свойства вулканических явлений несравненно легче, чем в тех случаях, где огромные массы изверженных материалов, быстрота, сила и сложность явлений затрудняют наблюдения.

Вулканы Эйфеля располагаются на пластах древних девонских осадочных пород, которые в этой местности широко распространены. По своему расположению они распадаются на две группы,— вулканы Эйфеля в собственном смысле и вулканы Лаахерского озера. Древнейшие извержения их относятся к миоценовой эпохе, главные же массы образовались значительно позднее: они моложе долин, промытых реками, и лежат иногда на дилювиальном лёссе и даже на отложениях более позднего времени. Сохранился целый ряд вулканических конусов с характерными кратерами и отчасти с лавовыми потоками. Таковы, напр., Мозенберг у Бреттенфельда, Фирмерих у Дауна, вулкан у Герольштейна, вулканы Беллерберг, Херхенберг, Родерберг у Роландсъэкка и многие др. Но не в них заключается главный интерес местности: здесь мы находим своеобразные «*маары*», которые ни в какой другой стране не выражены так хорошо. Они представляют чрезвычайно простую форму отверстий, выбрасывавших вулканические продукты. Это кратероподобные котловины, непосредственно располагающиеся в древних осадочных породах, в большинстве случаев в глинистых сланцах девонской системы. Стены котловин состоят из твердой породы, которая располагается кругом; иногда около отверстия находится невысокий венок шлаков, иногда здесь нагромождены обломки сланцев и песчаников, а иногда нет ни того, ни другого. Многие из этих котловин наполнились водой и образовали озера. Самым большим мааром является Лаахерское озеро, которое, по мнению некоторых геологов, выбросило лавовый поток Нидермендига. Оно занимает площадь в $^1/_6$ кв. мили и окружено главным образом отложениями девонской системы и лежащими над ними пластами бурого угля, а отчасти шлаками и туфом, располагающимися на лёсе. Другие маары обладают меньшими размерами. К числу наиболее значительных принадлежат Пульвермаар, Гилленфельдский, Вейнфельдский, Ильменский, Доуиский, Моорбрукский, Меерфельденский и др. маары. Один из них имеет всего несколько футов в поперечнике и называется по-немецки «Hütsche». Происхождение мааров вполне основательно приписывают тем вулканическим извержениям, которые не выбрасывали лавы и ограничивались бурным выделением газов. Образовавшиеся при этом кратеры выбросили слишком немного рыхлых продуктов и не могли насыпать сколько-нибудь значительного конуса. Небольшие количества твердого материала, выделившегося при извержениях, пропали бесследно.

Вулканы Эйфеля в большом количестве выбрасывали пемзу, которая и распространена здесь на огромных пространствах. Своеобразным продуктом их извержений является так называемый трасс. Это особый вид туфа, который в

окрестностях Лаахерского озера, именно около Броля, в области реки Нетты, и еще в некоторых местах, образует мощные пласты и служит прекрасным материалом для приготовления цемента. Эта горная порода имеет сходство с пемзовыми туфами; она представляет желтую или серую землистую массу, в которой часто заключены куски пемзы, часто также обломки глинистых сланцев, базальта и даже кристаллы санидина, роговой обманки, авгита и др. По всей вероятности, это древние потоки вулканической грязи, заполнившие долины и, в свою очередь, размытые реками.

Западный конец базальтовой области Средней Германии, а также и Северной Чехии сохраняет следы послетретичных извержений, как это и показал *Гете* на примере Каммербюля у Эгера. На глинистых сланцах там возвышается шлаковый конус; вместе с многочисленными базальтовыми бомбами он свидетельствует о существовании вулканических взрывов в этой местности. В австрийской Силезии располагается три вулканических конуса — Раутенберг, Кёллерберг и вулкан у Мессендорфа. В Венгрии у южного края Карпатов находятся огромные массы третичных трахитов, но никакого намека на существование послетретичных извержений. Напротив того, в Седмиградии известно несколько трахитовых кратеров, которые в настоящее время обнаруживают деятельность, свойственную слабым сольфатарам.

Сравнительно с материком Европы гораздо больше потухших вулканов находится на *островах и полуостровах Средиземного моря*. В *Испании*, в окрестностях города Олота в Каталонии известно около 14 потухших кратеров; в Юго-Восточной Испании между мысом св. Мартина у Карфагена и мысом Кабо-де-Гата близ Альмерии тянется вдоль берега ряд потухших конусов, кратеры которых ниогда хорошо сохранились. Наконец, острова Колумбретес у Валенсии представляют много потухших вулканов с полуразрушенными кольцевыми валами. К востоку отсюда располагается остров Сардиния с огромным потухшим вулканом Монте Ферру. Далее следуют уже известные нам вулканы Апеннинского полуострова и прилегающих к нему островов.

На всем протяжении Ионического и Адриатического морей нет ни одного нового вулкана. Даже на Балканском полуострове, где изверженные породы третичного периода достигают огромного развития, известен только один вулкан, действовавший в историческое время. Это — Мефана на северо-восточном берегу Пелопоннеса. Наоборот, Эгейское море чрезвычайно богато вулканами, которые прорезают его в виде длинного ряда. Третичные трахитовые породы встречаются уже у Босфора; они принимают участие в строении берегов Дарданелл и достигают огромного развития на островах и на берегу Малой Азии, в северной части Эгейского моря. На Тенедосе, Лемносе, Имбросе, в окрестностях Смирны до Чесмы залегают всюду трахитовые изверженные массы вместе с пресноводными известняками миоценовой эпохи. Что касается новейших изверженных пород, то во всей этой области неизвестно и следа их.

Иной характер носит южный берег Эгейского моря. *Кикладские острова*, образующие гребень подводного горного хребта, тянутся в виде широкого двойного ряда от Аттики и Эвбеи к Малой Азни. Они служат границей между южной и северной частями Эгейского моря и разделяют области, резко отличающиеся характером изверженных пород. Пресноводные миоценовые известняки встречаются и в южной

части моря, но, насколько известно, они не сопровождаются трахитами. Извержения этой местности происходили после третичного периода и даже в наше время. Далее будет доказано, что в миоценовую эноху Эгейское море не существовало; на месте его располагался материк с многочисленными пресноводными озерами. Южная часть

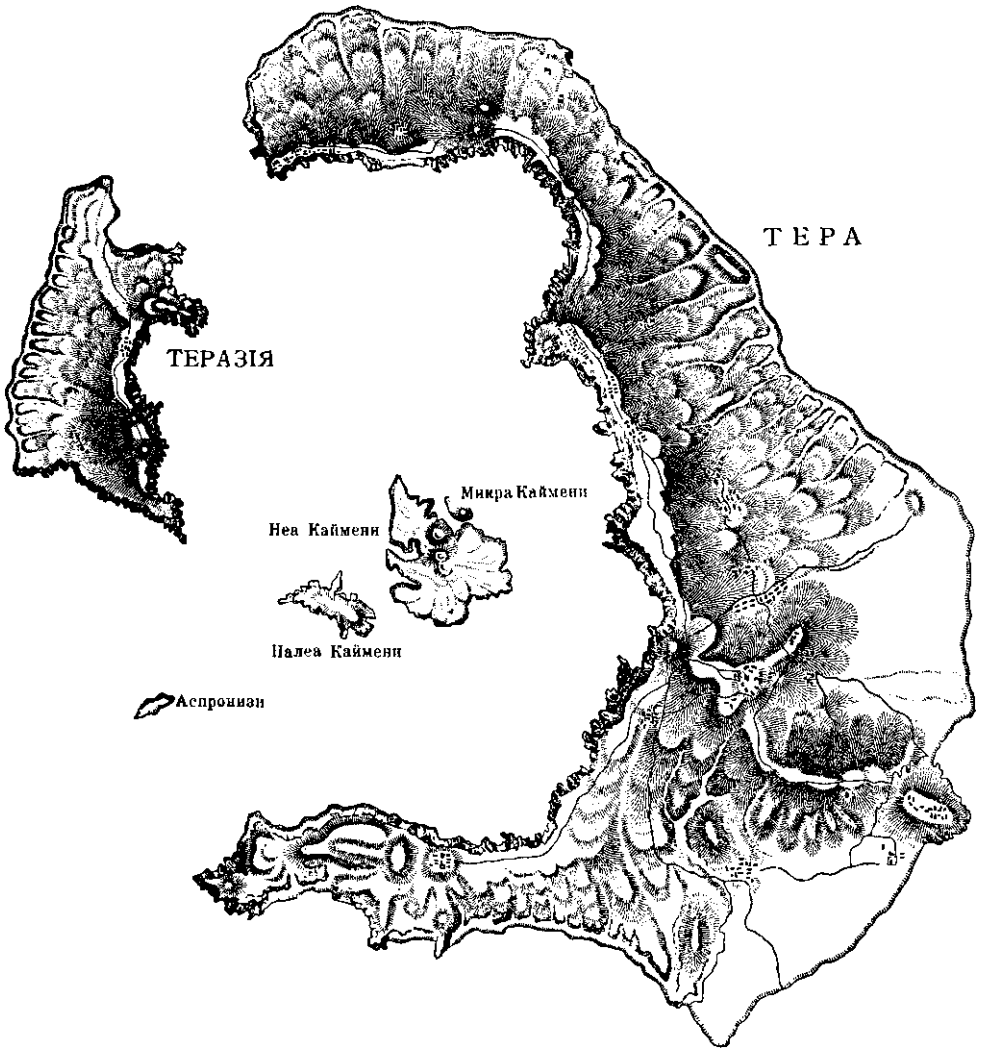



Рис. 189. **Группа Санторина в Эгейском море** (по Фуке)

этого моря, ограниченная с севера Кикладскими островами, с юга—Критом, с востока—Малой Азией и с запада—Грецией, образовалась в конце третичного периода: древний материк онустился вдоль глубоких трещин, и образовавшаяся впадина была заполнена водой. Очень может быть, что свидетелем этого переворота, совершившегося в столь недавнее время, был даже человек. Новейшие извержения породы достигают преобладающего развития в северной части этого вновь образовавшегося моря, главным образом на южной стороне Кикладской цепи. Геологические особенности острова Коса позволяют думать, что извержения начались уже

в начале плиоценовой эпохи, но достигли наибольшего развития только в послетретичное время.

Ряд греческих вулканов начинается на северо-восточном берегу Пелопоннеса полуостровом *Мефана*, где происходило извержение еще в 375 г. перед Р. Х. Невдалеке отсюда располагаются острова *Порос* и *Эгина*; далее к востоку следуют *Белопуло, Курави, Фальконера, Антимилос, Милос, Кимолос, Полинос, Поликандрос, Антипарос, Санторин, Христиана, Кос* и *Низирос*.

Едва ли не самым важным среди них является *Санторин*, один из прекрасно изученных вулканических островов (см. рис. 189); он издавна пользовался известностью, но в последнее время, благодаря извержению 1866 г., особенно привлек общее внимание. Группа Санторина, или Тера, состоит из нескольких островов. Главный остров Тера обладает формой подковы. Вместе с островами Терazня и Аспронизи (Белый остров) он представляет разорванное в нескольких местах кольцо; внутри последнего лежит множество мелких островков: Палеа Каймени, Неа Каймени, Микра Каймени (Древний, Новый и Малый Горелые острова) и, наконец, крошечный островок Майонизи. Все эти острова образованы вулканическими горными породами; исключением служит только Тера, на восточном берегу которого располагается большая гора Ильи, состоящая из кристаллических сланцев и мрамора. Внешнее кольцо этой группы считали кратером подпятия, внутри которого путем накопления изверженных продуктов образовались мелкие острова. Но точные исследования показали, что в островах Тера, Теразия и Аспронизи одни пласты лавы, пепла и шлаков лежат горизонтально, другие в большей или меньшей стенени наклонены. Этот факт, равно как и целый ряд других явлений, не согласовался с теорией поднятия. Несомненно, что мы имеем здесь дело с кольцом, образовавшимся путем накопления. Обстоятельные исследования последнего времени вместе с теми сообщениями, которые мы находим у древних писателей, позволили восстановить историю образования Санторина с достаточной точностью. В конце плиоценовой эпохи здесь существовал небольшой скалистый остров, состоящий из сланца и мрамора,—современная гора Ильи. Еще в плиоценовую эпоху начались извержения к западу от этого места; они продолжались в течение большей части дилювиальной (ледниковой) эпохи и образовали огромный вулканический конус; он занял столь большую площадь, что слился с древним скалистым островком. Остатки этого конуса и выдвигаются теперь в виде островов Тера, Теразия и Аспронизи. Этот вулкан существовал и в то время, когда группа Санторина была заселена людьми, стоявшими уже не на самых низких ступенях культуры. Но ни одного письменного памятника этого времени не дошло до нас.

Существование населения в это время доказано исследованиями *Фуке*; в последний бурный период вулканической деятельности, закончившийся разрушением большого конуса, были выброшены, по-видимому, огромные массы пемзы: в низменных частях Теры и Теразии она образует мощные залежи, добывается здесь в больших количествах и идет на приготовление цемента. Рабочие уже давно замечали, что в некоторых местах под рыхлой туфовой породой попадаются каменные глыбы, сильно затрудняющие работу; этому факту не придавалось никакого значения до тех пор, пока некоторые образованные жители острова не заметили в туфах следы построек и не начали раскопок. Были найдены остатки домов, сложенных из

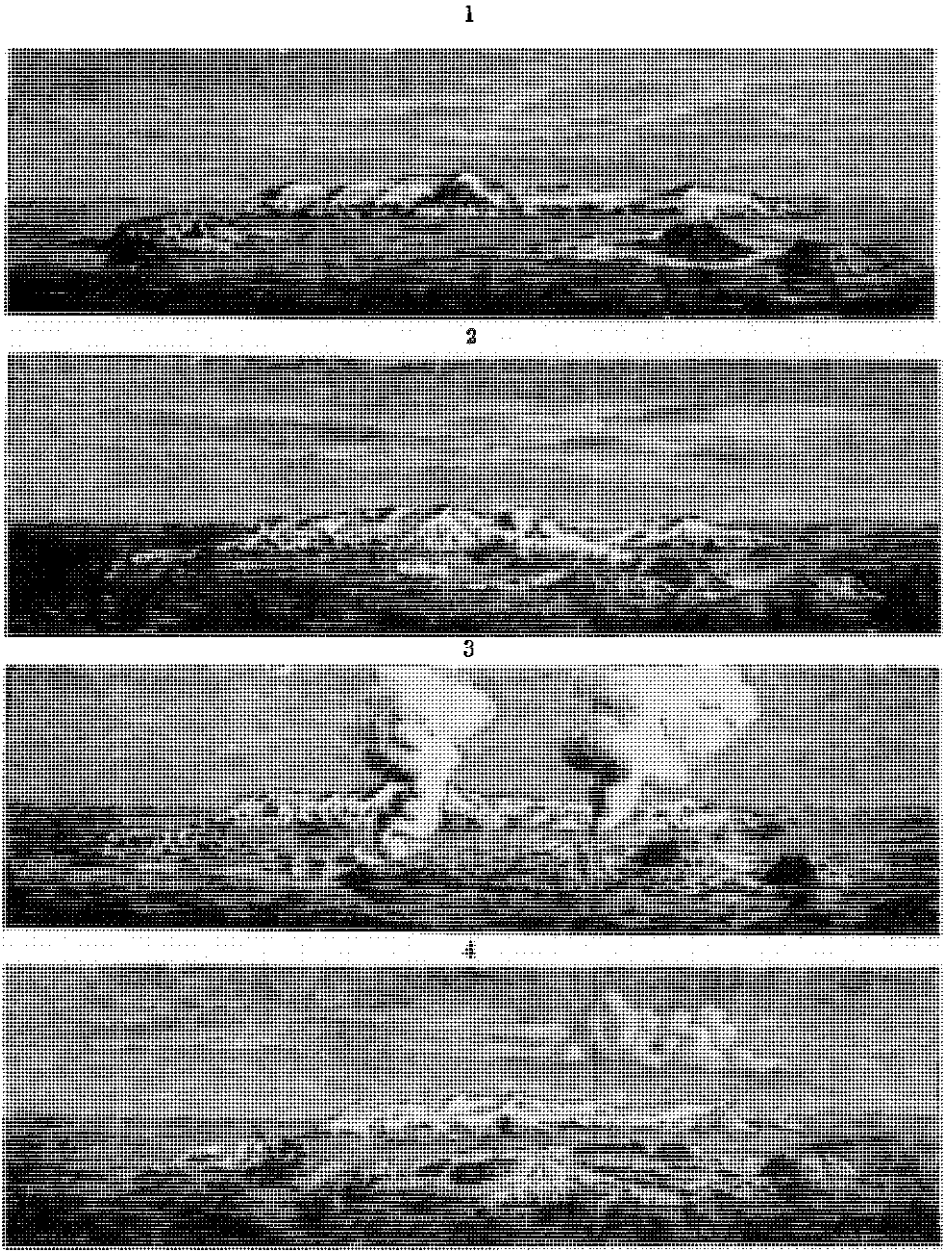



Рис. 190—193. **1) Острова Каймени до извержения, 2) и 3) во время извержения, 4) после извержения 1866 г.; на заднем плане остров Терасия** (по Фуке)

необтесанного камня, глиняные сосуды, приготовленные на гончарном станке, но не обожженные, и каменные орудия. Сохранившиеся запасы ячменя и олив указывают, что жители занимались земледелием. Из домашних животных найдены остатки овец и коз. Огромное количество дерева, употреблявшегося на постройки, указывает, что остров, на котором теперь растет всего только одно дерево, был некогда покрыт густыми лесами. Два золотых кольца, добытые при раскопках,

свидетельствуют, что жители вели морскую торговлю. Остатки подобных деревень найдены на островах Тера и Теразия; отсюда несомненно, что в доисторическое время на островах существовало многочисленное население, занимавшееся земледелием и скотоводством. Последовавшими затем грозными извержениями оно было уничтожено или разогнано.

Период больших извержений, продолжавшийся, по-видимому, довольно долго, начался катастрофой, которая погребла под пемзовыми массами доисторические поселения, и окончился обвалом конуса. После этого наступил период продолжительного покоя. Сохранилось известие об извержении, происшедшем внутри кольца в 198 году до Р. Х. и образовавшем остров Гиера, ныне носящий название Палеа Каймени. С этих пор происходил ряд бурных извержений, которые в одних случаях сопровождались появлением новых островов, скоро опять исчезавших, в других случаях увеличивали Палеа Каймени: так, напр., в 726 году совершился прирост последнего острова, а в 1457 году часть его обрушилась. После периода покоя, длившегося 847 лет, произошло извержение в 1573 году, во время которого образовался остров Микра Каймени; подводное же извержение, случившееся в 1650 году вне кольцевого вала около Санторина, создало мель Колумба. Чрезвычайно сильное извержение произошло в центре кольца в 1707 году; оно длилось пять лет и образовало Неа Каймени, самый большой из внутренних островов группы. Наступивший вслед за тем период покоя закончился 26 января 1866 года; в это время случилось извержение, которым начался последний период деятельности вулкана; хотя он и идет к концу, но время от времени и теперь еще дает себя чувствовать.

26 января стали скатываться камни с древнего конуса Неа Каймени; дома дали трещины. 30 января камни низвергались в большем числе; слышался глухой шум; на поверхности моря стали появляться пузыри газов, вода закипела. 1 февраля появилась трещина на юго-западном краю Неа Каймени; ночью из воды вырвались небольшие огоньки. Вода нагрелась, и недалеко от юго-западного берега Неа Каймени выдвинулась из моря черная глыба лавы; скоро к ней присоединились другие глыбы. Это был подводный лавовый поток, поднявшийся наверх и образовавший новый остров Георгиос, который уже 5 февраля соединился с Неа Каймени. К юго-западу от него из недр кипящего моря выдвинулась новая глыба лавы; затем появился и целый остров Афроэсса, также скоро соединившийся с Каймени. 20 февраля на Георгиосе произошел страшный взрыв; в воздух поднялись пакаленные глыбы лавы. Скоро был насыпан и третий остров Река, присоединившийся к Афроэссе. В течение мая 1866 г. образовались острова Майонизи. Ослабевая и усиливаясь, извержение длилось в течение года, затем постепенно стало стихать, но не прекратилось и в настоящее время.

Рис. 190—193 представляют новообразовавшиеся острова в их постепенном развитии. Все они сняты с одного и того же места на Тере; вдали на заднем плане виден остров Теразия, часть древнего кольцевого вала. Рис. 190 представляет местность до извержения; налево лежит Палеа Каймени, направо — Неа и Микра Каймени; на рисунке они кажутся одним островом, но в действительности их разделяет пролив. Рис. 191 представляет появление Георгиоса; на рис. 192 изображен значительно увеличившийся Неа Каймени; между этим островом и Пале Каймени появились две незначительные скалы, впервые описанные Фритчем и назван-

ные островами Майонизи; наконец, рис. 193 представляет местность в 1870 г.: Неа Каймени сильно увеличился; на рисунке он закрывает острова Майонизи, и все три Каймени кажутся одним островом.

О других греческих островах можно сказать немного. *Милос* только отчасти состоит из изверженных горных пород и находится в той стадии деятельности, которая свойственна так называемым сольфатарам. На острове Косе находится много небольших трахитовых вулканов, из которых два являются слабыми сольфатарами. Особенного внимания заслуживает значительная риолитовая гора Цени, которая, по-видимому, выбросила огромные массы пемзы и пепла. Во всяком случае, на Косе находятся древние дилювиальные морские отложения, которые состоят из пемзового туфа и мощность которых убывает по мере удаления от Цени. *Низирос* — живописный вулкан, резко выделяющийся своими черными массами среди голубых волн моря и обладающий хорошо образованным кратером. Он произвел извержение в XV столетии и снова обнаружил деятельность в 70-х годах нашего века. В 1873 г. происходили сильные землетрясения; собственно извержения не было, и над вершиной не ноявилось даже и следов дыма или паров. По свидетельству Росса, который поднимался на этот вулкан, последний проявляет в сильной стенени деятельность, свойственную сольфатарам. Расположенный вблизи от Низироса остров Яли, по-видимому, не имеет самостоятельного кратера; он образован туфами, которые произошли из продуктов извержений Низироса или Цени-па-Косе*.

## Вулканы Азии, Восточной Африки и Индийского океана

Полуостров Малая Азия богат изверженными горными породами, но представляет только немного новейших, а по большей части потухших кратеров. Любопытно, что все они лежат внутри страны, вдали от берегов. К востоку от Смирны, приблизительно в 15 милях от этого города, располагается вулканическая область с многочисленными конусами, еще в древности получившая название *Катакекаумене* (Сожженная земля). Но только на трех конусах можно видеть явственный кратер и лавовые нотоки. К востоку отсюда, также на расстоянии приблизительно 15 миль у *Афиун-Кара-Гиссар*, располагаются другие нотухшие вулканы; далее лежит *Гассан-Даг* (2400 м в высоту) и, наконец, *Аргеус*, или *Эрджас-Даг* (3841 м).

Огромного развития достигают трахитовые и базальтовые горные породы на *Армянском плоскогорье* и на *Кавказе*. У Эрзерума располагаются два огромных вулкана: Бингёль и Палантекен. В строении кратера последнего принимают участие осадочные и древние кристаллические горные породы. Как мы видели уже на стр. 175, этот факт служил одним из доводов в пользу теории поднятия; далее следует назвать огромную гору *Тандурек* (3560 м), которая и в настоящее время является сольфатарой. Недалеко от Карса лежит Карабахекое плоско-

---

* Грязные вулканы рассматриваются ниже, в главе о гейзерах. Там мы скажем и о русских вулканах Керченского и Таманского полуостровов.— *Примеч. пер.*

горье с вулканами, выбросившими мощные потоки лавы: в настоящее время кратеры их заполнены водой и образовали озера. Далее следует отметить вулканы *Агманган, Чалдыр, Алагез, Агдаг, Багдаг* и, наконец, царя армянского плоскогорья — *Арарат*. Большой Арарат, достигающий в высоту 5604 м, действовал до XV столетия и выбросил огромные массы лавы, преимущественно из нижних частей своих склонов. Малый Арарат вылил также много лавы*. На Кавказе мы встречаем несколько больших потухших вулканов. Среди них первое место занимают высочайшие вершины хребта *Эльбрус* (5660 м) и *Казбек* (5043 м); оба они характеризуются явственно выраженными кратерами.

В *Персии* находится огромный вулкан Демавенд. Он проявляет еще и теперь деятельность, свойственную сольфатарам и иногда выражающуюся появлением облака паров над его вершиной. По всей вероятности, этот вулкан давал извержения еще в историческое время. Он является высочайшей вершиной хребта Эльбрус, окаймляющего Каспийское море с юга, и достигает приблизительно 6500 м высоты. Выше (стр. 174) мы уже упоминали об этой замечательной горе, представляющей прекрасный пример вулкана, который располагается на горной цепи и нисколько не

---

* *Арарат* (по-персидски *Куги Нух* — Ноева гора, по-армянски *Масис* — Великий, по-турецки *Агри-Даг* — Крутая гора) величественно поднимается посреди обширной равнины (на границе России, Персии и Турции) и занимает площадь в 1020 км$^2$. Он совершенно отделен от других гор, прорезавших Армянское плоскогорье, и имеет две конические вершины, соединенных довольно высокой грядой (до 2689 м): западная называется Большим, а восточная — Малым Араратом.

*Большой Арарат* поднимается на 5600 м над уровнем моря. Снеговая линия проходит на нем на высоте 4300 м, и таким образом вершина горы покрыта вечным снегом. Кратера на ней не наблюдается, но на севере идет широкая расщелина. Она резко выступает из-под снегового покрова своими черными краями, составленными из вулканических шлаков. Вершина конуса огибает глубокую и дикую долину св. Иакова, на которую одни смотрят, как на длинную трещину, другие ставят ее в такое же отношение к Арарату, как долину Валль дель Бове к Этне. На южной стороне располагается долина, спускающаяся к Баязету. По обеим долинам ползут вниз настоящие альпийские ледники.

*Малый Арарат* поднимается только на 4000 м и не достигает снеговой линии. Он имеет форму усеченной четырехгранной пирамиды. Склоны его, — более крутые, чем у Большого Арарата, — покрыты вулканическим песком.

У подножья Большого Арарата и на его склонах видны обширные лавовые потоки, спускающиеся к Араксу. На берегах этой реки можно наблюдать мощные стены лавы. Некоторые из потоков Арарата достигают побочного конуса *Корниарос*, расположенного к западу. Последний не уступает своими размерами Везувию, а лавы его занимают площадь более 55 км$^2$.

О вулканической деятельности Арарата известно немного. В 341 г. по Р. Х. произошло землетрясение в Армении. По сообщению св. Ефрема, епископа Едесского, Армянские горы сначала удалились друг от друга, а потом сблизились с страшным треском. Из недр их вырвались пламя и дым. В 1319 г. страшное землетрясение разрушило много городов и деревень вблизи Арарата и погубило древнюю столицу Армении Ани, развалины которой находятся в Александропольском уезде Эриванской губернии. Последняя грозная катастрофа происходила в 1840 г., 20—24 июня. После сильного землетрясения огромные массы скал, снега и льда обрушились с вершины Арарата и произвели в его окрестностях сильные опустошения. *Абих*, которому мы обязаны обстоятельными исследованиями Армении, рассматривает это явление, как простой обвал, вызванный землетрясением. Но по мнению *Морица Вагнера*, посетившего Арарат вскоре после катастрофы, все частности происшедшего переворота, равно как и точное исследование охваченной им местности, опровергают объяснения Абиха: по-видимому, мы имеем здесь дело с настоящим извержением. Вот как описывает его *М. Вагнер* (сокращенно):

«20 июня 1840 г., за полчаса до захождения солнца, жители Армении были перепуганы громоподобным звуком, который более всего ощущался вблизи Большого Арарата. Два часа продолжались волнообразные колебания почвы и произвели ужасные разрушения, особенно в

изменяет ее строения. Это служит очевидным доказательством того, что огнедышащие горы не принимают участия в образовании горных цепей и даже не способны произвести в них какие-либо существенные изменения. Внутри персидского плоскогорья встречаются во многих местах новейшие изверженные породы.

Направляясь далее к востоку, мы находим остатки потухших вулканов в самом центре Азии, в горной цепи Тянь-Шань. Эти вулканы представляют чрезвычайно большой интерес, так как они располагаются на огромном расстоянии от морей и вблизи них нет ни одного большого внутреннего озера, с которым можно было бы связать их деятельность. Тянь-Шань служит северной границей той огромной возвышенности, в центре которой располагается Памир—Крыша Мира. В середине прошлого столетия были получены первые известия, о существовании действующих вулканов в горах Тянь-Шань. Гумбольдт, на основании сообщений прежних путешественников, а также известий китайских историков и собственных расспросов у окрестных жителей, собрал много данных об этой области. С тех пор горы Тянь-Шань стали считаться очагом широкой вулканической деятельности. Но уже в 1840 г. ошибка обнаружилась, и вулкан, располагающийся на берегу озера Алакуль, пришлось признать не существующим.

---

Шарурском и Нахичеванском уездах. В конце долины св. Иакова, в шести верстах выше Аргуры, появилась трещина. Она стала выбрасывать газы и пары, которые увлекали за собой камни и землю и поднимались выше вершины Арарата. Сопровождалось ли извержение выходом пламени, очевидцы не могли сказать. Вместе с подземным треском и гулом ясно был слышен шум от выброшенных в воздух камней (до 1200 пудов); большие камни оставались на тех же местах, на которые падали, мелкие катились дальше. Когда рассеялись пары и прекратил каменный дождь, тогда не видно было ни богатой деревни Аргуры, ни знаменитого монастыря, ни полей, ни фруктовых садов: под грудами выброшенных камней погибло и все население. Из жителей деревни осталось в живых только 114 человек. В Нахичеванском, Шарурском и Ордубадском уездах землетрясение разрушило более 6000 домов.

Спустя четыре дня после этого замечательного извержения, на Арарате случился другой переворот. На месте жерла, выброшенных масс камней и земли, осталась глубокая котловина. От таяния снега, от дождя и от стекающих ручьев она заполнилась водой и составила маленькое озеро. Нанесенные туда камни и глина образовали крепкую плотину, но давлением воды она была, наконец, прорвана. Тогда ручьи грязной воды и потоки кашеобразного ила устремились по склонам, разлились по равнине и втекли в русло Кара-су, которое частью засорили. Сады Аргуры, сохранившиеся во время извержения, были истреблены грязными потоками; последние увлекали за собой деревья, обломки камней, трупы погибших. Явление повторилось три раза и сопровождалось, как говорят, подземным треском. К сожалению, я не мог достать точного описания этой второй катастрофы. Место это долго оставалось непроходимым: кашеобразная глина на далеком протяжении образовала глубокое и жидкое болото; даже птицы не осмеливались ходить по нему, пока масса не начала постепенно высыхать».

Несмотря на громадное количество снега, который покрывает вершину Арарата, Вагнер нашел у его подошвы только два незначительных ручейка. Вода, образующаяся от таяния снега и выпадающая в виде дождя, исчезает в трещинах и скапливается, вероятно в подземных озерах или же стекает в скрытые реки. Не лишена некоторого вероятия догадка, что извержение 1840 г. находится в связи с такими подземными скоплениями воды, быстро обращенными в пар (см. ниже, стр. 245, извержение Гунунга Гелунгунга).

Не менее типичным вулканом является *Алагёз* (Пестрая гора), лежащий к северу от Арарата. Он поднимается до высоты 4100 м и содержит на своей вершине прекрасно выраженный кратер, занятый несколькими озерами. Потоки лавы этого вулкана достигают на юге Аракса, на западе доходят до Карса, на севере до Александрополя и представляют радиус в 213 км. Название горы соответствует ее внешнему виду: окалина различных оттенков, виднеющаяся тут и там, а также цветы и зелень, пробивающиеся средн голых скал, сообщают ей своеобразную пестроту. На северных и восточных склонах Алагёза встречается сера. Когда прекратил этот вулкан деятельность, мы не знаем.— *Примеч. пер.*

В 1857 г. *Семенов* показал, что мнимые огнедышащие горы Куллока и Кату в долине р. Или обязаны своим возникновением пожара залежей каменного угля, а в последнее время *Мушкетов* причислил сюда и сольфатары у Урумчи, Турфана и Кучи. Этот ученый обратил внимание, что в рассматриваемой местности существует гора *Байшан*, вулканическую природу которой вряд ли возможно отрицать: по крайней мере, китайские писатели сообщают о ней более положительные данные, чем о других вулканах, и потому объяснить деятельность горы горением залежей угля невозможно: «Байшань выбрасывает по временам дым и огонь. На одной стороне его горят все камни; они плавятся и текут на протяжении 12 ли (1 ли = $575^1/_2$ м). Расплавленная масса застывает при охлаждении. Здесь добывается также и сера». Это сообщение слишком ясно намекает на существование лавового потока, но в виду исследований, раскрывших мнимый характер других вулканов Тянь-Шаня, нельзя придавать серьезного значения этим свидетельствам до тех пор, пока они не будут подтверждены опытным геологом. *Столичка* во время своего путешествия в области к северу от Кашгара нашел в южной части Тянь-Шаня, несколько южнее озера Чатыркуля, несомненный потухший кратер. В таком же значительном удалении от моря находится и другая вулканическая область Восточной Азии: в Манджурии в 25 км от города Мергепа на реке Нони, приток р. Сунгари, впадающей в Амур, лежат вулканы, о деятельности которых имеются сведения у китайских писателей. Последнее извержение относится имн к 1720 г. Действительно, князь *Крапоткин* нашел в этой местности вулканический конус со свежими потоками лавы.

Обратимся теперь к другой местности. В *Сирии*, к югу и к востоку от Дамаска, лежит обширная вулканическая область с огромными лавовыми полями и многочисленными конусами; наиболее резко выражена она в горах *Гауран*. Несомнеино, что в этой местности, несмотря на ее удаленность от моря, происходили в послетретичное время вулканические извержения. *Аравия* богата вулканами. Недалеко от *Медины*, в 30 милях от моря, произошло в XIII столетии грозное извержение. Начинаясь под 15° с. ш., цепь вулканов тянется к югу по западному берегу полуострова и продолжается на его южном берегу. В окрестностях Адена много кратеров, и сам город располагается в одном из них. На восточпом берегу Аравии у Ормузского пролива встречаются пемза и обсидиан. Вулканы Красного моря *Джебель-Тарр* и *Саддле* произвели извержения,—первый в 1834 г., а второй в 1824 г.; в обоих случаях выделялся только дым. Острова *Зейбейяр* и *Бахеме*, а также *Абейлат*—новейшие вулканы. Прекраспая гавань острова *Перима*, располагающегося при входе в Красное море, представляет большой кратер; одна сторона его обрушилась, и вода заполнила котловину. Таким же путем образовался и залив *Губет Хараб*, расположенный несколько южнее.

Геологический характер этих вулканических областей был выяснен только в самое последнее время. Благодаря работам многих неустрашимых исследователей, наука обогатилась целым рядом самых неожиданных и в высшей степени любопытных фактов, касающихся строения Восточной Африки. Опираясь на этот богатый материал, *Зюсс* доказал, что в Восточной Африке огромная площадь, простирающаяся в меридиональном нанравлении, онустилась вследствии сброса (Grabensenkung). Под 6° ю. ш. эта сбросовая внадина проходит через длинный

ряд лишенных стока озер и тянется далее вдоль 36° в. д. до озера Рудольфа. На границе Абиссинского плоскогорья она отклоняется к северо-востоку и, проходя мимо Афара, достигает Красного моря. Отсюда осевшая площадь направляется к северу через Мертвое море и долину реки Иордана и оканчивается у южного края Таврских складчатых гор. Эта обширная сбросовая впадина представляет одно из крупнейших дислокационных явлений; к ней мы вернемся еще впоследствии, а теперь остановимся только на одной ее особенности. Как мы уже знаем, сброшенные области Исландии сопровождаются часто вулканами, горячими ключами и сейсмическими явлениями. То же самое находим мы и на обширном сброшенном участке Восточной Африки и Красного моря; он также сопровождается вулканами и горячими ключами.

Вышеупомянутые вулканы, располагающиеся на берегу Красного моря, находятся в связи с грандиозной трещиной, вдоль которой и произошел этот сброс. На берегу Африки у *Массовы* лежат многочисленные и хорошо сохранившиеся конуса, а сбросовая впадина *Афар* между Абиссинским и Сомальским плоскогорьями покрыта на огромном протяжении вулканами, шлаками и рыхлыми продуктами извержений. Здесь находится вулкан Дубби близ Эдда, лавовый поток которого спускается к морю. В 1861 г. этот вулкан произвел извержение. Другой, также действующий вулкан этой местности — Эртеали (Ортеале). Далее, в глубине страны, располагаются: Дофане, принадлежащий к типу сольфатар, древний вулкан Бокан и ряд незначительных конусов. На реке Гаваш лежат большие вулканы Харро (3288 м), Денди (3417 м) и Суквала (2895 м). В экваториальной части сброшенного участка конусы новейших действующих вулканов насыпаны внутри впадины в местах, более или менее удаленных от трещин, ограничивающих ее. Таковы, например, многочисленные конусы острова Хёнеля на озере Рудольфа, действующий вулкан Телеки, Суссуа, Лононгот и дымящийся Доенье Нгаи. Выброшенные этими вулканами лавы разбили всю сбросовую впадину на множество замкнутых озер, воды которых не имеют стока. Вулкан Телеки, располагающийся на южном конце озера Рудольфа, возвышается над окрестной местностью на 200—220 м. Из кратера его непрерывно и спокойно выбрасываются черные столбы дыма с сильным запахом хлора и серы. Последнее извержение происходило, по-видимому, 15 лет назад. Рассматриваемая нами огромная площадь Африки, опустившаяся вследствие сброса, прорезана множеством поперечных трещин; на этих трещинах располагаются значительные восточноафриканские вулканы, достигающие крайних пределов той высоты, которая вообще свойственна земным вулканам. Хотя они и не извергаются в настоящее время, но вполне сохранились. В экваториальной области сброшенного участка можно отметить три ряда вулканов, лежащих на таких поперечных трещинах. Северный ряд образован вулканами Чибчарания, Эльгон, Марсова, средний — вулканами Кения, Сеттима, Кинангон и южный — вулканами Дьюлу, Килиманджаро, Меру и Этхи.

Громадный Килиманджаро поднимается на 6130 м в высоту (см. рис. на особом листе). Побочная вершина его Мавензи (Кимавензи) достигает 5545 м. Обе горы имеют общее основание, высотой в 4300 м. Покрытая снегом и льдом главная вершина Килиманджаро Кибо обладает огромным кратером, глубиной в 200 м и с диаметром в 2 км. Из этого кратера выдвигается несколько к северу от центра конус в 150 м высотой; вместо лавового потока из трещины

потухшего кратера спускается к юго-западу глетчер. Значнтельно сильнее разрушен зубчатый Мавензи. Он лежит на 5,7 км к востоко-юго-востоку от Кибо и представляет, но-видимому, первоначальный вулкан. Как показал *Томсон*, Кибо образовался вследствие неремещения центра извержения. В ложбине между обеими вершинами располагается ряд небольших конусов. На склонах, как и у других больших вулканов, находятся нобочные конуса.

*Кения* нодннмается на 5600 м в высоту и обладает, хотя и сильно разрушенным, но ясно заметным кратером, дно которого лежит на глубине 200—300 м от края кольца.

К западу от огромной *восточноафриканской сбросовой впадины* располагается нриблизительно в меридианальном направлении другой осевший нри сбросе участок; он также нокрыт множеством длинных озер, каковы Танганайка, озеро Альберта-Эдварда и озеро Альберта. Озера Ниасса и Леопольда можно рассматривать, как южное продолжение этого ряда, несколько отклоненное к востоку. На этой *центрально-африканской впадине* мы находим также две групны вулканов. У северо-восточного берега озера Ниасса на возвышенной равнине Конде́ древние изверженные породы поднимаются на значительную высоту, а недалеко от северного конца озера располагаются кратеры новейшего происхождения. Еще большей мощности достигают вулканические образования на юге озера Нгези или Альберта-Эдварда; носледнимн свидетелями о них мы обязаны *Эмину паше* и *Штульману*. Мфумбиро, группа вулканов, имеющая форму дуги, состоит из шести больших и многих малых конусов, которые занимают всю ширину осевшего участка. Высочайшая вершина группы Кизигали, достигающая 4000 м в высоту, раснолагается приблизительно в середине, на западном же краю лежит действующий и тенерь вулкан Фирунгу-Фиагонго, высота которого 3500 м.

Ничтожные проявления вулканнческой деятельности в пастоящее время и огромные массы лавы и рыхлых нродуктов, выброшенные в нрежние периоды, показывают, что вулканы Восточной Африки идут постепенно к полному угасанию. Тем не менее учение о вулканах может пополниться многими сведениями, если геологические исследования этой замечательной области будут с успехом продолжаться.

Перейдем теперь к обзору *Индийского океана* и его берегов. Неносредственно к африканским вулканам нримыкает ряд островов, каковы: острова *Коморенские* близ Мозамбикского берега, с двумя действующими вулканами, о. *Майотта* со своим потухшим вулканом и *Мадагаскар*. В северо-западной части последнего острова известны четыре действующих вулкана, а на центральном плоскогорье и в южной части острова располагается обширная вулканическая область. К юго-западу от Антананаривы находится горная группа Анкаратра, состоящая из пяти конусов. Высочайший вулкан этой группы достигает 2873 м. На озере Итаси насчитывается около сорока кратеров; в Западной Имерине также разбросано много вулканических конусов. В значительном удалепии от этой области располагаются вулканические *Маскаренские* острова; на бо́льшем из них, о. *Бурбон*, (Реюньон, или о. Соединения) находится огромный действующий вулкан (см. рис. 194). В южной части Индийского океана выдвигаются два вулканических острова, о. св. Павла и о. Амстердам (см. рис. 169, 170 и 195). Еще далее к югу лежат острова *Принца Эдварда* и *Крозе* под 46° ю. ш. и остров *Керглана* (Кергуэлен) под 48°.

Обращаясь к северо-восточной части Индийского океана, мы встречаем отроги упомянутого выше кольца, окружающего большую часть Великого океана. На Индостанском полуострове залегают огромные массы древнетретичных изверженных пород, так называемые «траппы» Деканского плоскогорья; вулканы позднейших периодов отсутствуют здесь так же, как и в Индо-Китае. Противоположность составляет Бенгальский залив, посящий явные следы новейших извержений. У восточного берега Индостана, недалеко от Пондишери происходило подводное извержение. На западиом берегу Индо-Китая начинается огромный ряд вулканов, охватывающий значительную часть полуострова и переходящий на юго-западные берега Малайских островов. В общем он простирается па 750 географических миль и своим северным коп-цом заходит на материк, в область р. Иравади. Здесь располагаются вулканы *Бирмы.* Самый крайпий из них лежит у Бхамо, приблизительпо под 24° с. ш.

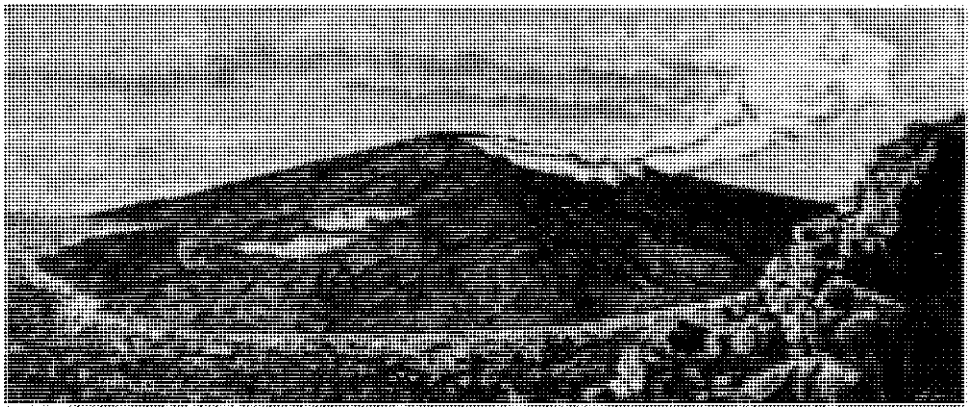


Рис. 194. **Питон-де-ла-Фурнез на острове Бурбоне** (по Велэну)

Далее, под 19°30′ с. ш. мы встречаем острова *Рамри* и *Чедуба* с горой Рагуаин у берега Арракана. Из этих островов последний произвел извержение в 1839 г. Далее следуют *Андаманские* острова с потухшим вулканом Наркондамом (13°24′ с. ш.) и остров *Баррен,* приобрел большую известность со времен Леопольда фон Буха. Это пебольшой вулкан с кольцевым валом типа Соммы и внутренним конусом. В 1789 г. и 1804 г. он произвел чрезвычайно сильные извержения. Момент времени, с которого начались здесь новейшие извержения лав, точно не установлен. Кратер этого вулкана уже давно проявляет умеренную деятельность тина Стромболи. Последний лавовый ноток выброшен внутренним конусом в ущелье, подобное Атрио дель Кавалло; в восточной части вала он нашел глубокую внадину, а может быть сам нрорыл ее и направился отсюда к морю. Вследствие этого в прежних описаниях говорится, что море проникает в ущелье. Далее распологаются *Большие Зондские острова;* они нроявляют энергичную вулканическую деятельность, которая наибольшего развития достигает на Яве.

Кратеры, расположенные у берега Арракана и на Андаманских островах, нринадлежат к ряду вулканов Зондских островов. Это доказывается не только географическим положением, но также и геологическим строением этих местностей. Горы Арракана представляют цени, нанравленные с севера на юг; они

состоят, главным образом, из нижнетретичных и меловых песчаников и сланцев, которые отчасти видоизменены (метаморфизованы) и находятся в связи с сернентинами (змеевиками), отчасти сохранили свой первоначальный характер. Андаманские и Никобарские острова сложены из тех же горных пород с тем же простиранием и служат непосредственным продолжением гор Арракана. Южным концом они направлены к Суматре, где и находится дальнейшее их продолжение. Все эти острова представляют остатки древнего горного хребта, который сопровождался упомянутыми выше вулканами.

Из числа 19 вулканов, расположенных на Суматре, действуют 7. Некоторые из озер, заполняющих кратеры, достигают такой огромной величины, которой не наблюдается нигде на земной поверхности. В Зондском проливе нахо-

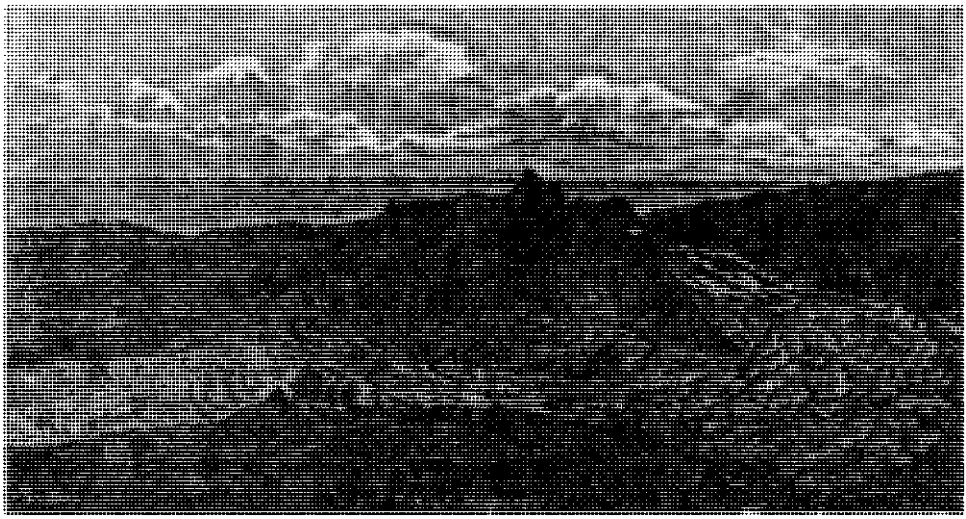


Рис. 195. **Небольшой кратер на острове Амстердаме** (по Велэну)

дится несколько вулканических островов. Еще недавно они не привлекали особенного внимания: было известно, что эти острова расположены на одной и той же трещине и что один из них, *Кракатау,* или Пулу Ракага, нроявлял умеренную деятельность в период времени с мая 1680 г. до ноября 1681 г. Неожиданно в мае 1883 г. разразилось сильное извержение. Предшественником его было землетрясение, случившееся 1 сентября 1880 г. и достигшее даже северных частей Австралии. Судя по первым известиям об этой катастрофе, достигшим Европы, можно было нредполагать, что вулканические явления в области Кракатау превосходили все до сих пор известные извержения. Вскоре, однако, выяснилось, что многое было нреувеличено перепуганным воображением, а многое преднамеренно искажено. Несмотря на это, извержение Кракатау нринадлежит к самым сильным из числа известных нам. Оно превосходит все остальные извержения обширностью той области, на протяжепин которой был слышен шум, количеством произведенных им географических изменений и высотой, который достигал пепел. Однако по общей массе извержепных продуктов знаменитая катастрофа Кракатау уступает некоторым другим извержениям (Темборо, Козегвипа).

Основываясь на строении и петрографическом характере островов (см. карту на рис. 196), *Вербеек* и *Юдд* представляют историю Кракатау в следующем виде. Первоначально здесь возвышался андезитовый вулканический конус, достигавший в высоту 2000 м. Впоследствии он обрушился, и остатки кольцевых стен его, выдвигающиеся над поверхностью моря, образовали острова Пустынный (Verlaten,

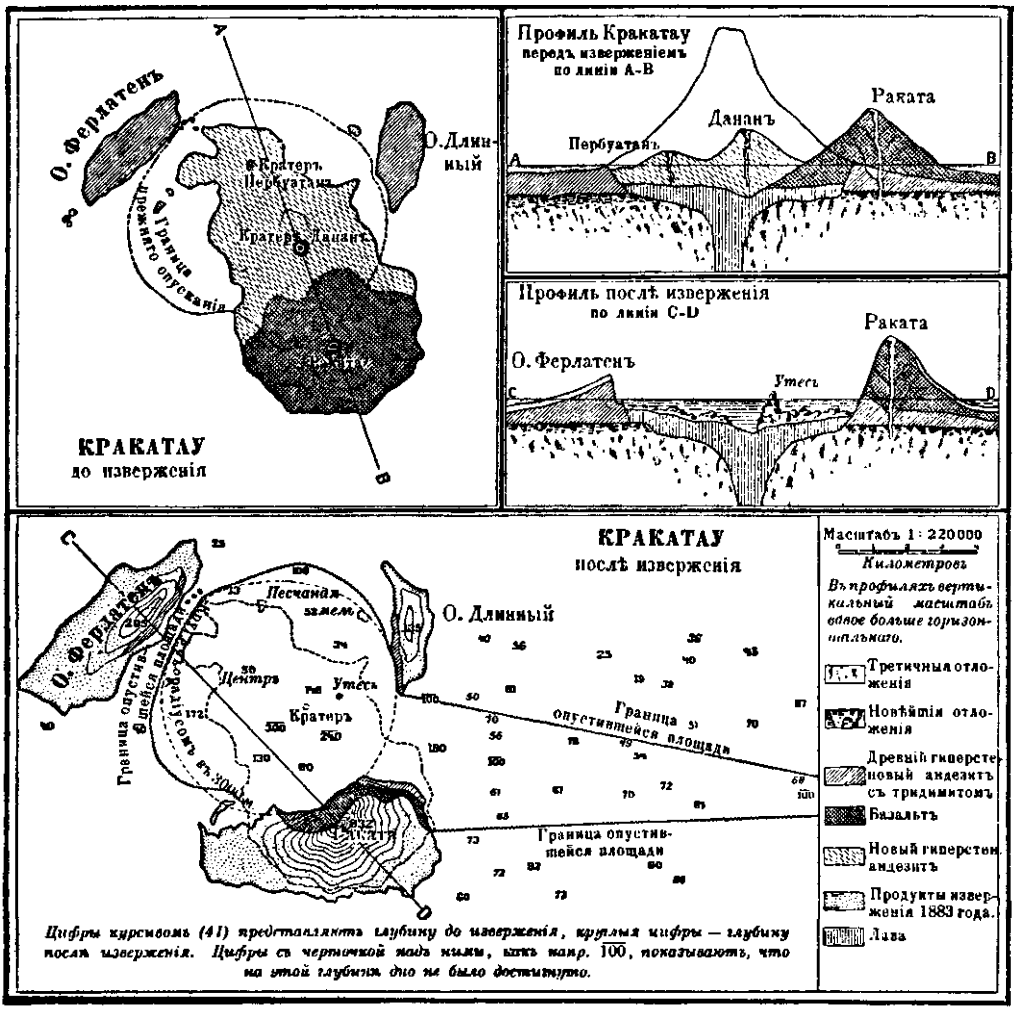



Рис. 196. **Карты и профили Кракатау** (по Вербееку)

Deserte), Длинный (Lang, Longe) и основание конуса Раката. В позднейшие периоды на южном конце этого кольца образовался новый вулкан, который в течение своей продолжительной деятельности насыпал базальтовый конус Раката, достигающий 800 м в высоту (см. профили на рис. 196). Позднее, в центральной части древнего кратера произошли извержения андезитов. Следствием их было образование небольших конусов Пербуатана и Данана, соединившихся с Раката в одно целое.

О начале грозной вулканической деятельности, разыгравшейся в 1883 г., мы не имеем никаких известий: группа островов Кракатау необитаема и только изредка посещается рыбаками, заезжающими сюда с острова Суматры. Первые наблюдения, произведенные на судах, которые плыли по Зондскому проливу, относятся уже к тому времени, когда извержение достигло значительной силы. 20 мая экипаж немецкого военного судна «Елизавета» увидел пиниеобразное облако, поднимающееся из кратера на необычайную высоту — 11 000 м; несмотря на большое расстояние от Кракатау, пепел падал на палубу судна. Явления эти продолжались несколько дней и были видимы с других судов, а также с западного берега острова Явы (с Анжера и др. мест). Во всей местности до Батавии чувствовались подземные толчки и слышались взрывы. Выпал слабый пепельный дождь. Но люди не знали, из каких областей идут эти вестники грозного извержения. 27 мая Кракатау посетили некоторые из жителей Батавии. Они заметили, что Пербуатан, поднимающийся на 300 ф., обнаружил деятельность в центральной части древнего кольцевого кратера. Через каждые 5—10 минут происходили взрывы, столбы паров и пепла поднимались на высоту 2000—3000 м, и зарево на небе усиливалось; деревья были покрыты пемзой, точно снегом.

В следующие дни сила извержения уменьшилась, и затем до самого дня катастрофы, случившейся в конце августа, умеренная деятельность только иногда прерывалась сильными взрывами. В середине июня произошло опять сильное извержение. 24 июня поднялся столб дыма из нового кратера у северной части подножья Данана. Скалы Пербуатана, видимые до тех пор из Катимбанга, исчезли вследствие расширения кратера. 11 августа капитан Ферценаар нашел уже три больших кратера и множество мелких, которые также выбрасывали пары и пепел.

После этого пепельный дождь усилился, и Данан обрушился, а 26 августа произошла знаменитая катастрофа. О ней нам известно лишь то, что можно было наблюдать с судов, проезжавших невдалеке, и с берегов Явы и Суматры. Впрочем, если бы даже Кракатау был населен, то в тот ужасный день не спасся бы ни один человек, так как даже на острове Себези, расположенном в 20 км, все население было уничтожено. Утро было ясное. Около часа дня послышался грозный гул, который долетал до Батавии и дальше. Ночью он так усилился, что в Батавии люди не могли спать. Около 2 часов дня с корабля «Медея», находившегося в Зондском проливе, видели столб пепла высотой в 27—33 км. К вечеру в Лампонге на Суматре выпал слабый пепельный дождь; в Анжере и в некоторых ближайших к нему местностях на берегу Явы тотчас же после заката солнца наступил глубокий мрак. Слышались глухие звуки; море бушевало; небольшие суда были поглощены волнами или выброшены на сушу; вода залила часть берега и снесла несколько деревень. Однако при этом погибло сравнительно немного народа, и потери имущества были незначительны. Вследствие господствовавшего в тот день ветра, последствия извержения были гораздо ужаснее в местах, расположенных к югу. Густые тучи пепла засыпали корабли. Падали огромные каменные глыбы. Около 2 часов ночи на палубе судна «Бербис» изверженный пепел лежал пластом в 1 м толщиной. Землю окутывал непроницаемый мрак. Гора грохотала и поминутно выбрасывала яркие молнии. В атмосфере чувствовалось сильное напряжение электричества, на спастях и на мачтах появились огоньки св. Эльма; они «извивались, точно огненные змеи». Рулевой на «Бербис» едва держался на своем

месте: при каждом прикосновении к металлическим частям руля он получал сильный электрический удар.

К утру 27 августа небо несколько прояснилось, но скоро опять наступил полный мрак, длившийся 18 часов. Огромные массы пепла, пемзы, шлаков и тягучей тестообразной грязи устремились на Зондский пролив, на острова Яву и Суматру. В 6 часов утра грозные волны залили низменные берега. Около 10 часов утра настал самый страшный момент извержения: вследствие сильного взрыва или вследствие обвала острова Кракатау, на море разразилась сильная буря. Грозные волны поднимались на ием, точно горы, и достигали 30 м в высоту; одна за другой устремлялись они на землю. Города, деревни, леса, насыпь железной дороги, проложенной на Яве вдоль берега,—все было уничтожено страшным нотопом. Города: Анжер, Бентам, Мерак и др. разрушились, а в некоторых местах, как, напр., на островах Себези и Серами погибло все население. Немногие спаслись чудом: первая волна, нахлынувшая на землю, подхватила людей и некоторых невредимо вынесла на сушу.

Что случилось дальше—трудно сказать... Охваченные ужасом, люди напрягали все свои силы, чтобы спастись. Тьма окутывала все. Пепельный дождь, взрывы, буря и волнения на море продолжались. 28 августа утром небо опять просветлело, извержение стало стихать, но не прекратилось. Берега Суматры и Явы были неузнаваемы, и отдельные места их можно было отличить только разве по положению, но не по их внешнему виду. Богатая тропическая растительность исчезла всюду, куда достигали волны. Земля была обнажена; серая грязь и другие изверженные массы, вырванные с корнями деревья, обломки зданий, трупы людей и животных покрывали ее. На поверхности Зондского пролива плавали огромные количества пемзы. По официальным известиям число жертв достигало 40 000.

Но что происходило в это время у самого Кракатау? 26 августа образовался остров в $33^1/_3$ км$^2$. На нем возвышался большой конус Раката и два незначительных кратера Данан и Пербуатан. 28 августа большая часть острова исчезла. Над поверхностью моря оставался участок только в $10^1/_2$ км$^2$. На краях этой развалины нагромоздились широкие полосы вулканических продуктов, и теперь новый Кракатау достигает $15^1/_2$ км$^2$. Через середину большого кратера проходит трещина, от конуса осталась скала в 800 м высотой, она отвесными стенами обрывается к морю, которое занимает место кратера. Там, где прежде была земля, океан теперь достигает глубины 200—300 и даже 360 м; только одиноких скалы выдвигаются в этих местах (см. рис. 196 и 197). Эти явления нельзя рассматривать как последствия большого сброса, так как за пределами кратера море не только не сделалось глубже, но даже обмелело вследствие нагромождения изверженных масс. Очевидно, мы имеем дело с прямыми последствиями извержения. Исчезнувшая часть острова или была непосредственно подброшена, или обрушилась. *Вербеек* представляет процесс в следующем виде: в течение продолжительного периода деятельности вулкана, начиная с 1863 г., древний кратер постепенно углублялся; высокая температура лавы размягчила его и сделала неспособным выдерживать располагающиеся над ним горные массы. Кратер обрушился, и потоки морской воды устремились на лаву. Вследствие огромного обвала и образования твердой коры на лаве, охлажденной водой, давление лавовых масс увеличилось, но только на мгновение. Непосредственно затем расплав-

лепная лава, перемешанная с морской водой и грязью, была выброшена с огромной силой. Таким образом самый сильный взрыв был обусловлен обвалом кратера.

Иначе объясняет это величественное явление Юдд. По общераспространенному представлению грозная катастрофа была обязана внезапному движению воды на раскаленную лаву, вследствие чего образовалось огромное количество паров. Юдд не согласен с этим: он указывает, что во всех случаях, когда производились наблюдения над лавой, изливающейся в море, пары образовывались только в течение незначительного времени. Лава скоро покрывается корой, которая, как дурной проводник теплоты, препятствует дальнейшему образованию паров. Вследствие постепенного расширения кратера морская вода, конечно, встретилась с лавой Кракатау; последняя покрылась корой, под которой скоплялись пары, выделяемые расплавленной массой. Давление их постепенно увеличивалось, прорывало кору и производило новые взрывы. Эта перемежающаяся деятельность, напоминающая взрывы гейзеров, постепенно ослаблялась; наконец, напряжение, накопившееся во время наиболее длинной паузы, произвело последний страшный взрыв. Предыдущие взрывы выбрасывали пемзу и комья лавы, во время же заключительного извержения были выброшены также куски древнего кратера, который целиком взлетел на воздух.

Причину пробуждения вулканических сил на Кракатау *Вербеек* видит в упомянутом выше землетрясении 1880 г. Кракатау лежит на месте пересечения двух трещин Зондского пролива — продольной и поперечной. Было достаточно незначительного перемещения вдоль последней трещины, чтобы вода проникла в магматическую область, питающую вулкан, повысила бы напряжение ее и вызвала извержение.

Вновь образовавшаяся внутренняя стена треснувшего конуса Кракатау позволяет видеть внутреннее строение его с такой ясностью, как нигде в другом месте. В основании его залегают андезиты, принадлежащие валу древнего кратера (см. рис. 197); над ними лежат пласты базальтового пепла и лапилли, чередующиеся с базальтовыми потоками и прорезанные множеством жил. Они напластованы согласно и расположены симметрично относительно вертикальной линии, проходящей через вершину конуса. Мощность потоков колеблется между $^1/_2$ и $^1/_3$ м, мощность же пластов пепла — между $^1/_4$ и 2 м. Канал, по которому двигались расплавленные массы, и лавовое ядро вулкана не видны; надо полагать, что кратер находится в сохранившейся части конуса Раката.

Непосредственным следствием катастрофы были те страшные волны, которые 27 августа, около 10 часов, произвели опустошения на берегах Зондского пролива. Не безынтересно познакомиться ближе с этим грозным явлением. В зависимости от свойств берегов и характера дна высота волн была различна: у маяка Флаккен Хук она достигала 15 м в высоту, у Телока Бетонга — 22 м, у Мерака, Анжера и у берегов острова, названного, благодаря его положению, Поперек Дороги (Dwars in den Weg), — 35 м. Волнение не ограничилось Зондским проливом, но распространялось дальше: через некоторое время оно было заметно у самых отдаленных берегов. На всем протяжении Индийского океана, — на Цейлоне, острове Маврикия, в Порте Елизаветы (в Капской земле) и у Адена при входе в Красное море происходило у берегов волнение, более сильное или слабое, в зависимости от расстояния от Кракатау. Волнение распространилось и по всему

Великому океану и достигло западных берегов Америки (напр. С.-Франциско). Волны распространились также в Атлантическом океане и были наблюдаемы у берегов Франции и у Колона на Панамском перешейке. Таким образом, волнение, вызванное извержением Кракатау, было замечено по берегам всех океанов. Во многих местах было точно определено время, когда достигла их волна. Отсюда оказалось возможным определить скорость ее распространения. Судя по тому времени, которое употребила волна, чтобы достигнуть Порта Елизаветы, в Южной Америке скорость распространения ее была 306 морских миль в час.

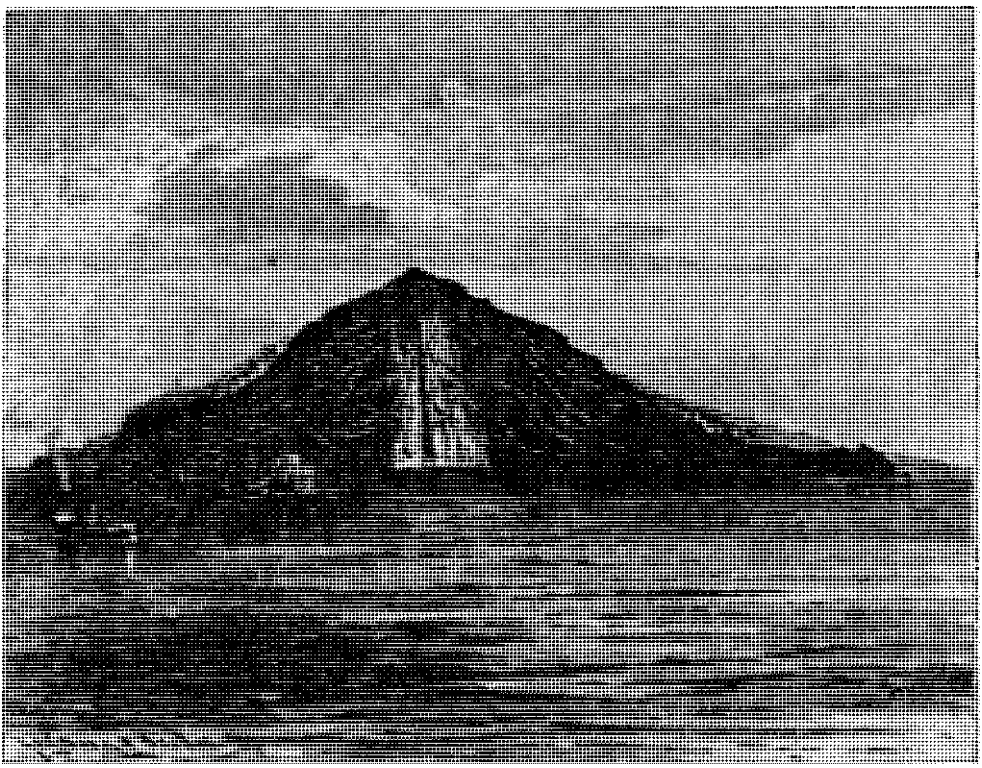


Рис. 197. **Внутренняя стена конуса Раката** (по Юдду)

В атмосфере происходило также бурное движение. Вблизи Кракатау свирепствовали грозные ураганы; в окрестностях его все барометры были в лихорадочном возбуждении и в течение небольшого времени колебались в пределах 2 дюймов. Следствием главного взрыва, случившегося 27 августа около 10 часов утра, было образование огромной воздушной волны, которая распространилась по всей земле. В Европе, в Северной Америке, к востоку от мыса Горна на острове Южная Георгия и др. местах, где производились наблюдения, движение воздуха было не настолько сильное, чтобы люди могли непосредственно ощущать его: оно было отмечено чувствительными метеорологическими приборами. В конце августа и в начале сентября замечалось непродолжительное, но быстрое падение и повышение барометра, что было следствием воздушной волны, образовавшейся при взрыве Кракатау. Чтобы познакомиться с характером этой атмо-

сферической бури, посмотрим, как она проявилась в отдельных местах. «Первая воздушная волна была замечена в Берлине через 10 часов после катастрофы. Если предположить, что она достигла Берлина по кратчайшему пути от востока к западу, то скорость ее распространения будет несколько более 1000 км в час. Через 16 часов было замечено второе колебание барометра. Оно было произведено той же воздушной волной, которая достигла Европы с другой стороны, пройдя над Америкой. Приннмая в расчет разность путей в первом и во втором случае и зная скорость распространения волнообразного движения (1000 км), можно было вычислить, насколько опоздает воздушная волна, направившаяся через Америку. Это опоздание оказалось действительно равным почти 16 часам.

Распространяясь дальше, волна облетела весь земной шар. На основании вычислений она должна была вторично достигнуть Берлина через 36 часов. Действительно, по истечении этого времени с момента появлепия первой волпы, прошедшей через Ост-Индию, наблюдалось новое колебание барометра, но несколько меньшей силы. Волна, распространившаяся через Америку, достигла Европы вторично через 34—35 часов. Такое ускоренное движение ее объясняется тем, что в верхних слоях атмосферы преобладают воздушные токи, направленные с запада к востоку. В третий раз волнообразное движение воздуха, распространявшееся к западу от Кракатау, достигло Берлина через 37 часов. Далее сила воздушных течений настолько уже умепьшилась, что исследовать их с точностью было невозможно, но тем не менее до 4 сентября самопишущие приборы продолжали отмечать незначительные колебания барометра» (по *Ханну*).

Сравнивая время, когда воздушное волпение достигло 54 различных мест, *Страхей* пытался определить время главного взрыва. На основании произведенных им вычислений, взрыв произошел около 9 ч. 58 м. *Вербеек*, производивший наблюдения у индикатора газовой фабрики в Батавии на Яве, считает наиболее вероятным моментом взрыва 10 ч. 2 м.*.

---

* Атмосферные волны, произведенные извержением *Кракатау*, наблюдались также в *Петербурге* и *Павловске*. В период времени с 27 по 30 августа самопищущие барометры Павловской обсерватории отметили пять характерных колебаний: 27 августа — в 2 ч. 5 м. утра (I), 28-го — в 7 ч. утра (II), 29-го — в 3 ч. утра (III) и в 6 часов вечера (IV) и, наконец, 30-го — в 3 часа ночи (V). Колебания I—III—V соответствуют волне, двигавшейся с востока к западу, колебания II—IV — другой волне, обошедшей землю в обратном направлении. Почти в то же время наблюдались колебания барометра и в Петербурге. По вычислениям *М. Рыкачева* (по способу *Страхея*, который определяет отдельно скорость каждой волны), первая волна (I—III) совершила полный оборот около земного шара в 37 ч. 5 м. со скоростью 299,7 м в 1 сек., вторая (II—IV) — в 35 ч. 10 м. со скоростью в 316,0 м и третья (III—V) в 36 ч. со скоростью 308,7 м. Цифры эти близки к цифрам, полученным в 22 других местах. Первая волна достигла раньше всего Павловска, который отстоит от Кракатау на 87°49′ (от востока к западу), и позже всего Торонто (расстояние которого 217°45′). Наоборот, вторая волна, двигавшаяся от запада к востоку, достигла Павловска позже других станций (в этом направлении расстояние Павловска от Кракатау — 272°11′, а Торонто — 142°15′).

Пользуясь вышеприведенными данными, М. Рыкачев вычислял и время извержения Кракатау. Судя по времени появления в Павловске первой волны (I—III—V), извержение произошло в 9 ч. 47 м. утра (по местному времени), а по времени появления второй волны (II—IV) — в 9 ч. 4 м. утра. В среднем выводе находим — 9 ч. 25 м. утра.

Сопоставляя цифры, вычисленные на основании наблюдений в 19 других местах, г. Рыкачев получает в среднем для времени извержения Кракатау — 9 ч. 27 м. Вывод почти тождествен с полученным на основании данных Павловской обсерватории (разность = 2′).— *Примеч. пер.*

Пространство, на протяжении которого слышались взрывы Кракатау, было чрезвычайно огромно. Любопытно, что в некотором отдалении от места катастрофы грохот был сильнее. Такое явление далеко не единично, но удовлетворительного объяснения его еще не сделано: вероятно, густые тучи пепла в окрестностях вулкана, оказывали некоторое препятствие распространению звуковой волны. Наиболее отдаленными местностями, где слышались взрывы Кракатау, являются Цейлон, Андаманские острова, Сайгон в Кохинхине, Филиппинские острова, залив Гельвинк на Новой Гвинее и Перт в Юго-Западной Австралии. О том, как далеко распространились звуковые волны на юг, мы не имеем известий, так как там лежит

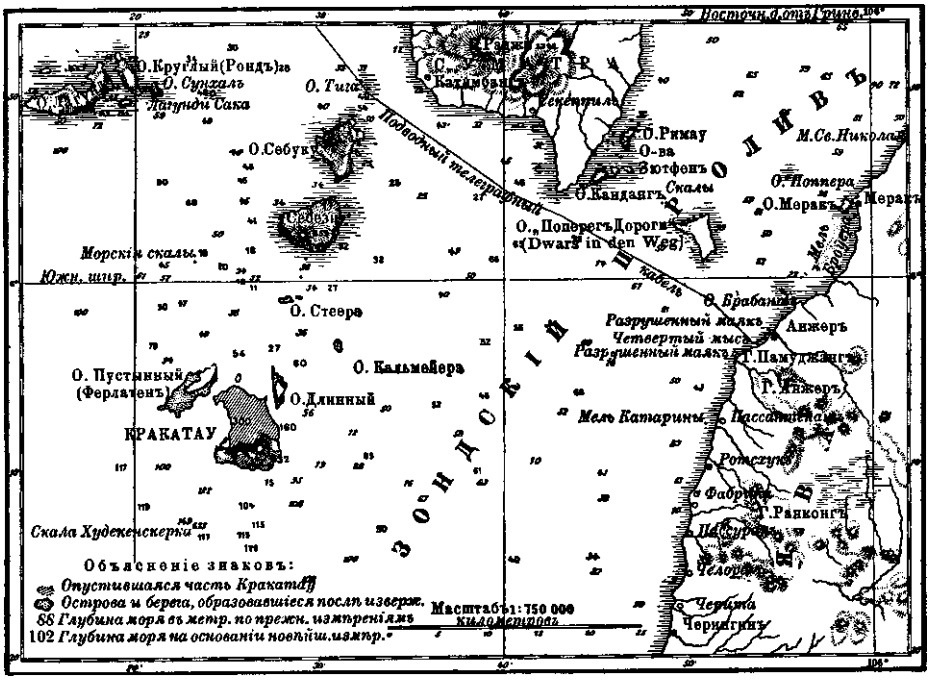



Рис. 198. **Карта Зондского пролива с Кракатау и новообразовавшимися островами Стеера и Кальмейера**

открытый океан. Звуки слышались на протяжении 3400 км, т. е. охватывали пространство, составляющее $^1/_{15}$ часть всей земной поверхности. Если мы вообразим, что центром такого извержения служила Вена, то грохот слышался бы не только по всей Европе, но также и на восточных берегах Гренландии, в южных частях Шпицбергена и Новой Земли, в области Уральских гор, на восточном берегу Аральского озера, в юго-восточном углу Каспийского моря, у устья Евфрата, в северной части Красного моря, в большей части Сахары и на острове Мадейре. История не знает другого извержения, которое сопровождалось бы таким далеким распространением звуковых явлений (см. карту на рис. 223).

Массы, изверженные Кракатау, состоят главным образом из пемзы и мелкого пепла. Количество их громадно. По мнению *Вербеека*, объем их достигает 18 км$^3$: около вулкана на 12 км во все стороны изверженные массы образовали пласт в 20—40 м толщиной и до 12 км$^3$ в объеме. К северу от

Кракатау до острова Себези глубина моря до извержения достигала 36 м. После катастрофы вся эта местность обмелела и сделалась непроходимой для больших судов. Как показывает карта на рис. 198, не только изменился рельеф морского дна, но также появились новые острова и увеличились прежние: у развалин Кракатау изверженные продукты нагромоздили площадь в 5 км$^2$, остров Длинный (Lang) увеличился на 0,3 км$^3$, а остров Пустынный (Verlaten, Deserte) более чем на 8 км$^2$. Незначительный островок Пульше Худье исчез, вероятно смытый огромной волной. Наряду с этим образовались вновь острова Стеера и Кальмейера (Steers Eiland, Calmeyer Eiland); первый занял площадь в 3 км$^2$, а второй — в 4 км$^2$. Оба выдвигались над поверхностью моря только на несколько метров и скоро онять скрылись под водой. В октябре 1883 г. Вербеек посетил эту местность. Вновь образовавшиеся острова дымились, но это был только пар, выделявшийся вследствие высокой температуры нагромажденных извержением масс. Что же касается самостоятельных центров извержения, то их здесь не было и следов: сообщение о появлении 16 новых вулканических конусов ошибочно: пар, подымавшийся от этих горячих островов, был принят за извержение. Огромные массы пемзы покрывали поверхность моря и образовали настоящие плавучие острова, которые поднимались над водой на 2 м. У Суматры, при входе в заливы Лампонг и Семанка, пласты плывущей пемзы были так мощны, что самые огромные суда едва могли прорезать их толщу и повредили свои машины. Одно голландское военное судно, обладавшее провиантом только па 6 дней, врезалось в это плавающее пемзовое поле и не могло из него выехать: оно было здесь занерто, и экипаж страдал от голода. Пепел распространился па огромном пространстве и засыпал площадь в 750 тысяч км$^2$, значительно превосходящую всю Германию.

Прежде, чем покинуть Кракатау, мы должны остановиться еще на одном замечательном явлении, которое приписывалось последнему извержению этого вулкана. Очень скоро после катастрофы, еще в последних числах августа, солнце приобрело своеобразную зеленую окраску. Сначала явление наблюдалось вблизи Кракатау, а потом и в местностях, расположенных на значительном от него удалении. Раньше всего оно обнаружилось на Цейлоне, несколько позднее — на острове Маврикия, затем на западном берегу Африки, наконец, в Бразилии, в Центральной Америке и во многих других местах. Эта своеобразная окраска солнца приписывалась мельчайшим частицам вулканического пепла, которые летали в верхних частях атмосферы. В конце ноября 1883 г. во всей Европе возбудили общий интерес и удивление любопытные явления, происходившие при солнечном закате. Все небо обливалось пурпуровым блеском, который держался необычайно долго и, наконец, смепялся нолным мраком. Скоро со всех концов земли стали стекаться известия о подобных же явлениях. Во многих местах они наблюдались раньше, чем в Европе, но нигде не были видны до извержения Кракатау. Это своеобразное окрашивание небесного свода при солнечном закате указывало, что в атмосфере находится какая-то среда, преломляющая свет. Необычайная сила и широкая распространенность явления не позволяли приписать его преломлению световых лучей в массах тумана и облаков, чем, как известно, объясняется утренняя и вечерняя заря. Особенности явления заставляли предположить, что слой, преломляющий свет, находится на высоте 60,000—70,000 м (а по одному мнению на высоте 18,000 м).

т.е гораздо выше той области, в которой происходят обычные метеорологические процессы. Что касается свойств среды, сообщавшей своеобразное окрашивание небесному своду, то мнения разделились. Некоторые ученые предполагали, что земля проходила в тот момент через космическую туманную массу, или через поток мельчайших ледяных игл, или через тучу метеорной пыли. Во всяком случае они искали причину явления за пределами земли. Иного рода было объяснение, предложенное *Джессом* (Jesse) и *Локиером*. По их мнению, явление было вызвано вулканическим пеплом, мельчайшие частицы которого во время страшного извержения Кракатау поднялись на высоту до 60,000 м, были подхвачены воздушными течениями и носились в атмосфере в течение нескольких месяцев.

Приблизительно в то же время во многих местах Европы выпала пыль и покрыла землю, точно снегом. Исследования этой пыли показали, что она состоит из крошечных микроскопических кристалликов, подобных тем, которые присутствовали в пепле, изверженном Кракатау. Отсюда было сделано заключение, что пыль эта представляет упавший с высоты пепел знаменитого вулкана. Но сходство не было полным: характерные шарики вулканического стекла отсутствовали, и потому вывод нельзя считать окончательным. В подтверждение его указывали на существование подобных явлений в прежнее время. Так, напр., в 1831 г. с начала августа до конца сентября в Европе наблюдалось то же своеобразное окрашивание неба при закате солнца, а в июле происходило подводное извержение, сопровождавшееся появлением острова Фердинандеа (о нем см. выше). Подобные же явления были отмечены *Бецольдом* в 1864 г.; им предшествовало подводное извержение между Сицилией и Пантеллярией. По-видимому, оба факта служат подтверждением вышеприведенной мысли. Но так как каждый год происходит приблизительно около десяти сильных извержений, то явление должно было бы наблюдаться очень часто, особенно после тех извержений, которые выбрасывают много пепла (как, напр., извержение Козегвины). Действительно, *Кислинг* показал, что во время извержения Темборо на Сумбаве в Индийском океане весной 1818 г. солнце приобрело зеленое окрашивание. По его мнению, эти своеобразные оптические явления происходят не так редко, как думали до сих пор, но все же не соответствуют числу извержений, выбрасывающих много пепла.

На первый взгляд этот довод решительно говорит против существования связи между вулканическими извержениями и пурпуровым окрашиванием небесного свода при закате солнца. Но если принять в расчет одно обстоятельство, на которое до сих пор не обращали внимания, то дело представится в другом свете. Извержения 1831 г. и 1864 г., сопровождавшиеся своеобразным окрашиванием неба, принадлежат к числу подводных; последние происходят значительно реже, чем извержения на суше. Так как после обвала Кракатау морская вода встретилась с лавой, то это извержение в известном смысле примыкает к подводным. Можно думать, что стремительные взрывы водяных паров принимают существенное участие в раздроблении изверженных масс и заставляют их подниматься в высшие области атмосферы. Это допущение удовлетворительно объясняет, почему другие сильные извержения, выбросившие огромные массы пепла, не сопровождались окрашиванием неба. Некоторые считали невероятным, чтобы твердые частицы могли подниматься на такую необычайную высоту и держались бы долгое время в высших слоях атмосферы. Но взрывы, быстро следующие друг за другом, создают

в высшей степени благоприятные условия для поднимания на значительную высоту дыма и пепла, выбрасываемого вулканом. Над кратером и внутри него образуется настоящий поток газов и паров; выбрасываемые извержением массы летят, не встречая почти никакого сопротивления воздуха и подталкиваемые взрывами, непрерывно следующими один за другим, поднимаются, наконец, на ту страшную высоту, где происходят замечательные оптические явления, выражающиеся в окраске неба. С другой стороны, исследования над падением легких тел в воздухе, представляющем для пих сильное сопротнвление, показали, что падение это совершается чрезвычайно медленно и что вулканическая мелкораздробленная ныль может держаться в атмосфере даже в течение двух лет. Таким образом все сомнепия были устранены, и связь между окрашиванием неба при закате солнца и извержением Кракатау стала несомненным фактом. Оптические явления, вызванные в атмосфере мелкораздробленными частицами пепла Кракатау, были тройного рода: они выразились необыкновенным окрашиванием солнца, продолжительностью и огненно-пурпуровым блеском вечерней зари и появлением около солнечного диска красноватого рефракционного кольца (кольцо *Бишофа*). Наибольшей силы все эти явления достигали зимой 1883 г. Летом 1884 г. они стали постепенно нсчезать, а последние слабые их проявления были прослежены опытными наблюдателями до лета 1886 г.

Остров *Ява* представляет одну нз любопытнейших вулканических областей. Он простирается на протяжении неполных 150 геогр. миль, и имеет более 100 вулканов, из которых хорошо изучена только половнна. На земле нет другой местности, где на таком незначительном пространстве находилось бы такое огромное количество кратеров. Изучением яванскнх вулканов занимались *Хорнер, Хорсфильд* и главным образом *Юнгхун,* выдающееся сочинение которого представляет плод многолетних исследований, произведенных на месте. Благодаря этому, вулканы Явы после европейских изучены наиболее хорошо.

Вулканы Явы стоят приблизительно по середине этого узкого острова. Они расположены рядами, которые идут вдоль острова от запада к востоку, и удалены от моря иногда только на 10 миль. Подобно вулканам Центральной Америки они пересекаются многочисленными короткими поперечными рядами, направленными с севера на юг; каждый из последних имеет несколько кратеров. Другую особенность яванских вулканов представляют многочисленные прямолинейные борозды, покрывающие снаружи конус и на далеком расстоянии сообщающие горе полосатый вид. «Поверхность *Гунунга** *Сумбинга,* вулкана в 3343 м высотой, кажется непрерывной наклонной плоскостью, но при внимательном рассмотренни ее видны отдельные узкие выступы, или ребра, которые по направлению книзу все более разветвляются и становятся шире. Они начннаются иногда у самой вершины вулкана, но чаще на несколько сот футов ниже ее и спускаются во все стороны к подножью горы, подобно спицам раскрытого зонтика» (*Юнгхун*). На Гунунге-Сумбинге выше 9000 ф. находится только 10 таких ребер, на высоте 8500 ф.— 32, на 5500 ф.— 72, на 3000 ф.— 95. При этом покатость скло-

* Гунунг — местное название «горы».— *Примеч. пер.*

нов постепенно уменьшается от 37° до 25° и даже до $11^1/_2$°. Происхождение таких ребер Юнгхун приписывает действию ручьев, которые после дождей стекают по склонам горы. Явление это представляет сходство с малыми барранкосами острова Пальмы (Канарские острова).

Заслуживает внимания ничтожное распространение лавовых потоков на острове. Пока Юнгхун не доказал их присутствия, многие думали даже, что их вовсе ие существует. Гораздо чаще встречаются так называемые каменные потоки, состоящие из угловатых обломков, они выходят один за другим и спускаются по склонам.

Большинство вулканов Явы поднимается на высоту от 2000 до 3800 м. Высочайшим среди них является *Гунунг Семеру* (3740 м), но некоторые другие вулканы немного ниже его. Огромными размерами обладает и *Гунунг Тенгер,* кратер которого достигает одной географической мили в диаметре. Действующих вулканов на Яве около 30-ти, из них *Гунунг Гунтур* и *Гунунг Ламонгунг* действуют почти непрерывно. Кроме грозной катастрофы 1883 г., сохранились воспоминания о сильном извержении *Гунунга Гелунгунга,* который произвел большие опустошения (в 1882 г.). С тех пор вулкан совершенно потух. Приводим описание этого явления по Юнгхуну (в несколько сокращенном виде).

«Гора высится среди равнины, которая некогда была покрыта обширными полями риса. Сотни небольших деревушек, окруженных кокосовыми пальмами, были разбросаны всюду. 8 октября стояла сильная жара, и около 1 часа дня все население предавалось послеобеденному сну. Вдруг послышался нродолжительный грохот, и земля затряслась. Жители выбежали из домов и в ужасе увидели, что из кратера Гелунгунга поднимается огромный столб черного дыма. С быстротой молнии расплывался он в стороны, облек все небо, и вдруг день, озаренный солнечным сиянием, превратился в мрачную ночь. Перенуганные люди бросились бежать, и через несколько секунд ногибло 2000 человек. Они были залиты потоками грязи и горячей воды, смешанной с пеплом и обломками камней. Изверженные массы покрыли площадь в $2^1/_2$ мили в поперечнике, уничтожили деревни, леса и поля и образовали громадиую лужу голубовато-серой воды; трупы людей и животных, остатки домов и стволы деревьев плавали на ее поверхности. По грудам пепла и развалин свирепо неслись ручьи Чикунир и Чивулан; они уничтожали все на своем пути, поломали мосты и затопили окрестность. В волнах их погибло много людей, которые думали спастись бегством. Горячие воды ручьев, перемешанные с вулканической грязью, песли их трупы и тела животных. На южном берегу, где они вливались в море, все населенне бросилось на близлежащие холмы. Около 4 часов дня извержение стало ослабевать и около 5 часов прекратилось. Деревни с их населением были погребены под грудами вулканической грязи и камепных глыб. Вся местность к юго-востоку от горы была покрыта изверженными массами, которые пагромоздились до 30—40 ф. в высоту. Вечер, спустившийся над этой омертвелой равнинной, был нрекрасен.

Но вулкап не успокоился. Второе извержение было еще разрушительнее и ужаснее. Оно произошло 4 дня спустя среди глубокой ночи и угрожало стране полной гибелью. 12 октября, в 7 часов вечера, земля затряслась, и Гунуиг Гелунгунг стал опять с грохотом выбрасывать горячую грязь и воду. Все, что сохранилось при первой катастрофе, было залито их потоками, и изверженные массы еще выше

нагромоздились над равниной. Жители, перепуганные нежданным бедствием, бросились спасаться. Они бежали на небольшие холмы, поднимавшиеся вблизи их деревень на 60—100 ф. Здесь под ветвями душистых «камбоджа» покоились останки их отцов и дедов, и здесь думали несчастные найти защиту. Они забыли, что и эти холмы нагромождены вулканом, быть может, над трупами более древних поколений. Потоки горячей грязи становились все ужаснее. С глухим треском катились по склонам обломки скал и деревьев, и грязь поднималась все выше. Ничтожным становилось пространство, где ютились, моля Небо о спасении, сотни несчастных людей. Скоро грязь поднялась до самого кладбища. Одни холмы были залиты, другие рушились под напором низвергавшихся масс. В эту ночь погибло более 2000 человек.

Появились новые холмы, и местность стала неузнаваемой; только кое-где выдвигались на ее поверхности вершины кокосовых пальм, а почва, которая взрастила их, лежала на глубине 40—50 ф. Люди, спасшиеся от катастрофы, не узнавали мест, где лежали их погибшие деревни. Кучи грязи, пепла и камней не позволяли подойти к горе даже через месяц. Вся растительность была уничтожена не только около кратера и на ближайших склонах горы, но даже на равнине погибло все до последней былинки. Кругом расстилалась черная, залитая грязью пустыня».

Особенность этого страшного извержения заключается в свойствах выброшенных вулканом масс; они состояли из грязи и обломков скал, увлеченных ей. Юнгхун ясно доказывает, что эти массы были извержены вулканом не в том виде, в каком достигли поверхности. До извержения внутри Гунунга Гелунунга находилось большое озеро, и грязь образовалась вследствие смешения пепла с его водой. Объяснение тем более вероятно, что в конце извержения выпал сухой пепел. Очевидно, что к этому времени запасы вод в озере истощились, и пепел не мог превратиться в грязь.

Другая столь же ужасная катастрофа произошла в ночь с 11 на 12 августа 1772 г. у *Папандаянга*. После сильного землетрясения и взрывов над окрестностью вышел каменный дождь. Вместе с потоком глыбовой лавы в 13 км длиной, он погубил около 40 деревень и превратил всю страну в пустыню. Гора, представлявшая до тех пор правильный конус, дала трещину, которая шла в северо-восточном направлении от самой вершины до подножья в виде зияющей и дымящейся котловины. Она достигает 10 км в ширину и 24 км в длину и весьма напоминает Большую Кальдеру острова Пальмы.

К востоку от Явы располагаются два острова — *Бали* и *Ломбок*, известные особенностями их животного населения. На обоих островах находятся действующие вулканы. К ним же примыкает расположенный далее о-в *Сумбава* с ее страшной огнедышащей горой *Темборо*. Извержение ее в 1815 г. принадлежит к числу самых замечательных как по своей силе, так и по величине произведенных им опустошений: самые ужаснейшие взрывы Везувия и Этны кажутся в сравнении с ним ничтожными. Вот как описывает это явление Юнгхун.

«На земле нет вулкана, который бы произвел столь огромное и страшное извержение. В 1815 г. пепел выпал на протяжении всего Индийского Архипелага и покрыл значительную часть его. Ужасный грохот слышался на 260 миль кругом. Как известно, гора эта стоит одиноко на северном берегу Сумбавы. Говорят, что во время извержения 1815 г. вся вершина ее разрушилась.

Извержение началось 5 апреля рядом взрывов, которые отделялись перерывами в $^1/_4$ часа, и 10 апреля достигло высшей силы. Из кратера поднялся огромный столб дыма, спачала вся гора покрылась огненным потоком (раскаленных глыб лавы), а потом окуталась облаком дыма и пепла. Грохот был так ужасен, что на Сумбаве дома дали трещины, а на расстоянии 52 миль в Макассаре удары были приняты за тяжелую пушечную пальбу, и английский крейсер «Бенарес» отправился па разведку. Даже в Моко-Моко на южном берегу Суматры в 260 милях от места извержения грохот напоминал раскаты пушек. Шум, производимый Гунунгом Темборо, слышался по всей Яве, на Целебесе, Тернате, на малых Зондских и Молукских островах до Новой Гвинеи, на большей части Суматры и на северо-западном берегу Австралии. Он охватывал область в 450 миль по направлению с востока к западу и, вероятно, не меньше с севера на юг. Это расстояние так же велико, как между Суэцом и Петербургом или Везувием и Норд Капом (см. карту рис. 223). В течелие целого дня длились эти раскаты и землетрясения, и большая часть архинелага колебалась. 10 апреля около полудня в заливе Бима, несмотря на полное затишье, поднялись грозные волны. Они были на 12 ф. выше, чем в самую сильную бурю. Волны бушевали только в течение 3 минут и в это время смыли дома и деревья и выбросили далеко на берег огромные корабли. Недавно потонувший корабль короля лежал теперь на суше. Расплавленная лава накалила воздух и нарушила обычное равновесие атмосферы. В тот злосчастный день, когда подземный грохот достиг наибольшей силы, в западной части страны Сангар, граничащей с Темборо, в 9 часов утра поднялся страшный вихрь. Он ломал деревпи и леса, вырывал с корнями огромнейшие деревья, и как пух подпимал дома, людей и животных и все, что встречал па пути. Ураган свирепствовал целый час и выбросил в море огромное количество унесенных им предметов. Спустя несколько месяцев и даже год на поверхности его вод плавало множество деревьев.

Все эти явления были только спутниками извержения, которое выбросило расплавленные и, во всяком случае, накаленные массы. Последние состояли главным образом из пемзоподобных шлаков лавы, немзы и чрезвычайно мелкого, серого, рыхлого и тяжелого пепла. Была ли выброшена лава — не известно. Все море около Сумбавы до залива Бима, особенно к западу от вулкана, было покрыто пемзой. Вместе со стволами вырванных деревьев она плавала пластом в 2 ф. толщиной, и корабли с трудом могли прорезать ее. Кроме пемзы, вулкан выбросил пепел, который толстым слоем покрыл большую часть Сумбавы. Страны, расположенные вблизи вулкана Темборо, Пекат, Сангар и большая часть Домпо и Бимы были засыпаны им на несколько футов. В 15 милях к востоку от места извержения дом резндента и другие здания в Биме рушились под тяжестью лежавшего па них пепла; цветущая страна была разорена, плодородные поля, иедавно еще одетые зеленой растительностью, превратились в серую и мертвую пустыню. На одной только Сумбаве погибло 12 000 человек.

Пепел поднялся в огромном количестве в высокие области атмосферы и в 22 милях от Темборо па острове Ломбоке лег слоем в 2 ф. толщиной. Здесь погибло 44 000 человек: отчасти они были засыпаны пеплом, отчасти умерли от голода, который явился следствием катастрофы. В Баньюванги (на Яве) в 52 милях от вулкана пепел покрыл землю на 8 дюймов. Солнце в течение трех дней

скрывалось за тучами, и мрак был чернее, чем в беззвездную ночь. То же было и в Грезике, в 80 милях от Гунунга Темборо. Только 14 апреля после полудня в Баньюванге опять показалось солнце. Даже в Соло и Джоджокерте, в 112 милях от вулкана, днем царила полная тьма, а в Черибоне в 140 милях солнце было окутано черным туманом. Пепел залетел в Батавию и Бенкулен и в Макассар на Целебесе. Область, охваченная мраком, превосходила Германию, и пепел улетал на расстояние большее, чем от Везувия до Кёнигсберга на Балтийском море. Пемза на протяжении целых миль покрыла море и вместе с пеплом засыпала землю. Жилища были разрушены. Люди, уцелевшие от извержения и пощаженные вихрем, погибли от голода и заразительных болезней. Даже дочери Сангарского царя не избежали этой участи. В царстве Домпо осталось только 40 человек, в Пекале и Темборо — 3, а в г. Сумбаве — 26. О большинстве островов, расположенных с одиой стороны до Явы, с другой — до Тимора, мы не имеем никаких известий, так как на них не жили европейцы. Но до известной степени можно представить себе опустошительность катастрофы по числу ее жертв: кроме 12 000 человек, ногибших в малонаселенной Сумбаве; было уничтожено еще 44 000 человек в Ломбоке».

Извержения Гунунга Гелунунга на Яве и Темборо на Сумбаве обладали такой страшной силой и выбросили такие огромные массы рыхлых продуктов, что все европейские извержения, если не считать Исландии, бледнеют перед ними; ни один из наших вулканов, по крайней мере в историческое время, не давал таких сильных извержений. По мнению Юнгхуна, массы пенла и шлаков, выброшенные Гунунгом Темборо, достигают более чем 300 км$^3$, а по мнению Вербеека — 150—200 км$^3$. Эти примеры дают нам понятие о силе вулканических явлений; мы можем отсюда видеть, что в теории, которая объясняет накоплением происхождение высочайших конусов, нет ничего преувеличенного.

За пределами Явы рассматриваемый ряд вулканов идет через *Флорес* и несколько небольших островов с действующими вулканами. Он заканчивается *Тимором*, где известен только один вулкан. Далее к востоку лежит несколько действующих вулканических островов, и линия может быть прослежена таким образом до острова Тиморлаут. Конечный член этого ряда лежит приблизительно под 8° ю. ш. и под 130° в. д. от Гринвича, началом же ряда служит остров Рамри близ берега Арракана под 19° 21′ с. ш. и 93° 30′ в. д.

В Зондском море мы находим еще несколько одиноких вулканов, которые нельзя отнести ни к какому ряду. Таков, напр., вулканический конус в северной части *Борнео*, но очень может быть, что при ближайшем исследовании этого малоизвестного острова найдутся и другие вулканы. Самостоятельный ряд образуют 11 вулканов на полуострове, составляющем северную оконечность *Целебеса*. Некоторые из них еще действуют. Огромиый ряд вулканов тянется через *Молукские* и *Филиппинские* острова, а также через острова, расположенные между этими двумя группами. Эти вулканы отчасти действуют, отчасти потухли. Далее, к северу, ряд нродолжается на острове *Формозе*, где известно три действующих вулкана. У берегов острова много раз происходили нодводные извержения.

Острова, расположенные у восточных берегов Азии и простирающиеся к северу до Берингова пролива, представляют три вулканических дуги, величина которых

ВИД НА КИЛИМАНДЖАРО С ЮГО-ВОСТОКА

*(по Гансу Мейеру)*

убывает по направлению к северу. Южная дуга охватывает острова *Лиу-Киу*, южные *Японские* острова и вулкан на берегу *Кореи*; ко второй дуге принадлежат вулканы остальных Японских островов, за исключением северо-восточного конца острова *Иессо*. Северную дугу составляют вулканы северной части *Иессо*, *Курильских* островов и *Камчатки*.

Об островах *Лиу-Киу* мы знаем немного. Они имеют немало действующих вулканов, но в целом образованы не одними только изверженными горными породами: на островах этих известны мезозойские, вероятно, юрские морские отложения, кристаллические сланцы и новейшие коралловые известняки. Большинство вулканов располагается на мелких островах внутри цепи.

Японские острова проявляют вулканическую деятельность с давних времен. На древних кристаллических и осадочных горных породах их возвышаются многочисленные отчасти потухшие, отчасти действующие вулканические горы. Число их по сообщениям различных ученых неодинаково: *Джон Мильн* насчитывает 51 действующий вулкан — 16 на Курильских островах, 11 на Иессо и 24 в средней и южной части Японских островов. Если присоединить сюда еще потухшие вулканы, то общее число возрастет, по крайней мере, до 100.

Мы зашли бы слишком далеко, если бы стали разбирать особенности японских вулканов. Наиболее известны среди них Фушияма, Асамаяма, Асояма, вулканические острова в море Сатсума и Пандай, прославившийся извержением 1886 г. *Асамаяма* (2590 м)* произвела первое извержение в 864 г. Но особенно опустошительным было страшное извержение ее 1783 г. Вулкан выбрасывал глыбы от 12—30 м в поперечнике и вылил (по Науманну) лавовый поток длиной в 63 км, который прошел в течение 6 часов от Кумавары до Топегавы, т. е. сделал 48 км. С тех пор кратер этот, известный своей необычайной глубиной, находится в непрерывной деятельности. Вулкан *Асояма* (1500 м) на острове Киу-Шиу, снова действующий после продолжительного периода покоя, известен огромнейшими размерами наружного кольца: диаметр последнего достигает 20 км. С 796 г. этот вулкан произвел 67 больших извержений. Период времени от 1780 до 1800 г., к которому относится также извержение Асамаямы, ознаменован в Японии усиленной вулканической деятельностью: часть горы Унзен обрушилась, а вулканический остров Сакурашима, появившийся, по японским летописям, в 718 г., выбросил такие огромные массы пемзы, что море было покрыто ею на протяжении 35 км; в море Сатсума, к югу от Киу-Шиу образовался ряд островков: 11 мая 1780 г. появились два острова; 7 июня при новом извержении они соединились и образовали остров Анейи-шима; 12 июля появился остров Ебису-шима, 29 сентября и 30 октября образовались еще два островка, позднее слившиеся в один. Подобные явления продолжались и в начале следу-

---

* Японские географические названия представляют соединение собственного имени с нарицательным; в переводе нарицательные имена значат: *яма* — гора, *даке*, или *таке* — гора, вершина, *сан*, или *зан* — гора, *сака* — склон горы; *сава* — долина, *мура* — село, *мине* — вершина, пик, *гава*, или *кава* — река, *шима*, или *сима* — остров, *тайра* — равнина (?). Значение ниже встречающихся японских мер следующее: *ри* = 4 версты, *хо* — шаг; *коку* — собственно мера сыпучих тел, приблизительно 8—9 пудов; в переносном смысле употребляются, по-видимому, для измерения поверхностей и обозначает пространство, с которого можно собрать коку риса. — *Примеч. пер.*

ющего года: 3 января 1781 г. возник остров Иро-шима с вулканом, достигающим 165 м в высоту, а 8 января был насыпан небольшой островок, скоро онять исчезнувший. Благодаря точным записям прошлого столетия, нам известно, что на Японском море в историческое время появлялось множество новых островов, которые отчасти исчезали, отчасти сохранились.

Среди всех японских вулканов наибольшей известностью пользуется *Фушияма,* священная «несравнимая гора японцев», достигающая 3780 м в высоту. Кратер этого живописного, теряющегося в облаках конуса, обладает диаметром в 400—500 м и глубиной в 167 м. С конца VIII столетия происходило множество извержений Фушиямы, и некоторые из них отличались большой силой. Особенного внимания заслуживает извержение 1707 г., о котором в книге «Окубокаки» рассказано следующее:

«23 дня 11 месяца, в 4 хоеи (16 декабря 1707 г.), из кратера поднялись огромные клубы дыма, и гора выбросила накаленный пепел и лаву, которые покрыли пространство в 20 кв. ри. Пепельный дождь продолжался до 12 месяцев. Река Саносеки-гава и огромное озеро в 60 хо у Готембы, а также Футабази, Фукасава и Незита были засыпаны пеплом, так что в тех местностях совсем не стало воды. У деревни Нисуги-мура пепел лег пластом в 7 ф. вышиной и почти достигал крыш крестьянских домов. Пепел проник даже в дома, и три из них обрушились. У деревни Мицутоносинден пепел нагромоздился до 7 ф. в вышину, и из-под груд его виднелись только крыши домов; у деревни Субасимура толщина пласта пепла—10 ф. Косазуба совсем покрыта пеплом, а храм Асама засыпал до половины... В тех местах, где пепельный дождь достигал особенной силы, как, напр., у Микай-дамиго, бамбуковые леса лишились листьев: остались только стволы и ветви. В деревнях, пострадавших от извержения, чувствовался недостаток воды. Так как рисовые поля провинции Одавары были совершенно уничтожены, то по просьбе владетельного князя в марте 1708 г. правительство дало ему другую область в 56300 коку. Письмо из Фушигори сообщает следующее: «С половины вчерашнего дня до двух часов сегодняшнего произошло 30 сильных подземных ударов, уничтоживших много домов. Вчера около 10 часов начался подземный гром и над Фушиямой были видимы черные тучи дыма. Жители были охвачены ужасом, но никто не погиб. Тучи поднимались все выше над горой. В течение дня ничего не было видно, но почью из облаков вырвались огненные лучи, огонь усилился,—вылетали камни и пепел и падали в соседних провинциях на расстоянии 20 ри от вулкана. Особенно силен был пепельный дождь в Идзу, Сагами и Суруга, где массы пепла достигали даже 20 ф. Число засыпанных домов и храмов и опустошенных полей нельзя даже и представить. После этого сила извержения стала ослабевать, и, наконец, вулкан успокоился. Там, где была выброшена лава, образовался огромный кратер и явилась новая гора Хоейсаи. С тех пор знаменитая гора, не имевшая равной себе во всем Китае и Корее, потеряла свою очаровательную внешность. Как это грустно!»

Из этого документа мы видим, что во время извержения были выброшены огромные массы рыхлых продуктов; если область, покрытая ими, и не была особенно обширна, то по количеству выброшенных масс извержение это почти не уступает грозной катастрофе Темборо. Лава вылилась из боковых паразитных кратеров. Во время сильного землетрясения 1891 г. вершина Фушиямы дала трещину: образовалось глубокое ущелье, длиной в 300 м и глубиной в 200.

Особого внимания заслуживает извержение *Пандая* в Северной Японии, случившееся 15 июля 1888 г. О нем имеются известия многих японских исследователей, главным образом *Секийя* и *Кикухи*. Этот вулкан, расположенный к северу от озера Инавасиро и достигающий 1840 м в высоту, ничем не обращал на себя внимания. Четыре вершины его — Обандай (самая высокая), Кобандай (самая низкая), Кусигамине и Акаханияма — окружали плоскую покрытую лесом равнину Нуманотайра, среди которой находилась действующая сольфатара. Весьма вероятно, что Нуманотайра представляла дно древнего кратера, а названные выше вершины — остатки кольцевого вала.

В течение многовекового покоя вулкана, этот вал разрушился вследствие размывания, а, может быть, и вследствие слабых взрывов. Охладившиеся фумаролы превратились в три горячих ключа, расположенных на северной стороне Малого Пандая (Кобандая). Последние ежегодно посещались множеством больных. Катастрофа случилась столь неожиданно, что купавшиеся посетители этого целебного места не успели бежать. 15 июля в 7 часов утра раздался своеобразный глухой шум, за ним последовал отдаленный грохот, и через полчаса произошло необычайно сильное землетрясение. В 7 часов 45 минут вдруг Кобандай дал трещину; при страшном грохоте вырвались темные столбы дыма и пепла; 15—20 сильных взрывов быстро последовали друг за другом и подняли пары на необычайную высоту. Главный взрыв продолжался не более одной минуты, затем извержение стало утихать и через два часа кончилось. На северной стороне Кобандая легло огромное облако, и град горячих камней, перемешанный с потоками теплой воды, обрушился на гору. Мелкие продукты извержения были унесены ветром до берегов Тихого океана. Огромные массы камней и земли с поразительной быстротой низвергались по склонам горы в долину Магасе: на пространстве в 70 км$^2$ местность превратились в пустыню: четыре местечка с их населением были уничтожены.

Подробности распространения каменного обвала не лишены значения. Совершенно неправильно рассматривать иногда подобные обвалы, как особый вид грязных потоков. В начале каменные глыбы были сухи, но потом, быстро скатываясь по склонам горы и сталкиваясь друг с другом, превращались в пыль. Вода, выпавшая из облаков, которые выбросил вулкан, превращала их в тягучую массу, и последняя, подобно жидкости, разливалась по долине. Камни падали с такой страшной стремительностью, что сравняли на своем пути все выступы; сокрушаемые ими горные массы усилили обвал. В долинах Нагазе реки были запружены ими и превратились в обширные озера. Общая масса низвергнувшихся каменных глыб достигала 1,123 км$^3$.

Гора претерпела существенные изменения; вершина Малого Пандая была неузнаваема: на ее месте зиял глубокий кратер (500 м) с крутыми стенами. Он был прорезан трещиной, направленной к северо-северо-западу. Происходящее вдоль этой трещины извержение показывает, что и в данном случае центр извержения переместился, как это обыкновенно бывает у вулканов после периодов продолжительного покоя. Из трещины долго выделялись огромные столбы паров.

По-видимому, причиной извержения было внезапное расширение паров, заключенных внутри горы. Вулкан не выбросил ни лавы, ни пемзы, ни других вулканических продуктов; выделенные массы представляли исключительно древние туфы Кобандая, измененные действием газов, прорвавших их. Все грозное извер-

жение заключалось в сильном взрыве водяных паров, и результатом его было образование нового эксцентрически расположенного кратера по типу Кальдеры, Валь дель Бове или Папандаянга. Те процессы, о которых мы могли только предполагать, изучая строение упомянутых вулканов, совершились в Пандае на наших глазах; в этом и заключается главный интерес извержения.

Расположение японских вулканов довольно сложно. Изучением его занимались *Науманн* и *Тойокитси Харада.* Эти ученые показали, что между расположением вулканов и геологическим строением Японии существует известная зависимость. Вывод этот тем более интересен для нас, что он вообще проливает известный свет на расположение вулканов рядами. Японские острова, вытянутые по слабо-изогнутой кривой, представляют соединение двух горных систем. Северо-японская «дуга» (см. карту, рис. 198) по расположению тектонических линий, направленных в ней с севера на юг, принадлежит к Сахалинской горной системе; а южно-японская дуга, где тектонические линии идут с запада-юго-запада на восток-северо-восток, примыкает к Синийской горной системе. На Хонсиу (Нипоне), в местности Кванто направления обеих систем сталкиваются. Здесь мы находим поперечную трещину, сопровождаемую вулканами. По имени самого большого из них *Харада* назвал весь ряд поясом Фушиямы. К этому поясу принадлежат вулканы полуострова Идзу и многочисленные вулканические острова, каковы: Оошима, Амаги, Този-шима. Продолжением ряда служат вулканические Бонинские и Марианские острова, лежащие на Великом океане. Поперечная трещина, подобная поясу Фушиямы, примыкает к юго-западному концу южно-японской дуги. Она охватывает пояс Киришимы, названный так по одному из его вулканов, и огибает дымящие горы моря Сатсума — Сакурашиму, Ивошиму и огибает острова Семи Сестер (Липхотские). Через середину всего ряда Японских островов проходит другая важная тектоническая линия; она отделяет складчатую, бедную изверженными массами наружную часть островов от внутренней части, обращенной к материку и прорезанной множеством трещин, сбросов и сдвигов. По мнению Харада, последняя принадлежит к числу наиболее разбитых трещинами участков земной поверхности. Числу и величине трещин соответствует чрезвычайное развитие вулканической деятельности, которая сосредоточивается здесь у северо-японской дуги. На Хонсиу вулканы распадаются на три параллельных ряда. Наружный наиболее богат центрами извержений, к числу которых принадлежит и Пандай; на поперечных трещинах, кажется, существуют еще недлинные побочные ряды. Многочисленные вулканы западной части острова Иессо представляют продолжение рассматриваемого ряда.

Значительно беднее вулканами внутренняя часть южно-японской дуги, представляющая четыре ряда вулканов. Что касается наружной складчатой части, то вулканическая деятельность ее ограничивается существованием отдельных конусов, в роде Юнотаке в провинции Иваки.

Самую северную дугу восточно-азиатских вулканов представляют *Курильские* острова и полуостров *Камчатка.* Южный конец Курильских островов располагается под углом к Сахалинской горной системе; он образовался, по-видимому, на месте радиально-направленной трещины. Непосредственным продолжением этого ряда служат огромнейшие вулканы Камчатки: если не считать Яву, то на земле не найдется области, вулканы которой превосходили бы их силой извержений и широтой деятельности.

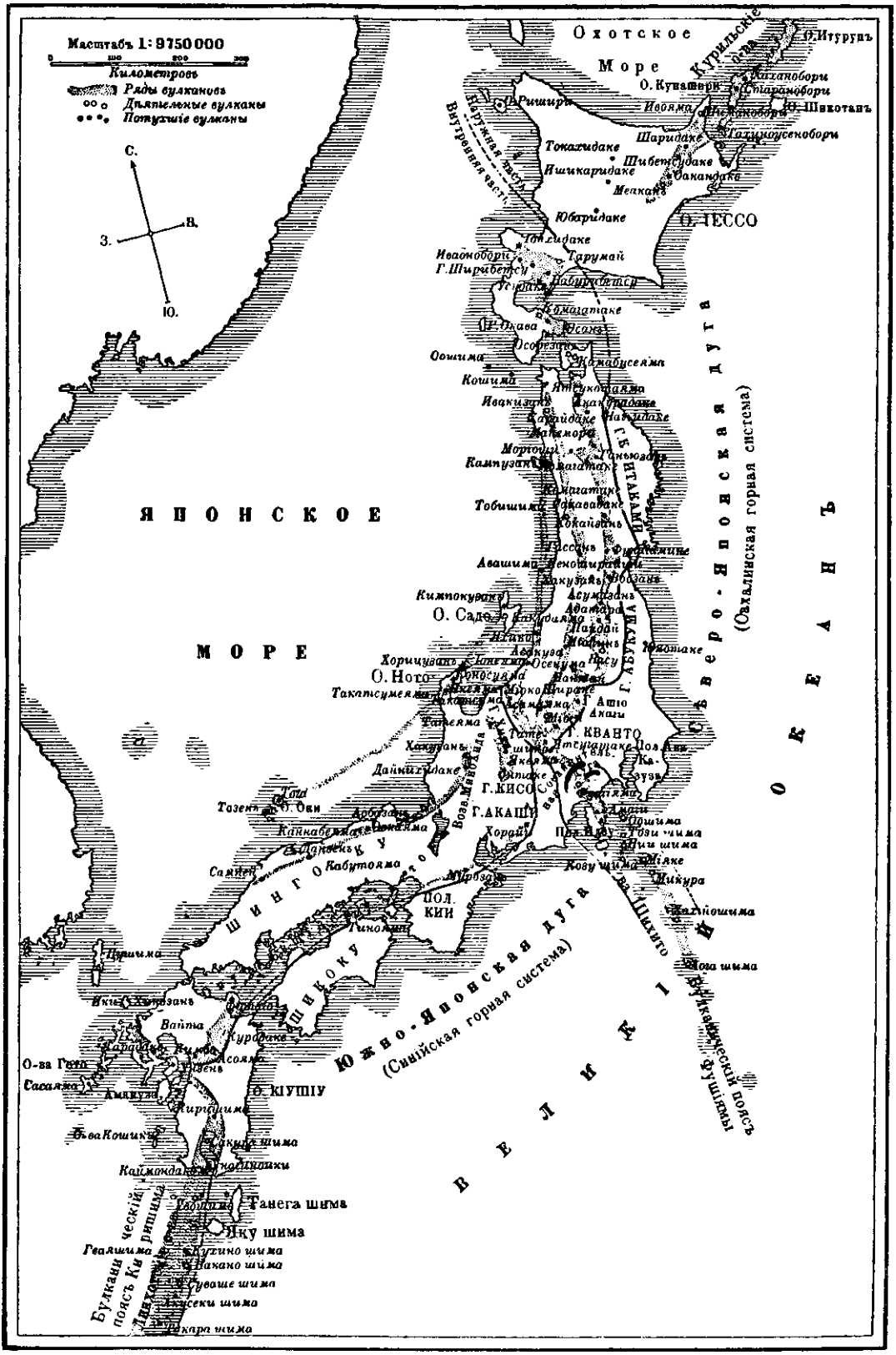



Рис. 198. **Карта Японских вулканов** (по Харада)

Этот дикий полуостров, покрытый горами, лесами и тундрами, занимает площадь в 5000 м$^2$ и приближается по величине к Великобритании или Италии. Как и большинство полуостровов и островов Азии, он простирается с севера на юг. В этом же направлении располагаются и горные хребты его. Угрюмая неприветливая природа, отсутствие дорог и малочисленность населения делают его далеко не гостеприимным. Путешествие по полуострову сопряжено с большими трудностями и лишениями, и хотя Камчатка издавна привлекала взоры ученых, сведения о ней до сих пор слишком еще не многочисленны и далеко не полны. Быть может, только потому она и не прибавляет ничего нового к нашим сведениям о вулканах. Еще в прошлом столетии этот полуостров посетили *Беринг* (1741), астроном *Делиль де ла Кроэр* и др. С 1733-го по 1845 год здесь работала экспедиция *Крашенинникова*, результаты которой были опубликованы в «Полном собрании ученых путешествий по России» (СПб., 1818 г., т. I), в 1828 г. *Литке* сделал осмотр восточных берегов, но главным образом сведениями о Камчатке мы обязаны *Эрману*, посетившему ее в 1829 году (см.: Ermann, «Reise um die Erde») и особенно *Дитмару*. Последний начал свои исследования в 1851 году, должен был покинуть Камчатку в 1855 году вследствие вспыхнувшей восточной войны. Полный отчет об этом путешествии недавно напечатан в «Записках Императорской Академии наук».

Несмотря на скудость сведений, Камчатка, как единственная вулканическая область России, ознаменованная недавней грозной деятельностью, представляет для нас огромный интерес. Древний остов полуострова образован гранитами, сиенитами и глинистыми сланцами; они выступают на дневную поверхность в южной части Средне-Камчатских гор и стоят, по-видимому, в связи с однородными им породами полуострова *Тайгоноса*. Нынешняя Камчатка — древний гранитный остров, — была залита позднее третичными (плиоценовыми и миоценовыми) морями, которые, будучи бедны известью, отлагали здесь глины и песчаники. Перемежаясь с конгломератами и тонкими слоями бурого угля, эти породы господствуют в строении западной половины Камчатки; в виде отдельных островков они встречаются внутри страны и на восточном берегу. Третичные отложения полуострова были приподняты трахитами и базальтами, которые всячески нарушили их напластование, прорезали в разных направлениях и видоизменили до неузнаваемости: докрасна обожженные глины, перегоревшие пласты бурого угля, песчаники, окруженные базальтом, в обилии встречаются на западном берегу, и служат безмолвными свидетелями грозных вулканических процессов, которые разыгрывались здесь в третичный период и в последующее затем время. На западном берегу древние изверженные массы нагромоздили ряд конических гор, каковы, напр., Элеулекен и горы, лежащие у рек Морошечной и Сопочной (по Дитмару).

Обширная область послетретичных извержений начинается, вероятно, в средней части Камчатки. К северу от гранитной области полуострова выдвигаются дикие Средне-Камчатские горы, увенчанные отдельными конусами; такова, напр., громадная *Ичинская* сопка (16 000 ф.), представляющая красивый, несколько притупленный конус, *Сиссел* и др. На памяти людей не происходило ни одного извержения этих вулканов. Но чем далее на восток, тем свежее следы недавней деятельности. На восточном берегу полуострова среди развалин древних кратеров и обширных озер, заполнивших некоторые из них (Курильское озеро, Кроноцкое озеро, Авачинская бухта), располагается ряд ныне действующих или недавно потухших вулканов. Из них, по крайней мере, 12 дымятся и по наше время, и, кроме того, существует около 30 мест, где бьют горячие ключи и действуют сольфатары. От центрального хребта они отделяются системой реки Камчатки. Этот ряд начинается у мыса Лопатки и оканчивается на севере конусом *Шивелюч* (Сивелюч), который лежит как раз на том месте, где на полуостров вступает продолжение вулканической трещины Алеутских островов. Дилювиальные и речные отложения закончили строение острова. Они сравняли глубокие долины, у устьев рек образовали косы и постепенно заполнили отрезанные ими участки моря. Эти отложения покрыли и тот первоначальный рнф, который отделял древний остров Камчатку от материка, и образовали современный перешейк. Оставляя в стороне дотретичные образования полуострова, остановим наше внимание на восточной цепи вулканов, действующих в настоящее время.

Вулканическая цепь восточной половины Камчатки начинается на юге *Кошелевой* (Камбалиной) сопкой, за которой следуют сопки *Ильина* (Озерная) и *Хадутка* — все потухшие вулканы. Первый действующий вулкан — небольшая *Асачинская* сопка; конус ее провалился в 1848 г., но еще при Дитмаре, с 1852 по 1855 г., из него почти беспрерывно поднимались огромные столбы черного дыма. Далее следуют не действующие *Поворотная* (2417 м), *Опальная* и *Вилючинская* (2060 м) сопки; притупленный конус последней изборожден барранкосами. Он ограничивает с запада живописную *Авачинскую бухту*, которая и по красоте, и размерам оспаривает у Рио-де-Жанейро и Сиднея право на название лучшего порта в мире. По мнению

Дитмара, это — древний разрушенный кратер, заполненный водой и соединившийся с морем. Пролив длиной в 10—12 км и шириной до 3 км окаймлен крутыми стенами в 240—300 м вышиной. Он ведет в бассейн площадью в 3 мили$^2$; последний ограждеи высокими горами и достигает в глубину 19—27 м. К западу от этого ряда вулканов располагается *Курильское* озеро и сопки *Голыгина* и *Опальная*.

К сереву от Авачинской бухты находятся сопки *Стрелошная*, или *Коряцкая* (3420 м), и *Авачинская* (2548 м). Первая представляет красивый конус с чрезвычайно правильными барранкосами. Дитмар не мог отыскать следов недавней деятельности этого вулкана, но туземные жители уверяли, что по временам он извергает столбы дыма. То же пишет и *Мартенс*, спутник адмирала *Литке* (1828 г.): «Эта снежная громада, непосредственно воздымающаяся из равнины, представляет равно величественное зрелище, когда при ясном небе озаряется лучами солнца, или, подобно некоторому колоссу, белеет среди темной ночи. Почти беспрестанно выходит из жерла ее немного дыма, но настоящего извержения давно уже не помнят». Вообще данные Дитмара, по-видимому, подтверждают наблюдения Юигхуна над яванскими вулканами, что правильные барранкосы составляют признак продолжительной бездеятельности.

Конус *Авачинской* сопки (2548 м) окружен полукруглым валом так же, как Везувий окружен Соммой. Этот вал носит названне Козла, или Козельской сопки. 27 июля 1827 г., в 4-м часу утра, к общему удивлению жителей Петропавловского порта вся местность вдруг покрылась мелким песком и пеплом, которые, точно снег, неслись с севера и затмили солнце. На другой день в 3 часа пополудии были слышны необыкновенно сильные удары; гул их, подобный страшному грому, еще более увеличивал ужас жителей. То же повторилось и 29-го, в 8 часов утра. Послышался запах серы: нельзя было пробыть и $^1/_4$ часа на открытом воздухе, чтобы не почувствовать удушья. Все эти явления были следствием извержения Авачинской сопки. Большая часть ее вершины обрушилась в кратер, откуда, точно из бездны, тучами вылетал песок; он разносился на большое пространство и падал сильным дождем. К утру 30-го атмосфера очистилась от пепла, остался только неприятный запах серы. Подземные удары были так сильны, что жители ежемнутно ожидали провала земли. Такого страшного взрыва сопки никто не помнил. Извержение продолжалось и в апреле 1828 г. По слухам, до этой катастрофы Авачинская сопка была выше Коряцкой. Следы этого извержения остались в виде глубоко врезанных барранкосов, вырытых потоками горячей воды, которая образовалась от внезапного таяния снега. Другое извержение Авачинской сопки произошло в мае 1855 г., вскоре после отъезда Дитмара из Петропавловского порта.

Следующий действующий вулкан — *Жупанова сопка* (2589 м); это конус с слегка притупленной вершиной и углом склона в 33°; к сев. от р. Жупановой тянется вдоль берега так называемый *Мылковский* хребет с действующими вулканами,— *Семячинская* сопка, *Кихпинич* и *Узон*. Наиболее интересен последний: на дне его обширного кратера, отчасти покрытого растительностью, Дитмар видел множество плоских и совершенно обнаженных холмиков из песка и глины; они извергали столбы дыма. В отдельных конусах замечались отверстия, нечто вроде миниатюрных кратеров с диаметром не более 2 м: в них клокотал и кипел очень жидкий светло-серый суглинок. Температура его достигала 92,5—107,5 °С. В некоторых конусах он вытекал через край подобно лавовому потоку; почва по соседству с ними состояла из серы, гипса и кремневой накипи. Эта деятельность перемещается в кратере Узона с одного места на другое: кое-где видны были не действующие сопочки; почва около них была обнажена, что указывало на недавнее прекращение извержений; в других местах потухшие конуса возобновляли свою деятельность и уничтожали густой растительный покров. *Семячинская* сопка до начала XIX в. имела форму острого конуса, затем часть его провалилась, и деятельность замолкла до 1847 г. С этих пор вулкан опять начал дымиться. Во время посещения Дитмара он выбрасывал огромный столб черного дыма, и зимой 1852/1853 года последовало небольшое извержение, сопровождавшееся сильным выделением пепла.

Далее к северу расположена группа вулканов, окружающая *Кроноцкое* озеро. Подобно Курильскому озеру и Авачинской бухте это озеро представляет, по мнению Дитмара, древний провалившийся кратер, заполненный водой. С востока оно окаймлено вулканами *Хамчен, Кизимен* и *Кроноцкая сопка* (3034 м), с запада *Таунскиц, Унана, Чапина* и *Кюнзекла*. Три последние стоят на высоком плоскогорье, которое представляет туидру, лишенную всякой растительности. В этой группе выше всех Кроноцкая сопка. Правильный конус ее покрыт барранкосами, восточный склон имеет угол 37°, западный 34°. Вулкан этот издавна бездействует. При Дитмаре обнаруживали признаки деятельности только Кизимен и Кюнзекла. Северным продолжением западной цепи этой группы служат вулканы *Большая Толбача* (2377 м) и *Малая Толбача*. Подошва первого окаймлена многочисленными мелкими конусами. Во время Дитмара этот вулкан слабо дымился.

К Толбачинским сопкам примыкает на севере самая грозная по своим проявлениям и самая выдающаяся по величине группа. В центре ее располагается *Ключевская сопка,* действующая почти непрерывно. Наряду с Килиманджаро это самый высокий конус земного шара. Она воздвигается непосредственно над берегом на 4886 м (Эрман), а по другим данным — на 5180 м (Гюллемар). Известно немало вулканов, вершины которых лежат значительно выше, но эти вулканы располагаются или на высоких плоскогорьях, или на складчатых горах и таким образом от подножья до вершины не представляют настоящих вулканических конусов (таковы, напр., вулканы Южной Америки и Мексики). Правильный конус Ключевской сопки имеет уклон в 35—36°. На нижней трети его расположены многочисленные мелкие кратеры, не проявлявшие деятельности во время Дитмара. К югу от этого великана Камчатских гор лежит *Ушкинская* сопка (2700 м?), а к западу *Крестовская* сопка (3352 м). Широкая возвышенность, служащая основанием этой группы, продолжается к северу, образуя ряд невысоких куполообразных холмов (хребет Тимаска). Над низкими вершинами его высоко поднимается сопка *Сивелюч,* или *Шивелюч,* самый крайний вулкан Камчатки. Наряду с Ключевской сопкой он проявлял деятельность в самое недавнее время.

В 1829 году, 15 августа, *Эрман* во время своего путешествия по Камчатке в первый раз увидел пламя над Ключевской сопкой. 10 сентября он предпринял восхождение на вершину ее, результатом чего и явилось подробное описание этого знаменитого вулкана. Между прочим он говорит: «Жители Ключей утверждают, что извержениям сопки всегда предшествуют землетрясения. В домах, где в окнах вставлена слюда, слышен непрерывный гул, к которому местные жители привыкли, но который вновь приезжающие скоро замечают. На полях и на зеленой равнине, примыкающей к подошве конуса, часто встречаются котлообразные углубления, диаметром в несколько туазов. Я их едва заметил. Но местные жители сообщили мне, что эти ямы были вначале глубоки и заполнились потом вследствие обвала стен: почти все они раскрылись на их глазах вследствие разрыва земли. Чуть ли не ежегодно погибают люди жертвами подобных случаев или получают увечья,—в счастливом случае отделываются страхом.

Извержения пепла происходят через вершину, иногда одновременно с лавой, иногда особо. Они возобновляются несколько раз в год, через приблизительно равные промежутки времени. Что касается опустошений, производимых извержениями в окрестной стране, то они очень редки, и их не испытывали с давних пор. Я мог собрать только весьма недостоверные сведения об этих старинных событиях по устным преданиям. Лава достигала середины селения и русла Камчатки несколько ранее водворения русских на полуострове (1740 г.) и второй раз несколько позже. Она зажгла деревянные строения и уничтожила большую часть посевов на полях. Бедствие было столь велико, что предание тщательно сохранило память о нем».

«Исторические факты об извержениях лавы из громаднейшего вулкана Старого Света ограничиваются источными известиями. Эти извержения возобновляются через промежутки в 7—10 лет и в большинстве случаев продолжались не свыше недели. Некоторые из них не подходят под это правило. Так, во время Крашенинникова заметили, как исключительный случай, что Ключевская сопка «горела» не в течение недели, а без перерыва в течение трех лет (1727—1731). Этим выражением «горела» местные жители обозначают, как я убедился из многих бесед, излияние лавовых потоков, которые отдаленному наблюдателю кажутся чем-то вроде трещин, обнажающих раскаленную внутренность горы. Позднейшее извержение лавы, бывшее в полной силе с 6 по 14 октября 1737 года и продолжавшееся до весны 1738 г., произошло на северном или северо-восточном склоне со стороны Камчатки. Расплавленные массы, извергаясь из трещин горы, стремились вниз в виде огненных потоков со страшным грохотом. Потоки были громадны, и вся гора казалась одним раскаленным утесом. Внутри ее слышался гром, отличавшийся от того шума, который производила лава при своем падении. Ощущались удары, потрясавшие всю страну, и шум, подобный тому, который производят громадные кузнечные мехи. Однако и на этот раз жители отделались только страхом. Пепел, выбрасывавшийся из вулкана в громадном количестве, к концу извержения был отнесен ветром к морю. Вулкан обнаружил действие вновь 5 ноября того же года. В этот день землетрясением разрушило много домов в Нижне-Камчатске, расположенном у подошвы вулкана с восточной стороны. Землетрясения, вулканические явления и наводнения, свирепствовавшие на южной оконечности полуострова, продолжались до апреля 1738 года. Эти события составляли только звено в длинном ряде подобных явлений. Нет ни малейшего сомнения, что память о них сохранилась не вследствие их особенной важности, но, может быть, благодаря тому только, что они непосредственно предшествовали прибытию на Камчатку двух европейских путешественников,—Крашенинникова и Стеллера».

Следующие извержения Ключевской сопки происходили в 1789 г. (Гаус) и в 1829 г. (Эрман). Последнему предшествовал, по-видимому, период полного покоя, по крайней мере в

1828 г. над вершиной вулкана не было заметно ни паров, ни пепла (Китлиц). Но особенного внимания заслуживает извержение Ключевской сопки 1853—1854 гг. С 1841 г. вулкан как будто успокоился, и только небольшие облачка дыма появлялись над его вершиной. В 1853 г. он неожиданно ожил, начались извержения, и мощный лавовый поток в октябре этого года достиг реки Камчатки. Ночью с 17 на 18 февраля 1854 г. вершина соседнего вулкана Шивелюч с ужасным грохотом обрушилась; лава устремилась во все стороны; потоки ее достигли реки Еловки, а пепел в селении Ключи лег слоем в 1 ф. До того времени Шевелюч проявлял только слабую деятельность, выражавшуюся выделением пара. Когда началось грозное извержение его, Ключевская сопка мгновенно замолкла и только через несколько недель стала опять дымиться. Отсюда весьма вероятно, что подземные очаги обоих вулканов находятся в известной связи между собой. Явление это настолько заинтересовало Гумбольдта, что он отметил его в своем «Космосе» (т. IV, стр. 389—391). Любопытно, что такая же связь существует между Авачинской и Асачинской сопками, которые поочередно то повышают, то понижают свою деятельность.

Самостоятельное положение занимает горный хребет, расположенный между реками Авачей и Быстрой; в центре его возвышается любопытный вулкан *Баккенинг*. Сильно разрушенный кратер его окаймляет застывший лавовый купол; последний также значительно разрушен и выдвигается среди развалин кратера в виде трех зубчатых скал.— *Примеч. пер.*

Связующим звеном между вулканами Азии и Северной Америки служат *Алеутские* острова. Они располагаются к югу от Берингова пролива и представляют сильно изогнутую дугу, обращенную выпуклостью на юг. На западном конце этого ряда не бывало извержений. Вулканы начинаются далее к востоку и по мере приближения к Америке становятся все выше и круче. На Алеутских островах насчитывают 48 вулканов; все они действовали в историческое время. К их числу относится и остров *Иоанна Богослова*, образовавшийся в 1796 году (о нем см. стр. 195).

## Вулканы Америки

Ряд Алеутских вулканов продолжается в Северной Америке на полуострове *Аляска*, где известно пять вулканов. Две следующих огнедышащих горы лежат на ближайших островах. В год страшной катастрофы Кракатау усилилась также деятельность Алеутских вулканов и вулканов полуострова Аляски. Остров *св. Августина* (или *Чернобурый*), бездействовавший в историческое время, произвел извержение в 1883 г., 6 октября. Оно обладало характером взрыва, выразилось выделением большого количества пепла и распространялось вдоль трещин острова до самого берега; на море огромные волны расходились во все стороны от вулкана. В прежних русских владениях Америки уноминается еще несколько других вулканов. Среди них наиболее известна *гора св. Ильи*, достигающая 5444 м в высоту. Впрочем, недавнее происхождение изверженных ею масс неоднократно подвергалось сомнению. Далее к северу, на Медной реке в 200 км от берега, находится действующий теперь вулкан—*гора Врангеля* (5300 м).

Прежде чем перейти к знакомству с дальнейшими американскими вулканами, мы должны в кратких словах охарактеризовать строение западной части материка. Огромная цепь складчатых гор начинается на Крайнем Севере недалеко от морского берега, тянется через западную часть британских владений и через Соединенные Штаты, где она образует горы *Каскадные* (Cascade Range)

и *Сиерра-Невада**. Здесь цепь уже удалена от моря и отделяется от него Прибрежным хребтом (Coast Range). Третью огромную горную систему представляют *Скалистые горы* (Rocky Mountains), которые идут от Северного Ледовитого океана и прорезают также британские владения и Соединенные Штаты. Они расположены значительно восточнее Каскадных гор и Сиерры-Невады. Между теми и другими заключена *Великая Котловина* (Great Basin), в свою очередь прорезанная высокими горами. В этой огромной котловине лежат штаты Идаго, Утах, Невада и Аризона, восточные части Вашингтона, Орегона, Калифорнии и западные части Колорадо и Новой Мексики.

В *Каскадных горах* между горой *Бэкера* и *Пиком Лассена* располагается огромное лавовое поле, более чем в 800 км длиной. Оно охватывает не только упомянутые горные цепи, но и значительную часть штатов Орегона, Вашингтона и Идаго и заходит в соседние штаты. *Леконт* считает эту область не меньше Франции; этот ученый показал, что на реке Колумбии, под обширными лавовыми покровами, мощностью до 1300 м, распологаются новейшие третичные отложения с растительными остатками. По мнению *Гейки*, главные массы базальта выливались непосредственно из трещин, не образуя кратеров. Только в последний период извержений тут и там были насыпаны пеплом небольшие конуса, которые, впрочем, следует рассматривать как побочные кратеры; или конуса фумарол. Наибольшая напряженность вулканической деятельности в этой местности, как и вообще на всем западе Северной Америки, относится к концу плиоценовой эпохи, отдельные же извержения происходили, может быть, и в недавнее время.

В Каскадных горах проявляется и теперь довольно значительная деятельность. Ряд огромных вулканов с снежными вершинами и ледниками располагается или на самом хребте, или на западных склонах его. Сюда относятся, напр., гора *Гуд*, принадлежащая к типу сольфатар и достигающая 3000 м и еще более высокий вулкан *Ренье*, с прекрасно сохранившимся кратером. Далее к северу лежит гора *Бэкера* и гора *Елены*. Первая дала извержение в 1880 г., а вторая — в 1842 и 1843 гг. (одновременно происходило и извержение горы Беккера). Пик Лассена и живописная гора *Шаста* (см. рис. 199) принадлежат к числу потухших вулканов. Последняя отлично сохранила побочный кратер, который носит название Шастины. Одной из достопримечательностей Каскадных гор служит большое кратерное озеро в Орегоне, достигающее 12 км в длину и 8 км в ширину; это одно из огромных озер этого рода. В юго-западном краю его из темно-голубых вод выдвигается эксцентрически расположенный пепельный конус.

В Сиерра-Неваде, которая служит южным продолжением Каскадных гор, широко распространены граниты и слоистые горные породы. Изверженные массы находятся у восточного подножья этих гор, а также в различных частях Великой Котловины и на плоскогорье Колорадо. Отдельные извержения происходили здесь в недалеком прошлом. Мы зашли бы слишком далеко, если бы стали подробно описывать эту замечательную область, в которой среди других вулканиче-

---

* Каскадные горы получили название вследствие множества водопадов на р. Орегоне. Сиерра-Невада — горная цепь, покрытая снегом, от sierra — горная цепь, собств. «пила», nevar — неопр. накл. для обозначения падения снега. — *Примеч. пер.*

ских образований встречаются и так называемые лакколиты (о них см. ниже); мы ограничимся указанием только самых замечательных вулканов.

Одно из первых мест занимает *Циндер Кон*, лежащий у оз. Снэг, в 10 английских милях к северо-востоку от Пика Лассена. Этот поразительно правильный и вполне сохранившийся шлаковый конус лишен всякой растительности (см. рис. 200). Он достигает 200 м в высоту и лежит на возвышенности, которая сама поднимается над уровнем моря на 2140 м. Подножье конуса усыпано вулканическими бомбами, а на вершине зияет глубокий кратер (72 м) с крутыми стенами. Последний выбрасывал только пепел, пемзу, лапилли и бомбы. Лава выделялась у подножья вулкана, распространялась в долине по двум направлениям и отчасти заполнила озеро Бидвелль. Черное лавовое поле этого вулкана издали кажется ровным, но при ближайшем исследовании оказывается, что поверхность его состоит из раздробленных масс глыбовой лавы. Очевидно, лава при выделении была густа и обладала малой подвижностью. Там, где она залила озеро Бидвелль, видны на ее поверхности вторичные конусы; через них выделялись пары, которые развивались вследствие влажности почвы, подстилавшей лаву. Края лавового поля со всех сторон представляют крутые обрывы около 30 м в высоту.

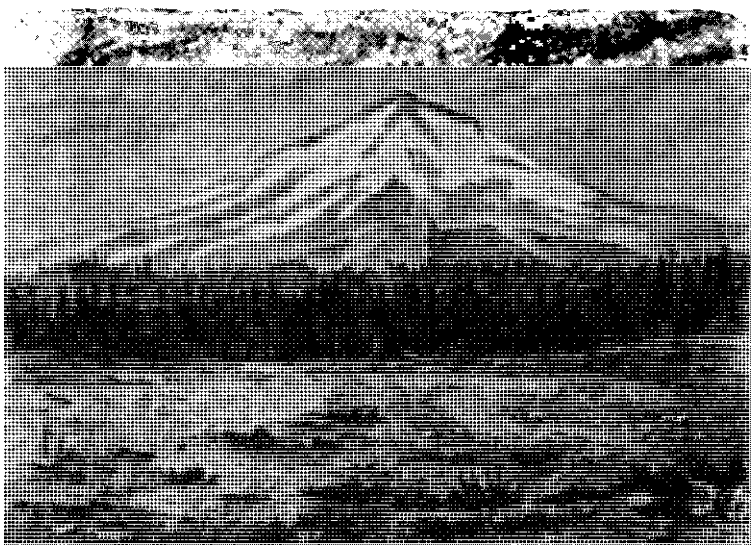


Рис. 199. **Гора Шаста в Калифорнии** (по Дана)

Наблюдения над лавовым полем позволили американскому исследователю *Диллеру* восстановить историю вулкана. Он отличает в деятельности Циндер Кона два периода, отделенные продолжительным покоем. Сначала произошел сильный взрыв, сопровождавшийся извержением пемзы и пепла, которые образовали около вулкана поле в 12,8 км в поперечнике и насыпали конус. Магма, выделившая пузырчатую пемзу и пепел, была богата газами и парами, но не настолько, чтобы могла произойти мелкая вулканическая пыль. Следов последней вовсе не видно на краях поля. Затем были выброшены лапилли и бомбы из более глубоких и менее богатых газами областей магмы. В следующий период у подножья конуса вылились древние лавы: извержение сопровождалось выделением небольших количеств вулканического песка и лапилли. Далее Циндер Кон прекратил свою деятельность. На той части лавового поля, которая расположилась в озере Бидвелль, осел пласт органических осадков, до 10 ф. мощностью. Во второй период деятельности

вулкан не производил взрывов и вылил тягучую глыбовую лаву, которая образовала ровное лавовое поле и отделила озеро Снэг от долины.

Эта лава залила деревья, остатки которых сохранились до сих нор. Диллер наводил справки у старых колонистов и индейцев, надеясь определить время последних извержений, но безуспешно. По характеру растительности, пострадавшей от лавы, и по свойствам упомянутых выше осадков в озере Бидвелль, можно предположить, что со времени древнейшего извержения прошло, по крайней

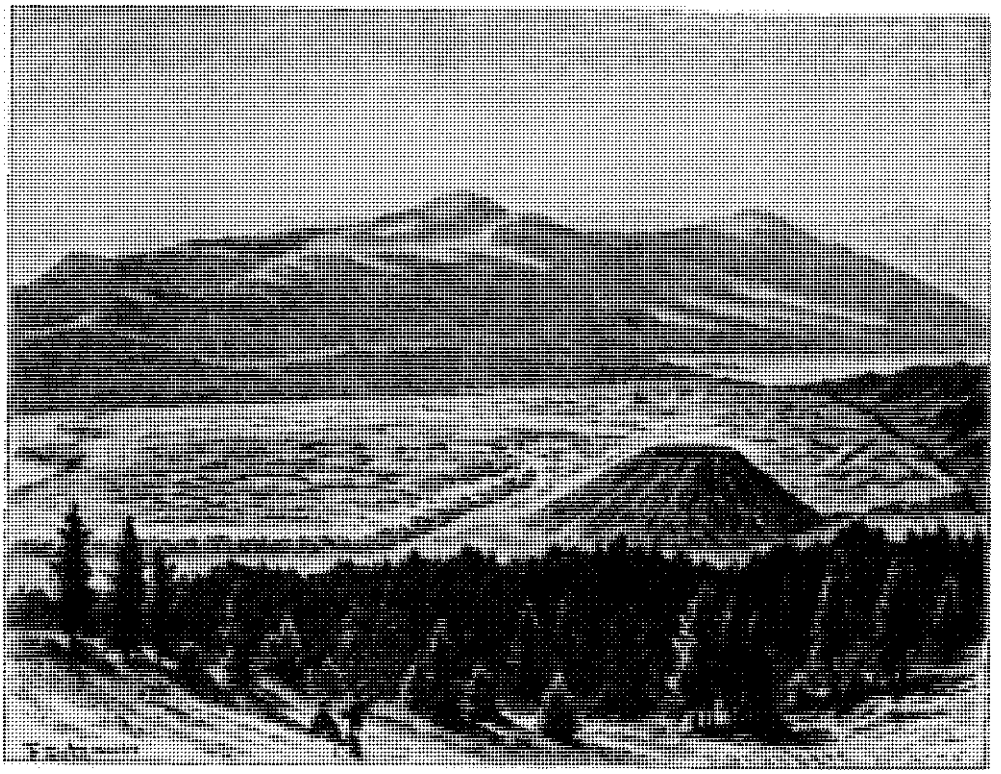


Рис. 200. **Потухший вулкан Циндер Кон у озера Снэг в Великой Котловине Северной Америки** (по Диллеру)

мере, 200, а со времени позднейшего — 50 лет. Лава вулкана Циндер Кон носит базальтовый характер. Особенного внимания заслуживает обильное присутствие кварцевых зерен.

Другая вулканическая область, ознаменованная недавними извержениями, находится к югу от вулкана Циндер Кон, у не имеющего стоков соляного озера Моно. Она раснолагается между восточными склонами Сиерры-Невады и обширной равниной. На островах Па-о-ха и Негит, выдвигающихся среди озера Моно, можно отметить, но крайней мере, десять хорошо сохранившихся кратеров, а к югу от озера раснолагается ряд вулканов, изогнутый в виде дуги малой кривизны и состоящий из двадцати конусов. Он тянется с севера иа юг на протяжении 16 км. Главный конус поднимается па 838 м над поверхностью озера и 2890 м над уровнем моря. Другие вулканы этого ряда достигают тоже значительной высоты. Цепь эта производила бы на путешественника величественное впечатлепие, если бы

его не подавляла высота гор Сиерры-Невады и особенно гор Дана. Одни вулканы состоят из светлых лапилли, другие из шлаков, третьи выделили также и лаву, которая отчасти нерелилась через края кратера, отчасти осталась внутри него в виде широкой выпуклой глыбы (рис. 201). Подобное явление наблюдалось и в других местах, где выливались кислые малоподвижные и быстрозастывающие лавы. Светлые конуса образуют поразительный контраст с черными, резко отделяющимися от них риолитовыми и обсидиановыми потоками. Вулканы области Моно действовали в ледниковую эпоху, но весьма вероятно, что их извержения продолжались и во время отступания ледников и не имеющих стока озер: по крайней мере, ледниковые морены прикрыты вулканическим пеплом, а в кратере озера Моно нет

Рис. 201. **Кратер Панум у оз. Моно в Калифорнии** (по Русселю)

ни осадков, ни береговых линий, указывающих на прежний высокий уровень воды. В настоящее время на островах Па-о-ха и Негит существуют слабые фумаролы и горячие ключи. Они являются последним остатком прежней сильной деятельности.

Вулканические образования, расположенные к югу от Большого соляного озера, исследованы *Жильбертом*. У Фильморы лежат вулканы *Айс Спринг*, состоящие их трех хорошо сохранившихся конусов и девяти разрушенных кратеров; они образованы рыхлыми шлаками. Высочайший из этих вулканов поднимается на 76 м над окрестностью. В 16 км к северу от Айс Спринга находится туфовый конус Павант Бутт в 244 м высотой, а к югу от него лежит кратер Табернакль (Храм), названный так вследствие его сходства с Храмом Мормонов в городе Соляного озера. Не имеющая стоков область пустыни Карсон, расположенная к северу от озера Моно, представляет также ряд новейших невысоких конусов с глубокими и обширными кратерами, которые обладают известным сходством с описанными выше маарами. В таких кратерах и лежат Большое и Малое Содовые озера.

В южной части Великой Котловины на плоскогорье Уинкарет, на северной стороне Большого Каньона реки Колорадо и на большем протяжении к югу отсюда

лежат древние базальтовые покровы. Наряду с ними встречаются продукты новейших извержений, но они занимают значительно меньшее пространство. Мы рассмотрим здесь те небольшие конуса, которые располагаются в Большом Каньоне. Как будет описано ниже, Большой Каньон реки Колорадо представляет ущелье, прорезающие всю равнину и дающее много боковых ветвей. Глубина его 2000 м, стены падают почти отвесно. В долине Торовеап в горизонтальных пластах, образующих голую стену высотой в 800 м, видны тонкие базальтовые жилы. Множество жил прорезают и самый Каньоп (см. рис. 213). Одна из них простирается до поверхности нижнего плато, так называемой Эспланады, где стоит вулканический конус, с характерным слоистым строением. Он прорезан в середине трещиной, которая увеличилась потом от размывания и разбила пик на две половины. Выброшенные этим вулканом лавы низвергались с плато на дно Каньона, т.е. на глубину 600 и 800 м и образовали величественные лавопады. Там они текли на протяжении нескольких миль по руслу рекн, которое и было однажды загромождено ими на 120 м. Но река размыла лавовые массы, и глубина Каньона снова увеличилась до прежних размеров. Поразительную картину представляет так пазываемый «Трон Вулкана», где лава низвергалась в глубину с высоты плато Уинкарет: «здесь история прошлого рассказана так ясно, что и ребенок прочтет ее» (*Дуттон*). Гораздо труднее понять, как базальтовая лава могла подпяться в этих узких трещинах на такую высоту, как она не застыла па стенах трещин и пе заперла их.

Число кратеров, отпосящихся к последпему периоду вулкапической деятельности, достигает к северу от р. Колорадо приблизительно 150. Размеры большей части их незпачительпы, только некоторые конуса достигают 210—245 м в высоту. Хотя в общем они разбросаны в беспорядке в различных местах плато, но в большинстве случаев в них можно подметить следы рядового расположения. Замечательно, что все эти горы, за исключением «Трона Вулкана», удалены от главных линий сбросов и предпочтительно располагаются на незиачительных трещинах. Лава свежа в такой же степени, как потоки Везувия, выброшенные 20—30 лет назад. На поверхности лежит пемза. Дуттон предполагает, что последние извержения происходили уже после того, как испанцы завладели страной, и считает возможным новое пробуждение вулканической деятельности.

Скажем теперь о вулканах *Калифорнской прибрежной цепи.* И здесь мы находим кратеры новейшего происхождения, покрытые вулканическими лапилли, базальтовые лавы и стекла. Таков, напр., кратер Мак Пик и многие другие вулканы в окрестностях Серной мели (Sulphurbank) у Чистого озера (Clear Lake), где располагаются известные месторождения ртути. По-видимому, в этой местности извержения происходили только 40 лет назад. Мы видели, что вулканы Сиерры-Невады, Великой Котловины и плато Колорадо разбросаны в беснорядке. Замечательно, что в нрибрежном хребте мы наблюдаем как раз обратное явление. Вулканы лежат на продольных трещинах, которые идут параллельно главному простиранию хребта,— и вдоль всей цени можно проследить настоящий пояс вулканических горных пород.

Много своеобразного нредставляют *мексиканские вулканы.* Большая часть их лежит не в прибрежных местностях, как это надо было бы ожидать, а представляет нояс, нрорезающий страну в понеречном направлении от Тихого до Атлантического океана. Он приблизительно совпадает с южным обрывом

Мексиканского плоскогорья. Вдоль этой главной трещины располагаются Попокатепетль, Серро-де-Ахуско, Невадо-де-Толука, вулканы у Патцкуаро, Патамбань и Буфа-де-Маскота, а может быть, и вулкан Тухтла на крайнем востоке. К югу от этой главной трещины лежит другой параллельный ей ряд вулканов. К нему относится Хорулло, Пик-де-Танситаро и вулканы Колима. По *Феликсу* и *Ленку* главная трещина прорезается второстепенными трещинами, которые идут с севера на юг, параллельно простиранию Андов. На этих трещинах также располагаются вулканы. Таковы, напр., Пик Орисаба (Ситлалтенетль, 5393 м), Кофре-де-Пероте, вулканичес-

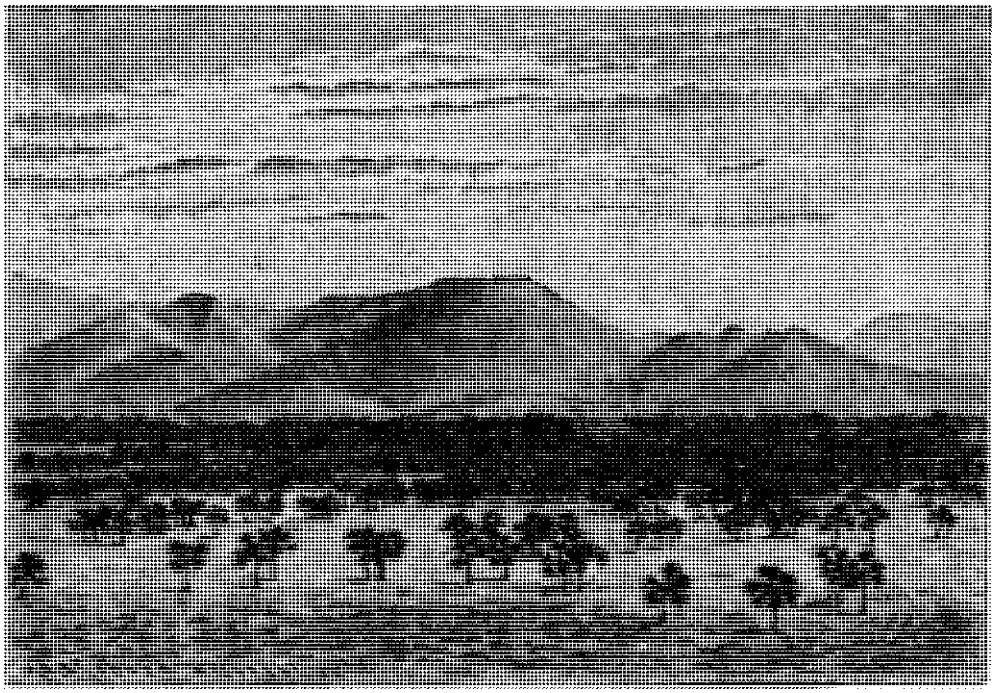


Рис. 203. **Хорулло в Мексике** (по фотографии Ленка)

кая область Сан Андре, группа вулканов Заморы и Себоруко. На линии, направленной к северу от Попокатепетля, лежит высокий Истаксихуатл со снежной вершиной и ледниками. Кроме того, на самом плоскогорье встречаются вулканические массы, не обнаруживающие никакой правильности в их расположении. Попокатепетль (см. рис. на особом листе), достигающий 5420 м в высоту, с конца XVII века не проявляет деятельности. Это туфовый вулкан со следами древней соммы и эксцентрически расположенным кратером. Наоборот, Истаксихуатль, по Феликсу и Ленку, представляет гребень с множеством зубчатых вершин. Он достигает 4800 м в высоту и образован, по-видимому, мощными массами, вылившимися из трещин. Склоны его покрыты крупнозернистым пеплом Попокатепетля. Много мексиканских вулканов уже потухло, но с другой стороны, здесь неоднократно возникали и новые кратеры. Так, напр., в 1759 г. появился Хорулло, в 1870—Почутла, а в 1881 г. образовался новый вулкан в горах Ахуско, приблизительно в 36 географ. милях от обоих океанов.

Ввиду того огромного значения, которое представляет для науки появление Хорулло, мы должны остановиться на нем несколько подробнее (см. рис. 202, 203 и 204). Вот как рассказывает об этом событии Гумбольдт в четвертом томе своего «Космоса» (приводим его описание в сокращенном виде):

«В ряду мексиканских вулканов самое видное место занимает Хорулло, внезапно появившийся и выбросивший лаву. Со времени моего американского путешествия это событие приобрело огромную известность. Извержение произошло в ночь с 28 на 29 сентября 1759 года в обширной, издавна спокойной равнине преж-

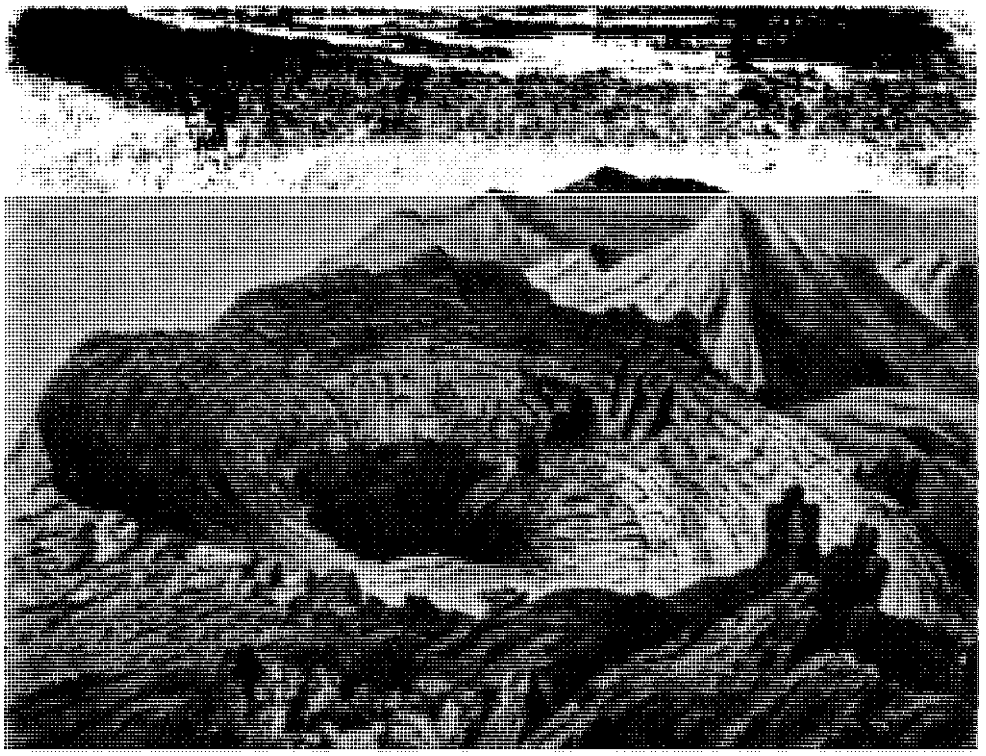


Рис. 203. **Кратер вулкана Хорулло**

ней провинции Мичоакан, где на расстоянии целых 30 геогр. миль не существовало ни одного вулкана. Появлению Хорулло предшествовал непрерывный подземный шум, впервые замеченный 29 июня. За день до извержения нового вулкана, случившегося в 3 часа утра, наблюдалось явление, которое обыкновенно имеет место в конце извержения. Там, где теперь стоит огромный вулкан, красовалась прежде густая роща гуяв, плоды которых так любят туземцы. Рабочие с сахарных плантаций, принадлежащих к усадьбе (хасиенде) Сан Педро Хорулло, пришли сюда для сбора плодов. Когда они возвращались домой, то к удивлению заметили, что их соломенные шляпы покрыты пеплом. После этого там, где теперь раскинулось мрачное лавовое поле Мальпайс (в переводе—бугристое поле лавы), появились трещины, но на равнине пока еще не произошло никаких других изменений. В начале ночи пепел лежал в 1 ф. толщиной. Все бросились бежать к холмам

индийской деревушки Агуасарко, которая лежала на 2260 ф. выше прежней равнины Хорулло. Как гласит предание, с этих высот было видно, как на большом протяжении всю эту местность охватило грозное извержение. По рассказам очевидцев, из пламени вдруг показалась огромная бесформенная масса, подобная черной крепости.

Предания об этом событии пользуются широким распространением среди местных жителей, которые единогласно рассказывают, что в первые дни извержения наряду с огромными массами скал, шлаков, вулканического песка и вулканического пепла была выброшена грязная вода. Все очевидцы утверждают, что перед появлением ужасной горы слышались подземные удары и подземный грохот, а в день извержения плоская равнина приподнялась и покрылась множеством вздутий, из которых самое большое и образовало нынешний вулкан. Эти вздутия обладали различными размерами и в большинстве случаев представляли правильную коническую форму. Когда они лопались, то из появившихся отверстий вылетала кипящая грязь, шлаки и черные массы кампей, которые и до сих пор попадаются даже на большом удалении от вулкана. Эти исторические известия, к сожалению недостаточно подробные, вполне согласны с тем, что мне привелось слышать в 1803 г. из уст местных жителей.

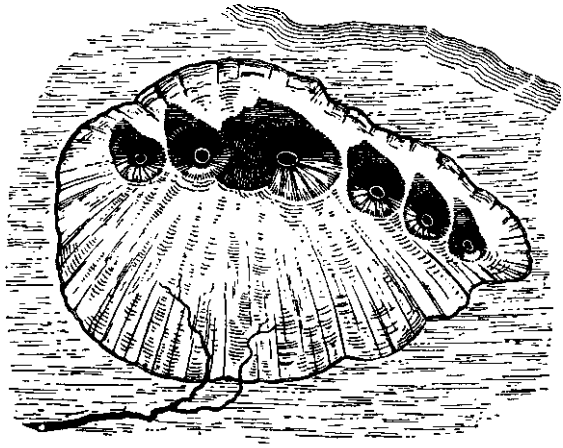


Рис. 204. **Карта Хорулло**

Равнина Хорулло, поднимающаяся на 2400 ф. над уровнем моря, лежит на западных склонах центральной горной цепи Мексики, которая простирается с юго-юго-востока на северо-северо-запад. Подобные равнины нередко оканчиваются уступами и прерывают склоны Кордильеров. Круглая выпуклая часть поднявшейся равнины достигает приблизительно 12000 ф. в поперечнике и занимает пространство более $^1/_3$ кв. географ. мили. Собственно вулкан Хорулло и пять других гор, образовавшихся одновременно с ним на той же трещине, располагаются таким образом, что только незначительная часть Мальпайса лежит к востоку от них. Сравнивая высоту барометра в том месте, где началось поднятие, и непосредственно у подножья вулкана, я нашел, что разность высот этих точек достигает 444 футов. Дом, в котором мы жили, лежал приблизительно на расстоянии 1 км от края Мальпайса. Здесь виден небольшой, но крутой обрыв до 12 ф. в высоту; с него падает ручей, вода которого стала теперь горячей. Исследуя этот обрыв, я мог сделать некоторые заключения о внутреннем строении местности. Она представляет горизонтальные слои глины, перемешанные с песком. В других местах, которые я не исследовал, в крутых обрывах, ограничивающих поднявшийся участок, *Буркарт* наблюдал светло-серые, мало плотные базальты с многочисленными зернами оливина. Вопреки мнению известных геологов, которые выпуклость у подножья вулкана приписывают только скоплениям лавы, этот опыт-

ный и осторожный исследователь на основании данных, собранных на месте, пришел, как и я, к заключению, что действием упругих паров земля перед извержением образовала подобные пузырям вздутия.

«Тысячи небольших круглых или несколько вытянутых конусов (так называемых «горнитосов»)* покрывают равнину; они достигают в среднем 4—9 ф. в высоту и почти исключительно сгруппированы на западной стороне большого вулкана; впрочем, восточная часть занимает едва только $^1/_{25}$ всего вздутия».

Таким образом, даже горнитосы рассматривались, как явления поднятия. Позднее Хорулло посетил *Соссюр* и совершенно основательно пришел к противоположным выводам: «Образование Хорулло нельзя объяснить поднятием: явления, сопровождавшие его, не только не подтверждают такого взгляда, но даже, напротив, показывают, что самые сильные извержения могут происходить без всяких нарушений в расположении около лежащих пластов». *Скроп* объясняет это явление следующим образом: «На трещине, прорезающей глубокую равнину с севера на юг, образовалось шесть кратеров, и над каждым из них выброшенные массы шлаков нагромоздились в виде копусов. Весьма вероятно, что из всех этих кратеров и, главным образом, из большого центрального копуса Хорулло вылились обильные потоки густой базальтовой лавы, которая не могла распространиться на большое расстояние и скопилась в виде высокого выпуклого поля Мальпайс. Последние массы лавы вылились из кратера Хорулло и, вследствие своей малой подвижности, образовали в стороне от конуса выступ, существующий и теперь; наоборот, у подножья вулкана видна лава Мальнайса. Извержение выбросило огромные массы черного пепла, и лавовый поток на 1 или 2 ф. покрылся слоем обломков, которые действием горячих паров приобрели строение конкреций; фумаролы же, выделявшие этн шлаки, и нагромоздили горнитосы, которые по своей форме напоминают стоги сена». (Взято из двух различных мест сочинения Скропа.)

Феликс и Ленк, исследовавшие Хорулло в 1888 г., нашли только один горнитос; остальные разрушились. Эти ученые рассматривают горнитосы не только как шлаковые конусы фумарол, но видят в них также пример простейшего вздутия, произведенного парами и газами, которые вырывались из полузастывшего и покрытого массами туфа лавового нотока.

Объяснение происхождения Хорулло, сделанное Скропом, в общих чертах правильно, и вулкан этот не может больше служить доводом в пользу теории поднятия. Но еще ближе к истине стоит *Рейер*, который в появлении Хорулло видит сходство с исландскими извержениями; по его мнению, это массовое излияние малоподвижной лавы, происшедшее вдоль трещины, на которой образовался ряд побочных конусов. Один из них выбросил также обыкновенную лаву. Выделение пепла предшествовало извержению и в более слабой степени наблюдалось в конце его.

Существование в Мексике трещины, которая простирается от одного океана к другому и к которой принадлежит Хорулло,— явление поразительное: можно сказать, что подобного ему не найдется на всей земле. Оно приобретает тем больший

---

* В Энциклопедическом лексиконе Плюшара горнитосы, как и вообще конуса фумарол, наз. «дымницами». Во всяком случае, этот термин не лишен интереса.— *Примеч. пер.*

интерес, что, по всей вероятности, на западном продолжении трещины располагаются в Тихом океане острова Ревилья Гигедо с действующими вулканами.

*Соконуско* в Южной Мексике открывает ряд среднеамериканских вулканов. Бесчисленные конусы этого тесно сплоченного ряда тянутся до юго-западного конца республики Костарика и делятся по государствам, в пределах которых они располагаются. Группы, получающиеся таким образом,—*Гватемала, Сан-Сальвадор, Гондурас, Никарагуа* и *Костарика,*—не соответствуют никаким естественным отличиям вулканов. Расположение этих огнедышащих гор и их отношение к древним горным цепям представляет некоторые особенности. Более широкая северо-восточная часть Центральной Америки, примыкающая к Атлантическому океану, представляет одну горную цепь, образованную древними массивными породами, кристаллическими сланцами и осадочными образованиями. Более узкая юго-западная часть, примыкающая к берегу Великого океана, представляет равнину. Среди последней возвышается до 60 вулканов. Они не нредставляют простого непрерывного ряда, но, подобно вулканам Явы и Мексики, иногда стоят отдельно, иногда группируются вдоль поперечных трещин, прорезающих страну с юго-запада на северо-восток. В общем среднеамериканские вулканы не достигают значительной высоты: некоторые из них, несмотря на поразительную силу их деятельности, являются незначительными холмами. Такова, напр., *Козегвина* в Никарагуа, достигающая только 162 м. Огромные горы находим мы вблизи города *Гватемалы,* где некоторые вершины поднимаются выше 4000 м. Сюда же относятся расположенные на вышеупомянутой поперечной трещине вулканы *Акатенанго, Волькан-де-Фуэго* (Огненный вулкан) в *Волькан-де-Агуа* (Водяной вулкан). Оба последние вулкана получили свои названия вследствие того, что один произвел опустошения вылитой им лавой, а другой—массами воды, выброшенными из озера, которое находилось в кратере. В *Сан-Сальвадоре* находится чрезвычайно важный вулкан *Исалько* (только 641 м), исследованный *Зеебахом.* Он образовался в конце прошлого столетия (в 1770-м или 1793 г.) и с тех пор находится в ненрерывной деятельности. В 1879 г. в той же местности у Илопанго, в 12 км от г. Сан-Сальвадора, образовался еще новый вулкап.

На северо-западной оконечности *Никарагуа,* глубоко вдающейся в залив Фонсека, располагается *Козегвина.* Несмотря на свои незначительные размеры, этот вулкан но силе своих извержений стоит в одном ряду с Кракатау, Гунунгом Гелунгунгом на Яве и Темборо на Сумбаве. Известны извержения его в 1709-м, 1809-м и особенно в 1835 г. Последиее замечательно тем, что выброшенные им массы были занесены даже дальше, чем во время знаменитого извержения Темборо в 1815 г.; другими словами, напряжепие вулканической деятельности достигло здесь такой высоты, какой мы пе знаем в других случаях.

«Извержение началось в январе 1835 г. после двадцатишестилетнего покоя. При страшном шуме густое пирамидальное облако расиространилось в ширину и закрыло солнце. По нрошествии какого-нибудь часа и земля, и небо были окутаны глубоким мраком, и только молнии нарушали его; раскаты грома следовали за ними. Около нолудня началось землетрясение; оно все усиливалось, и люди падали на дороге вследствие сильного колебания ночвы. 23 января ознаменовалось страшным грохотом, нодобным нальбе тяжелых оружий. Пенел надал в огромном количестве и нокрыл всю окрестность. Так нродолжалось до 27 января. На да-

леком расстоянии эти явления давали себя чувствовать различным образом. На берегу Полочика с 22 до 23-го слышался шум через правильные промежутки. В г. Сан-Сальвадоре думали, что происходит извержение Сан-Винсента, расположенного значительно ближе. Полный мрак длился 43 часа. Пепел и пемза покрывала все на большом протяжении (см. карту рис. 223). Пепел распространился до Чиапы, расположенной в 400 часах пути к северу от места извержения. 24 и 25-го он выпал у Св. Анны на Ямайке, т. е. на расстоянии 400 английских миль от вулкана. Таким образом, ежедневно он пролетал, по крайней мере, 170 миль. Под 7°26′ с. ш. и 104°45′ з. д. от Гринвича, в 1100 английских милях от Козегвины корабль «Конуэ» натолкнулся на пемзу, которая покрывала море на протяжении 40 миль. В заливе Фонсека пепел насыпал два острова длиной до 300 ф. Береговая линия передвинулась на 800 ф. вследствие загромождения моря изверженными массами. В Санта-Фе-де-Богота (в Южной Америке, в республике Колумбии), грохот был так силен, как будто он происходил где-нибудь по соседству, а между тем этот город удален от Козегвины на 31 английскую милю» (*Фукс*).

В *Костарике* ряд среднеамериканских вулканов прерывается. Новая цепь огнедышащих гор, принадлежащая западному берегу Южной Америки, располагается значительно дальше и, как показывает карта, идет в совершенно ином направлении. Горные цепи и вулканы этой части Южной Америки принадлежат уже другой системе. Важная особенность огнедышащих гор этой местности заключается в их значительном удалении от моря. Только самые южные из них стоят у берега. Вулкан Толима расположен в 40 милях от моря, целый ряд других вулканов в 30 милях, а Сангай, может быть, наиболее деятельный их всех вулканов земли, отстоит от океана на 28 миль. Большинство этих вулканов, в противоположность вулканам Центральной Америки, расположено на Андах и достигает огромной высоты, так как горы, на которых они стоят, сами поднимаются высоко над уровнем моря. Другая замечательная особенность южноамериканских вулканов заключается в относительно малом количестве лавовых потоков. В этом смысле рассматриваемые вулканы представляют сходство с яванскими.

Вулканы сопровождают южноамериканские Анды не на всем их протяжении. Исключая одиноко возвышающиеся вулканические горы, можно разбить остальные на три группы,—вулканы *Экуадора*, вулканы *Перу* и *Боливии* и вулканы *Чили*. Эти группы отделены друг от друга большими расстояниями. Наряду с действующими или сохранившими кратер вулканами, здесь достигают огромного развития купола трахита, без сопровождения рыхлых продуктов и лавовых потоков и без всяких следов кратера. Характерным представителем их служит огромный *Чимборасо*, поднимающийся на 6310 м в высоту. Происхождение таких куполов Гумбольдт объяснял поднятием, но и до сих пор оно считается неясным. Возникли ли эти купола вследствие массовых излияний, как думает *Зеебах*, или же это—обыкновенные вулканы, нотерявшие свои легко разрушающиеся части,—неизвестно.

Группа Экуадора располагается между 5° с. ш. и 2° ю. ш. Горы этой местности представляют две параллельных цепи, между которыми заключено плоскогорье Квито. Вулканы встречаются в обеих цепях, и только один из них, *Сангай*

(5220 м), лежит значительно восточнее, в области реки Амазонки. Вулкан этот проявляет напряженную деятельность более полутораста лет, несмотря на то что отстоит от моря на 28 миль. Вот что сообщает о нем Гумбольдт в своем «Космосе»: «Сангай наиболее деятельная огнедышащая гора в Южной Америке, и даже среди всех вулканов, о которых я до сих пор говорил, она занимает в этом отношении первое место. Этот огромный вулкан возвышается на восточных склонах восточных Кордильеров, между реками Пастацой и Упаной, впадающими в Амазонку. Первое большое извержение его, подобных которому не знает история, началось в 1728 г. Во время градусных измерений *Буге* и *Кондамина* (1738—1740) Сангай горел не переставая. В 1802 г., живя в Чилло близ Квито, я слышал его грохот в течение целого месяца, обыкновенно рано утром, а полвека назад, по свидетельству дона *Хорге Хуана,* этот шум достигал Пинтака у подножья Антизаны. Во время извержений 1842 г. и 1843 г. грохот слышался не только в Гваиквяле, но и на южном берегу до Пайты и Сан-Буэнавентуры, т.е. на таком расстоянии, какое отделяет Берлин от Базеля, Пиренейские горы от Фонтенебло и Лондон от Абердина. К сожалению, Сангай, вследствие своей отдаленности от проезжих дорог, долго не обращал на себя внимания. В декабре 1849 г. впервые поднялся на эту гору отважный путешественник *Себастьян Виссе,* уже пятнадцать лет проведший среди Андов. Ему удалось достигнуть почти самой снежной вершины этого конуса, определить хронометрически последовательность взрывов и исследовать свойства трахита, который нагромождался здесь на узком пространстве и прорезал гнейсы. В течение часа произошло 266 извержений, следовательно, каждое длилось не более $13^1/_2$ секунд. Особенно поразительно, что они вовсе не сопровождались землетрясениями. Выбрасываемые продукты были окутаны густым дымом то светло-серого, то оранжевого цвета. Главная масса их состояла из черного вулканического пепла и лапилли; отчасти к ним были подмешаны шлаки, обладавшие формой шаров и достигавшие 15—16 дюймов в диаметре. По сообщению Виссе, во время одного из более сильных взрывов поднялось 50—60 раскаленных камней. Большинство их падало обратно в кратер, некоторые ложились на краю его или катились вниз, испуская ночью яркий свет. Камни поднимались поодиночке: один уже падал в то время, как другой вылетал из кратера. Определив время падения, можно было найти высоту, на которую взлетали камни: в среднем она достигает 737 ф. от края кратера. С тех пор деятельность Сангая значительно понизилась, и отдельные взрывы происходят через промежутки в несколько часов.

Среди других вулканов Экуадора заслуживает внимание *Толима.* Несмотря на свою отдаленность от моря (40 миль), он проявлял деятельность в 1595 г. и 1826 г. Недалеко от Квито возвышается *Пичинча,* выделяющийся среди вулканов своей своеобразной формой: он представляет длинный гребень с четырьмя вершинами. Своей значительной высотой обращает внимание *Антизана* (5833 м), а правильной формой конус *Котопахи* (5943 м). Первое историческое извержение последнего произошло в 1543 г. (т.е. во время завоевания страны испанцами). После этого в течение двух веков вулкан был спокоен. В 1742 г. начался новый период бурной деятельности, которая закончилась в 1768 г. грозной катастрофой. В течение нашего столетия происходили незначительные извержения, и только 1877 год ознаменовался новыми опустошениями.

Все большие извержения Котопахи представляют одни и те же особенности: землетрясения происходят редко, подземный шум слышится яснее вдали, чем у самой горы. Обыкновенно выбрасываются пепел, лапилли и каменные глыбы, и низвергаются разрушительные потоки воды, льда, грязи и камней. Но на глазах людей лава не достигла заселенных местностей. Отсюда сделано заключение, что вообще вулкан лавы не выделяет. Происхождение грязных потоков объяснялось двояким путем: с одной стороны, предполагалось, что вода выливается из кратера, с другой стороны, думали, что она образуется вследствие внезапного таяния льда и снега. Только в 1872 г. *Рейсс,* которому удалось подняться на гору, дал правильное объяснение этих явлений, подтвержденное затем *Штюбелем* и *Вольфом*. Особенно любопытны наблюдения последнего, так как они были произведены скоро после катастрофы 1877 г. Оказалось, что Котопахи выбрасывает лавы в значительном количестве и что раскаленные камни, двигаясь вниз, плавят огромные массы снега и льда, покрывающего гору, вследствие чего и образуются грязные потоки. Ход извержения 1877 г., подробно описанного *Вольфом,* был следующий: гора дымилась с начала года; 21 апреля стал падать вулканический пепел, и вылился небольшой лавовый поток. Эти явления в слабой форме продолжались в течение двух следующих месяцев и усилились 25 июня. Утром 26 июня небо было ясно, и вулкан не проявлял никакой деятельности. Вдруг, около 7 часов утра, поднялось из вершины огромное пенообразное облако, и мрак на большом расстоянии окутал землю. В 9 часов начался страшный грохот, он слышался в Гваяквиле и других отдаленных местах, но был почти не ощутим у самого вулкана. Около 10 часов утра кратер Котопахи переполнился огненно-жидкой лавой. Случайно в это время юго-западная сторона вершины была свободна от облаков, и многие из жителей Мулало и Кусигванго были очевидцами излияния лавы. В ярких картинах описывали они страшный вид горы, внезапно охваченной извержением и выбросившей черные массы дыма и паров. Некоторые сравнивали ее с огромным горшком, в котором вдруг закипел рис. Наблюдать извержение можно было только в течение нескольких мгновений, так как гора скоро окуталась облаками паров, выделяемых лавой. Потоки воды и грязи неслись с ужасающим шумом, который постепенно усиливался и слышался все ближе.

Одной из особенностей извержения было то, что лава не разбилась на потоки, а выливалась из кратера равномерно во всевозможных направлениях: она вытекала не только через низкие места кольца, но и через более значительные его выступы. Все кругом горы было залито ей. Соответственно форме кратера, лава при спокойном излиянии должна направиться к востоку и западу; это и наблюдалось во время последнего исторического извержения. Но на этот раз, невзирая ни на какие преграды, она распространялась всюду. Она вылилась внезапно и с сильным клокотанием устремилась вниз. Благодаря этому в какие-нибудь четверть или полчаса были выброшены огромные массы лавы; через час окрестные долины были уже залиты потоками воды, образовавшейся вследствие таяния снега. Лава собиралась в больших ущельях, покрывающих склоны горы, и проплавляла во льду глубокие и широкие равнины. Вода увлекала обломки скал, глыбы льда, свежие комья лавы, пемзу, вулканический песок, пепел и т. п., и ее разрушительная сила удваивалась. Ущелье Манзанахуайко достигает в ширину 100 м и в глубину 60 м. Потоки грязи и камней не только заполнили его, но перелились через края, загро-

моздили другие ущелья, залили площадь, достигающую 50—60 км$^2$, и нагромоздили холм в 6—10 м высотой; по Мапзанахуайко—только одно из восьми или девяти больших ущелий (квебрадасов), залитых грязью. От Калло до Лакатунги вся равнина представляла огромное бешено волнующееся грязное озеро, и каждый поток имел вид высокой стены, постепенно подвигавшейся вперед. При вступлении в равнину потоки проходили около 10 м в секунду, а в верхних областях их скорость была и того больше. Через три часа после начала катастрофы в Мулало поток свирепствовал уже в 110 км дальше и разрушил мост на реке Рио Пастасса у подножья Тунгурагуа. Только в области Латакунги число погибших достигает до 300, если даже не считать иностранцев. В конце извержения выпали опять огромные количества пепла; он покрыл всю окрестность и вершину горы. Под черными массами его не было видно и следов снега.

Другая вулканическая область южноамериканских Андов расположена в *Перу* и *Боливии* и отделяется от области Экуадора большим пространством. Самый южный из этих вулканов, Сангай, лежит под 2° ю. ш., а Перуанский ряд начинается у 16° ю. ш. Таким образом, между обоими рядами располагается огромный участок, лишенный вулканов; он достигает 200 геогр. миль в поперечнике и своими размерами превосходит длину вулканических рядов Экуадора и Перу, которые тянутся каждый на протяжении только 120 миль.

*Перуанский ряд,* начинаясь под 16° ю. ш., простирается до 24° 17′ ю. ш. На этом пространстве насчитывают до девяти огромных вулканов, которые, подобно конусам Экуадора, располагаются на горах, и не менее удалены от моря. Вулканы, расположенные на восточном берегу озера Титикахи и на краю пустыни Атакамы, отстоят от моря приблизительно на 40 миль. Одной из замечательных гор этой области является *Сахама,* или *Гвалатьери.* Она служит прекрасным доказательством того, что высота вулкана над уровнем моря еще ничего не говорит о количестве изверженных масс, которые образовали его конус. Сахама достигает поразительной высоты—6,888 м и превосходит в этом отношении даже Чимборасо. Но правильно притупленный конус этого вулкана располагается на возвышенности, образованной осадочными породами и лежащей над уровнем моря на высоте 5400 м. Таким образом сам вулкан Сахама поднимается только на 1450 м и незначительно превосходит Везувий, который в 1868 г. достигал 1297 м.

К югу от рассмотренного ряда вулканы отсутствуют до 30° ю. ш., где начинается Чилийский ряд, самый значительный в Южной Америке; он располагается между 30° 5′ и 43° 50′ ю. ш. и представляет больше 30 конусов. Северный конец этого ряда значительно удален от моря; направляясь на юг, он постепенно приближается к берегу. Принадлежащий к этой цепи вулкан *Аконгагуа* достигает 6970 м и считается самым высоким вулканом. Некоторые путешественники подвергали этот факт сомнению: они утверждали, что гора состоит из осадочных горных пород; но в самое последнее время *Гюссфельдт,* поднявшийся на 6410 м, показал, что весь вулкан образован изверженными массами. Существует ли на вулкане его кратер, еще неизвестно.

Недалеко от чилийского берега, между *Вальпарайсо* и знаменитым островом Робинзона *Хуаном Фернандецом,* находится подводный вулкан, да и сам последний остров состоит из вулканических масс, шлаков и базальтов. Впрочем, об извержении его не имеется сведений.

Еще недавно думали, что Чилийским рядом заканчивается область распространения современных вулканов в Южной Америке. Затем было отмечено существование мощных шлаковых и лавовых полей в Патагонии, но ни одно извержение этой местности не было еще известно. Только *Голль* (Hall) установил, что под 55° ю. ш., т.е. на южном конце Огненной Земли, существует действующий вулкан. В самое последнее время получено известие и об одном извержении на южном конце материка. Английское судно, проезжавшее по проливу Месьера (Mesiers), между островом *Веллингтона* (Wellington) и материком наблюдало извержение на Среднем Острове (Middle Island) в Английском проходе (English Narrons). По показаниям американского судна, извержение происходило под 48° 56′ 30″ между о. Веллингтона и материком. Оба сообщения указывают почти на одно место, а потому весьма вероятно, что речь идет об одном и том же извержении. Во всяком случае, существование действующего вулкана в Южной Патагонии несомненно.

## Вулканы Великого океана

Мы обратимся теперь к огромному вулканическому кольцу, окружающему Тихий океан. Оно простирается от Зондских островов на запад, север и восток и доходит до Южной Америки. На юге это только как бы разомкнуто, но ряд разбросанных вулканов тянется от Новой Гвинеи через Южный Ледовитый океан до чилийского берега. Мы уже знаем, что к западу от Вальпарайсо располагается подводный вулкан и что остров Хуан Фернандес состоит из вулканических горных пород. Еще далее на Великом океане мы находим ряд небольших одиноких островов: первый из них *Вайху*, или остров *Пасхи*; он состоит из вулканических пород и имеет кратер. Далее следует одинокая скала *Сала-и-Гомец*; этот лавовый утес приобрел всемирную известность, благодаря чудному стихотворению Шамиссо. Непосредственно к пему примыкающие низменные острова представляют настоящие карлловые рифы, и только значительно дальше встречаем мы вулканы на островах *Хиваоа* в группе *Маркизских, Таити* и *Бола-Бола* в группе *Товарищества;* сюда же относятся многие из островов Самоа, или *Мореплавателей, Фиджи, Тонга*, или *Дружбы, Новогебридских, Соломоновых* и *Новобританских*. Они образуют южную часть кольца и примыкают к Новой Гвиннее, где известно пять вулканов.

Внутри кольца, окружающего большую часть Тихого океана, находится только немного огнедышащих гор. Сюда относятся Марианские острова, расположенные на трещине, идущей к югу от Японии. Недалеко от берега Америки, почти под самым экватором, располагаются острова *Галапагосские*, или *Черепаховые*. Они целиком образованы вулканическими породами и покрыты множеством небольших конусов и кратеров (по *Дарвину* более 2000), по только два из них действуют в настоящее время. Почти в самой середине кольца лежат *Сандвичевы* острова. К этой группе принадлежит остров *Гаваи* с его знаменитыми величественными вулканами. Целый ряд своеобразных особенностей,—плоские щитообразные вулканы, огромные и глубокие кратеры с пылающими лавовыми озерами, спокойная деятельность без выделения пепла и взрывов, почти полное отсутствие туфов и других мелко раздробленных вулканических продуктов, наконец, под-

вижность лав, которые образуют фонтаны и лавопады,— все это заставляет отнести базальтовые вулканы о. Гаваи к числу самых поучительных. Ввиду множества уклонений их от обычного типа Везувия, мы остановимся несколько подробнее на этой области.

По Дана Сандвичевы острова представляют двойной ряд вулканов первоклассной величины (всего пятнадцать): на севере идет ряд вулканов *Мауны Кеа*, на юге — ряд *Мауны Лоа*. Расположенные в глубоких частях моря, там, где оно достигает 5500 — 3700 м в глубину, эти горы достигают поразительной высоты (более 4000 м). На острове Гаваи — пять вулканов: потухший и сильно разрушенный *Кохала* (1068 м), также потухший вулкан *Мауна-Кеа* (4208 м), бездействующий с 1801 г. *Хуалалай* (2522 м), *Мауна-Лоа* (4168 м) и *Килауеа* (1230 м). Остров достигает в длину 93 английских миль (см. рис. 205). Уже внешний вид его представляет много своеобразного. Это почти правильный треугольник без высоких гор и глубоких долин; реки встречаются только в северо-восточной части, где дуют пассаты; вулканические конуса почти сливаются друг с другом. Последняя особенность резко выступает на весьма любопытном и более изученном кратере Килауеа (рис. 206); он лежит в 34 км к востоку от Мауна-Лоа и представляет самостоятельный вулкан.

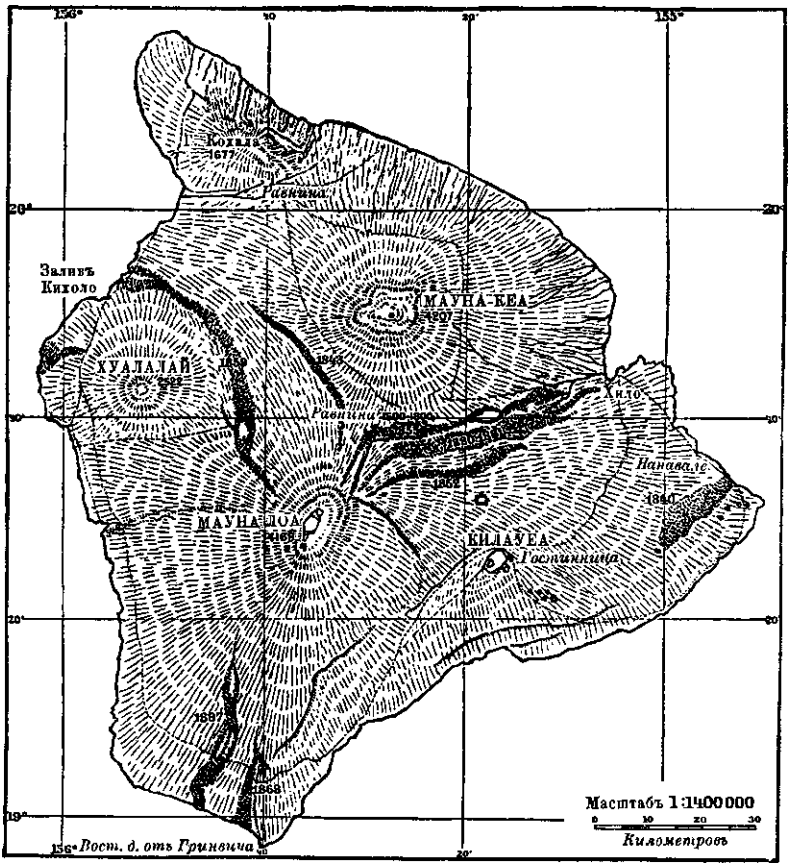



Рис. 205. **Карта о-ва Гаваи** (по Дана)

На вершине *Килауеа*, представляющей плоскую равнину, располагается глубокий эллиптический кратер с поперечником в 14000 английских футов. Внутренние стены его падают в виде отвесных обрывов до 200 м в высоту. Плоское или, вернее, несколько выпуклое дно кратера образовано черной застывшей лавой; последняя местами расплавлена и образует знаменитые лавовые озера.

Во многих местах постоянно поднимается пар. В стенах кратера не видно ни туфов, ни вулканического пепла. Они состоят из тонких горизонтальных базальтовых потоков и покровов и располагаются слоями.

Деятельпость других вулканов переходит обыкновенно за пределы кратера: здесь только она и доступна нашему паблюдению. Вулканы же Гаваи позволяют заглянуть и в их внутренность. Они действуют правильно и спокойно, по мета-

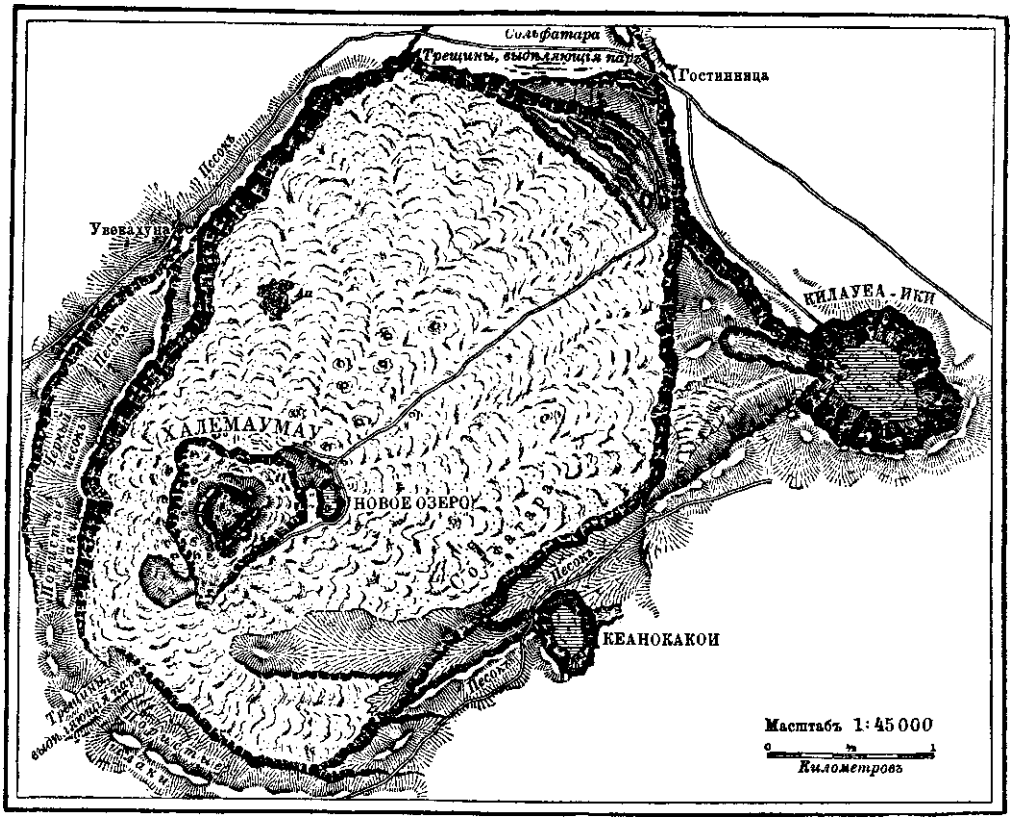



Рис. 206. **Карта кратера Килауеа в 1886 году** (по Дана)

фическому выражению одного исследователя «также тихо, как движется луна». Можно, не подвергаясь опасности, нутешествовать по дну кратера и даже расположиться ночевать на берегу кипящего лавового озера. Здесь только редко происходят землетрясения, а об извержениях местные жители узнают по тому огромному зареву, которое вдруг запылает на пебе.

Благодаря точному изучению исторических извержений *Килауеы,* начиная с 1789 г., Дана доказал, что деятельность этого вулкана носит правильный, ритмический характер. Перед извержением лава начинает медленно и постепенно подниматься и понемногу заполняет кратер; прежнее дно его отчасти расплавляется, отчасти покрывается лавой. В эти моменты лавовые озера Гаваи представляют волшебное зрелище, особенно ночью. Огненное море пенится и килит; тут и там вырываются пары, пылающая лава вздымается вверх то в форме куполов, то в форме

огненных фонтанов и снопов в 10—20 ф. высотой. Море лавы рвется к темному ночному небу, красные и желтые огоньки появляются на нем и извиваются в виде языков. Облако паров, окутывающее кратер, кажется раскалепным, и черные стены озаряются ярким сиянием зарева (см. рис. 207).

Через некоторое время наступает вторая фаза: лава отступает во внутренние пустоты вулкапа, и ее уровень в кратере понижается. В конце извержения обрушивается часть дна, и образуется более глубокое лавовое озеро, которое занимает

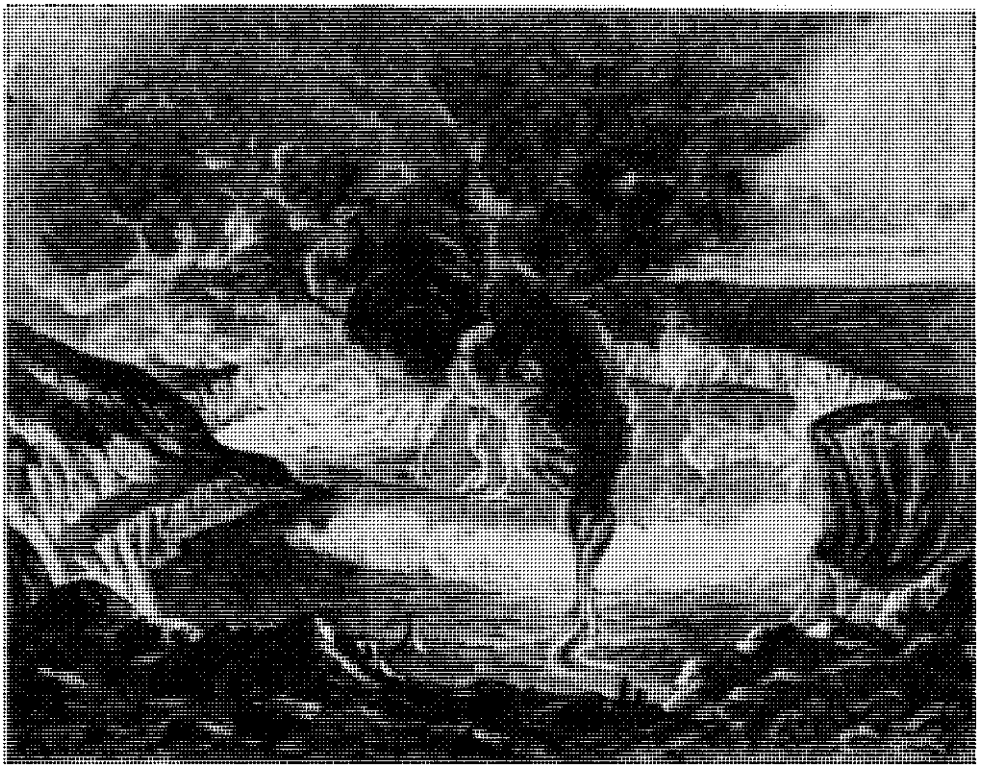


Рис. 207. **Кратер вулкана Килауеа в 1823 году** (по Дуттону)

иногда большие, иногда маленькие размеры. Об этом состоянии кратера можно составить некоторое представление по рис. 208, который снят *Драйтоном* после большого извержения 1840 г. Самая высокая часть дна, названная «black ledge» (черное ложе), лежала на глубине 198 м от краев кратера; на 117 м ниже ее располагалось другое, более глубокое кольцо. После извержений 1823 г. и 1832 г. последнее стояло еще глубже, и «black ledge» представляло тогда узкую прибрежную кайму, окружавшую само озеро.

В период времени с 1823-го по 1886 г. происходило восемь больших извержений. Самые значительные из них, случившиеся в 1823, 1832, 1840 и 1868-м г., сопровождались обвалом дна кратера, извержения же 1849, 1855, 1879 и 1886-го г. выразились только повышением деятельности внутри него. Каждые два обвала дна отделяются промежутком в 6—13 лет. Из восьми известных извержений этого рода семь совпадают с дождливым временем. Отсюда можно составить пе-

которое представление о том, какое влияние на вулканическую деятельность оказывает вода, просочившаяся под высоким давлением. Величина обвалов с 1832 г. постепенно уменьшается, как это можно видеть из диаграммы на рис. 209 и из следующей таблицы *Дана.*

| Год извержения | Глубина нижнего дна кратера | Высота западной части кольца над «black ledge» | Высота западной части кольца над центром кратера |
|---|---|---|---|
| 1823 | 182 (244 ?) | 274 (?) | 457 (518 ?) |
| 1832 | 137 (182 ?) | 218 | 355 (401 ?) |
| 1840 | 117 | 198 | 314 |
| 1868 | 91 | 182 (152 ?) | 274 (259 ?) |
| 1886 | 0 | 152 | 116 |

Излияние лавы на поверхность земли случилось в 1840 г. Оно не сопровождалось землетрясепием. Лава выступила на восточной стороне горы. Сначала она выделялась недалеко от вершины, затем значительно ниже и, наконец, в 43,5 м от кратера и в 379 м от поверхности моря вулкап выбросил огромные массы лавы. Со сграшным шумом низвергались они у Напавале в море. Пылающая лава раздроблялась на миллионы мельчайших частиц; подбрасываемая паром, они поднимались вверх в таких огромных количествах, что омрачали небо. На берегу, вероятно на месте открытых трещип, образовалось три туфовых конуса в 45—76 м высотой.

Извержение 1868 г. совпало с извержением Мауны-Лоа и сопровождалось землегрясением; 2 апреля произошел особеппо сильный удар, в то же время на южном конце кратера Килауеа появились трещины; они шли в юго-западном направлении, т.е. так же как в 1823 г. Из одпой такой трещины вылилась лава, происходившая, вероятно, из Килауеы. В ночь 2 апреля жидкая лава исчезла во всех конусах и осталась только в озерах. Сутки спустя, она исчезла и в последних, за исключением только одного. 5 апреля и это озеро освободилось от лавы; черное дно его было спокойно. Наконец, обвалилась середина кратера «совершенно так же, как обрушивается лед, если из-под него удалится вода».

В следующий период, простирающийся до нашего времени, кратер снова заполняется вплоть до Халемаумау (см. рис. 210) и до образовавшегося в 1881 г. «Нового озера». Своеобразной особенностью последнего служит плавающий лавовый остров, появившийся в 1882 г. Начиная с 1886 г., конус Халемаумау под напором лавы все более и более поднимается и, наконец, после большого извержения, сопровождавшегося переполнением кратера, снова понизился до высоты 1887 г. Оседания, происходящие при отступлении лавы, не ограничиваются дном кратера, но распространяются и на его кольцо. Они происходят обыкновенно на северо-восточной части горы. Две огромных котловины Килауеа-Ики и Кеанокакои, расположенные на восточной стороне кратера, принадлежат к числу подобных образований (см. рис. 206).

Такой же характер носит и огромный плоский вулкан *Мауна-Лоа* (рис. 151). Эллиптический кратер его достигает 13 км в длину и 10 км в ширину. Он также представляет нечто вроде глубокой шахты, вертикальные степы которой обра-

зованы потоками лавы. Деятельность вулкана Мауна-Лоа носит также ритмический характер и выражается в поднимании лавы, в излиянии ее во внутренние пустоты и в обвалах дна. Наряду с этим происходили и более сильные извержения. Лавовые фонтаны и сноны поднимались до 180 и даже 280 м в высоту, а шлаков выбрасывалось значительно больше, чем при извержении Килауеы. Лава изливается даже на поверхность земли через боковые трещины, открывающиеся в кратере на различной высоте. Огромные массы выделяющейся лавы и образование высоких

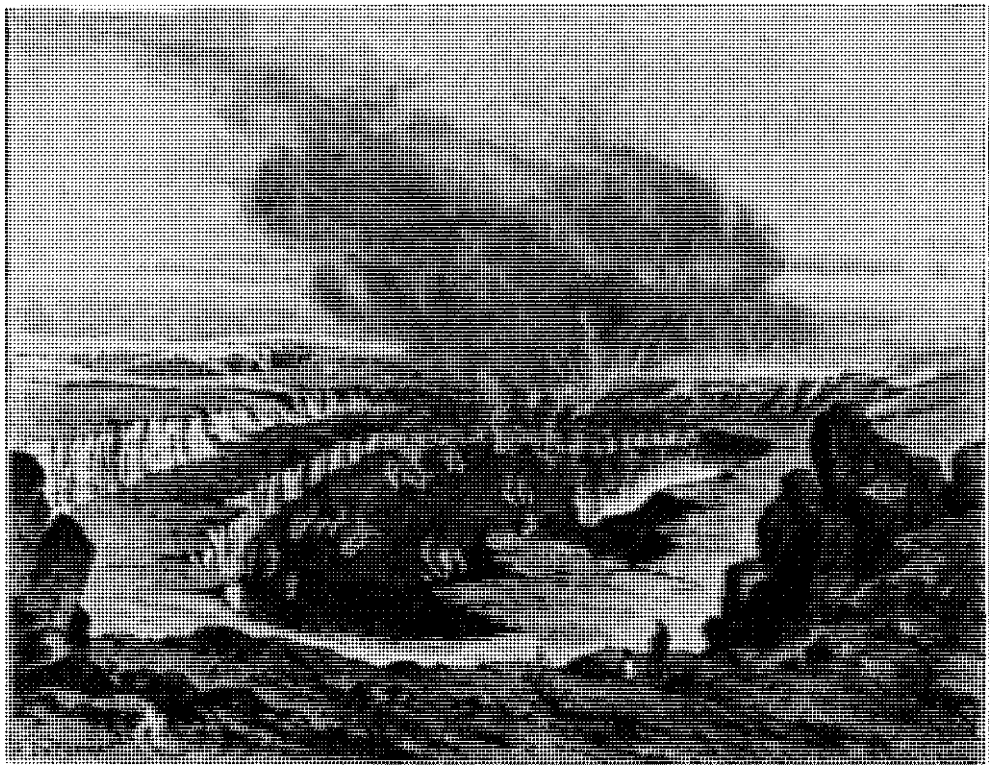


Рис. 208. **Кратер вулкана Килауеа в 1840 году** (по Дана)

фонтанов (до 30 м) издавна были предметом удивления. В тех местах, где выливаются боковые потоки, передко образуются наразитные конуса значительных размеров. Чтобы составить представление о количестве выбрасываемых вулканом масс, стоит только припомнить, как кратки промежутки между отдельными извержениями. В 1852 г. выброшеи поток в 32 км длиной. По Дана объем его достигает $10^1/_2$ миллиардов $ф^3$. Два года спустя вылился поток в 42 км длиной, по объему равный Везувию. Через четыре года в 1859 г. новый поток достигал 53 км в длину. Даже при умеренных извержениях Мауны-Лоа выделяется такое же количество лавы, какое до сих пор выброшепо Везувием со дня разрушения Помпеи — может быть, даже больше.

Чаще всего потоки выделяются по направлеиию длинной оси острова, идущей с запада-юго-запада на восток-северо-восток, и только иногда вдоль поперечной

оси. Нельзя не согласиться с предположением Дана, что такая правильность далеко не случайна. По-видимому, лава выделяется вдоль тех первоначальных трещин, на пересечении которых образовался вулкан. Большинство извержений Мауны-Лоа совпадает с дождливым временем года, когда вершина этой горы покрывается снегом.

Лавы вулканов Килауеа и Мауна-Лоа характеризуются их необычной подвижностью. Они льются, как вода, распространяются вперед даже при наклоне почвы только на 1° и на обрывах образуют настоящие лавопады. Один из таких потоков Мауны-Лоа 1881 г. представлен на рис. 211. Нередко лавы проходят 20—30 км в час и на протяжении 15 км не обнаруживают почти никаких признаков остывания. Поверхность этих базальтовых лав в большинстве случаев ровна и видом своим напоминает так называемую волнистую лаву Везувия (рис. 154); иногда лава распадается на целый ряд неправильных кубических и округлых комков и соответствует глыбовой лаве других местностей (рис. 151). Движение глыбовой лавы, или «аа», как ее называют местные жители, сопровождается грохотом и треском. В больших потоках волнистой лавы, или так называемой «пахоэхоэ», «аа» занимает отдельные ограниченные участки. Она образуется, вероятно, вследствие быстрого остывания лавы, когда поток попадет на влажную почву. Обширные пустоты в отвердевшем потоке — далеко не редкое явление. Стены их покрыты мелкими сталактитами, которым внизу соответствуют и сталагмиты. Они образованы не стекловатой массой, как следовало бы ожидать, а обладают кристаллическим строением. Причину последнего *Дана* приписывает влиянию фумарол и сольфатар.

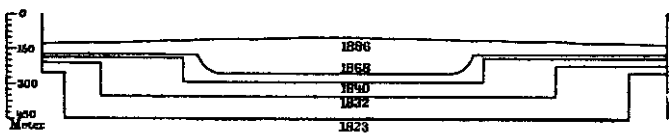



Рис. 209. **Схематические разрезы кратера Килауеа** (по Дана)

Насколько мы знаем, Килауеа только один раз выбросила рыхлые продукты, именно в 1789 г. Вероятно, вследствие усиленного притока воды к кратеру выделился сначала вулканический пепел и песок, потом камни и бомбы и, наконец, губчатый, легкий, пемзоподобный пепел. Все эти изверженные продукты нагромоздились около кратера до 9,2 м в высоту. Выделение рыхлых продуктов вулканом Мауна-Лоа совершается в более сильной форме. Причина его также сводится к действию воды, которая вследствие повышенного давления легче проникает к кратеру.

На материке *Австралии* известна потухшая вулканическая область в земле *Виктории.* Гораздо больший интерес представляют вулканы *Новой Зеландии,* описанные Гохштеттером. На восточном берегу южного острова находится несколько вулканов, прекративших свою деятельность, но особенно богат действующими вулканами северный остров. Гохштеттер различает здесь три области; одна из них, область озера Таупо, соответствует трещине, направленной с юго-запада к северо-востоку и простирающейся параллельно горному хребту на юго-восточном берегу острова. Она начинается на юго-западе вулканом *Руанеху* (3749 м) и на северо-востоке достигает моря. Продолжением трещины служит остров *Вакари,* или *Белый остров* (White Island), с вулканом типа сольфатар. Эта область замечательна широким распространением горячих ключей, гейзеров и грязных вулканов. Второй вулканический пояс располагается на Окленндском нерешейке; он представ-

ляет целый ряд небольших кратеров в 100—200 м высотой. Только один из них достигает 298 м. Каждый из этих вулканов производил, по-видимому, только одно извержение и в большинстве случаев выбрасывал значительный лавовый поток. Эта область Новой Зеландии представляет нечто вроде Флегрейских полей и характеризуется постоянным перемещением центров извержения и образованием новых кратеров. Наконец, следует назвать гору Эгмонта, или Таранаки; это — потухший вулкан в 2522 м высотой. Подобно вулканам Явы это

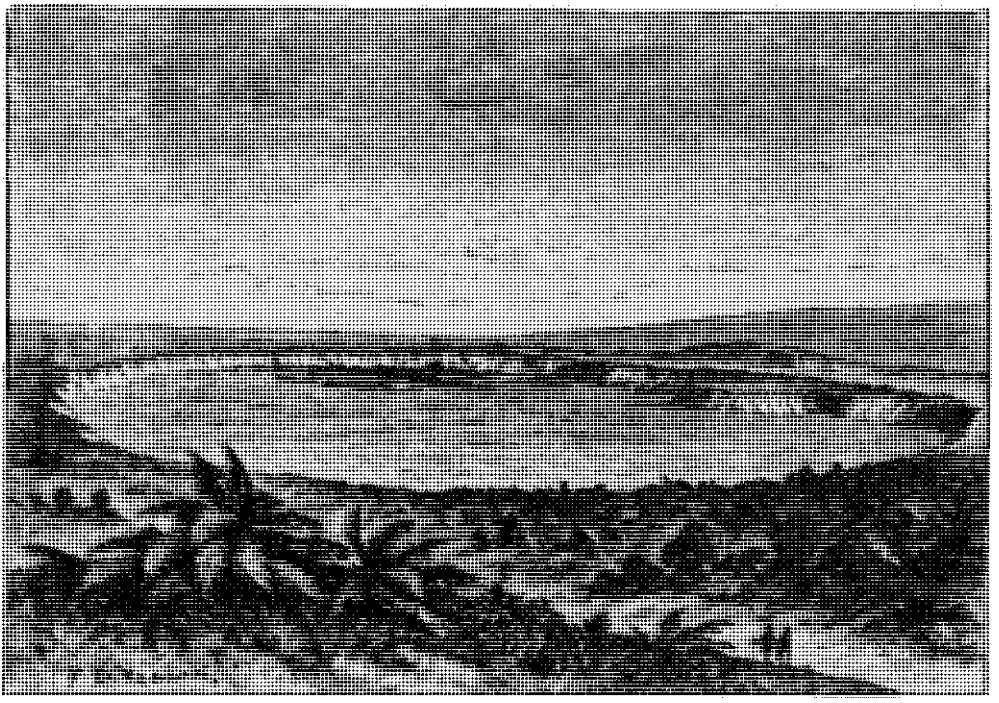


Рис. 210. **Кратер вулкана Килауэа в настоящее время** (по Дуттону)

чрезвычайно правильный конус, равномерно покрытый барранкосами. Подобное явление вообще неоднократно наблюдается в Новой Зеландии (см. рис. 163).

В области озера Таупо в 1886 г. произошло опустошительное извержение, уничтожившее одно из чудес Новой Зеландии,— террасы кремнистого туфа на озере Ротомахана (см. рисунок на особом листе). В середине этой области на восточном берегу озера *Тараверы* возвышается скалистый хребет Таравера с тремя вершинами. Высота его 1100 м, а длина 4,8 км. Озеро Ротомахана со своими знаменитыми террасами располагалось в 3,3—4,8 км к югу от Тараверы. Название этой горы в буквальном переводе обозначает «пылающий утес», но никто из местных жителей не был свидетелем ее извержений; вершина ее издавна служит кладбищем племени Маори. Уже в 1881 г. наблюдался целый ряд явлений, которые впоследствии были поставлены в связи с извержением Тараверы. Так, в 1881 г. и в 1883 г., озеро Ротокакахи вдруг поднялось, а потом осело. В самый год извержения исчезло кратерное озеро на острове Вакари (Белом острове), наблюдалось вообще повышение температуры кипящих ключей и более

обильное выделение ими воды; наконец, 1 июня 1886 г. произошло своеобразное волнение на озере Таравера и сильно повысилась деятельность гейзеров вблизи красных террас. Извержение началось 10 июня 1886 г. после полуночи и продолжалось приблизительно 24 часа. В самом начале его раздались грозные раскаты, и небо на 200 км кругом было охвачено огненным заревом. Вблизи места извержения на берегах озера Роторуа земля затряслась, поверхность воды

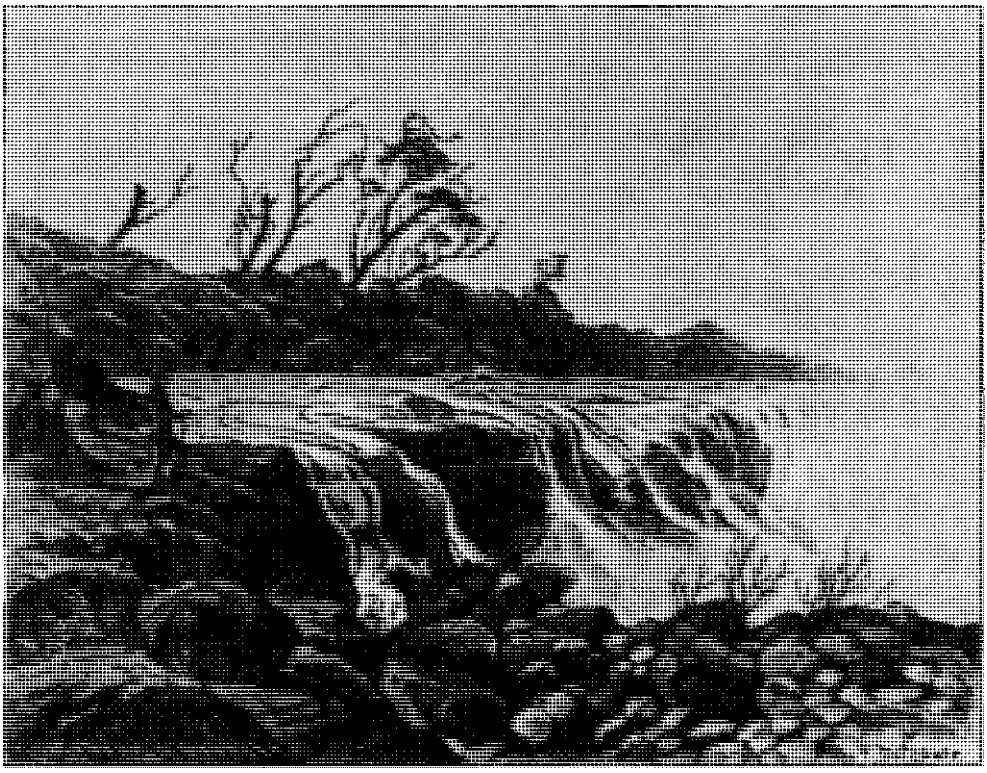
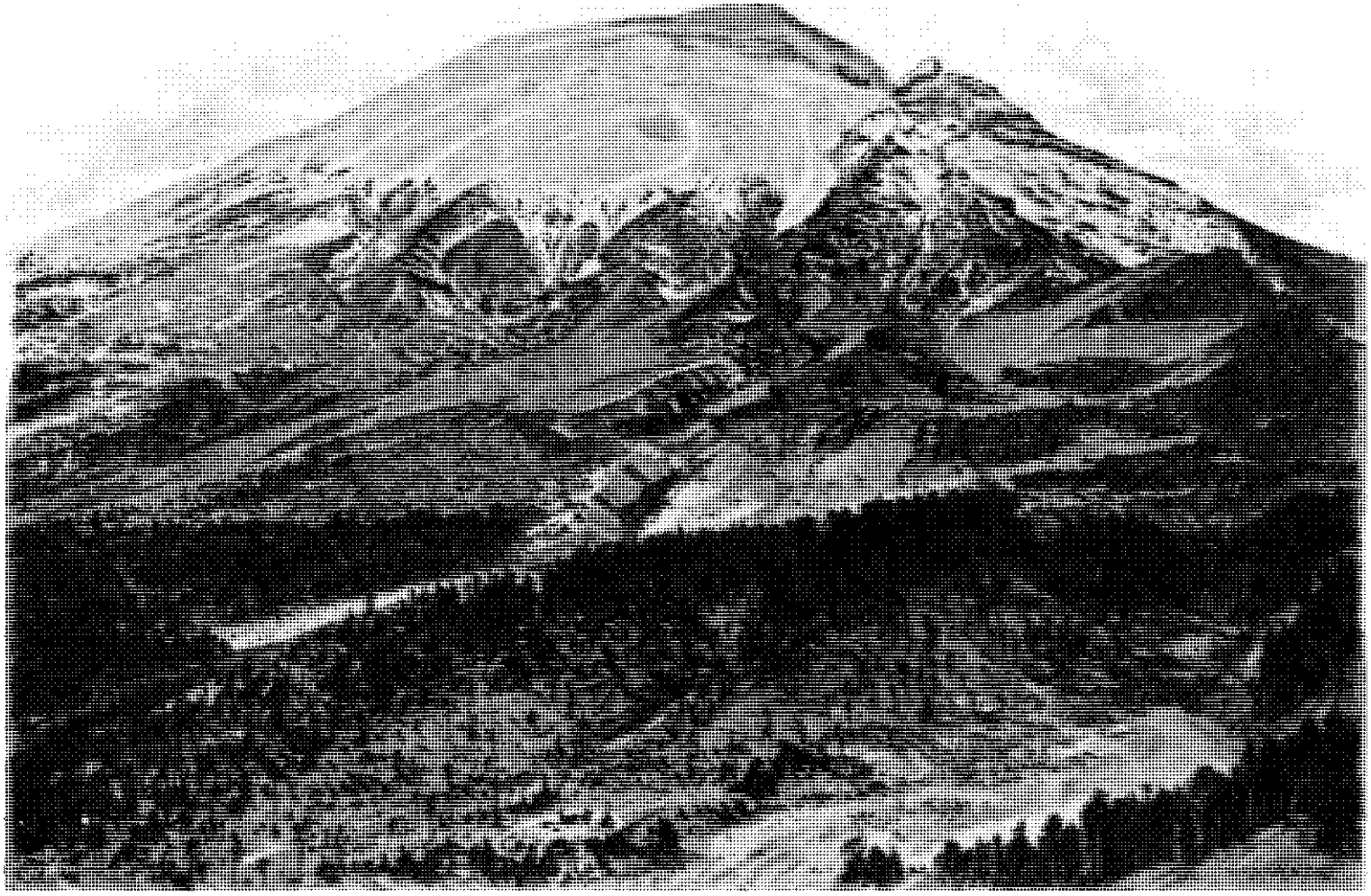


Рис. 211. **Лавопад, образованный потоком Мауны-Лоа в 1881 году** (по Дана)

заколебалась, и воздух переполнился пылью. Около 2 часов 10 минут разверзлась северная вершина Тараверы, несколько минут спустя проявилась деятельность в среднем кратере, наконец, через небольшой промежуток времени раскрылась южная вершина, и извержение достигло высшей силы. Озаряемое бесчисленными молниями, все небо было охвачено огнем. В окрестности, которая была, к счастью, слабо заселена, падал страшный град раскаленных шлаков и камней; земля около Тараверы на 10 м была засыпана пеплом.

Вслед за этими грозными явлениями, находившимися, вероятно, в связи с образованием трещины в горе Таравера, наступил перерыв. Около 4 часов утра снова начал падать пепел, почувствовался подземный удар, сопровождаемый громким треском, и в окрестности озера Ротомахана вырвались огромные массы паров и высокие столбы пепла. Огромная туча повисла над этой злосчастной местностью и, когда подул юго-западный ветер, пролилась обильным дождем. Вся масса пепла превратилась в потоки грязи. Но самым выда-



ВЕРШИНА ПОПОКАТЕПЕТЛЬ

*(по фотографии Г. Ленка)*

ющимся явлением в этот период извержения было образование трещины в 15 км длиной. Начинаясь на северной вершине Тараверы, она тянулась через область озера Ротомахана до окрестностей озера Окаро. Вдоль этой трещины и происходило обильное выделение паров и пепла. Даже по окончании извержения развивалось такое огромное количество паров, что невозможно было смотреть на эту страшную пропасть, заполненную потоками кипящей вулканической грязи. В одних местах (см. рис. 212) трещина представляла ряд удлиненных и слившихся вместе кратеров, в других — ее края тесно примыкали друг к другу. Около трещины нагромоздились выброшенные извержением массы до 15 м в высоту, и появились небольшие конуса (до 30 м), также выбрасывавшие камни и пепел. В том месте, где красовались прежде красные террасы, бил теперь величественный гейзер. Недалеко от южного края трещины, непосредственно из ее стенки в косом направлении,

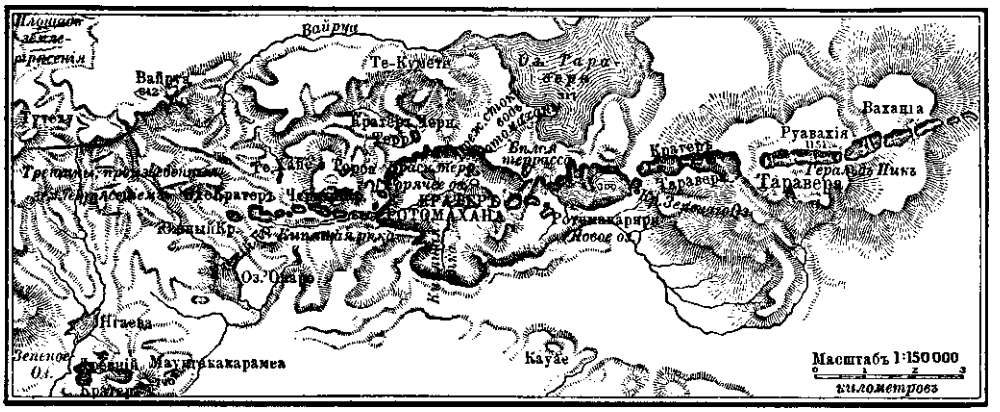



Рис. 212. **Трещина Таравера, образовавшаяся в 1886 г. в Новой Зеландии**

вырывался другой горячий ключ; кроме того, насчитывалось до няти мест, где огромные массы кипящей воды, камней и грязи поднимались на 200—250 м в высоту. По окончании извержения на месте озера Ротомаханы появилось новое озеро на 150 м ниже прежнего. Другое озеро образовалось к северо-востоку приблизительно там же, где располагалось раньше озеро Ротомакарири. Наряду с большой трещиной явился целый ряд мелких; кроме того, следует упомянуть о трещинах, произведенных землетрясением. Гребень Тараверы испытал существенные изменения; в семи местах происходило выделепие паров, глубокое ущелье между средней и северной вершиной было совсем заполпено; средняя вершипа выросла и покрылась множеством побочных конусов.

Общая масса извержениых продуктов достигает приблизительно 1269 миллионов м$^3$. Они запяли площадь в 15850 км$^2$, не считая загромождепной ими части моря. Благодаря юго-западному ветру, который дул во время извержения, пепел распространялся только в одном иаправлении. Лава не выделялась. Из большой трещины на месте прежнего озера Ротомахана выбрасывался преимущественно вулканический пепел и вулканический песок, а из кратера Тараверы — тяжелые куски шлаков и пепел. Без сомнепия, значительпая часть извержеипых масс состояла из древних риолитов Тараверы и из туфов знаменитых террас, которые в значительиой своей части были выброшеиы на воздух. Наряду

с этим было доказано присутствие андезитовых шлаков и бомб, близких к базальтам. Последнее, несомненно, доказывало, что при этом извержении были выброшены новые лавы и что вся масса изверженных продуктов не могла образоваться из обломков пород, слагавших Тараверу.

Как уже указано, самым замечательным явлением этого извержения было появление огромной трещины на равнине Ротомахана. Образование ее объясняется различными способами. *Гюттон* приписывает появление этой трещины землетрясению, но возможно и другое объяснение: подземные воды, благодаря разрыхлению почвы, произведенному предыдущим землетрясением, могли устремиться в нагретую внутренность Тараверы и, превратившись внезапно в пары, образовать глубокую трещину. Но как бы то ни было, явления, происходившие вдоль этой трещины, существенно отличались от извержения кратера Тараверы, которое носило обычный характер вулканического взрыва и совершалось с той силой, какая наблюдается в большинстве случаев после продолжительного покоя. Так как лавы вовсе не выделилось и выбрасывались только раздробленные твердые продукты, то надо предполагать, что магма была богата парами. Существенную роль при извержении *Гюттон* приписывает той воде, которая находилась внутри горы и в момент приближения лавы была превращена в пар. Во всяком случае, это обстоятельство могло оказать влияние на силу взрывов, сопровождавших извержение.

Явления, происходившие вдоль большой трещины Ротомаханы, должны быть приписаны исключительно действию перегретой воды. Они являлись, с одной стороны, последствием местных особенностей страны, богатой подземными источниками (гейзеры), с другой стороны, в значительной степени обусловлены превращением в пар огромных масс воды озера Ротомахана. В этом отношении явление представляет сходство с извержением Кракатау, тем более что и в данном случае была замечена известная периодичность взрывов. Кратеры, расположенные вдоль трещины и заполненные водой, вполне сходны с так называемыми маарами. Таким образом, это замечательное извержение может служить доказательством того, что маары образуются исключительно действием паров, без обвалов.

Дальнейшим северо-восточным продолжением новозеландской области Таупо служат острова *Кермадек* и *Тонга* или *Дружбы* с отчасти действующими, отчасти потухшими вулканами. Особенно оживлена вулканическая деятельность на последних островах. В 1847 г. разрушен извержением один из островов этой группы Амагура, а в 1885 г. образовался новый вулканический остров *Фалькон*, длиной в 3 км и высотой в 76 м; в 1889 г. он достигал только 1,8 км в длину и 51 м в высоту.

В заключение упомянем о вулканах Южного Ледовитого океана, сведения о которых чрезвычайно отрывочны. Известно, что небольшая группа Китовых островов (о-ва Баллени), расположенная под 64° 44′ ю. ш. и 163° 11″ в. д. от Гринвича, носит вулканический характер. То же следует сказать и об островах *Императора Александра I* под 69° ю. ш. Наконец, *Росс*, во время своего отважного путешествия на материк Виктории, видел два больших вулканических конуса под 76° ю. ш. и 168° 12′ в. д. от Гринвича. Один из них — *Эребус* (3570 м), другой — *Террор* (3110 м). Первый во время его открытия был охвачен извержением.

## Число вулканов

Нередко делались попытки определить общее число вулканов. Решить эту задачу было бы чрезвычайно важно, но полученные до сих пор выводы имеют только относительную ценность. Даже число действующих вулканов не может быть установлено окончательно, так как постоянно появляются новые огнедышащие горы; далее, само деление вулканов на действующие и потухшие в значительной степени произвольно. Наконец, очень трудно провести границу между самостоятельными и побочными вулканами. Только при таких оговорках мы позволяем себе привести нижеследующий перечень действующих вулканов по Фуксу (с незначительными изменениями):

| | | | |
|---|---|---|---|
| Материк Европы (Везувий) | 1 | Японские острова | 24 |
| Острова Средиземного моря | 6 | Между Японией и Филиппинскими островами | 8 |
| Африка | 17 | Филиппинские, Молукские и Зондские острова | 49 |
| Прибрежные острова Африки | 10 | Исландия | 9 |
| Вест-Индия | 5 | Ян-Майен | 2 |
| Аравия | 1 | Азорские острова | 6 |
| Центральная Азия (?) | 2 | Канарские острова | 3 |
| Подводный вулкан у Пондишери | 1 | Острова Зеленого Мыса | 1 |
| Камчатка | 12 | Антильские острова | 6 |
| Аляска (С. Америка) | 4 | Подводные вулканы Атлантического океана | 3 |
| Соединенные Штаты | 11 | Вулканы Индийского океана | 5 |
| Мексика | 10 | Вулканы Тихого океана | 26 |
| Центральная Америка | 26 | Вулканы Южного Ледовитого океана | 2 |
| Экуадор | 14 | | |
| Перу и Боливия | 6 | | |
| Чили | 17 | | |
| Огненная Земля | 1 | | |
| Новая Гвинея | 5 | | |
| Новая Зеландия | 4 | | |
| Алеутские острова | 31 | | |
| Курильские острова | 27 | Общее количество действующих вулканов | 355 |

## Деление вулканов

В предыдущих главах мы видели, как разнообразны вулканы по своему строению, деятельности и по характеру образующих их пород. Если мы попытаемся установить какую-нибудь классификацию, то встретим большие затруднения. Вулканы, которые на первый взгляд можно было бы считать разнородными, при ближайшем рассмотрении оказываются родственными и, если бы в конце концов нам удалось установить несколько групп, то между ними было бы много сходства. Отсюда видно, что о систематике вулканов, в обычном смысле этого слова, не может быть и речи.

Рассмотрим сначала самый простой тип вулканов. Примером может служить Монте Нуово, конус которого образован пеплом и шлаками, без участия лавы; к этому же типу принадлежат такие вулканы, как Астрони, Сольфатара или небольшой кратер у озера Моно (см. рис. 201). Последний наряду с твердыми продуктами выделил и лаву, которая застыла в его кратере. У других вулканов

лава переливалась через края или через отверстия, произведенные ей в степах кратера (например у большинства вулканов Оверни, так пазываемых «пюи»), или выделилась у подножья конуса, как это и можно видеть на примере вулкана Циндер Кон в западной части Северной Америкн. Большинство таких *простых* конусов имело немного извержений,—чаще всего одно, как например Монте Нуово, или два, как например Циндер Кон.

Несколько сложнее строение тех конусов, которые, вследствие повторных извержений, прорезаны множеством жил и содержат лавовые потокн. Вулканические взрывы и связанные с ними обвалы ведут к расширенйю кратера, среди которого образуется центральный конус. Таким путем получаются вулканы типа Везувия. Извержения, происходящие на склонах конуса и неремещение центра извержения но нанравлению главной трещины вызывают дальнейшие усложнения. Последние выражаются образованием долин типа Валь дель Бове и появлением новых колец. Такие «*сложные*» вулканы представляют, однако, много общего с рассмотренным выше простым типом: в строении конусов тех и других принимают существенное участие *туфы* и вообще рыхлые нродукты извержений; они раснолагаются слоями, чередуясь с потоками лавы. Если вулканы последнего типа производят иногда много, иногда мало извержений, то причину этого надо искать в свойствах соответствующих им трещин. Узкие трещины скоро заполняются быстро застывающей магмой, которая нри следующих изверженнях должна искать нового выхода. Мелкие трещины могут иногда сойтись в глубине и образовать огромную главную трещину. В таком случае вместо одного вулкана на поверхности образуется множество мелких конусов. Рыхлые продукты извержений,—туфы и непел, ложатся обыкновенно под углом в 30—35 и даже 40°. Такое именно падение слоев и наблюдается в конусах рассмотренных типов. Противоположность им составляют так называемые *лавовые вулканы*, образованные нсключительно, или почти исключительно, покровами лавы. Они обладают формой плоских куполов (выпуклых щитов), и склоны их падают обыкновенно под углом в 3°, в самом крайнем случае под углом в 10°. Излияние жидких и подвижных основных лав, свободно выделяющих газы и нары, сонровождается образованием небольшого количества рыхлых продуктов. Такие именно лавы и созидают рассматриваемый тип вулканов, который в особенно характерной форме встречается на острове Гаваи. Трахитовые вулканы этого типа неизвестны. Если мы внимательно исследуем внутренние части кратера и склоны этих лавовых вулканов, то увидим, что они в большинстве случаев состоят из почти горизонтальных лавовых нокровов, между которыми раснолагаются ипогда пемза и пепел. Хотя в этом случае рыхлые продукты играют подчиненную роль, но присутствие их ноказывает, что между туфовыми и лавовыми вулканами невозможно нровести резкую границу.

Рассмотренный тип представляет переход к следующей любопытной форме вулканов, к так называемым *массовым* излияниям вдоль трещин. Еще задолго до изучения характерных представителей этого рода в Исландии, отдельные геологи, основываясь на исследовании потухших вулканических областей третичного периода, указывали на существование массовых излияний, а некоторые исследователи, как например *Рихтгофен*, придавали им значительно большее значение, чем туфовым вулканам.

Взгляд *Рихтгофена* станет понятен, если мы припомним, какие огромные пространства занимают базальтовые покровы. В западных частях Северной Америки, в штатах Орегоне, Вашингтоне, Калифорнии, Идаго и Монтане такой покров обладает мощностью 600—1200 м и занимает пространство, равное всей Франции. Едва ли менее значительны размеры того огромного базальтового покрова третичного периода, ничтожные остатки которого сохранились в Исландии, в Ирландии и на островах Ферерских и Гебридских. Огромный покров мы находим в Абиссинии, а в Ост-Индии базальтовые (и также трапповые) покровы и туфы обладают мощностью в 2000 м и покрывают площадь в 200 000 англ. миль$^2$. К этой же группе вулканических явлений относятся диоритовые, андезитовые и риолитовые излияния между скалистыми горами и Сиерой Невадой в Америке, небольшие андезитовые горы, располагающиеся у южного обрыва Карпатов и много других менее значительных образований.

Тороддсен показал, что в одних случаях массовые излияния выражаются только образованием трещины и выделением через нее лавы, в других же случаях появляется ряд небольших конусов, расположенных непосредственно друг возле друга. Эти конуса, образованные пеплом и шлаками, играют, впрочем, подчиненную роль. При новых извержениях лава выделяется из других трещин и заливает прежние конуса, которые разрушаются и исчезают. Если путем размывания или вследствие сбросов обнажится несколько последовательных лавовых потоков и жил, то мы только кое-где увидим небольшие скопления пепла и шлаков, которые и представляют остатки таких конусов.

Но и массовые излияния лавы через трещины не представляют вполне обособленной группы вулканических явлений. Иногда они сопровождаются выделением пепла, который и образует туфы, располагающиеся между последовательными потоками лавы. На Деканском плоскогорьи, в горах Сиерра Невада и в Карпатах туфы играют даже существенную роль. Таким образом, массовые излияния находятся в близкой связи с туфовыми вулканами. С другой стороны, они родственны и плоским лавовым куполам. Если мы сравним потоки последних с покровами, вылившимися из трещин, то увидим, что в обоих случаях слабо наклоненные или горизонтальные слои лавы перемежаются с слоями туфов; и если случайно трещина закроется, а потухший кратер будет размыт, то мы затруднимся сказать, обязан ли данный покров своим возникновением лавовому вулкану, или просто он вылился из трещины.

В некоторых потухших вулканических областях встречаются кунолообразные горы, состоящие из плотных богатых кремнекислотой лав, без всяких следов туфа или пепла. Зеебах называет этот тип однородными или массивными куполообразными вулканами. Однако во многих случаях бывает очень трудно решить, действительно ли данный купол однороден, т.е. всегда ли отсутствовали в его строении рыхлые продукты и вовсе не было кратера. Часто можно предполагать, что лава вылилась из туфового кольца, которое впоследствии было размыто. Такие образования, как гора Пюи де Саркуи во Франции представляющая купол, около которого сохранилась часть кольцевого кратера, делают такое предположение весьма вероятным*. Точно также недавнее излияние лавы в кратере Санторина, сопровож-

* Сюда же следует отнести и полуразрушенный Камчатский вулкан *Баккенинг*, о котором см. стр. 257.— *Примеч. пер.*

давшееся образованием островов Каймени, принадлежит к этому же роду явлений. Все такие лавы, вылившиеся из кратера и застывшие в форме куполов (Kraterkuppen), представляют переход от обыкновенных вулканов к предполагаемым массовым излияниям, образующим только лавовые купола («Quellkuppen», как их называет Рейер). Ввиду этого очень трудно определить истинный характер вулканических куполов. В одних случаях это — просто размытые части лавового потока, в других случаях это — остатки самого вулкана, в третьих — это лавовое ядро, которое обнажилось благодаря разрушению вулкапа. Об этой последней форме куполов мы будем говорить подробно ниже. Сильным доводом в нользу самостоятельных массовых излияний в форме кунолов являются, ножалуй, фонолитовые купола, издавна известные в Чехии и в Южной Германии. Примером может служить Шлоссберг (Гора Замка) у Тенлица в Чехии. Она характеризуется скорлуповатым строением, и пласты лавы распологаются в ней, как листья луковицы. Рейер принисывает образование таких пластов мало подвижной нолузастывшей магме, несколько раз выливавшейся внутрь кунола.

Большинство геологов считает характерным признаком вулкана существование кратера. В таком случае массовые излияния вдоль трещин и в форме куполов являются особой формой вулканических явлений и составляют противоположность лавовым и туфовым вулканам. Если же мы станем делить вулканы по характеру выделяемых ими нродуктов, то лавовые вулканы и массовые излияния вдоль трещин и в форме кунолов соединятся в одну группу, которой по существу будут противоположны вулканы типа Везувия, образованные не только лавой, но и туфами. Но и в том, и в другом случае мы должны номнить, что все указанные типы не могут быть резко ограничены друг от друга и представляют ряд переходных форм.

## Разрушение вулканических гор

Вулканические явления, нроисходящие на поверхности земли, представляют только внешнее выражение тех чрезвычайно важных процессов, которые совершаются в глубоких частях земного шара. Постараемся теперь выяснить саму сущность вулканических явлений; обратимся для этого к ностененному разрушению вулканических гор, вследствие которого обнажаются их внутренние части, и, насколько будет возможно, проследим нути магмы в более глубоких частях земной коры.

Такие незначительные накопления рыхлых продуктов, как Монте Нуово, или Циндер Кон, или тот незначительный конус на возвышенной равнине Колорадо, который был нодробно описан *Дуттоном* (см. рис. 213), принадлежат к числу недолговечных образований; под влиянием размывания эти рыхлые конуса скоро разрушаются: остается только узкая жила, косо нрорезающая осадочные нороды. В некоторых случаях, как, например, на равнине Колорадо, такие тонкие жилы нроходят пласты мощностью до 800 м, достигают поверхности, не застывая, и образуют здесь конус. Понятно, что магма не может подниматься на такую высоту неносредственно; но-видимому, она вгоняется в эти трещины сильным давленнем. Чрезвычайно образно *Зюсс* сравнивает процесс восхождения магмы с инъенированием анатомического нрепарата.

Внутри больших конусов типа Везувия значительное пространство заполнено лавой. Вследствии разрушения исчезает туфовая оболочка, и внутреннее лавовое ядро обнажается в форме более или менее округлого купола. Этот процесс, выясненный трудами *Гамильтона, Гохштеттера* и *Фукса,* объясняет образование большей части вулканических куполов. Впервые подобные исследования были произведены *Дуттоном* на возвышенной равнине Зуньи в Новой Мексике. Этот ученый отметил здесь целый ряд куполов, называемых по английски «necks»: они находятся в различных стадиях разрушения и отчасти сохранили остатки конуса. В Шотландии исследованием таких разрушенных вулканов, сохранивших значительные остатки конусов, занимались братья Гейки. Шотландские купола нредставляют особенный интерес потому, что их туфы виедряются в песчаники пермской системы; это и заставляет отиести время их образования к пермскому периоду.

Вулканы типа Везувия и Этны, конуса которых образованы пластами туфа, перемежающимися с потоками лавы и прорезанными множеством жил, представляют при своем разрушении более сложную картину. Если в конусе такого вулкана не было боковых обвалов и если вследствие взрывов не образовалось глубоких долин (так называемых «Explosionsthäler»), то размывание идет равномерно со всех сторон. Сначала ноявляются барранкосы, в виде лучей расходящихся во все стороны от вершины. Далее все глубже размываются рыхлые туфы, а затем и верхние части потоков, которые раньше обнажались только у нодножья горы или даже значительно дальше. Плотные лавовые жилы труднее поддаются разрушению; они ноддерживают смежные с ними породы и у вершины горы лучами расходятся во все стороны. В этой стадии разрушения находится древний трахитовый вулкан *Монте Венда* в Евганейских горах, близ Падуи. Благодаря прекраспому описанию *Зюсса* и *Рейера,* мы можем познакомиться с ним несколько подробнее.

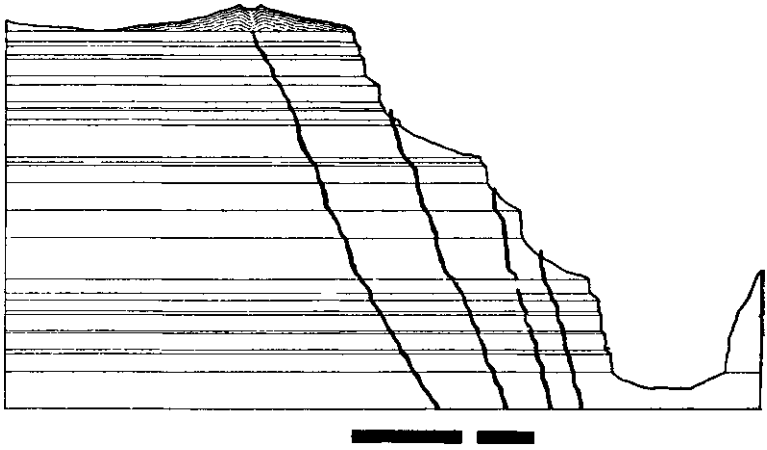


Рис. 213. **Вулканические жилы с пепельным конусом у каньона Тороуип на возвышенной равнине Колорадо в Северной Америке** (по Дуттону)

В центре этой местпости располагаются трахитовые туфы, прорезаиные множеством трахитовых жил, которые отчасти внедряются в холмы, образованные осадочными породами и расположенные на окраине этой области. Большинство жил сходится в центре горной группы, т.е. на восточном конце Монте Венды. Сама Монте Венда и ближайшая ее окрестность образована туфами; среди последних выдвигаются в виде длинных и крутых гребней огромные мощные трахитовые жилы. Одной из таких радиальпо расноложенных жил является обрывистый хребет Монте Пендизе, на котором лежат развалины замка Эццелинов. На

другом подобном же гребне стоит монастырь Руа. Таким же образом располагается множество других более и менее мощных жил, которые расходятся в виде лучей во все стороны от центральной точки у Монте Венда. В середине третичного периода, когда окончательно утихла деятельность Евганейских гор, около Монте Венды образовался туфовый конус вроде Этны. Остатком его и являются туфовые массы, расположенные в центре местности. Радиальные жилы представляют заполнения тех трещин, через которые лава направлялась к паразитным конусам во время боковых извержений. Сохранились и концы лавовых потоков; они образуют теперь трахитовые купола, которые поднимаются на окраинах этой горной области и сидят на мезозойских и третичных осадочных образованиях.

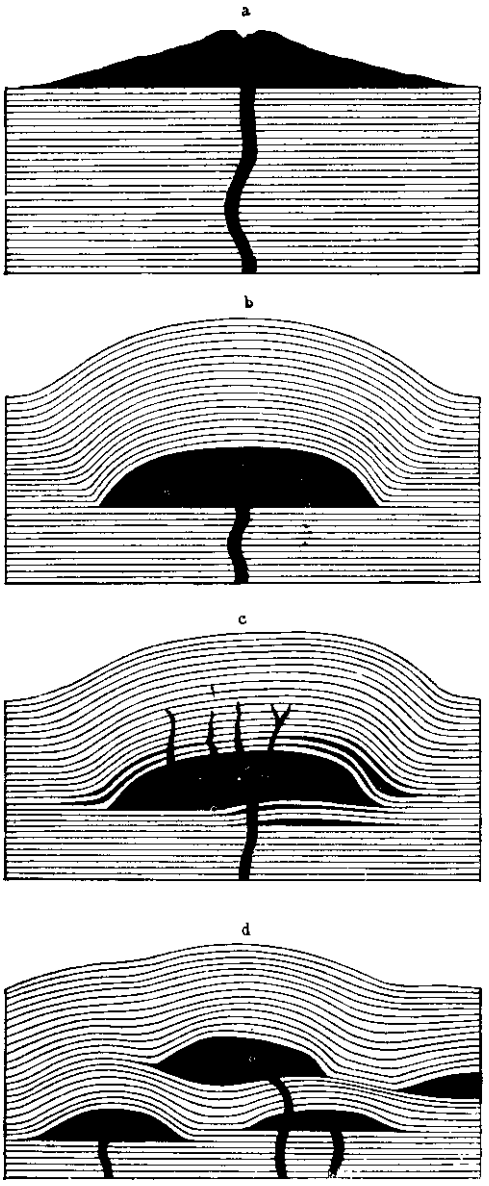



Рис. 214—217. **Схематические разрезы: a) обыкновенного вулкана, b) простого лакколита, c) лакколита с отпрысками, d) группы локколитов** (по Жильберту)

Самой любопытной особенностью Евганейских гор является обнаженное основание вулкана. Наиболее глубоко залегающая порода,—олигоклазовый трахит,—выходит на дневную поверхность у Фонтана Фредда. Выше лежат падающие на северозанад пласты верхнеюрских известняков. На протяжении 2—3 туфов от места соприкосновения с трахитом они постепенно переходят в светлые зернистые мраморы; чем ближе к трахиту, тем явственнее это превращение: трахит метаморфизовал и располагающиеся над ним осадочные породы. Чтобы внедриться в известняки, он должен был уклониться от главной жилы, питавшей вулкан. На верхнеюрские известняки налегают меловые и эоценовые отложения. Первые опять содержат в себе изверженные массы, влившиеся в них сбоку. Ввиду этих фактов наше представление о вулкане должно существенно измениться. Мы видим, что жила, питающая вулкан, далеко не всегда обладает такой простой формой, как у вулканического конуса, лежащего на возвышенной равнине Колорадо (см. рис. 213 и 214 (a). Часто на различной высоте лавовые массы в виде пластовых жил разливаются в стороны и, проникая слоистые породы, видоизменяют их на местах соприкосновения.

Огромные интрузивные (глубинные) образования Северной Америки, описанные *Жильбертом* нод именем лакколитов, но существу сходны с описанными выше изверженными массами Евганейских гор. Это глыбы трахита, обладающие формой куполов, или караваев; они располагаются между слоистыми породами, которые в свою очередь представляют выпуклость, равномерно падающую во все стороны. Разрез такого лакколита представлеп па рис. 215 (b). Иногда порода, прикрывающая лакколит, прорезапа сетью радиально расположенных трещип, заполненных трахи-

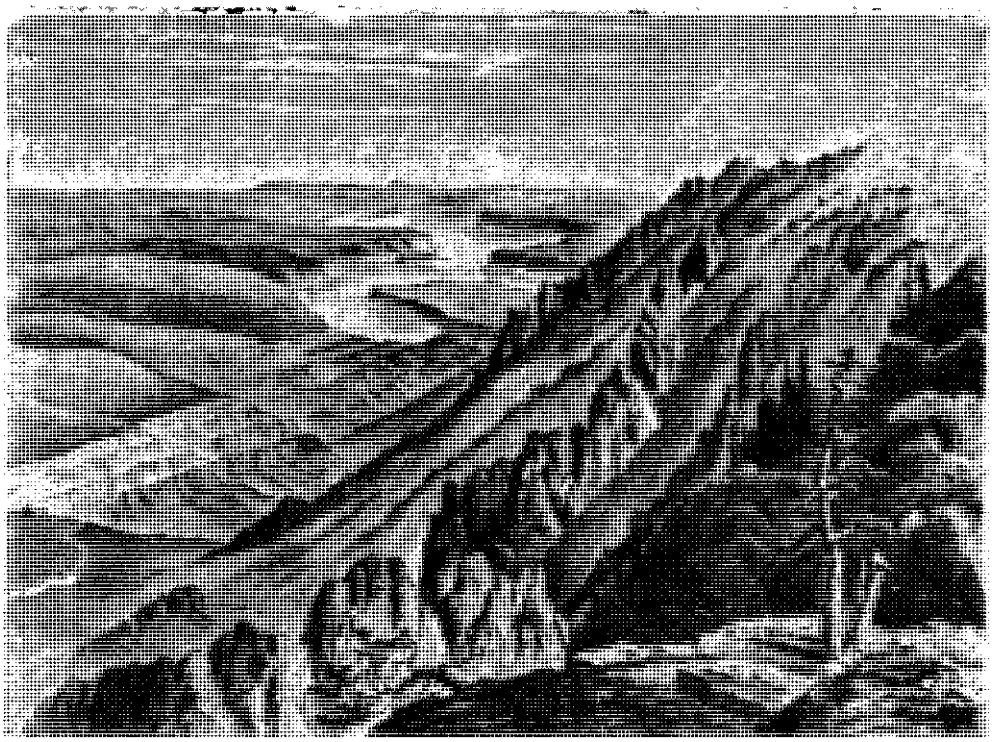


Рис. 218. **Лакколит Мунд Эльсуорт. Гора образована трахитом, налево вдали — приподнятые осадочные пласты** (по Жильберту)

товой массой (рис. 216, c). Выше эти жилы изливаются в другие лакколиты; последние связываются таким образом в группы (см. рис. 217, d). При обычных условиях на поверхпости видны только купола осадочных пород и никакого следа лежащих под ними трахитов; только благодаря разрушительной деятельностн воды, мороза и др., эти купола в течение многих миллионов лет постенепно разрушаются и обпажают свои глубокие части. По мнению Жильберта, разрушительные силы не только могли уничтожить прикрывающие лакколит третичные отложения, мощностью в тысячи футов, но даже смыть все отложения от верхнемеловых до каменноугольных. Таким именно образом и обнажилось большинство лакколитов. Так как трахиты сравнительно с песчаниками и сланцами менее ноддаются разрушительному действию воды, то часто нриходится наблюдать горы, трахитовая вершина которых окружена более низкой оболочкой слоистых пород, падающих в разные стороны (см. рис. 218). На рис. 219 представлена схема

горы Эльсуорт, изображенной также на рис. 218. Рис. 219 представляет участок, вырезанный с поверхности, с боковыми ребрами до 4000 м в высоту. Поверхность *aa* представляет лакколитовый купол в том виде, как он должен бы был нредставиться нам до начала разрушения. Таким образом, впрочем, изображена только задняя половина, спереди же виден лакколит, обнаженный действием разрушительных сил.

Лучше всего изучены лакколиты гор Генри (Henry Mountains) в южной части штата Утах. К числу их относится и описанная выше гора Эльсуорт. Это пять одиноких массивов, стоящих на возвышенной равнине (1500 м); высшая вершина их гора Эллен поднимается до 3429 м. Лакколиты располагаются группами друг возле друга и один на другом и составляют ядра этих гор. В горе

Рис. 219. **Схема лакколита Эльсуорта** (по Жильберту)

Эллен содержится около 30 лакколитов, в горе Гольмеса — 2, в горе Эльсуорт — только один. Они залегают среди отложений различных систем — от каменноугольной до меловой, но по времени своего образования относятся к более позднему времени. Наибольших размеров достигает лакколит Хиллера, обнажепный до половины. Высота его 2000 м, а поперечник основания — 6,4 и 5,6 км. Другие лакколиты обладают меньшей величиной и в некоторых случаях достигают только очень незначительных размеров*. У горы Геспер в области Сиерры

* Нечто подобное американским лакколитам представляет группа одиноких гор, выдвигающихся около Пятигорска и в его ближайших окрестностях. Светлый кварцевый порфир прорезает здесь меловые и третичные отложения. Последние пластуются спокойно и образуют почти горизонтальные слои, но вблизи выходов порфира испытывают сильные нарушения и сдвиги. В некоторых из этих гор порфир образует вершину, например на горе Бештау, Железной, Развалке, Куме, Змеевой, Кабане, Шелудивой, Верблюде, Быке, Джуце. На других горах,— на Юце, Машуке и Лысой, порфиры не выходят на поверхность, и вершина состоит из меловых известняков. В одних случаях порфиры непосредственно выступили на поверхность (Бештау, Бык, Железная и др.), в других — они обиажились вслед-

Лаплаты (в юго-западной части штата Колорадо) Гольмес наблюдал чрезвычайно любопытный лакколит, который дает ряд жил, распространяющихся в стороны между пластами меловых отложений. В лакколите Испанского Пика (Spanish Peak), который описан Эндлихом, видны не только боковые разветвления, но и целая сеть жил у вершины. Некоторые из этих жил вылились на дневную поверхность. Если в слоистые породы внедряется не трахит, а жидкая легкоподвижная основная магма, то она уже не принимает формы купола, или каравая, а распространяется на большом протяжении. Точно так же и основная лава на дневной поверхности разливается широкими покровами и не образует коротких мощных потоков. В глубине осадочных пластов такая магма распространяется в виде пластовых жил. Пример таких образований, уже издавна известных в Европе, дан на рис. 220. На месте соприкосновения с базальтом пласты песчаников, сланцев и известняков метаморфизованы: изменения, наблюдаемые как в выше-, так и нижележащих пластах, показывают, что базальт влился в них и что разные части пластовых жил образовались не одновременно.

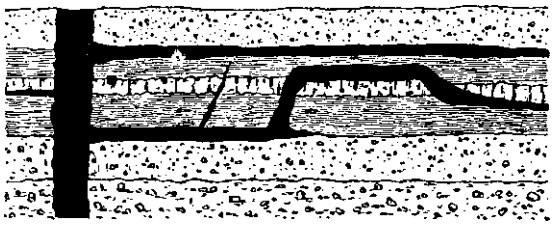


Рис. 220. **Базальтовая жила о-ва Скай с боковыми ветвями, залегающими между пластами песка и известняков** (по Юдду)

В ряду глубинных образований последнего рода едва ли не самым громадным является так называемый *Уин Силль*. Это базальтовые жилы, залегающие в нижнем отделе каменноугольной системы Нортумберлэнда. С незначительными перерывами они простираются на протяжении от 120 до 130 км и достигают мощности до 23 м и больше. Залегая между пластами каменноугольных известняков, песчаников и сланцев, они не сохраняют неизменным своего простирания и, подобно представленным на рис. 230 базальтам острова Скай, то поднимаются вверх, то опять надают вниз. По измерениям Топлея и Лебура эти колебания происходят в пределах около 520 м в высоту. Базальты Уин Силля рассматривались прежде, как покров, вылившийся в период образования каменноугольных известняков. Но когда было доказано многократное восхождение и онускание его и замечеи метаморфизм окололежащих пород, глубинный характер его был

---

ствие размывания прикрывавших их пород (Бык). Все эти горы образовались, вероятно, одновременно в конце третичного периода, а может быть и позже. На местах соприкосновения с порфиром меловые известняки метаморфизированы, но далеко не во всех случаях и не более, как на несколько дециметров. Последнее указывает, видимо, на невысокую температуру тугоплавких тягучих пород, образовавших лакколиты Пятигорска.

На южном берегу Крыма у Гурзуфа и далее по направлению к Алуште располагается другая группа куполообразных гор. В ряду их выделяются по своей величине: Аюдаг, Чамлы-Бурун, Урага и Кастель. Нарушение около лежащих сланцев и следы метаморфизма их заставляют считать эти вулканические купола также лакколитами.

Любопытный лакколит был открыт в 1894 г. проф. А. А. Иностранцевым в Алтайском округе на реке Тельбес, в том месте, где в нее впадает р. Мундыбаш. Этот лакколит, образованный массами порфирита, не только приподнял располагающиеся над ним красноцветные слоистые породы, но местами и прорвал их; таким путем и возникли порфиритовые жилы, прорезающие эти образования.— *Примеч. пер.*

признан несомненным. Впрочем, образование лакколитов приписывали прежде массовым излияниям, происходившим во время образования смежных осадочных пород. Процесс представлялся в следующем виде: малоподвижные лавы выливались на дне моря, образовали караваеобразные возвышения на поверхности горизонтальных осадочных пластов и были впоследствии покрыты позднейшими отложениями. Новые притоки густой малоподвижной магмы поддерживали высокую температуру вылившейся массы, которая и произвела изменения в породах, располагающихся около лакколита.

Против последнего предположения говорит целый ряд фактов. В слоистых породах, расположенных над лакколитами, нет обломков трахита, который неминуемо должен был бы находится в них, если бы и в самом деле породы эти отлагались на поверхности только что вылившейся магмы. Далее,—трахиты, образующие лакколит, не заключают в себе туфов и не обнаруживают следов пузыристого строения, что было бы прямо невозможно, если бы магма изливалась на морское дно. Постановка пластов, покрывающих лакколит, также исключает последнее предположение. Еще решительнее говорит против него контактовый метаморфизм вышележащих слоев. Мы знаем, что поверхность лавового потока застывает чрезвычайно быстро, хотя внутри и продолжает сохраняться высокая температура. Застывшая кора, как плохой проводник тепла, исключает возможность метаморфизма даже в том случае, если температура вылившейся массы будет поддерживаться новыми притоками из глубины. Наконец, самым важным доводом является следующий: трахитовые лакколиты представляют всюду одинаковый состав, независимо от того, располагаются ли они в каменноугольных, юрских или верхнемеловых отложениях. Но ни один вулкан не выбрасывал лав одинакового состава даже со времени миоценовой эпохи и до наших дней. Тем не менее можно допустить, что на протяжении такого огромного промежутка времени, какой отделяет каменноугольный период от мелового, трахитовая магма лакколитов не претерпела изменений. Несомненно, что лакколиты должны были образоваться в относительно недолгий промежуток времени, а потому и не могли выливаться на поверхность пород, осаждавшихся в разные геологические периоды.

Ввиду вышеприведенных соображений время образования лакколитов должно отнести к той эпохе, когда процесс осаждения прорезанных ими пород вполне закончился, т. е., по крайней мере, к концу третичного периода: они внедрились в готовые уже пласты песчаников и сланцев и приподняли их. В некоторых случаях породы, прикрывающие лакколит, давали трещины, и магма изливалась на дневную поверхность. Глубинные образования наблюдаются и около жил, питавших вулканы; они представляют их боковые ветви и как бы в виде клиньев внедряются в прорезанные жилой породы. Смотря по составу магмы и по степени ее подвижности, они обладают формой куполов или же распространяются в виде тонких пластовых жил.

Обратимся теперь к самым жилам, питающим вулкан. Известно немало местностей, где между изверженными породами располагаются сильно размытые штоки (округлые глыбы) кристаллически-зернистых пород. Это—массы, заполнившие трещину, через которую вулкан получал свою лаву. Одну из областей, богатых такими образованиями, представляют внутренние части Гебридских островов, где широко распространены

мощные базальтовые покровы в роде исландских. На островах Мулл, Арднумаргэн, Рум и Скай, в таких покровах залегают четыре гранитных массива; они располагаются вдоль линии, идущей с севера на юг на протяжении 88 км и представляют ядра больших древних вулканов. Как показали исследования Гейки и Юдда, в связи с этими ядрами стоят чечевицеобразные плотные пропилитовые массивы, образующие их боковые ветви и внедряющиеся в мезозойские отложения. Глубинный характер их был доказан Юддом уже в 1874 г. Каждое из гранитных ядер было позднее прорезано основной породой габбро. Гранитным штокам соответствуют на поверхности кислые лавы, а штокам габбро — базальтовые потоки. Отсюда ясно, что одна и та же магма на поверхности образует *стекловатые* или *кристаллически-стекловатые породы*, а в глубине приобретает при застывании *кристаллически-зернистое* строение. Под влиянием высокого давления, господствующего в глубинах, магма вполне выкристаллизовывается и дает породу, состоящую из кристаллов или кристаллических зерен. Поглощенные ею пары и газы выделяются только в ничтожной степени и образуют в кристаллической породе микроскопические включения, наполненные газами и жидкостями.

Подобные же образования мы находим в Предаццо в Южном Тироле. Со времени Леопольда фон Буха эта местность приобрела огромную известность среди геологов и вызвала целый ряд исследований. Валь Травиньоло оказался вулканом триасового периода. Окрестные горы образованы триасовыми отложениями и изверженными породами,— гранитом, сиенитом (монцонитом), ортоклазовым порфиром и мелафиром. По характеру залегания этих пород и по расположению жил можно предположить, что они относятся к одному и тому же периоду деятельности вулкана. Основание гор Мулатто и Доссо Капелло состоят главным образом из сиенитов и гранитов. Над ними залегают триасовые известняки, превратившиеся в мрамор на месте соприкосновения с массивными породами и заключающие здесь множество разнообразных минералов. От этого центрального штока идут жилы сиенита и мелафира, внедряющиеся в триасовые отложения. На вершинах окрестных гор видны мелафировые покровы. Они располагаются на триасовых известняках и представляют остатки лавовых потоков. Между осадочными породами триасового периода встречаются мелафировые туфы. Таким образом и здесь изверженные породы стоят в тесной связи с кристаллическими массивами, которые застыли в глубине трещины, питавшей вулкан.

В северной Чехии на Эльбе, у Ронгштока, залегает глыба основной породы: здесь связь между изверженными и глубинными породами менее очевидна, но предположить ее возможно. Как показал Хибш, в том же месте залегает на глубине основная вполне кристаллическая порода; она прорезает меловые и нижнетретичные отложения, которые метаморфизованы ею на огромном протяжении. Это, по-видимому,— остаток жилы, доставившей на поверхность часть базальтов Чехии.

В некоторых случаях размывание обнажает еще более глубокие части. Все породы, залегавшие на поверхности, исчезают, и перед глазами исследователя выступают кристаллические глубинные образования,— граниты, сиениты или диориты. В тех местностях, где располагаются целые ряды вулканов, разрушенных до обнажения самых глубоких частей их, можно видеть, что жилы, питавшие эти вулканы, сообщаются между собой и образуют один пояс. Подобные глубинные

породы мы находнм в Банате между немецким Бокшаном и Молдовой; они располагаются вдоль трещины, достигающей 78 км в длину, и распадаются на отдельные удлиненные участки, которые, по-видимому, нредставляют один пояс. Наконец, сиенитовые горы у Брюнпа (Брно) в Моравии представляют конечную стадию разрушения. Как выразился Зюсс, подобные гранитные массивы нредставляют только как бы рубцы, оставленные на земной поверхпости исчезнувшими вулканами.

Исследуя процессы разрушения вулканов, мы можем установить правильный взгляд на происхождение некоторых глубинных горпых пород, выступивших ныпе на дневную поверхность. Внервые нодобными исследованиями занимался *Юдд*. Однако многие из известных нам глубинных пород гранитового типа с трудом поддаются объяснению. Громадное большинство их представляет неправильные округлые или эллиптические формы. Залегая в кристаллических сланцах и слоистых горных породах древнейших периодов они метаморфизуют вышележащие пласты, изливают в пих жилы и дают отроги. Такие гранитные штоки встречаются в Вогезах, в Чешском Массиве, в Гарце, в Ирландии и Шотландии, в Норвегии, в Альнах и во многих других местностях. Во многих отпошениях они представляют сходство с лакколитами и, действительно, некоторые из них могут быть отнесены к этой группе глубинных образований. Они отличаются от лакколитов только своей огромной величиной. Внутри земной коры возможны нарушения, так сказать, раздвигающие соседние породы. Образующиеся таким образом пустоты могли заполниться гранитной массой, которая метаморфизовала прикрывающие ее нороды и образовала жилы в ее трещинах. Таким образом возникает другая форма глубинных образований, так называемые *батолиты*. К этой группе, по-видимому, и относятся упомянутые выше гранитные массивы. Если в вышележащих нородах образуются трещины, то, под давлением оседающих масс, магма может выделиться на поверхность в виде лавы *.

Если исследования, начатые Зюссом, продолжатся и прольют хотя некоторый свет на образования таких гранитных массивов, то все вулканические явления могут нредстaвиться в совершенно новом свете.

## Причины вулканических явлений

Мы познакомились со строением, деятельностью и географическим распределепием вулканов, разобрали процессы их образования и разрушения. Теперь мы должны выяснить причипы вулканических явлений. Вернер не придавал последним особенно широкого значения и рассматривал их, как явления местные. Наоборот, плутонисты связывали деятельность вулканов с огненно-жидким состоянием внутренних частей земного шара. По их мнению, толщина земной коры выражается только

---

* Совершенно особый вид глубинных пород представляют финляндские «раппакиви» (гнилой камень), широко распространенные также и на Аландских островах. По мнению *И. Седергольма*, эти породы заполнили углубления, образовавшиеся между плоскостями радиальных сбросов. Седергольм предлагает назвать их *тафролитами* (от греческого слова τάφρος — ров, Graben, сбросовая впадина).— *Примеч. пер.*

несколькими милями. Иногда расплавленная масса прорывает эту оболочку и производит извержение. Эта теория приобрела немного сторонников. В предыдущих главах мы уже видели, что земная кора достигает значительной толщины. Отсюда все следствия плутонистов падают сами собой.

Воззрения этой школы уступили место теории Ляйэлля. Последний предполагал, что очагом вулканической деятельности являются верхние области земной коры и что лава происходит вследствие плавления слоистых горных пород. В некоторых местах осадочные образования достигают значительной мощности, температура нижних слоев, располагающихся сравнительно ближе к раскаленному ядру, должна быть очень высокой и даже достигает точки плавления их. Присутствие воды в осадочных породах облегчает переход последних в огненно-жидкое состояние.

Но и эта гипотеза не выдержала строгой критики. Ниже мы увидим, что осадочные породы при сходстве их внешней формы, обладают чрезвычайно различным химическим составом. Наоборот, массивные горные породы, несмотря на разнообразие минералов, их образующих, в общем сходны по химическому составу. Основываясь на этом факте, *Рихтгофен* указал впервые, что лавы не могли возникнуть вследствие плавления столь разнообразных осадочных пород.

Другое объяснение было предложено *Маллетом*. Он старался доказать, что лавы образуются исключительно за счет той теплоты, которая освобождается при работе. Вследствие охлаждения и сокращения ядра земли, кора лишается в некоторых местах опоры и оседает. Под влиянием давления вышележащих масс, горные породы раздробляются, совершаемая при этом работа превращается в теплоту, которая и плавит горные породы. Вода, содержащаяся в последних, превращается в пар, который своим давлением выгоняет лаву на поверхность. Свои теоретические соображения Маллет пытался подтвердить вычислением и опытом. И то, и другое, по-видимому, оправдало его объяснения. Маллет нашел, что самые крепчайшие горные породы раздробляются уже при отягощении их 14 тоннами (14 тысячами кг) груза на 1 кв. дюйм. Ошибка заключалась в следующем: опыты производились над отдельными небольшими каменными кубнками, в природе же каждая горная порода представляет огромную сплошную массу. Влияние последней на крепость было упущено из виду. С другой стороны, совершенно неосновательно предполагалось, что оседание горных пород происходит мгновенно; на самом деле этот процесс совершается чрезвычайно медленно.

Прежде, чем перейти к объяснению вулканических явлений, необходимо их точно отграничить. Предметом нашего рассмотрения будут только те явления, которые происходят в кратере во время извержения. Мы должны выяснить, чем обусловливается разнообразие деятельности вулкана и почему по окончании извержения деятельность его через некоторое время возобновляется. Наконец, мы должны ближе познакомиться с первоначальным возникновением огнедышащих гор.

Часто извержения носят характер взрывов и сопровождаются шумом, сотрясением почвы и выбрасыванием огромных количеств паров и пепла. При взрывах лавовые массы раздробляются и образуют бомбы; последние размельчаются даже в вулканическую пыль. Особенно стремительные извержения сопровождаются обвалом кратера или образованием котловины. Наряду с этим происходят извержения другого типа. Они выражаются главным образом в простом излиянии лавы, без землетрясений и шума и даже без выделения рыхлых продуктов.

Ближайшей нричиной извержения являются *пары* и *газы*, выделяемые лавой. Постараемся сначала выяснить, откуда они берутся. Как ноказали *Анжело, Чермак* и *Рейер*, уже во время образования земли огненно-жидкие массы ее были нропитаны газами. Но наряду с этим масса обогащается нарами и газами также во время восхождения ее на поверхность земли. Вода проникает через трещины в горных породах, и еще в большей стенени вследствие капиллярности и диффузии. Находясь под сильным давлением, она достигает глубочайших областей и легко поглощается магмой. Как ноказали опыты *Добрэ*, такой нроцесс физически возможен; он, кроме того, подтверждается целым рядом наблюдений. Мы уже знаем, что значительное большинство извержений на о-ве Гаваи происходит во время дождей: влага, пропитывающая горные породы, непосредственно поглощается магмой, которая и обогащается парами. Таким образом, магма получает пары и газы из двух источников; которому из них принадлежит преобладающая роль — в настоящую минуту решить невозможио. В большинстве случаев предполагается, что главная масса газов нриобретена магмой во время образования земли, но, как мы увидим ниже, влага, проникающая в лаву с поверхности, имеет огромиое значение при вулканических извержениях.

Обыкновенно нредполагают, что характер извержения стоит в связи с количеством наров, поглощенных магмой: чем больше их содержится в лаве, тем сильнее взрывы, сопровождающие извержение. Может быть, здесь имеет несравненно больше значеиия другое свойство лавы, именно, степень ее густоты: по крайней мере, *Дана* приписывает ему решающее влияние на силу взрывов. Жидкая подвижпая лава свободно выделяет газы и пары. Внутри нее скапливаются незначительные количества паров; вырываясь паружу, они могут произвести только слабое действие; комья лавы, увлеченные ими, поднимутся сравнительно невысоко и упадут обратно в кратер, находясь еще в раскаленном состоянии; раздробленне лавы в мелкую пыль невозможно. Примером могут служить вулканы Гаваи. Наоборот, густая, малоподвижная лава скоро покрывается на поверхности полузастывшей корой, под которой и собираются огромные количества паров. Разрывая ее, они производят сильные взрывы и дробят лаву в мельчайшую пыль.

Часто высказывалось предположение, что большая или мепьшая густота лавы зависит от количества паходящихся в ней паров и газов, но Даиа связывает это свойство с составом лавы, и видит его причину в большей или меньшей легкоплавкости образующих ее минералов. Кислые трахитовые массы состоят из тугоплавких минералов. Той температуры, которая приводит их в полужидкое состояние, достаточио, чтобы сообщить полную подвижность частицам базальтов, образованных легкоплавкими минералами. При остывании внутри земной коры или на поверхности, подвижность последиих уменьшается сравнительно немиого: кислые же лавы, если начальная температура их была такова же, переходят в тягучее состояние. Отсюда несомненна связь между характером извержений и минералогическим составом лав.

Породы, образовавшие конус вулкана, и форма кратера также оказывают влияиие на характер извержения. Большой глубокий кратер открывает беспрепятственный выход парам; наоборот, если кратер местами сужается, то пары скапливаются в лаве и, вырываясь наружу, повышают папряженность взрывов. С другой сто-

роны плоский вулкан, образованный лавой, оказывает при взрывах более значительное сопротивление, чем крутой конус, состоящий из рыхлых туфов.

Иногда на характер извержения оказывает значительное влияние вода морей или озер, проникающая в лаву. Примером может служить извержение Кракатау и Тараверы. По Фербеку и Юдду — несмотря на некоторое различие предложенных ими объяснений — причиной первой катастрофы является морская вода, встретившаяся с лавой. Последнее было, в свою очередь, обусловлено незначительной высотой кратера, который едва приподнимался над поверхностью моря и рядом взрывов был окончательно обрушен. Даже в течение первой фазы извержения сила взрывов определялась притоком морской воды. Точно также можно почти с полной уверенностью допустить, что все особенности извержения Тараверы находятся в связи с провалом Ротомаханы и других озер. Наконец, обильное выделение паров и грязи Гунунгом Гелунунгом произошло, благодаря присутствию в кратере озера.

В известных случаях сила извержения стоит в связи с высотой барометра. Когда понижается давление атмосферы, то газы, находящиеся в лаве, встречают меньше сопротивления, и напряженность извержения повышается. Существование такой связи между давлением атмосферы и деятельностью вулкана несомненно доказано для Стромболи, и нет никакого основания думать, что другие постоянно и умеренно действующие вулканы представляют исключение. Что касается сильных вулканических взрывов, то незначительные изменения атмосферного давления не могут оказывать на них влияния.

Перейдем теперь к рассмотрению причин, которые возбуждают вулкан к новой деятельности после более или менее продолжительных периодов покоя. Каждое большое извержение как бы истощает на известное время силу вулкана. Наступает перерыв, продолжительность которого нередко стоит в связи с силой предыдущего и последующего извержения. После этого лава онять поднимается вдоль трещины, питающей вулкан, и достигает, наконец, тех областей, где газы и пары, заключающиеся в ней, могут уже преодолеть внешнее давление; происходят первые взрывы и сотрясения земли, кратер расширяется, прибывают новые количества лавы, и извержение представляет далее уже известную нам картину. По окончании его лава опять удаляется в более глубокие области. Этот круговорот явлений,— поднимание лавового столба, извержение его и опускание — наблюдается, как у спокойно действующих вулканов, вроде Килауеы или Мауны Лоа, так и у вулканов типа Везувия, сильные взрывы которых перемежаются периодами покоя. Широкое распространение гейзеров во многих вулканичных областях и обильные излияния лавы вдоль трещин в Исландии приводят к выводу, что по окончании извержений лава сохраняется в расплавленном состоянии в относительно неглубоких частях земной коры. Какие же силы заставляют ее время от времени выливаться на дневную поверхность?

По общераспространенному взгляду, это делает просачивающаяся сверху вода. Прежде главную роль приписывали морской воде, вероятно ввиду того, что большинство вулканов располагается на берегу моря. Но близость моря или больших внутренних озер вовсе не является необходимым условием образования вулканов. Не говоря уже о центральноазиатском вулкане Байшане и вулкане у Мергена в Манчжурии, в существовании которых вряд ли можно сомневаться, но

которые, впрочем, мало еще исследованы, достаточно бросить беглый взгляд на вулканы Америки. Вулканы восточного ряда Экуадора, Котопахи, Антизана и др. лежат в 30 милях от моря и отделяются от него горной цепью, до 6000 м в высоту; Толима и гора Худ отдалены от моря на 40 миль. Попокатепетль в Мексике располагается в 33 милях от берега, недавно образовавшийся вулкан Ахуско в 36 милях, а Пунмахуидда на Лаплате даже в 50 милях. Не менее удалены от океана некоторые вулканы Перу и Боливии. Вулкан, лежащий на возвышенной равнине Уипкарет в Аризоне, отстоит от моря более чем на 70 миль. Если бы мы нашли вулкан около Вены или Констанца, то было бы довольно трудно связывать его деятельность со Средиземным морем. Точно также вулкан, стоящий у Готы, невозможно было бы ставить в связь с Северным (Немецким) морем. Между тем расстояния, отделяющие американские вулканы от берега, не меньше. Приведенные факты показывают, что близость океана вовсе не является необходимым условием существования вулканов и что, во всяком случае, нет оснований говорить о непосредственном притоке морской воды к очагу вулканов. Несмотря на это, большинство вулканов располагается вблизи больших водоемов, и если мы находим среди материка много потухших вулканических гор, то во многих случаях уже доказано, что во время их деятельности располагалось невдалеке море или большое озеро, в других случаях такой вывод представляется весьма вероятным. Это совпадение нельзя считать случайным и, как мы увидим ниже, между вулканом и морем существует связь, но совсем иного рода, чем думали до сих пор.

Предполагая, что главная масса газов и паров, выделяемых вулканом, образуется из морской воды, ссылались на их состав, который считали тождественным с составом морской воды и растворенных в ней солей. Последнее, однако, оказалось совсем неверным. Присутствие огромных количеств углекислоты среди газов, выделяемых вулканом, остается необъяснимым. Также трудно понять происхождение борной кислоты, в некоторых случаях образующейся в больших массах; наконец, попытка связать медь, свинец и др. продукты возгонки со следами этих веществ в морской воде не может считаться удовлетворительной. С другой стороны, бром и иод, в значительном количестве встречающиеся в море, не играют почти никакой роли в продуктах возгонки.

В рассматриваемой теории много и других ошибок и неясностей. Нет никакого основания думать, что большие количества морской воды уходят в глубину: это было бы возможно только в том случае, если бы дно моря всюду было покрыто отверстиями, отводящими воду в сторону, а такое предположение совершенно невероятно. В местностях, которые образованы известняками со множеством трещин, вода, выпадающая в виде дождя, гораздо легче проникает в глубину, чем на дне моря, где трещины закрыты свежими осадками. Если бы огромные количества соленой морской воды и в самом деле циркулировали в трещинах горных пород, то было бы не понятно появление на небольших островах пресноводных ключей, которые питаются водами близлежащего материка. Нельзя оспаривать, что при известных условиях морская вода может встретиться с лавой так же, как и пресная, но нет оснований приписывать первой главную роль при извержениях и видеть в ней первоначальную причину вулканических явлений: по крайней мере, в деятельности некоторых вулканов, расположенных

даже среди моря, морская вода не имеет большого значения. Примером может служить остров Гавайи. Дана показал, что огромное число извержений (7 из 8) приходится на дождливое время года, когда почва влажна. Таким образом извержения обусловливаются той влагой, которая заключается в горных породах, и вода, пропикающая в лаву из атмосферы, играет значительно большую роль, чем вода океана.

К расплавленной лаве совершается непрерывный нриток воды, а на больших глубинах — наров и газов. Вследствие чрезвычайно сильпого давления, действующего со всех сторон, последние не могут удаляться и поглощаются магмой. Унругость их постепенно увеличивается, преодолевает, накопец, внешнее давление и нроизводит извержение. Таким образом взрывы вулканической деятельности представляют явление, подобное гейзерам. Периоды покоя вулканов различны, так как после каждого извержения изменяется форма внутреннего канала, закрываются прежние пути, по которым двигалась лава, и открываются другие — словом, создаются совершенпо новые условия.

Высказывалась догадка, что после землетрясений происходит усиленный приток воды к лаве по новым трещинам, чем и обусловливается повторение извержений. Таким именно образом пытались объяснить извержепия Кракатау. Конечно, такие процессы возможны, но не имеют широкого и общего значения, так как многим, даже очень сильным извержепиям вовсе не нредшествовали землетрясения. Вообще, в этом вонросе очень трудпо отделить причипу от следствия, т. е. отличить извержения, вызвавшие землетрясения, от таких изверженнй, которые являются следствием землетрясения. Во всяком случае, землетрсясения могут восстановить древние закрытые трещины и способствовать усилению извержения, которое ими сопровождается.

Описанными процессами (т. е. действием газов и паров) можно объяснить те извержения, в которых работа нодпимающейся лавы выражается только в преодолении собственной тяжести и в открытии кратера. Но не следует забывать, что при некоторых извержениях производится значительпо бо́льшая работа. Так, например, Везувий во время извержения в 79 г. но Р. Х. выбросил глыбы известняков, образующих Анепнинские горы, следовательпо прорвал где-то горную породу, залегающую в его основании. При подводном извержении вблизи Пантеллярии лава стремилась открыть прежние ее пути на острове и приподняла прибрежную полосу длиной в 10 км. Только год спустя, в 1891 г., после нового подпятия берега, она вылилась значительпо далее к северо-востоку, уже на дне моря. Приписывать такую огромную работу исключительно парам мы не имеем достаточных оснований. Отсюда возникает вопрос: пе принимают ли участия в подобных извержениях — особепно после нериодов долгого нокоя — те силы, которыми обусловливается нервоначальное возникновение огнедышащих гор?

Выяснение сущности этих сил составляет одну из важнейших, но и самых трудпых задач учения о вулканах. Всякая теория возпикновения вулканов должна считаться с фактом, что вулканы сосредотачиваются на тех трещинах, которые стоят в близкой и тесной связи со строением гор. Мы встречаем вулканы преимущественно у окраин гор, в так называемых областях опускания, каковы, например, долина р. По к югу от Альп, Венгерская равнина у Карнатских гор, Тиррентское море у Апеннин, наконец, Эгейское, Карибское и

Японское моря. Большинство вулканов лежат на краях таких впадин. Так как вода стремится занять наиболее низкие места земной поверхности, то в областях опускания образуются часто моря или озера. Отсюда вулканы и располагаются в большинстве случаев вблизи больших водоемов. Выше уже указывалось, что области опускания, обладают различной формой. Иногда они представляют длинные узкие сбросовые впадины, подобные той, которую мы встретили в Восточной Африке и продолжением которой служат Красное и Мертвое моря. Иногда они изогнуты в виде дуги, как, например, в Средней Исландии, иногда представляют как бы котловины, как в Юго-Западной Исландии, иногда обладают неправильной формой, с самыми разнообразными очертаниями, какова, например, область опускания у южного края Карпатов. Весьма часто вулканы располагаются у продольных сбросов, идущих параллельно обрывам длинных складчатых гор. Они встречаются также и на поперечных трещинах, и на местах скучивания горных цепей. В некоторых равнинах линии сбросов обладают неправильным расположением; в таком случае и вулканы группируются в беспорядке. Примером могут служить возвышенные равнины западных частей Северной Америки. Иногда у главных сбросов, где обыкновенно и сосредотачиваются огнедышащие горы, не видно ни одного вулкана; последние располагаются вдоль небольших второстепенных трещин. Наконец, мы встречаем вулканы не только у краев впадин, а также и в середине их, равно как и на соседних участках, не изменивших своего положения. Наиболее разительным примером этого рода может служить сброс к югу от Рудных (Саксонских) гор, а также большая восточно-африканская сбросовая впадина. Но как бы разнообразно ни было расположение вулканов, оно всегда стоит в связи с областями опускания и с направлением главных горных систем.

С другим рядом чрезвычайно важных явлений мы познакомились, говоря о разрушении вулкапов. Издавна известные пластовые жилы и лакколиты, узкие жилы у возвышенной равнины Уинкарет, в которые лава вгонялась, как в инъецируемый анатомический препарат, поднятие берега Пантеллярии, явления, наблюдающиеся у Палентекепа — все это указывает на такую работу, которая не может быть приписана действию паров, поглощенных лавой. Конечно, трещины, через которые двигалась магма, образовавшая пластовые жилы и лакколиты, существовали раньше: пути были открыты, но не существовало ни широких расщелин, ни обширных пустот, так как и те, и другие должны были снова закрыться под давлением горных масс. Поднимающаяся магма расширила трещины и приподняла горные массы. Отсюда неизбежен вывод, что во многих случаях лавы не просто поднимаются по открытым трещинам, но вгоняются в них со страшной силой, вталкиваются, подобно клину, в земную кору. Плутонисты предполагали, что лавы обладают особой свойственной им способностью поднимать горные породы, но теперь известно, что лавы производят работу только до тех пор, пока в них существуют сдавленные пары. Сами по себе они не движутся, но вгоняются действием какой-то внешней силы. В признании этого и заключается отличие современных учений о вулканах от теорий плутонистов.

Вышеприведенные факты показывают, что теория, приписывающая происхождение вулкапов действию паров, не может считаться удовлетворительной. Дело не изменится, если мы даже допустим, что, кроме упомянутых выше источников,

обогащающих лаву газами, происходит выделение паров вследствие постепенного охлаждения земного ядра. Но, кроме того, теории пришлось считаться с целым рядом других затруднений, и главным образом с тем воззрением, по которому внутренность земли находится в нолузастывшем состоянии и потому не способна производить извержения. Последнее затруднение было устранено удачно; было указано, что отвердевшая, но накаленная магма должна немедленно перейти в жидкое состояние, как только образуется трещина и уменьшится вследствие этого давление. Но это не устраняло еще других возражений, не объясняло, например, периодичности извержений. Если восхождение расплавленной магмы но трещинам приписывать давлению газов и паров, то будет непонятно, почему истечение лавы, раз начавшись, вдруг прекращается. В ответ на это возражение указывали, что малоподвижные густые массы могут закрыть трещину и остановить извержение. Но такое явление возможно только в том случае, когда вулкан выделяет основные лавы; остановки деятельности вулканов, доставляющих на земную поверхность кислые лавы, остаются необъясненными. Но еще больше затруднений встречает разбираемая теория, когда ей приходится объяснить новое пробуждение деятельности вулкана, выбрасывающего густые малоподвижные лавы. Последнее, во всяком случае, должно сопровождаться раскрытием главной трещины, а это без землетрясения невозможно. Между тем даже на острове Гаваи, где вулканы выбрасывают только основные лавы, извержениям вовсе не предшествует сотрясение почвы.

Расположение вулканов у областей опускания и связь их со строением горных систем являются фактами нервостененной важности. В них мы и должны искать ключ к нониманию вулканических явлений. Как мы увидим ниже, появление гор можно рассматривать, как следствие постепенного охлаждения земли. Раскаленное ядро последней охлаждается и сильнее сокращается, чем холодная кора. Вследствие этого носледнян как бы съеживается и образует складчатые горы. При этом некоторые части земной коры оседают. Такие оседающие участки производят на магму сильное давление, заставляют ее подниматься вверх и удерживаться на высоком уровне, близко к поверхности. Если оседают весьма обширные участки земной коры, то может развиться чрезвычайно сильное давление: им и объясняются особенности залегания некоторых изверженных пород (например лакколитов). Особый вид подобных процессов представляет предполагаемое оседание горных масс под батолитами, объяснение которых сделано в предыдущей главе; впрочем, в настоящее время мы можем говорить об этих процесеах только в самых общих чертах.

Таким образом, вулканические явления должны рассматривать как следствие охлаждения и сокращения земли. Такое объяснение является наиболее вероятным, но мы не имеем еще возможности более или менее ясно нредставить себе эту связь и установить истинную нослеловательность явлений. Таким образом, несмотря на многочисленные труды выдающихся исследователей, вулканы представляют еще много загадочного.

Часто пытались предсказывать наступление извержений, руководствуясь теми явлениями, которые им обыкновенно предшествуют. Такими предвестниками служат землетрясения, высыхание колодцев в окрестностях вулкана, изменение свойств их воды, подземный грохот и раскаты, волнение на море. Иногда принималось даже в расчет положение Луны и высота барометра. Нельзя, конечно,

сомневаться, что проницательный наблюдатель, изучающий вулкан в течение долгого времени, может предсказать многие извержения, но опыт показывает, что всего чаще предсказанное извержение не наступает вовсе, и катастрофа происходит вдруг. Так, например, Пальмиери, в течение всей своей жизни следивший за Везувием, вечером накануне сильного извержения 1872 г. ушел из обсерватории в Неаполь, предполагая по всем признакам, что в эту ночь не может произойти какого-нибудь важного явления. Но прошло несколько часов, конус дал трещину сверху донизу, и огромные массы лавы вырвались из кратера. Вообще, все предсказания извержений, делавшиеся до сих пор, имели только одно следствие — они пугали окрестных жителей.

## 4. Землетрясения

Общий характер землетрясений.— Число землетрясений и их продолжительность.— Области землетрясений.— Действия, производимые подземными ударами.— Моретрясения.— Всемирный потоп.— Причины землетрясений.— Методы исследования землетрясений.

### Общий характер землетрясений

«Первое землетрясение, которое я пережил,— говорит Гумбольдт,— оставило во мне глубокое и своеобразное впечатление. Особенно в этом явлении поражает утрата врожденной веры в покой и неподвижность материка, твердых земных пластов. В противоположность воде, с раннего детства мы привыкаем считать незыблемой почву, на которой стоим. Все чувства утверждают это верование, и когда вдруг заколеблется почва, перед нами неожиданно выступают таинственные неведомые силы природы, движущие землю. Одно мгновение разбивает иллюзию всей прежней жизни. Мы не верим более в спокойствие природы, чувствуем себя перепесепными в область разрушающих неведомых сил, не доверяем более почве, на которой стоим»*.

Люди видят в землетрясении грозный источник бедствий и главным образом интересуются теми ужасными последствиями его, которые отражаются на жителях пострадавшей местности. Геолог смотрит глубже. Не смущаясь разрушением, гибелью людей и имущества, он исследует это явление природы и видит в нем одно из тех движений, которые способствуют хотя и медлениому, но непрерывному изменению земной новерхности. В остатках разрушенных жилищ его внимание нривлекают трещины стен, показывающие, как именно произошел обвал. Они позволяют ему судить о направлении и характере подземных ударов. Мы пойдем по этому пути и будем рассматривать землетрясения, как вид движеиия земпой коры, выясним их причины и геологические последствия. О том, как отражаются они на людях, их жилищах и т. п., мы упомяием только между нрочим, как о явлениях второстененных.

---

* «Космос. Опыт физического мирооnисания» Александра фон Гумбольдта, пер. с нем. Николая Фролова. М., 1866, 3-е изд., часть I, стр. 193.— *Примеч. пер.*

Строго говоря, под землетрясением следует разуметь всякое сотрясение почвы. Взрыв пороха, горный обвал, опускание кровли в выработанных пространствах рудников, движение по мостовой воза, нагруженного тяжестью,— все это вызывает сотрясение почвы, которые отличаются от настоящих землетрясений только причиной, их вызвавшей. Нередко люди бывали твердо убеждены, что в городе, где они живут, случилось землетрясение, но скоро оказывалось, что волнообразное дрожание почвы, напугавшее жителей, произошло вследствие взрыва порохового погреба. Оставляя в стороне все подобные явления, мы назовем землетрясениями только такие движения почвы, которые обусловливаются действием сил, скрытых внутри земли и не подлежащих непосредственному наблюдению. Землетрясения, понимаемые в таком смысле, могут происходнть от различных нричин. Выяснить последние в каждом данном случае и составляет задачу геолога.

Сила ударов бывает различна: страшные землетрясения разрушают кренчайшие здания и в одно мгновение превращают в груды развалин целые города. Почва колеблется, точно новерхиость волнующегося моря, огромные скалы обрываются с гор и, падая, все сокрушают па своем пути; море, более чем на тысячу географических миль кругом, приходит в волнение. Но отсюда иаблюдается целый ряд постененных переходов к слабому дрожанию, которое может быть замечено нри особенно благоприятных условиях, только разве в верхних этажах здапий, да и то при полиой тишине. В тех местностях, где часто происходят сильиые колебаиия земли, эти слабые дрожания не считаются даже землетрясениями: их называют «tremblores» в отличие от «terremotos», т.е. настоящих землетрясений. Наряду с такими слабыми дрожаниями, едва замечаемыми человеком, земная кора испытывает огромное количество ничтожпых трепетаний, которые могут быть доказаны только нри помощи самых чувствительных приборов (так называемых сейсмометров). Прежде эти явления тоже считались землетрясениями, и происхождение их приписывалось силам, действующим в глубине земли; этот взгляд отчасти сохранился еще и тенерь в Италии. Наоборот, *Мильн*, иа основании исследований, нроизведенных им в Японии, думает, что эти чрезвычайно слабые движеиия, так иазываемые дрожания, или трепетания («tremors»), следует приписать главным образом действию ветра и резко отграничить от землетрясений. Окончательно устаповить какой-нибудь взгляд на сущность этих любонытных движений почвы иевозможио, так как в настоящее время они объясняются чрезвычайио разиообразными способами. Но если бы даже и подтвердилось, что явления эти находятся в прямой зависимости от давления атмосферы, которая различно отягощает земную кору, смотря по состоянию барометра, то и в таком случае мы были бы слишком далеки от попимаиия их. Кроме этих дрожаний микросейсмические приборы отмечают еще третий род слабых колебаний почвы, которые Мильн пазывает «пульсациями»; последиий ученый приписывает их измеиенням силы тяготения и отличает от настоящих землетрясений *.

---

* Различие между колебаниями по их силе выражается в следующем: 1) Отдельные удары (secousses, Stosse), или *макротрясения* (Beben, terremotos), выражаются значительными разрушениями на поверхности; 2) *слабые колебания* (tremblores) замечаются людьми при особенно благоприятных условиях, при полной тишине или в верхних этажах зданий; 3) *нежные дрожания*, или *трепетания* (trépidations du sol, tremors), открываются микросейсми-

С давних времен известно, что перед землетрясениями животные часто приходят в какое-то волнение: птицы беспокойно кружатся, домашние животные явно обнаруживают страх, даже кроты, мыши и др. подземные обитатели покидают свои норы и выбегают на поверхность. Значительное большинство подобных явлений можно было бы приписать возбужденной фантазии, более чем когда-нибудь склонной к мистицизму, но свидетельства чрезвычайно многочисленны и принадлежат людям, вполне заслуживающим доверия, а потому сомневаться в действительности явления вряд ли возможно. Конечно, «бессловесные твари» не могут быть предрекателями, и причиной их беспокойства является, должно быть, слабое дрожание земли, предшествующее землетрясению: обладая острыми чувствами, животные ощущают его раньше людей.

## Число землетрясений и их продолжительность

Наблюдения, произведенные в Италии и в Японии при помощи чувствительных приборов показали, что слабые сотрясения почвы происходят очень часто. Без сомнения, то же самое обнаружится и в других странах, подверженных сильным землетрясениям, каковы: Греция, Малая Азия, Сирия или западный берег Южной Америки, если и там будут организованы правильные наблюдения над сейсмическими* явлениями. Но если даже оставить в стороне слабые колебания почвы, то и тогда придется причислить землетрясения к числу самых частых и распространенных явлений; мы считаем их чем-то необыкновенным, только потому, что живем в местности, где они случаются редко. Значительная часть Европы лежит в обширной области сейсмического покоя, которая тянется от западного берега Франции и Англии до озера Байкала. Несмотря на это в районе европейских государств происходит много колебаний, обыкновенно никем не замечаемых. Примером может служить Швейцария. Из каталога землетрясений, ежегодно выпускаемого *Фуксом,* видно, что в этой стране каждый год происходят незначительные сотрясения почвы. В самое последнее время Форель и Гейм производят там систематические наблюдения. Последние показали, что в 1880 г. произошло не менее 59 ударов, но не такой силы, чтобы этот год можно было считать периодом наибольшей сейсмической напряженности. Цифра кажется огромной только потому, что до начала наблюдений много слабых местных колебаний вовсе не замечали.

---

ческими приборами; отличительная черта их заключается в быстроте и периодической повторяемости во время одного и того же землетрясения; 4) *медленные колебания*, или *пульсации* (Oscillations lentes, Pulsation), выражаются медленным, неправильным и непериодическим наклоном и перемещением почвы; от предыдущих типов землетрясений они отличаются главным образом своей неопределенностью; 5) можно отличить еще особый род *микросейсмических колебаний* (Ondulations microsismiques), которые по своей медленности представляют сходство с «пульсациями», но отличаются от них не только своей непрерывностью (они длятся в течение нескольких часов и даже дней), но и определенным волнообразным характером движений почвы.— *Примеч. пер.*

* Все явления, сопровождающие землетрясение, называются *сейсмическими* (seisis, seisma, seismos — греческие синонимы, производимые от глагола seio — трясти и обозначающие в переводе «сотрясение»).— *Примеч. пер.*

Таким образом даже в Европе нельзя проследить каждое колебание земли. Отсюда понятно, что из числа всех землетрясений, происходивших в отдаленных и малокультурных странах, нам известны только немногие: легкие толчки, привлекающие у нас всеобщее внимание, проходят незамеченными в тех странах, где нередки сильные движения почвы. Долина Сан-Сальвадора в Центральной Америке, благодаря частым землетрясениям, получила среди окрестных жителей название «Кускутланы», что значит в переводе «висячая койка» (гамак). Но об отдельных подземных ударах, происходящих в этой местности до нас редко достигают известия. Таким образом мы знаем только о незначительном числе землетрясений, совершающихся на суше, а о колебаниях морского дна получаем лишь изредка самые неполные сведения. Несмотря на это, в период времени с 1850 по 1857 г. Клуге насчитывает не менее 4620 землетрясений. Фукс пишет: «С 1865 г. до конца 1873 г. я получил известия о 1184 землетрясениях, происходивших в 517 различных местах. Хотя Германия вместе с немецкой частью Австрии принадлежит к числу тех стран, где чрезвычайно редко происходят колебания почвы, но в этот период здесь наблюдались землетрясения в 94 различных местах. Из числа 1184 землетрясений далеко не все выразились единичными ударами, многие длились недели и месяцы и даже несколько лет. Каждый день этого девятилетнего периода ознаменован одним или даже многими сотрясениями почвы. С 1-го до 6 мая в г. Иокогаме чувствовалось 123 подземных удара, а после разрушения Баттанга в Китае 10 апреля 1871 г. землетрясения непрерывно продолжались в течение 10 дней, и почва колебалась точно корабль на волнах разбушевавшегося моря. Во время землетрясения на о-ве Гаваи, которое произошло в 1868 г. и длилось несколько месяцев, насчитано в течение одного марта более 2000 сильных сотрясений. Таким образом, нет дня, даже нет часа, который бы не был ознаменован землетрясением. Без преувеличения можно сказать, что поверхность земли непрерывно колеблется, и в каждый данный момент в той или другой части ее происходит землетрясение».

Мы уже упоминали, что отдельные удары происходят сравнительно редко; обыкновенно они следуют один за другим, отделяясь небольшими промежутками покоя. Часто землетрясение начинается одним или несколькими быстро следующими друг за другом сотрясениями, которые в течение немногих секунд производят страшные опустошения. Иногда главному удару предшествует несколько слабых сотрясений, иногда он является совсем неожиданно. Предвестником катастрофы на Хиосе был короткий и легкий удар, происшедший 3 апреля 1880 г. Опустошительному землетрясению в Чарльстоне 31 августа 1886 г. предшествовал шум, длившийся 12 секунд, затем последовал первый главный удар, а после небольшого перерыва — второй. Оба длились около 50 секунд. В следующие 8 секунд удары ослабели настолько, что были почти не чувствительны. Все грозное явление разыгралось в какие-нибудь 17 секунд. Но еще внезапнее была катастрофа в области Соммервилля, который лежал на расстоянии 20—30 английских миль к северо-западу от Чарльстона; многочисленные слабые удары продолжались до следующего года. Землетрясение в Загребе не имело предшественников. Земля вдруг пришла в волнообразное движение, которое длилось несколько секунд и произвело страшные опустошения. Хотя последующие колебания и сильно пугали жителей, но не достигали прежней силы и почти не причинили вреда. Такой же харак-

тер носило *Лиссабонское* землетрясение в 1755 г. (о нем см. ниже). Во время землетрясения в Южной Америке 26 марта 1812 г., уничтожившего г. *Каракас*, произошло в течение 20 секунд три сильных движения. Несколько медленнее было большое землетрясение в *Верном* 9 июня 1887 г. Главный удар произошел в 4 ч. 35 м. утра. Ему предшествовали слабые удары, происшедшие 5 минутами раньше и разбудившие все население города. За главным ударом последовал в следующие дни целый ряд более слабых сотрясений; постепенно ослабевая и отделяясь все большими промежутками покоя, толчки происходили в течение двух лет. Таким образом землетрясения длятся иногда несколько месяцев и годов, и число отдельных колебаний, их сопровождающих, бывает чрезвычайно велико. В отличие от отдельных ударов всякий более или менее продолжительный период колебаний почвы называется *периодом землетрясений*. Землетрясения в *Гроссгерау* в Гессене в 1869 и 1870 гг., в *Висне* в кантоне Валлис в Швейцарии, последние землетрясения в *Загребе*, *Беллюно*, на *Хиосе*, в *Чарльстоне*, в *Верном* (1887 г.) — могут служить примерами. Число отдельных сотрясений, их сопровождавших, измеряется тысячами. В виде исключения наблюдается, что наиболее сильные удары не совпадают с началом землетрясения. Так, например, во время землетрясения в Австрии в 1590 г. значительный удар чувствовался уже 29 июня, наибольшей же силы землетрясение достигло только в сентябре того же года.

Из числа известных нам землетрясений, выразившихся целым рядом последовательных колебаний почвы, едва ли не самым замечательным является землетрясение 1870 г. в *Фокиде* в Греции. Оно отличалось небывалой силой и длилось три года. Это землетрясение описано *Ю. Шмидтом*. Вследствие безучастного отношения населения к интересам науки в названном описании есть немало пробелов. Тем не менее общая картина этого явления чрезвычайно любопытна. Вот что пишет Ю. Шмидт:

«История насчитывает немного землетрясений, подобных тому, которое произвело опустошения в Фокиде; в самом уже начале оно достигало громадной силы и длилось затем более трех лет, сопровождаясь многочисленными и часто значительными сотрясениями. Многие открытые вопросы науки нашли бы блестящее разрешение, если бы образованный наблюдатель присутствовал там в течение всего времени и посвятил бы себя неутомимому изучению разнообразных, а подчас и опасных сейсмических явлений. Но этого не случилось; немногие факты, свидетелем которых привелось мне быть через четыре дня после начала землетрясения, ничтожны в сравнении с тем, что бесследно погибло для науки. 29 и 30 июля 1870 г. чувствовались землетрясения на о-ве Лисса. В то же время начались слабые колебания и в Греции; тем не менее уже в самом начале они охватывали огромную площадь. Вечером 31 июля почувствовалось первое значительное движение почвы. В Эвбее, Аттике и Пелопоннесе оно не достигало значительного напряжения, но в Фокиде и по силе, и по продолжительности носило угрожающий характер. Но никто не ожидал бедствия, так как вообще подземные удары здесь явление обыкновенное, опустошения же 1817 г. и 1861 г. были давно забыты. В следующую ночь стояла сильная жара, и люди спали на открытом воздухе. Потому-то число человеческих жертв и не было так велико, как могло бы быть зимой. Рано утром 1 августа около $2^3/_4$ часа почувствовался страшный вертикальный удар, за ним последовало сильное

вращательное и колебательное движение почвы, длившееся 15—20 минут. На этот раз не было слышно грохота, но впоследствии он происходил так часто, что даже не привлекал особого внимания. В несколько секунд Итеа, Ксиропидаги, Хриссо и Дельфы превратились в груды развалин, были также разрушены отчасти Арахова, Анфисса и несколько других местечек, а также церквей и монастырей, названия которых почти неизвестны. 19 минут спустя земля снова затряслась, и около $1^1/_2$ ч. дня сильный подземный удар низвергнул на землю остатки городов и вызвал сильные обвалы на Парнасе, Кораксе и Кирфисе. Бесчисленные движения земли, грохот и шум, не прекращавшиеся ни днем, ни ночью, длились в течение всего августа, сентября и октября. Наиболее сильные удары распространялись на всю Грецию и на некоторые части Турции. 25 октября население было вне домов; общее внимание привлекало напугавшее всех северное сияние. В это время раздался новый сильный подземный удар. Город Анфиса, сохранившийся еще после катастрофы 1 августа, в одно мгновение был разрушен, а в Итеа, Дельфах и др. местах люди покинули свои деревянные хижины, из которых многие снова пострадали. Все, что обстроилось заново, в течение последних 10—11 недель, было разрушено опять. Наступила зима, и несчастные жители Фокиды принуждены были ютиться в деревянных шалашах и в полуразрушенных зданиях. Между тем подземные удары продолжались; не было надежды, что колебания земли скоро прекратятся. Каких размеров достигали разрушения, как велики причиненные ими убытки, сколько людей убито и ранено,—все это не было опубликовано в свое время. Я думаю, что число жертв не превышает ста; большинство погибло 1 августа, так как потом жители были осторожны да и наскоро построенные хижины не представляли уже большой опасности.

Если руководствоваться газетными известиями и теми сведениями, которые я лично получил в письмах, то с 1 августа 1870 г. до 1 августа 1873 г., можно насчитать только 35 больших ударов. Но я думаю, что эта цифра составляет только десятую часть истинной и что в течение трех лет произошло, по крайней мере, 300—320 сильных ударов. Что касается скорости, с которой удары следовали друг за другом, то во второй год она не уменьшилась, но в общем сотрясения были слабы. Горпые обвалы и грохот были менее значительны, чем в 1870 г. В 1871 г. никто еще не решался строить каменные дома. До зимы 1870 г. земля не переставала колебаться, а в местечке Монтлия, между Парнасом и Кирфисом, яйцо, лежавшее на металлической пластинке, в течение трех месяцев не переставая дрожало. В первые три дня сотрясения земли происходили, по крайней мере, через каждые три секунды: ежедневно можно было насчитать их около 29 000.

Уже 1 августа правительство приняло меры для подания помощи пострадавшим. 3 августа решено было отправить в Фокиду особую комиссию, на которую было возложено, между прочим, ведение научных наблюдений. В тот же день вместе с проф. Христоманос я выехал из Афни. Утром 4 августа мы достигли Кориифского перешейка, а в 4 часа прибыли в местечко Итеа в Фокиде, на берегу моря. Здесь все было разрушено, даже нельзя было разыскать какой-нибудь шатер. Ввиду возможности прилива я расположился на биваке в 200 шагах к востоку от местечка на высоком холме, достигавшем 3—4 м. Пока мы находились на перешейке и когда ехали по морю, землетрясений не было

и не слышалось даже никакого шума. Приближаясь к Итеа, мы услышали впервые подземный грохот, несмотря на стук машин нашего судна, а когда мы сошли на опустошенный берег, то почувствовали сотрясение почвы, которое, впрочем, не достигало особенной силы. Устроив свой бивак, я стал производить паблюденя. Дул довольно сильный ветер, и фиговые кустарники, покрывавшие землю, шумели листьями. Поэтому я пе мог слышать слабых звуков и наблюдать незначительные колебанія. При таких неблагоприятных условиях я подметил в течение 35 мин. 8 сотрясеннй н еще более слышал раскатов весьма умеренной силы и продолжительности. К ночи ветер прекратился, и в течение 10 минут я насчитал 16 раскатов и колебаний почвы. Около полуночи я распрощался со своими спутниками и остался совершенно один на северной сторопе маленького холма, чтобы при полной тишине паблюдать землетрясение. В течение часа я слышал 71 раскат, из числа которых, по крайней мере, 16 сопровождались довольно значительными сотрясениями. Мпе все-таки кажется, что много слабых колебапий почвы ускользнули от моего внимания, так как слабый шум ветра и другие звуки мешали паблюдению.

Около 1 часа ночи я собрался было отдохпуть, чтобы с новыми силами продолжать исследование; но едва только я прилег, вдруг произошло сотрясение страшной силы: все кругом в испуге бросилось бежать. Это случилось в 1 ч. 27 мин. 36 сек. ночи. Воздух был спокоен. Страшному подземному удару предшествовал сильный, но глухой грохот, он продолжался в течение нескольких десятых секунды и напоминал выстрелы, производимые с судна, которое находится в расстоянии $1^1/_2$ часа пути от берега. Почва поднялась вверх, точно ковер, развеваемый бурей, но медленно и спокойно; это был не толчок, а скорее медленное приподнимание. Я был подброшен вверх, но не испытал при этом ощущений быстрого падения: скорость моего движения была невелика, и падение длилось две-три секунды. После этого главного толчка замечались слабые дрожания в течеиие следующих 8—10 секунд. Быстро овладевши собой и поднявшись с земли, я направил свои взоры на соседнее море и тут только получил полное представление о всех последствиях землетрясения. В то мгновение, когда раздался подземный грохот и последовал удар, послышался с запада шум и треск развалин, обрушившихся, вероятно, в местечке Итеа, крик жителей на берегу, лай собак и короткий резкий шум моря у берега, который оно задило па 2 м. Затем несколько секунд длилась тишина, и с востока донесся шум низвергавшихся скал, которые оборвались с вершины Керфиса, с грохотом катились по ущельям и крутым обрывам и низвергались в равнину и в море. Когда прекратился этот грохот—то более громкий, то более тихий, смотря по расстоянию,—я услышал слабый и глухой шум, происходивший от падения тех скал, которые катились с Парнаса. Наконец, донесся шум камней с запада и с северо-запада, с Коракса и с возвышенности около Анфисы; он резко отличался от возобновившегося опять подземного грохота. Среди ночной тревоги я слышал невдалеке шум бившихся друг о друга листьев фиговых деревьев, падение насекомых с сухих растенй и видел, как бежали ночные звери, в испуге бросившие норы.

Утром 6 августа мы отправились в Дельфы. Небо было ясно, воздух спокоен. Когда пришлось подниматься в гору, я слез с лошади, чтобы в случае

обвала свободнее было двигаться. В 7 часов мы остановились в южной части местечка, которое было совсем разрушено. Все лежало на земле, выдвигались только остатки стен да стояла невредимой маленькая башня какой-то церкви. К востоку под масличными деревьями лежали развалины монастыря Панагии, рядом громоздились каменные глыбы, которые оборвались невдалеке и, надая, вырывали с корнями деревья. Щебень, глыбы камней, вырванные и поломанные масличные деревья и тополи загромождали узкое ущелье, которое около монастыря открывается в долину Плейстоса. Из гладкой стены известной в древности Федриады, располагающейся к западу от Кастальского источника, были вырваны огромные столбы в 300—400 ф. высотой и в 60—80 ф. толщиной. Они были отброшены к югу и лежали на поле, отделяющем Дельфы от источника. Последний был окружен валом каменных глыб, которые оборвались с гор, расположенных к востоку. Чтобы подойти к источнику с южной стороны, нужно было перебраться через кучу камней. Опасаясь, что эта достопамятная местность скоро совсем сотрется с лица земли, мы отправились посмотреть на нее поближе, не взирая на гром и землетрясение. Отметив показание термометра в воздухе и измерив температуру воды, мы быстро собрались в обратный путь. Проезжая около крутых скалистых стен, мы опасались падения камней с вершин.

Если допустить, что в первые три дня в каждые 3 секунды происходило по 1 сотрясению, то общее число их достигнет 86 тысяч. Четыре дня спустя, по моим наблюдениям, в местечке Итеа чувствовалось в течение 24 часов, по крайней мере, 1700—2000 раскатов и ударов. Зимой все время земля была не спокойна. Если припять еще в расчет те незначительные дрожания и слабые звуки, которые были слышны только почью, то на последние 5 месяцев 1870 г. придется около 500 000 сотрясений и раскатов. Последние происходили втрое или вчетверо скорее, чем нервые. Так как землетрясение длилось $3^1/_2$ года, то без преувеличения можно сказать, что у эпицентра* произошло $^1/_2$—$^3/_4$ миллиона сотрясений и раскатов. Из них 300 сильных и опасных ударов, сопровождавшихся разрушением, 50 000 ударов, которые не привлекали особого внимания, и $^1/_4$ миллиона раскатов. Остаток выражает число слабых дрожаний и звуков, которые можно было слышать только ночью».

Мы познакомились с одним из страшнейших землетрясений, которые когда-либо происходили. Пострадавшие местности занимают по Шмидту площадь в 28 кв. миль; область, охваченная полным разрушением (плейстосейстовая область), достигает 7 кв. миль. На огромном пространстве во всей Греции, в Фессалии, на Ионийских островах чувствовались сотрясения. Даже много лет спустя в пострадавших местностях не сгладились следы этого грозного землетрясения: в Анфисе бросалось в глаза множество новых домов, в местечке же Итеа (скала ди Салона) не отваживались строить здания из камня; здесь ютились только низенькие хижины, сложениые из необожженного кирпича. Исследование гор показывает,

---

* Как будет выяснено ниже, всякое землетрясение распространяется из некоторой точки (линии или плоскости), расположенной на известной глубине под поверхностью почвы и называемой *центром*, или правильнее — *гнездом* землетрясения. Основание, перпендикуляра, опущенного из этой точки на поверхность, или проекция линии (плоскости) называется *эпицентром* землетрясения. В области эпицентра удары направлены перпендикулярно к поверхности (вертикальные удары) и чувствуются одновременно (см. ниже).— *Примеч. пер.*

что в прежние времена здесь происходили еще более ужасные землетрясения. Хотя, по описаниям Шмидта, обвалы и теперь были многочисленны, но следы прежних разрушений, которые с изумлением исследует геолог, делают их более чем скромными. Недалеко от горной деревушки Сигдица, к северу от Амфиссы, стоит огромная утесистая известковая гора, поднимающаяся на несколько сот футов в высоту. Расположение пластов в ней не соответствует строению окололежащей местности, и происхождение ее представлялось загадочным до тех нор, пока не было доказано, что это — только огромная глыба, оборвавшаяся с соседней горы Коракс (Гиопа). Существуют известия, что галльские полчища, пытавшиеся в 279 г. до Р. Х. разграбить Дельфийский храм, были сильно напуганы падением каменных глыб, оборвавшихся с вершины Парпаса.

Не менее грозный характер носило знаменитое землетрясение в Семиреченской области, разрушившее в 1887 г. 28 мая (9 июня) г. Верный и продолжавшееся около трех лет. Вся Россия была взволнована страшными последствиями катастрофы, и отовсюду стекались пожертвования пострадавшим. Мрачные воспоминания об этом событии еще живо сохраняются в памяти многих... Землетрясение разразилось внезапно над спящим городом. Накануне вечером небо было совершенно безоблачно, и ничто не предвещало ужасов следующего дня; только странный вид заходящего солнца кроваво-багрового цвета, почти без лучей, предвещал что-то необыкновенное. Какая-то страшная тишина распространилась в природе: даже легкий ветерок не колебал листья деревьев и верхушек травы; не было слышно ни пения птиц, ни крика животных: все будто замерло в ожидании чего-то страшного. Домашние животные — лошади, коровы, собаки — чуяли близость страшной катастрофы и дрожали в ужасе; лошади не брали корм; их с трудом удерживали на дворах; рогатый скот, особенно коровы, были «не по себе», как говорили казаки; а свиньи бросались со дворов. Накануне землетрясения во многие дома, в комнаты, через открытые окна влетали ласточки, воробьи, голуби, как бы подтверждая народную примету о близком несчастье в доме. «Перепелки, бывшие у меня в комнате, говорит очевидец, в ночь на 28 мая были так беспокойны, как ни в одну из предшествовавших ночей».

Утром 28 мая, в 35 мин. пятого, раздался сильный подземный гул, и почувствовался резкий толчок, разбудивший всех спавших. Колебание земли продолжалось не более секунды. Так как здесь землетрясения довольно часты, то скоро все успокоились. Но через несколько минут раздался второй гул: казалось, будто звонило множество колоколов или ехали тяжелые орудия. За этим гулом последовали сильные удары: моментально начала сыпаться штукатурка, рушиться печи и стены и попадали потолки. Эти резкие колебания с сильнейшими толчками продолжались минут пять. Шум и грохот от разрушавшегося города был ужасен, а поднявшаяся пыль наполнила улицы как бы туманом. Животные сорвались с привязей и бешено мчались в разные стороны с диким мычанием и ржанием. В первую минуту казалось, что города более не существует, что разрушены все здания без исключения. Однако некоторые дома устояли, хотя в стенах их и образовались громадные трещины. Замечательно, что менее всего повреждены дома, построенные от юга к северу. Кроме того, уцелело большинство деревянных домов, где развалились только все печи и попадали трубы. Новые более массивные постройки пострадали более других. Губернаторский дом, четыре здания гимназии, архиерейский дом с церковью разрушились преимущественно в своих верхних частях. У них обвалились фронтоны и углы, отчасти стены и потолки. Нижние этажи этих зданий покрылись только незначительными трещинами. От колокольни, величественно возвышавшейся над собором, не осталось и следа, только на земле лежал железный остов остроконечной верхушки ее с одним небольшим колоколом. Стены самого собора отчасти растрескались, отчасти разрушились, особенно северная и южная. Церковь Покрова Пресвятой Богородицы, построенная всего три года назад, представляла печальный вид разрушения. Колокольня и стены ее, за исключением одной восточной, превратились в бесформенную груду кирпичей. Но всего ужаснее были последствия землетрясения в горах и предгорьях: целые скалы обрушились в ущелья и долины, запрудили реки и погубили много скота. Грохот и гул был оглушителен.

Среди населения распространилась всеобщая паника. В первую минуту почти никому не приходила в голову мысль, что надо спасаться и спасать других. Все выскочили, кто в чем был, на улицы, где, сидя и лежа, ожидали неминуемой гибели. Через четверть часа после землетрясения все жители города стали равны по положению. Почти все выбежали босыми, ни

у кого не было ни гроша денег. Первой заботой всех было прикрыть свою наготу. Многие, опомнившись от первого испуга, не доискивались своих родных и близких; матери бросились доставать из полуразрушенных домов своих забытых детей; другие спешили вынести, что было из одежды и более ценного имущества. Между тем подземные удары и сотрясения продолжались в течение целого дня. Поврежденные и расшатанные стены домов не выдерживали новых толчков и обрушивались то здесь, то там, погребая под развалинами неосторожных.

Незавидно было положение горожан Верного в это злополучное утро. Но еще бедственнее была участь заключенных в Верненской военной гауптвахте и в тюремном замке, где содержалось большое число арестантов (221); колебания почвы и сильный страх помешали караулу позаботиться о выпуске заключенных. Ветхое здание гауптвахты разрушилось уже при первых ударах, похоронив под своими развалинами многих арестантов: 10 человек вырыты уже мертвыми. В тюрьме, благодаря прочности здания, несчастных случаев с людьми не было, кроме легких ушибов. Не менее пострадали солдаты в лагере, где погибло 14 человек и многие ранены (*А. Я. Фриде*). Уже скоро после первых толчков появились на улице медленно двигавшиеся телеги, нагруженные ранеными и ушибленными. Городские власти старались хотя несколько восстановить порядок в смятенном населении. Военный губернатор А. Я. Фриде с повязанной головой (он был ранен в голову и ноги) разъезжал в экипаже, делая нужные распоряжения и организуя первую помощь. Чувствовался большой недостаток в печеном хлебе. Вскоре была устроена продажа его по цене, бывшей до землетрясения, бедным раздавали даром. В наскоро поставленных юртах оказывали медицинскую помощь. Преосвященный Неофит совершил всенародное молебствие в походной церкви-палатке. Множество народа стеклось сюда: все набожно молились об избавлении себя и ближних от страшной гибели, от смерти, грозившей отовсюду. Порой молитвы прерывались подземным гулом и сотрясениями земли. Народ не разбегался в ужасе, а только, падая на колени, учащенно крестился. Убитых отпевали по несколько десятков сразу. Многие из них были погребены без гробов в больших могилах, по нескольку человек в каждой.

Вечером 28 мая распространились слухи, что по северным склонам Заилийского Алатау движутся потоки воды и грязи, которые могут затопить город. Слухи эти имели некоторое основание, потому что большие глинистые обвалы, происшедшие в горах, завалили реки Малую и Большую Алматинку, Аксай и др. Вследствие этого вода по арыкам перестала течь. Жители пришли в страшное беспокойство тем более, что толчки и колебания почвы продолжались. В субботу 30 мая, около 11 часов утра, как бы в подтверждение ходивших слухов, с гор прискакали киргизы с криком: «Вода идет!» Трудно представить начавшуюся сумагоху. Все бросилось бежать из города: тысячи людей разных национальностей — киргизы, казаки, малороссы, китайцы, таранчи, дунгане и др. пешком, верхом, в экипажах, таща детей и женщин, устремились в Илийск и Тангар, распространяя на пути неверные слухи и увеличивая панику. Всякий мчался без памяти, не сознавая, отчего он бежит и куда... Но ни одна из «оплывин» не достигла города. Через час, два, не видя ужасающей воды и грязи, беглецы стали возвращаться назад. Обезумевшие горожане накинулись на киргизов и других инородцев, обвиняя их в умышленном возбуждении паники с целью грабежа. Вмешательство власти, подкрепленной местными войсками, предотвратило ужасные последствия этих столкновений, но все-таки не мало киргизов было избито, изранено и даже изувечено до смерти. Обстоятельство тем более прискорбно, что только благодаря киргизам город был снабжен множеством юрт.

В следующие дни население находилось в тревожном, нервном состоянии и чутко относилось ко всяким слухам. Немудрено, что были случаи умопомешательств, особенно среди женщин, и что нелепые рассказы распространялись даже в июне и июле: так, например, ходил слух о провале Верного во время затмения 7 августа, а киргизы предсказали полную темноту в течение 7 дней, погибель русских и восстановление их господства. На почве этих слухов образовались разбойничьи шайки, которые грабили аулы своих соседей...

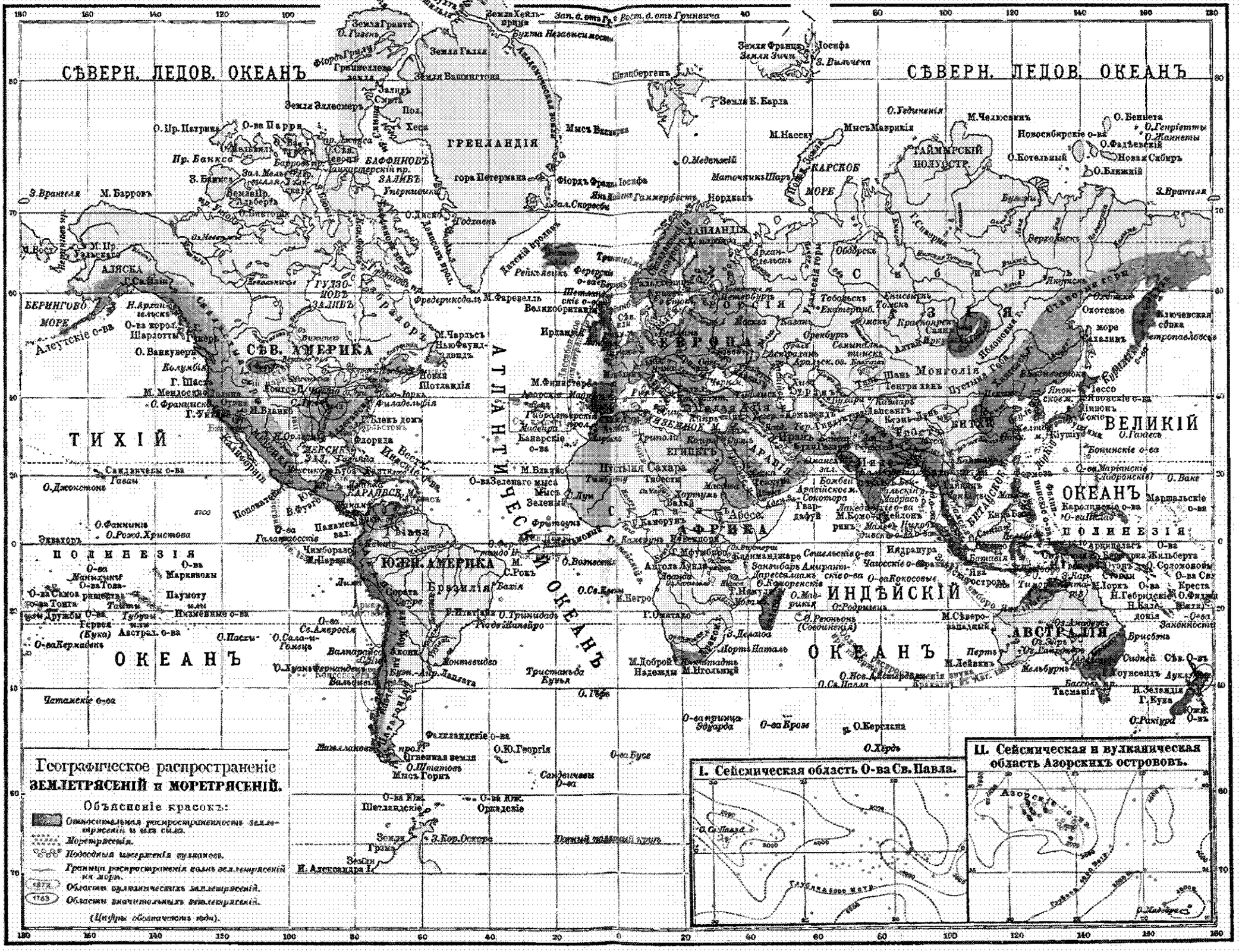
В окрестных селениях землетрясение отразилось слабее и не вызвало таких разрушений, но на северных склонах Заилийского Алатау около эпицентра происходили страшные обвалы и оползни, придавшие горам неузнаваемый вид. Любопытно, что это землетрясение, распространившееся и вдоль и поперек горных хребтов, видимо, вовсе не чувствовалось на гребнях и вершинах высоких гор; по крайней мере, мы не имеем ни одного положительного свидетельства; наоборот киргизы и казаки, бывшие в момент сильнейшего удара 28 мая на больших высотах, все единогласно сообщают, что они не только не замечали колебаний почвы, но и не слышали подземного гула: они не подозревали катастрофы в Верном, пока не спустились вниз. Сотрясение и гул отчетливо замечались только в пониженных частях хребтов.

Землетрясение в г. Верном с окрестными селениями причинило значительные убытки. В самом городе из 1799 домов уцелел только один, а в окрестных селениях из 3373 разрушено 994. Общую потерю оценивают более чем в $2^1/_2$ миллиона рублей. Как это ни удивительно, но число человеческих жертв оказалось, к счастью, небольшим: всего убитых и умерших от ушибов было 332 человека. В течение целого года отдельные, хотя слабые толчки повторялись довольно часто, вначале — каждый день, а в конце года уже с промежутками в 2···3 и даже 5—6 дней; в 1888-м и 1889 году они происходили все реже и слабее; 20 января 1888 года, а также 7 и 13 февраля толчки были довольно чувствительны и сильно обеспокоили жителей. Весь период верненского землетрясения длился более чем два года; хотя сила первых ударов не была чрезвычайно велика, тем не менее общее число сотрясений не превышает 600; в сравнении с числом ударов во время землетрясения в Фокиде, оно ничтожно. Область распространения верненского землетрясения отличается значительными размерами и не уступает самым крупным землетрясениям. За крайне предельные пункты этой области можно принять на севере Сергиополь, на юге — Кашгар, на западе — Ташкент и на востоке г. Урумчи; область эта представляет форму неправильного эллипса, длинная ось которого располагается согласно простиранию Тянь-Шаня, т.е. идет с юго-запада на северо-восток на протяжении 1500 верст; короткая, перпендикулярная к ней ось тянется на протяжении 900 верст; вся площадь, охваченная землетрясением, достигает 29 000 кв. географических миль; она заметно выдвинута с севера в сторону равнины и сжата с юга. Область же наибольших разрушений (плейстосейстовая область) относительно невелика и занимает около 100 кв. географических миль; наиболее отчетливыми предельными пунктами ее можно было считать: на севере — станцию Карасу, на юго-западе — Джасыль-Куль, на западе — деревню Узун-агач и на востоке — деревню Надеждинскую или Иссык. В северной половине области, охваченной землетрясением, можно отметить узкую полосу в 5 верст шириной и 35 верст длиной, где удары были вертикальны и чувствовались одновременно. Эта полоса, представляющая так называемый эпицентр землетрясения, лежит на северном склоне Заилийского Алатау на высоте 5000—6000 футов между долинами Каскеленом и Аксаем с одной стороны, Березовой и Бесь-булаком — с другой (по *И. В. Мушкетову*). — *Примеч. пер.*

К счастью, далеко не все землетрясения достигают такой страшной силы. Часто в той или в другой местности происходит целый ряд колебаний, которые сильно пугают жителей и заставляют опасаться гибели, но которые в сравнении с описанными выше катастрофами ничтожны и не приносят никакого значительного вреда. К этой группе явлений принадлежит целый ряд дрожаний, которые происходили в 1869—1873 гг. в области среднего Рейна и имели своим центром *Гроссгерау*, недалеко от Дармштадта. Первые сотрясения были замечены 12 января 1869 г., но до конца октября они были незначительны. Около 30 октября они усилились, следовали один за другим все чаще и длились до января 1870 г. С тех пор сотрясения стали ослабевать, но отдельные колебания ощущались еще в 1873 г. В момент наибольшей напряженности землетрясения толчки были очень часты; так, например, 31 октября 1869 г. было насчитано не менее 53 ударов; впрочем, сила их была незначительна, и только 31 октября и 2 ноября обвалилось несколько дымовых труб.

Землетрясение в *Загребе* было гораздо значительнее. Предварительных слабых колебаний не замечалось. 9 ноября 1880 г., в 7 час. 33 мин. 53 сек. утра, произошел сильный подземный удар, разрушивший и даже ниспровергший многие здания. С этого момента до 21 января 1882 г. насчитано 200 сотрясений, не считая происходивших иногда едва заметных дрожаний. С тех пор землетрясения время от времени повторялись.

Наряду с периодами землетрясений, состоящими из ряда значительных ударов и охватывающими значительные промежутки времени, наблюдаются случаи, когда вслед за сильным ударом происходит в течение ближайших дней или недель несколько слабых сотрясений; они представляют как бы переход к отдельным землетрясениям, которые состоят из одного или нескольких


СѢВЕРН. ЛЕДОВ. ОКЕАНЪ
СѢВЕРН. ЛЕДОВ. ОКЕАНЪ
ГРЕНЛАНДІЯ
БАФФИНОВЪ ЗАЛИВЪ
ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ
ВОСТОЧНАЯ СИБИРЬ
ЕВРОПА
СѢВ. АМЕРИКА
ЮЖН. АМЕРИКА
АФРИКА
АЗІЯ
ТИХІЙ ОКЕАНЪ
АТЛАНТИЧЕСКІЙ ОКЕАНЪ
ИНДѢЙСКІЙ ОКЕАНЪ
ВЕЛИКІЙ ОКЕАНЪ
АВСТРАЛІЯ
ПОЛИНЕЗІЯ
ПОЛИНЕЗІЯ
Географическое распространеніе
ЗЕМЛЕТРЯСЕНІЙ и МОРЕТРЯСЕНІЙ.
Объясненіе красокъ:
Относительная распространенность землетрясеній и ихъ силы.
Моретрясенія.
Подводныя изверженія вулкановъ.
Границы распространенія волнъ землетрясеній на моръ.
Области вулканическихъ землетрясеній.
Области значительныхъ землетрясеній.
(Цифры обозначаютъ годы).
I. Сейсмическая область О-ва Св. Павла.
II. Сейсмическая и вулканическая область Азорскихъ острововъ.

толчков, отделенных короткими промежутками. К последней группе явлений относится землетрясение 6 марта 1872 г. в Средней Германии, приобретшее известность, благодаря сочинению *Зеебаха*. Оно выразилось волнообразным движением почвы, которое длилось 5—8 секунд и сопровождалось двумя сильными ударами в начале и в конце его.

Самым известным и величественным явлением этого рода была страшная катастрофа, разразившаяся 1 ноября 1755 г. над г. Лиссабоном. Внимание всей Европы было сосредоточено на ней, все умы были потрясены. Наряду с другими современными известиями одним из красноречивых описаний этого грозного явления служит письмо неизвестного лица, адресованное г. Руфьеру, коммерсанту в Страссбурге и написанное под свежим впечатлением катастрофы. Вот оно:

«В предыдущем письме я известил уже вашу милость о том грозном бедствии, которое разразилось над городом. Да смилуется над нами Бог! В настоящем письме я намерен сообщить подробности события. Беда стряслась внезапно. Утром я проверял счета нашей конторы и был в кальсонах, чулках, туфлях и халате. Вдруг раздался страшный треск. Не захватив с собой ни гроша, я выбежал посмотреть, что происходит, и вместе с другими благополучно достиг нашего двора, где собрался чуть ли не весь город. Всемогущий Боже! Какие ужасы я увидел! На целый локоть земля то поднималась вверх, то опускалась; дома падали со страшным треском. Стоявший над нами огромный Кармелитский монастырь сильно качался из стороны в сторону и каждую минуту грозил раздавить нас. Онасались мы и самой земли, которая могла поглотить нас живыми. Солнце было омрачено, люди не видели друг друга и были убеждены, что настал последний день страшного суда. Это грозное колебание почвы длилось больше 8 минут. Потом все ненадолго успокоилось. В ночном белье бежали мы на большую площадь, лежащую недалеко от нас. Пробираясь среди разрушенных домов и трупов, мы рисковали сами погибнуть. На площади, где мы пробыли около трех часов, собралось более 4000 человек, одни в белье, другие совсем нагие. Лица были покрыты смертельной бледностью, многие были тяжело ранены; они молили Бога смиловаться над ними и испускали тяжелые вопли. Священники, находившиеся среди нас, дали общее разрешение от грехов: с верой и мужеством принимали мы исповедь и только в ней искали утешения. Вдруг земля снова затряслась. Она волновалась опять около 8 минут. После этого целый час длилось затишье. В это время распространился слух, что вода в море страшно поднялась и что мы погибнем, если не будем спасаться. Подумайте, ваша милость, сколько мужества требовалось в эти минуты! Все улицы были загромождены развалинами домов... Но с несколькими друзьями я готов был на все. Мы пробирались среди камней и трупов, подвергаясь страшной опасности. Бог был к нам милосерден: через четверть часа мы благополучно достигли широкого поля... Всемогущий карал бедствием наши грехи; эти дни никогда не изгладятся из моей памяти, и с бóльшим рвением буду служить я Богу!.. Первую ночь провели мы под открытым небом, почти нагие, лишенные всего необходимого. У нас была только одна палатка, которая хоть несколько защищала нас от зимней стужи и дождя... Пути Провидения неисповедимы, и милость Божья беспредельна... Вечером около 11 часов в разных местах показался огонь; что было пощажено землетрясением — погибло от пожара. Здания и стены, которые еще кое-как держатся, следовало бы

совсем разрушить. Для этого нужно стрелять в них с крепости, стоящей посреди города. Если же предоставить работу людям, то ветхие здания упадут и убьют их... Большой чудный город, богатейший в Европе, обладавший огромным населением в 500 000 человек, теперь обратился в груду камней. Господи, пощади несчастную страну, избавь от бедствия, которое мы заслужили по грехам своим и которым Ты нас караешь! Дворец, где было так много драгоценностей, сгорел. Наша таможня, в которой хранилось на миллионы товаров, привезенных из разных концов мира, отчасти тоже сгорела, отчасти низверглась в море вместе с большой площадью. Многие из трехсот кораблей, стоявших в гавани, поднялись с якорей; одни потонули, другие сильно повреждены. Голландское судно, капитаном которого состоит некто Петр Роклос, было выброшено в город и стояло на суше. Но Премилостивому Богу угодно было сохранить его: нахлынула другая волна, подхватила корабль и, не повредив, отнесла в море. Вес этого судна 18—20 тысяч центнеров. Даже в 60 милях от города корабли, ехавшие из разных стран, натерпелись много страхов, и удивляюсь, как они не погибли. Сам Его Величество король изволил жить среди поля в палатке, и это подбодряло нас и облегчало страдания. Большие чудные церкви, великолепнее которых нет и в самом Риме, разрушены; погибли все монастыри, и из 20 000 духовных особ осталась в живых только половина. Тысячи людей, погребенных под развалинами, напрасно кричали и звали на помощь: никто не слышал их, и живыми погибли несчастные в огне. О, Боже!.. Бедствие слишком велико, и во всех, кто следует учению Христа, вызовет оно сострадание. Кого не тронут эти ужасы, тот не христианин, тот—не человек! Если бы наш король не соизволил прийти к нам на помощь с истинно отеческим попечением, мы погибли бы от голода. Щедро наделяет он нас хлебом и мясом, и проливает слезы так же, как и мы, его несчастные подданные; он делит с нами горести. Боже, сохрани его и всю царственную семью! Он относится к нам, как любвеобильный отец, он наша отрада и утешенье! Благослови его, Господи! Во всем городе нельзя купить кусок хлеба, чтобы утолить голод и найти лоскут ткани, чтобы скрыть наготу. Это бедствие повлечет за собой печальные последствия: богатейшие дома на севере могут разориться. Отврати, Господи, эту беду! Из Кадикса пришла весть, что и там творятся такие же ужасы. Ваша милость, вы видите, что мы переживаем! Два города в Европе понесут огромные убытки в торговле. Из Гибралтара сообщают, что все укрепления там разрушены. Вся Испания пострадала, хотя меньше, чем мы, в Алгарбии же бедствия еще ужаснее. Лиссабон, 18 ноября 1755 г.»

Не менее ужасны были последствия недавнего землетрясения в *Казамиччьоле* на острове Исхии. О начале этой катастрофы сообщает *фон Рат*. «Землетрясение 4 марта 1881 г. произошло в 1 час 5 минут пополудни и чувствовалось не только во всей Исхии, но и на Виваре и Вентотене. О том, как отразилось оно на ближайших частях материка, не имеется никаких сведений. Площадь, охваченная разрушением, обладает овальной формой: посередине можно отметить эллипс, где опустошения достигали наибольшей силы. Этот эллипс вытянут с востока к западу, обладает длинной осью в 1900 м и короткой в 550 м. Деревня Казамиччьола почти целиком располагается в восточной половине этого овала. На внешнем эллипсе, достигающем $2^1/_2$ км в ширину и $3^1/_2$ км в длину, гибельные последствия отразились слабее, здания дали трещины, но не разрушились полностью.

Во внутреннем же овале землетрясение достигало страшной силы. Опустошения явились следствием вертикальиого удара, который произошел вдруг, без всяких предшественников. Здания построены здесь из рыхлых туфов Монте Эномео и обладают плоскими крышами; последние рушились в мгновение и погребли в своих развалинах все живое. Случись эта катастрофа ночью—и жители деревни погибли бы почти все до одного. Но и без того число жертв было велико: 118 убитых и 70 тяжелораненых, из числа которых многие умерли. Землетрясение примечательно мгновенностью разрушений, которые оно произвело. Во время других подобных катастроф жители успевали бежать на поля и спасались. Не то было 4 марта в Казамиччьоле: люди были убиты на том месте, где они стояли или сидели. В сопровождении инженеров, руководивших расконкой трупов и убиранием мусора, бродил я среди развалин. Четырехугольные косяки ворот в вилле Барбарези, поднимавшиеся на $1^1/_2$ м над стенами сада, наглядно свидетельствовали о страшной силе подземного удара. На высоте стены оба косяка дали горизонтальные трещины; у одного верхняя половина была несколько повернута, а у другого раздробилась на части и обвалилась. Всюду находили мы следы страшных опустошений. Церковь Пургаторио разрушилась. Старейшие дома представляли груды обломков или ветхие развалины, грозившие падением. Причиной разрушения был дурной способ постройки этих зданий: новые, лучше построенные дома,—обе казармы и Отель Бель-вю, испытали только незначительные повреждения».

Значительно сильнее и ужаснее по своим последствиям было последнее землетрясение на Исхии 28 июля 1883 года (рис. 221). Во время катастрофы 1881 г. было уничтожено около четверти домов в Казамиччьоле. Теперь сохранилось здесь только одно здание, но, кроме того, много других местечек—Лакко, Форио, Папца, Фонтана и др. пострадали в такой же степени. Только главный город Исхии носил меньше гибельных последствий. Из 6616 домов острова, за исключением только города Исхии, обрушилось 2278, повреждено 3616 и сохранилось только 722. Число убитых по официальным сведениям достигает 2313, ранено 762. По тем же известиям, которые пришли с острова в первые моменты разрушения, погибло 5000 человек и 6000—7000 ранено. Число жертв чрезвычайно велико, и причина этого кроется в том, что удар произошел ночью, когда все население острова и больные, приехавшие сюда для купаний, находились в домах.

В противоположность землетрясению 1881 г., которое случилось внезапно, главный удар в 1883 году имел предвестников: за неделю чувствовались легкие сотрясения, и на Монте Чито, вблизи Казамиччьолы слабые фумаролы значительно усилили свою деятельность, а температура горячих ключей в самой Казамиччьоле повысилась. Указывали еще, что ключи выделяли воды больше, чем когда бы то ни было, по этому факту вряд ли можно придавать значение. Вслед за слабым сотрясением и подземным шумом последовал главный удар в 9 часов 25 минут вечера 28 июля. Он отличался чрезвычайной силой, был направлен снизу вверх и сопровождался подземным грохотом. Все предметы подпрыгнули высоко в воздух. Разрушительное действие удара закончилось в мгновение. После этого в течение 15—20 секунд происходили слабые волнообразные колебания почвы, а потом земля успокоилась. С $9^1/_2$ часов вечера до полуночи наблюдалось 6 различных движений, а с полуночи до утра 28 июля—еще 15. К востоку от Казамиччьолы по направлению к Кастильоне появились 29 июля много-

численные фумаролы, из земли струями выделялся пар. 3 августа чувствовался опять сильный удар, в течение же августа и сентября произошло еще 30 сотрясений. Землетрясение охватывало несколько бо́льшую площадь, чем в 1881 г. Оно распространилось на весь остров, но на материке не было заметно и слабых колебаний. Чрезвычайно чувствительные приборы известной обсерватории на Везувие оставались спокойны, но в более отдаленных местах, в Риме, Веллетри, Флоренции и Фермо, сейсмографы отметили слабые дрожания.

О причинах землетрясения в Казамиччьоле писалось много. Мнения по это-

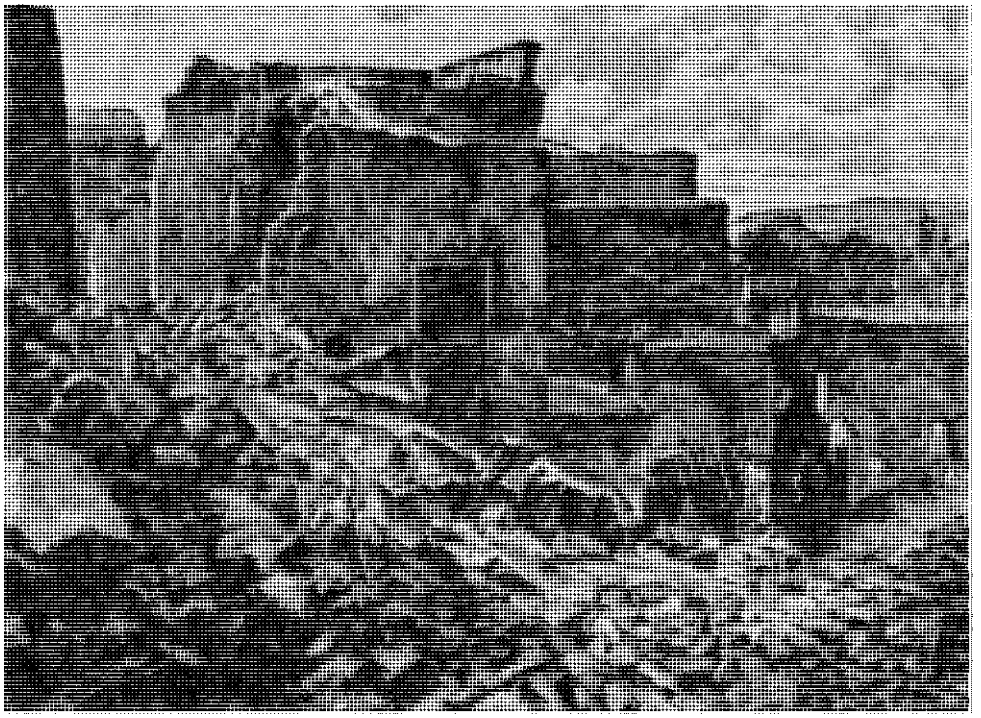


Рис. 221. **Дома, обрушившиеся в Казамиччьоле во время землетрясения 1883 года** (с фотографии)

му вопросу разделились так же, как и по вопросу о дальнейшей судьбе рассматриваемой местности. *Пальмиери*, знаменитый исследователь Везувия, считал причиной катастрофы обвал подземных пустот. Образование последних он приписывал нерациональной разработке залежей глины, которые под Казамиччьолой были совершенно истощены. Кроме того, вместе с *Лазо* он думал, что появлению подземных пустот способствовали также горячие ключи. Доказательство этого он видел в незначительном распространении землетрясения и во внезапности главных ударов, что никогда не наблюдалось при других землетрясениях. Но против такого объяснения говорит целый ряд явлений: повышение температуры ключей, усиление деятельности фумарол и, наконец, нагревание почвы, которая, по наблюдениям капитана *Серпиери*, была местами до того горяча, что на глубине одного фута ниже поверхности нельзя было прикоснуться,—все это остается необъ-

ясненным; с другой стороны, и исследование оставленных разработок глины, произведенное *Балдаччи* в конце августа, показало, что внутри них не происходило никакого обвала — по крайней мере, в тех частях, которые были доступны для паблюдепия. Эти глиняные разработки не представляют сколько-нибудь обширных подземных пустот; они извиваются в виде узких и неправильпых ходов, которые вряд ли могут обрушиться. Вероятнее всего, что с течением времени эти ходы замкнутся сами собой, благодаря пластичности глины.

С другой стороны, *де Росси, Серпиери* и *Зюсс* показали, что ни внезапность подземных ударов, ни относительная ограниченность пострадавшей местности не представляют ничего особенного: такие землетрясения происходят обычно в страпах с действующими или потухшими вулканами. В Вультуре у Мельфи, в Альбанских горах близ Рима и в некоторых других местностях бывали землетрясения, также охватывавшие незначительную площадь. Но особенное сходство с землетрясением на Исхии представляют стремительные взрывы сейсмической деятельности, происходившие 24 мая 1890 года на юго-восточном конце вулканического острова Пантеллярия (стр. 193). Несмотря на свою силу, сотрясения чувствовались только в неносредственной близи указанного места. В местечке Пантеллярия, на противоположном конце острова, длина которого всего лишь 13 км, все было снокойно. Древнее дно кратера нагрелось до такой степени, что вся растительность погибла, фумаролы сильно повысили свою деятельность, берег немного приподнялся. Все эти явления повторились в октябре следующего года. Вновь пробудившиеся вулканические силы, произведшие землетрясепие в предыдущем году, выразились, наконец, в октябре 1890 года подводным извержением близ Пантеллярии.

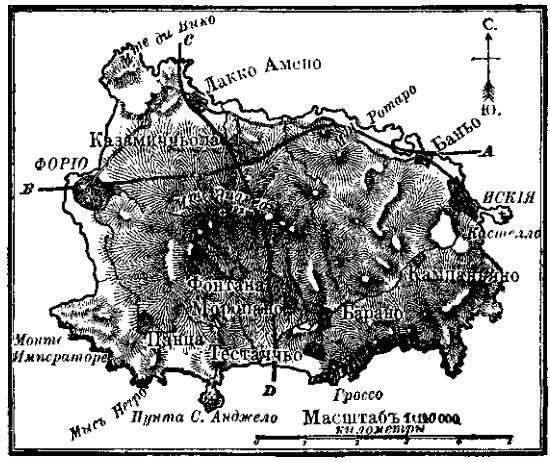



Рис. 222. **Карта острова Исхии. A—B, C—D — направления трещин**

Почва Исхии также носит вулканический характер (см. стр. 183), и в историческое время здесь также неоднократно изливалась лава. Последнее извержение происходило в 1302 году. Весь остров состоит из туфов и лав, и даже глины этой местности произошли вследствие разрушения рыхлых вулканических нород. На осиоваиии исследоваиия горячих ключей, газов, выделяющихся из-под земли, и фумарол Балдаччи пришел к заключепию, что остров прорезан двумя трещинами, пересекающимися у Казамиччьолы, т. е. как раз в том месте, где располагается эпицентр носледнего землетрясения (рис. 222). Когда существование этих трещин было несомненно доказапо *Меркалли,* то стало несомненным, что землетрясения на Исхии носили вулканический характер и были вызваны движением расплавленной массы в глубинах.

К сожалению, выводы, которые можно сделать отсюда о будущности острова, далеко не утешительны. Как уже мы говорили, последнее извержение происходило на Исхии в 1302 году. С тех нор в течение долгого времени почти

вовсе не было здесь сильных опустошительных землетрясений. Более или менее значительное землетрясение произошло в прошлом столетии; еще сильнее было землетрясение в 1812 году. С тех пор насчитывают 15 значительных ударов, которые происходили в разное время и за которыми, наконец, последовали катастрофы 1881 и 1883 года, превзошедшие своей силой все землетрясения этой местности. Невольно напрашивается сравнение с теми землетрясениями, которые происходили в окрестностях Везувия, разрушили в 63 году часть Помпеи и закончились в 79 году страшным взрывом деятельности вулкана. Исхия принадлежит к области Флегрейских полей, где нет постоянных центров извержения и где то там, то здесь раскрываются новые кратеры; они дают одно или несколько извержений, но через большие промежутки времени. Последними проявлениями вулканической деятельности Флегрейских полей были извержения Сольфатары в 1198 г., Исхии — в 1302 г., Монте-Нуово — в 1538 году. Естественно предположить, что мы стоим накануне нового грозного извержения, которое случится или на самой Исхии, или, в лучшем случае, вблизи нее, на дне моря. Но это произойдет, во всяком случае, не скоро, и очень может быть, движение вулканических масс затихнет прежде, чем образуется новая огнедышащая гора. Нет основания предполагать, что извержение на Исхии разразится в то время, когда действует еще Везувий: по крайней мере, известно, что извержения Флегрейских полей совпадают с перерывами в деятельности Везувия.

## Области землетрясений

Землетрясения в Казамиччьоле, охватывавшие незначительную площадь, принадлежат к числу редких явлений. Обыкновенно землетрясения распространяются на огромные пространства. Наиболее известным примером последнего рода может служить *лиссабонское* землетрясение, охватившее площадь в 700 000 географических миль, т. е. приблизительно $^1/_{13}$ часть всей земной поверхности. Впрочем, в некоторых местах этой обширной области замечалось только усиленное волнение у берегов. Как было упомянуто выше (стр. 314), лиссабонское землетрясение сопровождалось страшной волной, которая была вызвана подземным ударом и распространилась на весь Атлантический океан. Волнение замечалось у западных берегов Южной Америки, у Австралии и Японии и достигало границы плавающих льдов Южного Ледовитого океана. Но область, охваченная землетрясением, была значительно меньше. Если включить местности, где непосредственно наблюдались сотрясения, и предположить, что они распространялись на небольшую часть дна Атлантического океана, то площадь лиссабонского землетрясения будет равна 100 000 миль$^2$ и даже, может быть, 300 000 миль$^2$ (см. карту на рис. 223). Область сильного разрушения простиралась на юг до Могадора, на берегу Марокко и охватывала значительную часть Пиренейского полуострова. Почти вся Португалия была опустошена, сильно пострадали Севилья, Кадикс, Херес, Мадрит и др. города: Единичные сообщения о разрушительных последствиях землетрясения в Англии не заслуживают внимания. Крайними пределами распространения землетрясения является остров Мадейра и Кан — самая северная из пострадавших во Франции местностей. У Корка в Ирландии происходили, кажется, несомненные и

далеко не слабые сотрясения; это подтверждает, что землетрясение распространялось главным образом с севера на юг. Существует сообщение о сотрясениях почвы во многих местах Голландии, в Гамбурге, Гольштинии и Дании, но относиться к ним с полным доверием невозможно; они исходят из источника, о котором такой осторожный исследователь, как Гофф, выразился не без основания, что в нем рассказываются только чудеса. В Южной Германии подземные удары чувство-

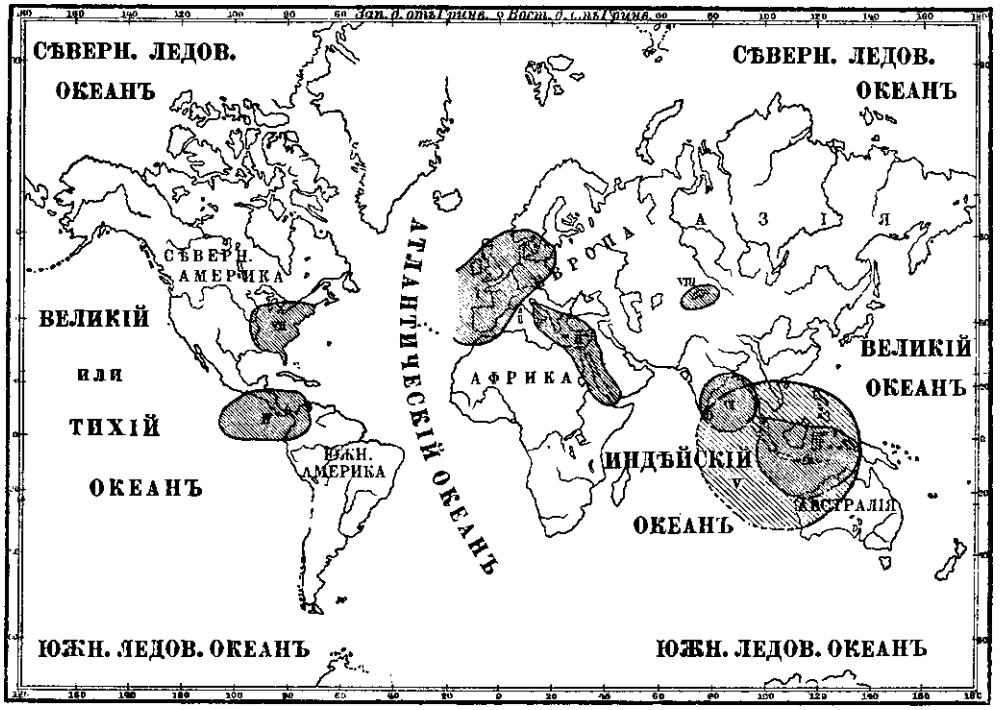



Рис. 223. **Географическое распространение шума при извержении Кракатау, землетрясения в Лиссабоне и др. I. Распространение землетрясения в Лиссабоне 1 ноября 1755 г.— II. Распространение землетрясения в юго-восточном углу Средиземного моря 24 июня 1870 г. (ср. 321 стр.).— III. Распространение шума при извержении Темборо на Сумбаве (ср. 247 стр.).— IV. Распространение пепла, выброшенного вулканом Консегвина (ср. 267 стр.).— V. Распространение шума при извержении Кракатау (ср. стр. 242).— VI. Распространение землетрясения в Бенгальском заливе 31 декабря 1881 г.— VII. Распространение землетрясения в Чарльстоне 1886 г. (ср. 320 стр.).— VIII. Распространение землетрясения в Верном 1887 г. (ср. 312 стр.)**

вались в Канштадте, Аугсбурге и Донаувёрте, в Швейцарии — в Базеле и особенно в Бригге, в Валлисе. В Италии следует указать на Турин и Милан, на более же южных местностях землетрясение не отразилось.

Наиболее поразительной особенностью лиссабонского землетрясения является его действие на озера, пруды и ключи. Известия, полученные из Шотландской горной страны, Англии, Бранденбургской Марки, Южной Швеции, Верхней Баварии, Швейцарии и Италии, вполне согласуются друг с другом. Все они единогласно свидетельствуют, что поверхность озер без всяких ощущаемых причин пришла в волнообразное движение*. Многие ключи помутились, иссякли, текли сильнее

* Очень может быть, что многие случаи иссякания вод, происшедшие совершенно случайно, были, по получении известий из Лиссабона, связаны с происшедшим там землетрясением. Не оставлялись ли в других случаях подобные же явления без внимания?

или слабее или изменили свою температуру. О горячих ключах Теплица *Гофф* сообщает следующее: «1 ноября 1755 года в день лиссабонского землетрясения, между 11 и 12 часами, главный ключ выбросил такие огромные количества воды, что в какие-нибудь полчаса все купальни были затоплены. Получасом раньше вода ключа стала грязной. В течение минуты после этого обильного излияния воды ключ как бы иссяк и затем с новой силой выбросил огромные количества красноватой охры. После этого ключ успокоился, и вода его просветлела». Заслуживает особенного внимания, что высыхание озер и нарушение деятельности ключей происходило на пространстве значительно более обширном, чем то, которое было охвачено землетрясением.

В таком виде представляется землетрясение на основании современных известий. Где в последних кончается истина и начинаются заблуждения, в настоящее время уже невозможно решить. Катастрофа в Лиссабоне привела в сильное возбуждение всю Европу. Огромное количество брошюр, статей, политических сочинений, проповедей, стихотворений и т. п. наводнили литературу. Наряду с французской революцией это было самое сенсационное событие XVIII века. Немудрено, что возбужденная фантазия доверяла многому, чего не было вовсе, и что все необычайные явления, приблизительно совпавшие с днем катастрофы, были поставлены в связи с грозным землетрясением. Очень многое в современных известиях носит субъективный характер. Но во всяком случае землетрясение 1 ноября 1755 г. отличалось страшной силой, охватило огромную площадь и сопровождалось своеобразными явлениями в ключах и озерах.

Ни одно из известных землетрясений не распространялось, по-видимому, на такую обширную площадь. Но это не дает еще права думать, что катастрофа в Лиссабоне была и в самом деле каким-то исключительным явлением. Если бы подземный удар 1755 года не разрушил одного из богатейших и обширнейших городов Европы, то сведения о его распространении вряд ли бы собирались с таким рвением. О землетрясениях в малокультурных странах, даже при современном развитии международных отношений, известия получаются с трудом и не отличаются полнотой, и тем не менее мы знаем немало землетрясений, которые чувствовались на чрезвычайно огромных пространствах. *Чилийское* землетрясение 1822 г., сопровождавшееся поднятием берега и потому возбудившее особый интерес, ощущалось в местностях, отдаленных друг от друга приблизительно на 400 геогр. миль. Некоторые другие землетрясения, происходившие в Южной Америке, охватывали, быть может, не менее обширную площадь. Землетрясение в *Чарльстоне,* в Южной Каролине в 1886 году распространилось на протяжении $4^1/_2$—5 миллионов км$^2$ (см. карту на рис. 223). Из числа землетрясений, происходивших вблизи Европы, охватывали чрезвычайно большую площадь землетрясения в юго-восточной части Средиземного моря, на севере Красного моря и в прилежащих к нему странах. 24 июня 1870 года произошло сильное землетрясение, распространившееся на Аравию, Египет, Италию, Грецию, Малую Азию и Сирию. У восточного берега Красного моря оно простиралось до Адена. Крайними пределами, которых оно достигло, были: Неаполь и Урбино в Италии, Афины, Дарданеллы, о. Лесбос, Смирна и Бейрут в Сирии (см. карту на рис. 223). Но *Ю. Шмидт* думает, что площадь, охваченная землетрясением, оказалась бы значительно больше, если бы мы имели о нем более богатые и полные сведения. Любопытно, что 12 октября 1836 г. произошло землетрясение, распростра-

нившееся на ту же площадь. Удары в обоих случаях отличались страшной силой. Иной характер носило землетрясение 24 июня 1870 г., которое, хотя и было сильным, но не отличалось особенно гибельными последствиями. Несмотря на это, оно охватывало большую площадь. Отсюда видно, что между напряжением подземных ударов и их распространением не существует никакой связи. Страшные землетрясения, случившиеся пять недель спустя в Фокиде (см. стр. 306), распространялись не более как на 2500 миль$^2$. Грозное землетрясение 4 марта 1880 г. в *Казамиччьоле*, чувствовалось только на Исхни, а землетрясение в *Средней Германии* в 1872 году, не обвалившее, быть может, и пары кирпичей, охватило площадь в 3100 миль$^2$. Точно также не существует определенной зависимости между величиной области, где землетрясение носит опустошительный характер (плейстосейстовой областью), и площадью общего его распространения. Великое *Калабрийское* землетрясение 1783 года все ниспровергло на протяжении $5^1/_2$ миль$^2$ и погубило 20000 человек, но область, охваченная им, была довольно ограничена. С другой стороны, землетрясение 1873 г. в Беллуно произвело разрушения только на протяжении 1 мили$^2$, в общем же охватило площадь в 45 тысяч миль$^2$.

Говоря о распространении землетрясений, мы имели в виду те колебания почвы, которые при благоприятных условиях непосредственно наблюдаются и ощущаются людьми. Но в ином свете представится вопрос, если мы примем в расчет и те слабые дрожания, которые отмечаются чувствительными приборами, так называемыми *сейсмометрами*. Последними пользуются при наблюдениях пока только в Италии и Японии, но если пользование ими расширится, то удастся проследить распространение землетрясений на значительно большем пространстве, как это было сделано во время землетрясений в *Загребе* в 1880 году и в *Андалузии* в 1884 году. Подземные удары хорватского землетрясения распространялись до Италии, но ощущались жителями только на крайнем северо-востоке, в Венеции, Удине и Падуе. В наиболее удаленных местах этой страны, как, например, в Болонье, движения почвы почти не чувствовались, а по ту сторону Апеннин почва, по-видимому, была совсем спокойна. Но чувствительные приборы, поставленные в Рокка-ди-Папа в Альбанских горах, к югу от Рима и в Неаполе, отметили все наиболее сильные удары, происходившие в Загребе. То же самое наблюдалось и во время землетрясения в Андалузии. Сейсмографы отметили колебания почвы далеко за пределами той области, где непосредственно чувствовались сотрясения,—именно: в Риме, Веллетри и Монкалиери.

Но несмотря на свою чувствительность, сейсмометры отмечают далеко не все слабые удары. По точности показаний они далеко уступают многим астрономическим приборам, на которых отражаются самые незначительные сотрясения. Подобные наблюдения известны уже с давних времен: так, например, Аргеландер в 1849 г. и астрономы Пулковской обсерватории в шестидесятых годах отметили слабые сотрясения; в последнем случае дрожание земли было признано отражением большого южноамериканского землетрясения. Во время упомянутого выше андалузского землетрясения пришли в возбуждение магнитные приборы в обсерваториях Вильгельмсгафена, Лиссабона и Гринвича. Точно также землетрясение 1877 года в Лигурии было отмечено астрономическими и магнитными приборами в Париже, Кельне, Брюсселе, Гринвиче, Вене и Лиссабоне. В конце землетрясений в *Патрасе*, в *Греции* 26 августа 1889 года, *Кюстнер* в Берлинской обсерватории наблюдал колебание пузырька в нивелире. Тоже замечалось в Бер-

липе и после большого *японского* землетрясения 27 октября 1891 года. Но все эти наблюдения были случайны. В последнее время во многих местах ведутся систематические наблюдения над горизонтальным маятником, простым, но чрезвычайно чувствительным прибором. При легком сотрясении земли он приходит в колебательное движение и автоматически отмечает его на непрерывно движущемся листе фотографической бумаги. Такие маятники установлены в Вильгельмсгафене, в Потстдаме, в Пуэрто Оратава на Тенерифе, в Страсбурге и у нас в Николаеве, главным образом с той целью, чтобы отметить колебания отвесной линии и нарушение земной тяжести. Эти приборы отмечают целый ряд дрожаний и в большинстве случаев одновременно в разных местах, как, например, в Страсбурге и в Николаеве. Такие слабые сотрясения являются, по-видимому, следствием отдаленных землетрясений.

Некоторые из замеченных дрожаний соответствовали землетрясению в *Токио*, 18 апреля 1889 года. Расстояние в 9000 км, отделявшее эту местность от Берлина, было пройдено сейсмической волной в 64 минуты; средняя скорость ее распространения была $2^1/_3$ км в секунду. Горизонтальный маятник отметил также волны *Верненского* землетрясения 11 июля 1887 года, и землетрясения в *Патрасе* 25 августа того же года. Первое землетрясение произвело также нарушение в показаниях магнитографов Павловска и колебание уровня в Берлинской обсерватории. Если руководствоваться показаниями горизонтального маятника, то скорость сейсмической волны в этом случае достигает 5 км в секунду; если же основываться на данных Павловской и Берлинской обсерваторий, то скорость эта равняется 3,5 км, к этой цифре близка скорость распространения землетрясения в Патрасе, достигающая 3 км в секунду. Землетрясение в *Малатии* в Малой Азии, 9 февраля 1893 года, было не только отмечено горизонтальным маятником в Страсбурге и Николаеве, но также магнитными фотограммами в Потстдаме. Землетрясению в *Кумамото* на Киу-Шиу (в Японии), 28 июля 1889 года, соответствуют два показания: предполагают, что первое из них относится к наиболее короткой волне, второе — к наиболее длинной, которая достигла Европы, пройдя западное полушарие. Скорость распространения в этом случае — 2,2—2,3 км в секунду. Кроме приведенных примеров наблюдалось еще несколько колебаний горизонтального маятника, которые с большим или меньшим вероятием можно поставить в связь с землетрясениями.

Подобные наблюдения имеют чрезвычайно важное значение, но, к сожалению, они находятся в зачатии, и точные результаты возможны лишь в том случае, когда такие наблюдения будут производиться в разных местах земли. По всей вероятности, сильные подземные удары распространяются на протяжении всей земной поверхности, и вызванные ими сейсмические волны движутся со скоростью 2,2—5 км в секунду.

Действия землетрясений в пределах охваченной ими области бывают неравномерны: из двух соседних мест часто одно испытывает сильные сотрясения, другое — слабые или даже совсем остается спокойным. В Южной Америке, где землетрясения происходят очень часто, некоторые местности или совсем не затрагиваются ими, или же потрясаются в слабой степени; они представляют так называемые «*мосты землетрясений*». Всего сильнее и разрушительнее бывают удары там, где на твердом основании лежит незначительная толща рыхлых пород: третичных, дилювиальных или новейших глин, песков и галечных отложений. Если бы мы насыпали песка на крышку рояля, то вследствие дрожания последней во время игры

песчинки стали бы подпрыгивать высоко вверх; то же самое происходит и с этими рыхлыми массами. Вследствие движения подстилающей их твердой породы они испытывают сильные сотрясения, и в таких местах последствия землетрясения бывают особенно разрушительны. Если среди рыхлых новейших отложений выдвигается купол древней породы, то он остается сравнительно спокойным, и во время самых сильных землетрясений образует спокойный оазис — то, что в Южной Америке зовут мостом. Целый ряд других условий влияет также на распространение сейсмической волны. Так, например, сила последней должна быть не одинакова по простиранию и падению пластов; возможно даже предположить, что простирание и падение определяют направление колебаний и, как старался доказать А. Шмидт, вызывают нечто вроде двойного лучепреломления волны. Трещины, преграждающие волне путь, ослабляют ее, а горы иногда останавливают совсем, или, как это доказывал остроумно *Маллет*, сейсмические волны отражаются от горного хребта, подобно лучам, падающим на зеркало.

Сила и распространение землетрясений находятся в существенной зависимости от геологического строения местности. Обширные равнины, образованные мощными пластами осадочных пород, каковы Северо-Германская низменность, Русская равнина и Сибирская низменность, менее всего благоприятствуют землетрясениям, которые случаются там редко и проявляются в слабой форме. Массивные горы также мало подвержены землетрясениям. Наоборот, складчатые горы и равнины, располагающиеся у их крутых обрывов, местности, прилегающие к внутренним морям, особенно к таким, которые с одной стороны покрыты рядом островов, страдают от сильных землетрясений. Кроме Северо-Германской низменности, Русской равнины и северных частей Сибири, землетрясения происходят весьма редко, в Германии, к северу от Альп, в большей части Франции, в Англии, в Швеции и Норвегии, в Бразилии и в большей части Африки, к югу от Сахары. В Европе особенно часто бывают землетрясения в Альпах. Побережье Средиземного моря, Северная Африка, Пиренейский полуостров, Италия, Балканский полуостров, Малая Азия, Сирия, Кавказ, Армения и Персия, Туркестан подвержены также частым и сильным землетрясениям*. Но чаще всего и сильнее землетрясения бывают в Центральной Америке. Восточно-азиатские острова и все острова, расположенные между старым и новым светом, подвержены землетрясениям в той же степени, как и перечисленные выше местности. Лиссабонское землетрясение, во время

---

* Землетрясения в *России* принадлежат к числу чрезвычайно частых, ежегодно повторяющихся явлений. Как видно уже из вышеприведенного перечня, наши сейсмические области располагаются на окраинах, главным образом на Кавказе, в Туркестане и около озера Байкал.

Наибольшей напряженности достигают землетрясения на *Кавказе*. Многие из них, благодаря грозным и опустошительным последствиям, пользуются большой известностью. Так, например, во время землетрясения в *Эрзеруме* 21 мая 1859 г. 1800 домов разрушено совсем, 1200 — до половины, 1200 — сильно повреждены; число убитых достигает 600. Город *Шемаха*, где землетрясения почвы повторяются приблизительно через каждые 3—10 лет, был разрушаем неоднократно (наиболее известные землетрясения происходили в 1859 г. 30 мая и 1872 г. 16 января). Одно из последних грозных землетрясений происходило в *Ване* и сопровождалось разрушением сел. Тегут, где упавшие дома (числом 180) погребли под развалинами многих жителей (более 100). Наконец, значительной силы достигают и *Араратские* землетрясения (одно из сильнейших происходило в 1840 г.).

Землетрясения в *Туркестане* известны с давних времен; в общем количество их меньше, чем на Кавказе, и напряженность слабее. Главный центр их находится на границе северных складок Тянь-Шаня, где и происходили все наиболее крупные землетрясения; из

которого погибло от 30 000 до 60 000 человек, страшное калабрийское землетрясение, где число жертв колебалось между 10 000—30 000, Сицилийское землетрясение 1693 года, уничтожившее 60 000 человек, ряд страшных ударов, опустошивших Фокиду и Ахайю, катастрофа 1880 года на Хиосе, землетрясение 536 года в Сирии и Малой Азии, погубившее 120 000 человек — все это яркие примеры, показывающие, какой страшной силы достигают землетрясения в области Средиземного моря.

В некоторых частях Ост-Индии и главным образом на восточноазиатских островах, особенно в Японии, происходят чрезвычайно сильные землетрясения. В северных частях Америки землетрясения нередки и достигают значительной силы, но в общем это довольно спокойная область. Наоборот, Центральная Америка, западный и северный берега Южной Америки и вест-индские острова принадлежат к числу тех местностей, которые страдают от частых и сильных подземных ударов. Город Лима, начиная с 1586 года, был разрушен 11 раз. Землетрясение в Каракасе в 1812 году, в Риобамбе в 1797 году, в Иквике в 1868 г. и землетрясения, в том же году опустошившие Эквадор и Колумбию, и целый ряд других принадлежат к числу самых грозных явлений этого рода.

---

числа последних следует отметить *Беловодское* землетрясение 22 июля 1885 г. и *Верненское* 1887 г. 28 мая. Первое из этих землетрясений наиболее сильно проявилось в селениях Беловодском, где разрушено 284 постройки, и в Карабалте, где число разрушенных построек достигает 196. В Пишпеке колебание было настолько сильно, что жители не могли удержаться на ногах; здесь повреждено 70 домов. Довольно значительным было и *Чиликское* землетрясение в 1889 г.

*Забайкальские* землетрясения носят в общем тот же характер, что и Туркестанские. Центр их находится вблизи южного конца Байкала: здесь и происходили все новейшие землетрясения. Из числа последних как по силе, так и по величине охваченной площади следует отметить землетрясения 1861—62 года.

Наконец, в числе русских сейсмических областей должны упомянуть *Алтай* и *Камчатку*. Распространенность землетрясений в России всего яснее выступает на карте *А. Н. Орлова*, где отмечены все наиболее важные землетрясения. Некоторые из них нанесены и на карту, прилагаемую к этой книге.

В *Европейской России* слабые сотрясения почвы происходят очень часто, а известия о них имеются с давних времен. Так, например, 1230 г. 3 мая были землетрясения во *Владимире* и в других местах России. Вот что пишет летописец: «Месяца мая в 3-й день во время Св. Литургни, егда чтут Святое Евангелие, в церкви Св. Богородицы во Владимире потрясеся земля и церкви, и трапеза, и иконы подвизашася по стенам и паникадила со свещами и светильники поколебашася; людие же изумяхуся и мняхуся, яко глава обошла каждо их, и тако друг другу сказовах, еже быть им и недоумевахуся, что есть сие, быть же се во многих церквах и в домах господских и в иных градех быть сие». Летопись отмечает целый ряд подобных случаев. В нынешнем столетии в Европейской России было несколько землетрясений. В 1802 г. 25 октября бедственное землетрясение в Итаке и Константинополе распространилась до *Москвы* и *Петербурга*; в первом из этих городов было даже разрушено несколько домов. В 1821 г. 11 ноября в Льговском уезде *Курской губернии* чувствовалось два удара; это землетрясение достигло из Валахии и отразилось на всей юго-западной России. Можно было бы привести немало и других примеров. В *Крыму* наблюдались слабые землетрясения в 1869-м и 1875 г. В последнем случае землетрясение распространилось от Алушты до Евпатории и проявилось в *Севастополе* настолько сильно, что произвело трещины в домах и повернуло памятники на кладбище. Но вообще землетрясения в Европейской России не самостоятельны и представляют только замирающие волны отдаленных сильных землетрясений. Некоторые, как, например, *Вятское* в 1809 г. 10 марта или *Рязанское* (в Сапожковском уезде) 1841 г. 15 сентября и др., распространялись на ограниченном пространстве и проявлялись весьма слабо (удары, сопровождавшиеся трещинами в домах); происхождение их должно быть приписано частным причинам, оползням, обвалам и т. п. — *Примеч. пер.*

## Характер сотрясений и их действия

Говоря о *напряженности землетрясений* и сравнивая силу различных ударов, мы должны иметь в виду так называемую *плейстосейстовую** область, где разрушения достигают наибольшей силы. Всякое землетрясение по направлению к краям охваченной им площади постепенно ослабевает и замирает и местами бывает весьма незначительно. Но независимо от этого, при определении силы сотрясений, мы встречаем много и других трудностей. Ощущения, испытываемые людьми, чрезвычайно обманчивы, а описания этих ощущений в высшей степени различны. В тех местностях, где очень редко случаются землетрясения и где они проявляются в слабой форме, люди считают страшными и сильными такие удары, которые в Центральной Америке, Эквадоре, Перу и Чили проходят незамеченными. Поэтому силу землетрясений определяют по их действию, именно по тем разрушительным последствиям, которые обнаруживаются в зданиях и в других свободно стоящих сооружениях. В последнее время пытались различить десять различных степеней напряженности и установить *скалу землетрясений* (скала Росси-Фореля; см. ниже). Но и этот способ определения силы сотрясений имеет только относительную ценность: в тех странах, где дома строятся прочно, разрушения будут значительно меньше, чем там, где относятся беззаботно к способу постройки. Наконец, и естественные особенности мест, которые в разных странах предпочтительно выбираются для городов, остаются не без значительного влияния на последствия землетрясений.

Весьма поучительны в этом отношении наблюдения Маллета над последствиями Калабрийского землетрясения в 1856 г. Он указывает, что большинство разрушенных домов было сложено из круглых, овальных или угловатых камней, промежутки между которыми кое-как заполнялись плохим цементом с небольшой подмесью песка. При первом ударе эти постройки обратились в груду камней, между тем хорошо построенные дома среди этого хаоса разрушения остались неповрежденными**.

Землетрясения различаются не только по своей силе, но также по характеру самого движения почвы. Последние могут быть *сотрясательными*, или *нормальными* (succussorische oder aufstossende), и *волнообразными*, или *колебательными* (wel-

---

* От слов πλειστος (pleistos) — наибольший и σειστος (seistos) — потрясенный землетрясением.

** Грозный характер *Шемахинских* землетрясений, неоднократно разрушавших этот город, (напр. в 1859 г. 21 мая и в 1872 г. 16 января) в значительной степени объясняется непрочностью построек. Материалом для них служил разного рода булыжный камень, скрепленный грязью, которая собиралась во время дождя в улицах; в очень редких случаях употреблялся известковый цемент. Кроме того, для исправления повреждений, оставленных прежними землетрясениями, в большинстве случаев не принималось серьезных мер, и все ограничивалось замазыванием щелей (той же грязью) и легкими поправками. При таких условиях нельзя удивляться, что в 1872 г. из всех домов города (более 5000) устояло только 20. Разрушительные последствия в г. *Верном* (1887 г.) были бы менее значительны, если бы дома в городе строились из дерева; по крайней мере, в окрестных селениях, где был только незначительный процент каменных построек, землетрясение произвело небольшие опустошения. Во время *Беловодского* землетрясения (1885 г.) уцелели во многих селениях постройки из дерева и плетня (пригоны для скота, сарайчики, кладовые и пр.), постройки же из кирпича развалились.— *Примеч. пер.*

lenformige oder undulatorische). Иногда (как, напр., 9 ноября 1880 г. в Загребе) во всей области землетрясения почва движется волнообразно, иногда в том или другом месте происходит вертикальный или косонаправленный удар. Впрочем, оба вида землетрясений не могут быть резко отделены друг от друга, так как удар, встречающий поверхность под косым углом, проявляется уже в форме волнообразного движения. Но и вертикальные удары сопровождаются колебательным движением почвы, которое распространяется во все стороны от места главного сотрясения. Поэтому почти во всех описаниях землетрясений мы встречаем одно и то же выражение: «Удар и последовавшие за ним волнообразные колебания почвы».

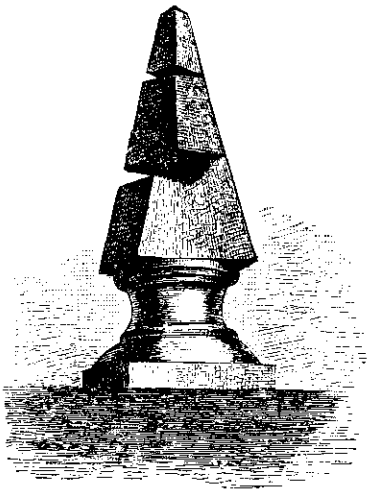


Рис. 224. **Обелиск монастыря Св. Бруно в Сан-Стефано в Калабрии, повернутый землетрясением 1783 года**

Прежде отличали еще третий вид сейсмических движений — так называемые *вращательные* движения почвы (drehende oder rotatorische), или *вихреобразные* (Wirbelbewegung). Предполагалось, что последствия таких землетрясений особенно гибельны. Знаменитым примером этого рода считалось землетрясение 1783 года в Калабрии, которое произвело характерные нарушения в двух каменных обелисках, стоявших перед монастырем св. Бруно в Сан-Стефано дель Боско (см. рис. 224). Каждый из этих обелисков состоял из пьедестала и трех камней, положенных один на другой. После землетрясения положение пьедесталов осталось неизменным, камни же, слагавшие обелиск, были повернуты в горизонтальной плоскости, но не сброшены. Существует сообщение о подобных же нарушениях в церковной башне на острове Майорке. Целый ряд таких случаев наблюдался при землетрясении 1873 года в Беллуно. На крыше одного собора стояло бронзовое изображение ангела в 5 м высотой; оно не могло упасть, так как было укреплено посредством крепкого железного прута, и вследствие землетрясения повернулось на своей оси приблизительно на 20°. Во время слабого землетрясения 1878 года в области Нижнего Рейна статуя, помещавшаяся перед политехникумом в Аахене и состоявшая из трех частей, испытала такие же нарушения, как и обелиски в Сан-Стефано. В Загребе в 1880 году были повернуты нагробные памятники на кладбище и камни строившейся тогда башни собора. Подобные явления, наблюдавшиеся вообще нередко, рассматривались, как последствия вращательных движений почвы. Нетрудно убедиться, что это объяснение неправильно: нарушения, вроде описанных, могли произойти только в центре сейсмической области, так как на большем или меньшем удалении отсюда вращательное движение должно было приобрести характер обыкновенного горизонтального удара; но такие ничтожные сооружения, как обелиски, находясь в центре области, охваченной сильным землетрясением, обрушились бы совсем. Все описанные выше явления могут быть объяснены гораздо проще при помощи следующего опыта Лазо: возьмем кусок дерева и выточим из него куб; на нижней стороне последнего, но не на самой середине ее, воткнем небольшую иглу; положим брусок на стол и вдавим в него иглу;

достаточно будет простого горизонтального удара, чтобы брусок пришел в вращательное движение.

Сотрясательные движения почвы производят вообще грозные разрушения. Последние достигают наибольшей силы не в эпицентре, где удар действует перпендикулярно к поверхности, а в большем или меньшем удалении отсюда, где удары направлены косо*. Впрочем, иногда и совершенно вертикальные удары производят страшные опустошения. В Калабрии целые дома были подброшены вверх и упали на землю без особенных повреждений; другие же здания взлетели на воздух вместе с их фундаментами, точно при взрыве пороховой мины, и были совершенно разрушены. В 1797 году в Риобамбе трупы жителей были переброшены через ручей на высокий холм, который поднимался на несколько сот футов. В 1837 г. в Чили был вырван из земли огромный шест, сидевший в ней на 10 метров (?) и укрепленный железными прутьями. При этом яма, в которой он сидел, ие испытала никаких новреждений. Но такой характер землетрясения носят сравнительно редко, и многие сообщения о подобиых разрушениях сильно преувеличены. Хотя действия сильных ударов вообще опустошительны, но мнение, будто самые ужасные разрушения обусловливаются только ими, основано на единичных случаях.

Мы уже познакомились с общим характером сильиых землетрясений. В виде дополнения остановимся здесь на Калабрийском землетрясении 1783 года: наибольшей силы разрушения достигали в Калабрии, в окрестностях города Оппидо и в местечках Ситтицано, Казолетто, Христина и Синоноли Веккьо. На 22 итальянских мили около Ситтицано, разрушенного до основания, вся местность испытывала чрезвычайно сильные сотрясения. Удары действовали в вертикальпом направлении снизу вверх. Почти все города и деревни, расположенные на этом нространстве, были разрушены. Но опустошительные действия землетрясения распространялись и дальше и охватывали площадь в 144 милн в поперечнике. Разрушения и здесь были значительны, особенно те, которые последовали от удара 5 февраля и 28 марта. В области паибольшего разрушения лежало множество местечек и два значительных города: Реджьо в Калабрии и Мессина в Сицилии. 5 февраля в г. Оппидо при восходе солнца небо было пасмурно. Заволакивавшие его тучи скоро рассеялись. Около нолудня земля окуталась туманом и, как часто бывает перед непогодой, настало полное затишье; облака стояли ненодвижно, воздух был снокоен. Только птицы и звери растерянно метались в каком-то беснокойстве. Вдруг нослышался глухой, неясный шум, и ноднялся сильный ветер, со свистом и с шумом пропесшийся над страной. Почва пришла в слабое волнообразное движение. После полудня последовал короткий сильный удар, в одно мгновепье произведший страшные опустошения. В ночь с 6-го на 7-е произошел целый ряд сильных опустошительных ударов. В течение нескольких недель и месяцев земля находилась в движении. 1 марта нослеловал онять сильный удар, а 28 марта в течепие двух минут ночва находилась в таком стремительном движении, что вновь происшедшие разрушения

* Так, напр., в городе Верном площадь наибольшего разрушения занимает как раз то пространство, где выходы удара колеблются между 40°—50° и в среднем достигают 45° *Мильн* также указывал, что наибольшие разрушения происходят при углах выхода в 45°—53°.— *Примеч. пер.*

не устунали ужасам 5 февраля и что все уцелевшее нри первом ударе было сокрушено и ниспровергнуто. Любопытно, что землетрясение обнаружилось только на западной стороне горной цени кристаллнческих пород, прорезающих Южную Калабрию. На восточной стороне у Ионийского моря оно или совсем пе чувствовалось, или проявлялось в слабой степеии. Только в области Катанцаро движения почвы распространились несколько дальше к востоку, и удар 28 марта чувствовался также в Базиликате, Салерно и Неаполе. Но как раз в местпости Катанцаро в горном хребте находится глубокая впадина. Непосредственно в горах чувствовались только ничтожные сотрясения; они были значительнее в холмистых местностях, прилегающих к хребту и образованных новейшими породами. Вследствие подземных ударов в Мессинскóм нроливе нроизошло такое же бурное движение, какое замечалось при землетрясении в Лиссабоне. Вода мгновенно отступила от берега, и у Скиллы на протяжении многих футов было обнажено морское дно. Через несколько мгновепий со страшной стремительностью хлынула на берег огромная волна, и люди, бежавшие из своих рушащихся домов в надежде спастись па берегу, были подхвачены ею. Все лодки, лежавшие на берегу, погибли в пучине. Это землетрясение особенно замечательно по тем изменениям, которые оно произвело в некоторых местах охваченной им области. Онн заключались преимущественно в следующем: обрывы, ограничивающие узкие речные долины, покрылись трещинами, верхние части их обрушились или даже были переброшены на противоположный берег. Смотря по месту и по силе удара, нослсдствия были различны,— в пекоторых случаях бока долин совсем обрушились, в некоторых обвалились части их, и в некоторых они только осели. Вследствие этого долины местами сузились или были даже совсем загромождены, и воды ручьев, остановленные обрушившимися массами, образовали маленькие озера. В Пьянура ди Рофарно ноявилось около 50 таких водовместилищ (см. рис. 225). Они обладали формой круга, которая и вообще свойственна большинству углублений, образующихся нри обвалах (см. ниже в главе «Области опускания»). Края их были изрезаны многочисленными трещинами, расходившимися в виде лучей. Вода занолняла их до самого верха. Было замечено, что глубоко залегавшие пласты были сильнее всего раздроблены. Распологавшиеся же над ними породы были только нередвинуты. Обширные нространства, покрытые рыхлой почвой, были передвинуты вместе с де-

Рис. 225. **Круглые отверстия у Рофарно в Калабрии, образовавшиеся во время землетрясения 1783 года**

ревьями и другими растениями иногда даже на целую итальянскую милю и, что всего любопытнее, внешний вид таких участков нисколько ие изменился; все растения остались на своих местах. Наряду с этим появились и огромные трещины (см. рис. 226).

Перед землетрясением в Калабрии небо было одето туманом и предвещало непогоду. Такие явления нередко считались предшественниками катастроф. Вопреки этому мнению, грозное землетрясение 3 апреля 1880 г., разрушившее остров Хиос, произошло в 1 час 42 минуты пополудни при совершенно ясном небе и чудной погоде. Хотя этот остров лежит в области частых и сильных землетрясений, он никогда не испытывал таких бедствий. После ужасных опустошений, произведенных турками в 1822 г., когда из 110000 жителей осталось только 2000, Хиос быстро оправился и через 60 лет был едва ли не самым богатым и цветущим уголком в группе Кикладских и Спорадских островов. «Грозное бедствие, обрушившееся на Хиос, вовсе не имело предвестников. Наблюдения над землетрясениями вести тем затруднительнее, чем выше напряжение ударов и чем бедственнее последствия их. Из целого ряда сообщений следует, что на Хиосе первый удар произошел не так внезапно, как, например, во время катастрофы в Казамиччьоле, и был направлен не совсем перпендикулярно к поверхности. Землетрясение достигло своей ужасной силы ие сразу: многие из жителей успели выбежать за ворота своих домов па улицы. После короткого перерыва земля спова затряслась, через несколько минут произошел третий вертикальный удар страшной силы; через две минуты удар повторился, и здания стали рушиться. В 2 часа 5 минут землетрясение возобновилось и спова сопровождалось разрушением домов. Наконец, в 3 часа раздался сильный удар, закончивший бедствия этого дня. Все сотрясения земли сопровождались сильным грохотом и раскатами. В следующие дни удары повторялись и достигали в иных случаях значительной силы. 11 апреля, в $7^1/_2$ часов вечера, сильный удар превратил город Хиос в груду развалин, и здания, которые уцелели до сих пор, были разрушены. В промежуток времени с 7 часов 14 минут вечера 11 апреля до 7 часов 14 минут утра 12 апреля насчитано 68 ударов. Опустошения распространялись далеко не на весь остров, да и в той области, которая пострадала от землетрясения, они достигали не везде одинаковой силы: северо-западная, юго-западная и южпая

Рис. 226. **Трещина у Монте Сант Анджело в Калабрии, образовавшаяся во время землетрясения 1783 г.**

части острова почти не пострадали, и разрушение ограничилось самой плодородной и густо населенной цветущей частью острова. Хотя область, охваченная разрушением, только немного превосходила половину всей поверхности острова, но из 17000 домов, бывших на острове, разрушилось 14000. Следует еще отметить, что в сурьмяных рудниках Керамо в северо-западной части Хиоса сотрясения и раскаты чувствовались очень слабо, и никаких заметных повреждений не произошло ни в самых копях, ни на дневной поверхности» (*фон Рат*).

Бедствия жителей были ужасны: 3541 человек убито, 1160 — ранено. Любопытны сообщения хиосского врача Шварца о действии землетрясения на людей. Вот что он пишет: «Сильные и часто повторяющиеся душевные волнения имели своим последствием множество первых заболеваний. С грустью должен сообщить, что большая часть девушек и молодых женщин тотчас после начала землетрясения стали страдать эпилепсией и спазматическими болями. В самом начале грозного бедствия большинство жителей покинуло Хиос, осталась только незначительная часть. Глядя на их посиневшие лица, непосредственно чувствуешь, как глубоко повлияли на них переживаемые ужасы».

Мы не будем более говорить о тех повреждениях зданий, которые являются последствием землетрясения, и вернемся к этому предмету впоследствии, когда будем говорить об определении направления ударов. О том, как действуют землетрясения на саму поверхность земли, мы уже отчасти упоминали, описывая землетрясения в Фокиде и Калабрии. Одним из обычных последствий землетрясения являются *горные обвалы*: конечно, подземный удар служит только последним толчком, вызывающим разрыв и падение надтреснувших скал. Одним из ужасных явлений этого рода был горный обвал в *Добраче* у Виллаха (Беляка) в Каринтии. «25 января 1348 г. произошло страшное землетрясение, какого люди и не запомнят. Церкви, башни, дома рушились; много людей было убито. Особенно ужасны были опустошения в Фриуле: дворец удинского патриарха обрушился, замки Тольмеццо, Сан-Даниэле Венсоне и др. превратились в груды развалин. В Венеции Большой Канал лишился воды и разрушилось много дворцов. В Каринтии было убито более 1000 человек». Так сообщает об этом землетрясении венецианская хроника 1607 года, *Шаубах* же в своем сочинении о немецких Альпах говорит: «Горный обвал в Добраче, к сожалению очень мало исследованный, принадлежит к числу ужаснейших явлений этого рода, и большой обвал у Россберга в сравнении с ним ничтожен. Два замка и 17 деревень были погребены под развалинами, вся долина Гайля превратилась в одно огромное озеро, и река едва-едва проложила себе путь среди обломков. Множество болот, находящихся в долине, произошли как раз в это время. Еще и теперь часто находят разломанные дома и скелеты погибших». Из новейших землетрясений особенно выдается по количеству произведенных им изменений поверхности большое землетрясение в Верном 7 июня (28 мая) 1887 года. Эпицентр его располагался на высоких горах Заилийского Алатау (Туркестан) (см. рис. 223). В логу Ак-Джар (в долине р. Аксая) произошел страшный горный обвал, и многие долины были загромождены оборвавшимися камнями, глинистыми массами и щебнем *.

* Лог Ак-Джар был одним из красивейших мест в Заилийском Алатау; сплошь заросший густым лесом, он с одной стороны суживался и круто спускался к Аксаю, с другой — разделялся на две ветви и оканчивался вверху котлообразным расширением. Сзади громоздились крутые, но мягкие склоны, покрытые травой и лесом; только у самой вершины

Другим важным следствием землетрясения является образование *трещин*, которые иногда сохраняются, иногда же вновь замыкаются. Во время землетрясения в Риобамбе, в Эквадоре, в 1797 году ноявились трещины, которые то открывались, то исчезали и, по свидетельству Гумбольдта, люди спасались от гибели, подняв обе руки, которые не нозволяли им провалиться. Особенно много трещин образовалось во время землетрясения в Калабрин в 1783 году. То же наблюдалось на Ахейском берегу во время большого землетрясения, которое свирепствовало 26 декабря 1861 г. у берегов Коринфского залива. Вот что сообщает о нем Шмидт:

«Особенного внимания заслуживает огромное количество трещин в Ахайе и особенно множество несчаных конусов, выдвигающихся около иих. Подобные явления издавна известны, но они редко находилн правильное объяснение. Они были отмечены уже во время *калабрийского землетрясения* 1773 года и часто уномипались внослсдствии, вплоть до наших дней. Точное объяснение этих образований особенно желательно, как мне кажется, для того, чтобы можно было точно установить факты и ограничить область предположений. На мою долю выпало счастье наблюдать образование трещин и песчаных конусов, которые хотя и не достигали больших размеров, по были явственно выражены. Я пе имел возможности посетить главную область землетрясения и производил свои наблюдения на колеблющемся берегу моря в Каламаки* у Саронического залива, через несколько минут носле землетрясения. Прошло 10—15 минут, нока я достиг южпой части Каламаки. Назвапная набережная тяиется с юго-запада па северо-восток и оканчивается на севере у мола. Между иабережной и восточным рядом домов располагается широкая улица, оканчивающаяся у моря в прибрежных песках. На этой улице, имеино иа южном конце ее, и образовались трещины. Подобные же явления происходили здесь и 21 февраля 1858 года. Здесь же паиболее сильно осела дамба пристани, и южпая часть ее уже погрузилась в море, когда я прибыл сюда. Мой проводник находился в этом месте с другими людьми в самом начале землетрясения. Все видели и чувствовали, как медленно и спокойпо опускалась ночва.

---

обеих ветвей они местамн обнажались, образуя светлые пятна среди окружающей зелени. После землетрясения лог Ак-Джар был неузнаваем. Склоны его превратились в голые, почти отвесные стены; лес остался только на вершине, в виде узкой полосы между обеими ветвями долины. Дно лога было завалено громадными валунами гранита, диорита и глинисто-слюдяного сланца; местамн оно поднялось на 80 и даже на 100 м. От густой растительности, одевавшей дно лога, не осталось и следа: вместо цветущей красивой горной долины расстилалась каменистая дикая пустыня. Гранитные глыбы оборвалнсь с крутых склонов гор, замыкающих верховья долины. Площадь главного обвала около $^1/_4$ версты, а высота около 300 метров. Глыбы, завалившие долину, достигают 2000—3000 пудов. Обломки, получившиеся от разрыва обвалившихся масс, образовали мощную каменную осыпь около 2 верст длиной, 200 метров шириной и 100 метров толщиной. Общая масса ак-джарской осыпи, при самых скромных расчетах, достигает 40 000 000 м$^3$. Как свидетельствует И. В. Мушкетов, в форме и расположении каменных глыб наблюдается сходство с большими моренами современных ледников; характерно только отсутствие ледниковых борозд и шлифованных поверхностей на склонах. Когда осыпь покроется растительностью, валуны выветрятся, а склоны сгладятся и оденутся травой и лесом, то замаскированную осыпь нетрудно будет принять за древнюю морену. Таким образом природа различными путями приводит к одинаковым результатам: несходные физико-геологическне деятели производят одинаковые действия и наоборот. (Карту Ак-Джарского обвала см. в соч. И. В. Мушкетова «Верненское землетрясение 28 мая 1887 г.»).— *Примеч. пер.*

* Гавань на восточном берегу Коринфского перешейка.

Позднее, когда я срисовывал эту местность, боясь, что движение людей уничтожит следы землетрясения, я мог подметить дальнейшее оседание только посредством измерения; к десяти же часам утра это движение совсем прекратилось. Трещины были многочисленны, в длину они достигали 30—40 шагов, но в ширину редко доходили до одной пяди. Эти трещины были неглубоки; их заполняла жидкая серо-голубая грязь и песок, и когда эти вещества осели, образовались маленькие лужи. Большинство трещин были направлены с юго-востока на северо-запад; они шли параллельно берегу, но в некоторых местах были сильно искривлены и обра-

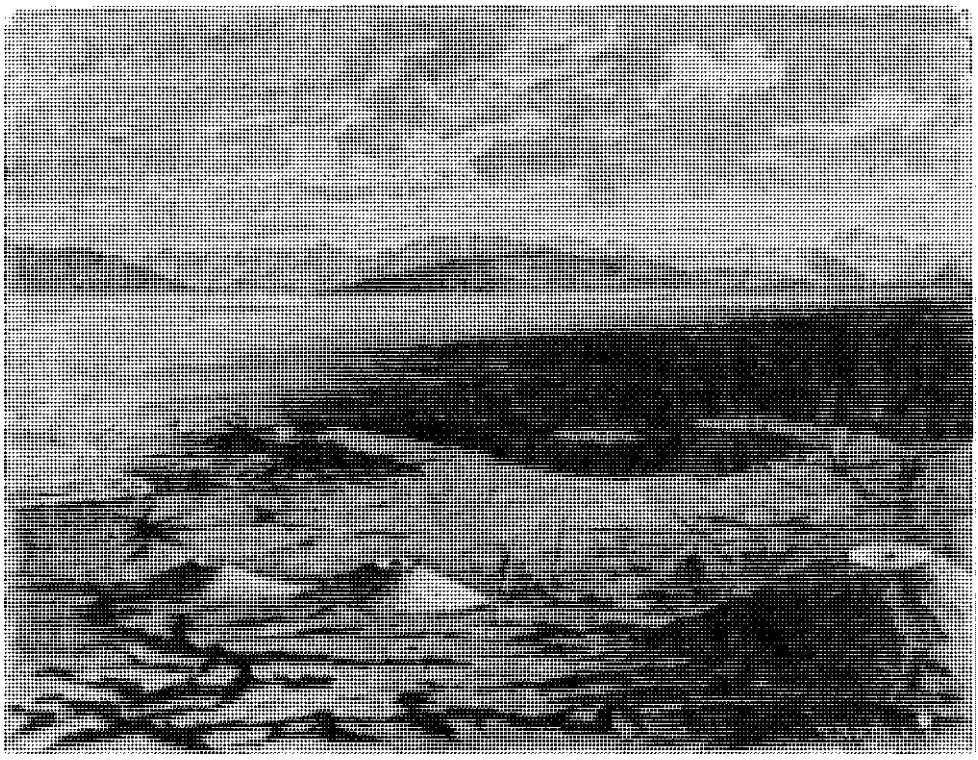


Рис. 227. **Песчаные кратеры и трещины, образовавшиеся во время землетрясения в Ахайе 26 декабря 1861 года. На заднем плане выдвигаются из воды вершины затопленных деревьев** (по Ю. Шмидту)

щены выпуклостью на восток. Последняя особенность наблюдалась в наиболее мелких трещинах, где пежный белый песок покрывал поверхность земли или лежал в виде отдельных островков. Подобные трещины имели широкое распространение. Всюду же, где выходили из-под земли газовые пузыри с запахом сероводорода, появились небольшие песчаные конусы. Они были выдвинуты давлением газов, морской воды и грязи. Эти плоские конусы достигали в ширину 1—5 дюймов и обладали склонами в 20°. На вершине конусов газовые пузыри лопались и таким образом возникал крошечный кратер; они соединялись вместе по 2—4 и больше однпм общим каналом. Часто из них вылетала вода, часто также белая солепая грязь. Термометр, поставленный в эти мелкие кратеры или трещины, обнаруживал температуру морской воды. К 11 часам, когда я собрался в дорогу, повые конусы перестали появляться. Заехав

снова в эти места в январе, я видел только следы наиболее значительных трещин.

Несравненно большего развития достигали подобные явления в Ахайе. Между устьями Меганитаса и Эрасиноса, среди которых лежит Эгион, они тянулись на протяжении 3 неполных географических миль. Рис. 227 гораздо лучше объяснит особенности этих замечательных образований, чем какое бы то ни было описание. Вся поверхность Ахайи представляет плоскую равнину, образованную дельтовыми отложениями нескольких рек. Исключением являются только скалистые выступы Диакоптаса и холмы, на которых лежит Эгион. Почва состоит из перегноя, глины, песка и галек, принесенных сюда горными потоками. Чистый белый песок только у устьев рек перемешан с гравием и гальками. На юге по направлению к горам эта равнина только чуть-чуть приподнимается, не более чем на 60—90 футов. Эта равнина образовалась в течение многих тысячелетий из наносов рек, изливающихся сюда из Пелопоннеса. Она не имела никакого непосредственного соединения с крутыми склонами высоких гор, ограничивающих ее с юга, и представляла только поверхность мощной насыпи, подошва которой лежала на дне моря и которая своими боками прислонялась к горам. Волны происшедшего вблизи землетрясения не могли равномерно распространяться в разнородных речных отложениях; последние легко отделились от склонов горы, и вся равнина стала скользить по направлению к северу. Таким образом возникла огромная трещина, шириной в 2 м и длиной в 13 000 м; она тянулась от мыса до Гардена у самого подножья гор. В этом месте равнина осела более чем на 2 м. Так как она слабо наклонялась к северу, то ее береговая полоса неизбежно должна была погрузиться в море. Длина погрузившейся в воду части достигает 13 000 м, ширина же ее колеблется между 100 и 200 м и достигает наибольшей величины у Диакоптитики и Тарацы, к северу от которых располагался некогда городок Хелике, поглощенный морем во время землетрясения в 373 г. перед Р. Х. К западу ширина погрузившейся прибрежной полосы уменьшается и, по моим определениям, у Темениона достигает 10—20 м. Я полагаю, что в общем равнина потеряла 1 300 000 м$^2$. Пространство, прорезанное многочисленными трещинами, охватывает площадь в $6^1/_2$ км$^2$, а поверхность осевшего участка равняется приблизительно 13 км$^2$. Из 13 деревень, лежащих в этой области, две совершенно разрушены, большинство потерпело существенные повреждения, и только одна не затронута всеобщим разрушением. Древний город Хелике погиб во время подобного же, но значительно более сильного землетрясения. И тогда равнина стала скользить по склонам ограничивающих ее гор и, воспетый Гомером, приморский город вместе с его жителями внезапно провалился в море.

Скользя по сильно наклоненной неправильной поверхности, эта огромная масса должна была разорваться: вследствие неравномерного движения отдельных ее частей, появились многочисленные трещины; большинство их шло параллельно берегу, многие соединялись поперечными трещинами. Некоторые были столь широки, что я не мог перескочить их даже на лошади. В глубину эти трещины достигали 4 или 5 ф. и были всегда заполнены землей, песком и грязью. Наблюдались также трещины, подобные тем, которые явились во время землетрясения в Калабрии. Они обладали формой звезды и расходились в виде лучей во все стороны от одного общего отверстия, достигавшего в ширину до 2—3 м. Они были иногда прямолинейны,

иногда изогнуты и соединялись тонкими поперечными трещинами. Часто в центре такой звезды располагался песчаный конус с кратером.

Вследствие неравномерного оседания почвы развивалось сильное, быстро возраставшее давление. Под его влиянием легкоподвижные массы, как, например, вода, грязь и песок, должны были направиться в сторону меньшего сопротивления; они вгонялись в трещины, уже существовавшие раньше или появившиеся теперь, и выливались на поверхность. Если давление было сильно и действовало быстро, то песок и грязь нагромождались в виде конусов. Мощные водяные потоки и газы, находившиеся под сильным давлением, направляясь к поверхности, образовали в этих конусах кратеры, из которых и вылились жидкие массы. Подобные явления я наблюдал, как было упомянуто выше, на небольших трещинах и песчаных конусах в Каламаки. В Ахайе они достигали значительно большего развития, но по существу не представляли ничего нового. Угол склонов ни на одном не превосходил 30°. Это доказывало, что из кратеров вылились значительные количества воды, которые и уменьшили крутизну конусов. В восточной части равнины конусы насчитывались сотнями. Самый большой из них у своего основания достигал 20 м в поперечнике; сохранившийся кратер его равнялся едва только 1 м в ширину. Он был не глубок, стены его были округлены. На дне кратера замечались два отверстия до 1 дюйма в диаметре; из них выбрасывались камни, почерневшие куски дерева, древесные ветки, вода и песок. По направлению к западу величина песчаных конусов уменьшалась, и кратеры попадались реже. Впрочем, это наблюдалось только через месяц после землетрясения. У Валомитики, на месте погрузившегося берега, из моря выдвигались высокие тростники, садовые кустарники, миндальные и оливковые деревья».

Из этого описания видно, что своеобразные изменения поверхности, с которыми мы познакомились уже выше, говоря о землетрясении в Калабрии, появляются во время сильных землетрясений преимущественно в тех местах, где почва образована новейшими речными наносами; иногда они приводят к полному изменению поверхности земли. При некоторых условиях образование трещин и соскальзывание вдоль них целых участков земли приводит к гибельным последствиям. Вот что произошло во время землетрясения в Лиссабоне 1 ноября 1755 года: «Новая набережная, недавно построенная у берега, под влиянием подземных ударов опустилась в море и увлекла за собой огромное количество людей, а также и все суда, которые были к ней привязаны. Никогда не наблюдалось ничего подобного. Глубина моря в том месте, где стояла набережная, достигала после катастрофы 100 саженей (600 ф.)».

*Кратероподобные конуса,* вроде тех, какие наблюдались в Ахайе и в Калабрии, встречаются вообще передко и заслуживают особенного внимания. В слабой степени эти явления наблюдались и во время землетрясения в Загребе; они возбудили немалый страх, так как жители, и без того перепуганные подземными ударами, вообразили, что под их ногами образуется вулкан, который все уничтожит своим огнем. На самом же деле явление носило обычный характер: поверхность земли растрескалась и почвенные воды вместе с песком и грязью вырывались из-под земли. Появление песчаных конусов, провалов и трещин наблюдалось также во время землетрясения в Чарльстоне: воды вылилось так много, что ручьи, высыхавшие летом, наполнились ею. Во время землетрясения в Келду-верфи—

в Исландии 25 января 1885 г. появились трещины, из которых вырвалась вода, перемешанная с глиной, грязь и огромные камни; все это подбрасывалось вверх на несколько саженей. Лед на озере Викинга, достигавший в ширину $^1/_2$—$^3/_4$ локтей, был разбит на множество обломков, которые в виде высокого вала нагромоздились у берегов озера. «На плоских песчаных равнинах озера Викинга песок вылетал столбами в 50—60 нем. саженей высотой; казалось, будто происходит извержение. При каждом ударе песчаные взрывы начинались на востоке и постепенно придвигались к западу. В то же время нагромождались высокие песчаные кратеры, которые тотчас же распадались и исчезали. Эти песчаные извержения длились приблизительно по 15 минут. В следующие дни на песчаных равнинах наблюдались многочисленные огромные провалы; из них самый большой достигал 60—70 саженей в обхвате. Эти ямы были наполовину заполнены водой, и крутые стены их поднимались приблизительно на 3 локтя в высоту» (*Тороддсен*).

Огромного развития достигали подобные явления в Индии у устьев Ганга и Брахмапутры: «2 апреля 1762 года сильное землетрясение охватило большую часть низменности. Оно распространялось от Читтагонга на востоке на запад и внутрь страны, чувствовалось на далеком расстоянии и особенной силы достигало в области Дакка. Воды рек, подобно бурному морю, устремились на землю; появились широкие длинные трещины, из которых вырвались столбы воды в несколько футов высотой; почва стала опускаться. 10 января 1869 года чувствовался сильный подземный удар в провинции Кахар, к востоку от Брахмапутры; он произвел сильные изменения в дельте. На протяжении многих квадратных миль залегают здесь твердые глины в 10—13 м мощностью. Они располагаются на пластах сильно насыщенной водой рыхлой породы. Во время землетрясения на протяжении целых миль образовались трещины, параллельные течению рек, и верхний слой наносов стал скользить по поверхности подстилающей его породы. Последняя, находясь в кашеобразном состоянии, вырвалась через зияющие трещины на поверхность: с быстротой пороха, которым стреляют из пушки, выделилась сначала мелкая сухая пыль, которая поднималась вверх, точно дым, затем вылилась жидкая грязь; последняя образовала около отверстия губу и стекала дальше. По окончании землетрясения почва наносов была прорезана большими трещинами; в некоторых местах они представляли настоящие сбросы, так как с одной стороны почва осела. Тут и там на поверхности выступали низкие обрывы, и между ними или на самых трещинах располагались круглые или эллиптические кратероподобные отверстия; последние часто были окружены валом из песка или грязи. Во многие из больших отверстий опять устремился выброшенный песок и грязь и увлек за собой их края, таким образом появились неправильные воронкообразные углубления» (*Зюсс*).

Знаменитое землетрясение в *Верном* 28 мая (9 июня) 1887 г. произвело множество разнообразных нарушений в долинах Заилийского Алатау. Пользуясь исследованием *И. В. Мушкетова*, постараемся набросать общую картину разрушения.

Хребет Заилийского Алатау тянется к югу от г. Верного приблизительно с запада на восток. Северные склоны его прорезаны множеством поперечных долин, по которым текут реки, несущие свои воды в р. Или и далее в озеро Балхаш. Если направиться вдоль хребта с востока на запад, то последовательно пройдут Бель-булак, Березовая, Котур-булак, Прямая Щель, М. Алмаатинская и Б. Алмаатинская Щели, Карагайлы, Аксай, Каргаумы-булак, Каскелен и др. менее значительные долины. В этих долинах и произошли разрушения, сообщившие горам неузнаваемый вид.

В пределах Семиречья северный склон Заилийского Алатау представляет живописную картину; подобно другим хребтам Тянь-Шаня, он резко выделяется над однообразной ровной степью, расстилающейся к северу от его подножья, но не поражает дикостью и безжизненностью скал. Несмотря на громадное расчленение, отроги и поперечные долины его сглажены, спокойны, полны жизни. В нижних частях горы покрыты роскошнейшими лугами, а долины заросли роскошнейшими кустарниками и деревьями; ярко-зеленый покров первых как бы перемежается с темными полосами вторых. Здесь нет ни диких ущелий, ни мрачных скал; эта область раскрыта для человека, который широко воспользовался ею: кочевники развели здесь многочисленные стада разного скота, а оседлые — преимущественно русские — обширное пчеловодство. Эта жизненность придает еще более резкости тому контрасту с душной полупустынной степью, который уже и без того ярко выражается характером рельефа. В верхней своей части луга, кустарники и лиственные деревья долин окаймляются широкой, издали черной, полосой хвойного леса (от 5000 до 9000 ф.); далее выступает зубчатый гребень хребта с острыми причудливыми вершинами (до 15000 ф.); они поднимаются то отдельно, то группами и резко выступают на серо-белом фоне вечного снега, питающего многочисленные, хотя и небольшие, ледники.

Землетрясение 28 мая произвело разрушения главным образом на средних высотах (3000—8000 фут.). Голые каменистые и глинистые участки, обнажившиеся вследствие оползней и обвалов, резко выделялись на ярко-зеленом фоне растительности. Еще издали путешественника поражало множество желтоватых пятен по склонам поперечных долин хребта, который еще более стал оправдывать старинное название Алатау, что значит «пестрый». С первого взгляда все эти следы разрушения кажутся однородными, но внимательное исследование приводит к определенному расчленению их элементов. Они сводятся к образованию трещин и сдвигов, оползней, «оплывин», обвалов и осыпей. Эти нарушения обнаружились во всех долинах северной стороны Алатау на расстоянии почти 100 верст, но в особенности между Бель-Булаком и Каскеленом, т.е. на протяжении 35 в.; главная область разрушений лежит здесь на высоте 3500—6000 фут. и охватывает площадь в 400 кв. верст.

Грозные разрушения, произведенные землетрясением, были подготовлены выпадением обильных осадков: катастрофе предшествовали ливни. Массивные породы Заилийского Алатау прикрыты мощными рыхлыми отложениями, каковы — древние речные и ледниковые наносы, элювий и лёсс. Легко проникая верхние рыхлые породы, вода задерживалась в нижних глинистых слоях и, скатываясь по ним, подмывала прикрывавшие их породы. Там, где этот процесс отличался своей силой, образовалось множество трещин в верхнем слое; последний потерял связность и стал ползти по скользкой поверхности нижних глинистых слоев, которые, вероятно, были сглажены уже раньше стекавшей по ним водой. Таким образом, явление представляется вполне сходным с теми оползнями, которые могут произойти и без землетрясения, например, под влиянием ливня. Но наряду с этими простейшими нарушениями происходило в широких размерах образование так называемых *«оплывин»*. Этим словом местные жители обозначали особый вид густых грязных потоков, которые потекли по склонам гор и местами достигали равнины. Верховья их представляют полукруглое, чашеобразное углубление, ограниченное сверху и с боков почти отвесными краями и свободно открывающееся с нижней стороны. Из этих-то углублений и вылились мощные потоки грязи, которые, направляясь вниз, поглощали в своей массе все встречавшееся им на пути. В долине Котур-Булак потоки эти достигают 3—4 верст в длину, 300 м — в ширину и 40 м — в толщину; общая масса их составляет около 74000000 м$^3$. В долине Прямая Щель оплывины еще массивнее: они протянулись на 10 верст при ширине в 500 м и толщине 40—60 м; общая масса их достигает 120000000 м$^3$. К счастью, эти оплывины остановились в 4 верстах от Малой Алмаатинской станицы, которая иначе была бы погребена под ними. В некоторых долинах, как, например, в Тасты-Булаке и Джаман-Булаке, мощные оплывины (до 30000000 м$^3$) вышли из гор и разлились по равнине. В долине Аксая оплывины затопили дома и пашни в долине Большой Алмаатинки, погибло много скота; не обошлось и без гибели людей.

Оплывины покрывали долины во всю ширину и прикрыли русло протекавших здесь рек; в одних случаях это повело к образованию временных озер, где скапливались задержанные в своем течении воды; в других случаях образовались подземные потоки. Рыхлый песчано-глинистый материал оплывин не мог долго противостоять их размывающему действию; он постепенно обрушивался, сохраняясь только тут и там в виде земляных мостов; с уничтожением последних поток выступал опять на дневную поверхность, но уже в совершенно неузнаваемом виде. Вместо спокойной реки, протекавшей между зелеными травянистыми берегами, шумел бурый поток грязной воды: он пролагал свой путь между отвесными стенами застывшей грязи, вышиной до 40 и 60 м; эти стены постоянно обваливались и снова мутили

воду. При незначительной ширине реки долина ее представляла узкое ущелье, вроде трещины: издали она была даже незаметна.

Образование таких оплывин *И. В. Мушкетов* приписывает действию сильного вертикального удара. Подбросив вверх более слабые части склонов, он образовал в них чашеобразные углубления, заполненные массой рыхлых пород; последние, смещавшись с нижними водоносными слоями, пришли в кашеобразное состояние и вследствие тяжести стали сливаться вниз, обрушив нижние края чаши или кратера. Отсюда и произошла полукруглая форма их. Изучая строение оплывин, Мушкетов нашел в них известное сходство с ледниками,— наблюдение тем более важно, что оно может пролить известный свет на происхождение некоторых особенностей в строении ледников.

Наряду с образованием оползней и мощных оплывин, землетрясение произвело, как мы видели выше (стр. 330 примеч.), громадные обвалы гранитных скал. В долине Аксая разрушение достигало страшной силы. Обрушившиеся и сползшие массы запрудили реку, вследствие чего до 11 час. вечера 28 мая ниже оплывин не было воды. В ночь на 29 мая Аксай прорвал запрудившие его плотины и вынес с огромной быстротой скопившиеся воды; перемешанные с грязью, они образовали своего рода оплывину, последняя прошла даже до Ташкентской почтовой дороги, т. е. верст 15 вне гор; разлившись здесь на широкой площади, она заполнила все канавы, снесла мосты и вообще испортила дорогу на протяжении 8 верст: сообщение между городом Верным и Каскеленом прекратилось.

Наконец, следует упомянуть и об образовании так называемых сдвигов; особенно отчетливо наблюдались они на склонах одного из верхних притоков Котур-булака. Здесь сдвиг произошел по двум параллельным и почти вертикальным трещинам, шириной около 2 м. Сдвинутые части склона опустились на 10 м и запрудили небольшой ручей, вследствие чего выше сдвига образовалось небольшое озеро (около 100 саж. длиной и 15 саж. шириной).

Вся масса оползней, обвалов, оплывин, сдвигов и осыпей на высоте 3500—6000 ф. и на расстоянии 35 верст (между Бель-булаком и Каскеленом) равна, по крайней мере, 440 000 000 м$^3$ или 67 207 000 000 пуд., что составляет около $^1/_{40}$ части Монблана. Если допустить высоту падения только в 10 саж., что гораздо меньше действительной, то и тогда получится громадная механическая работа, почти 4 700 000 000 000 пудо-фунтов. Такая огромная работа, явившаяся следствием землетрясения, не могла пройти бесследно; падение и перемещение огромных масс должно было, в свою очередь, вызвать новые сотрясения почвы и усилить землетрясение.— *Примеч. пер.*

Мы неоднократно видели, что одним из последствий землетрясения являются оседания почвы. Некоторые исследователи указывали, что и поднятия значительных участков могут также происходить вследствие землетрясения. Примеры подобных явлений находили в чилийском землетрясении 1822 года, указывали также, что они явственно обнаружились и во время землетрясения у устьев Инда. *Фухс* и др. ученые относились с большим сомнением к этим фактам, в последнее время *Зюсс* пытался доказать, что известия о таких поднятиях по своей противоречивости не заслуживают доверия. Существует только один несомненный случай, когда землетрясение сопровождалось поднятием. В 1848 году во время землетрясения на южном берегу Кукова пролива в Новой Зеландии образовалась трещина приблизительно в 96 км длиной. Землетрясение повторилось в 1855 году; в это время образовалась трещина в 145 км длиной, направленная к северо-северо-востоку; к западу от этой трещины местность поднялась на 2,74 м. Впоследствии мы еще вернемся к этому вопросу, здесь же само собой напрашивается одно замечание: выше мы видели, что самой распространенной формой землетрясений являются вертикальные удары, направленные снизу вверх. Невольно является предположение, что при подобных поднятиях мы имеем также дело с силой, направленной вверх. Но такое заключение будет неверно. Точно так же при оседаниях земной коры во время землетрясений на поверхности не чувствуется движения вниз; наоборот, предметы как бы подпрыгивают, и движение носит характер удара, направленного вверх. *Лазо* приводит прекрасный пример подобного явления. В камен-

ноугольных копях Кёнигсхютте в Верхней Силезии были выработаны из штрека угольные пласты мощностью в 24 ф. Вследствие обвала вышележащих пород произошло сотрясение земли, сопровождавшееся подземными раскатами и длившееся около 1 часа. На поверхности вблизи обвалившегося штрека разные предметы «подпрыгивали вверх, как мячики».

Как видно из вышеприведенных описаний, подземный шум обыкновенно сопровождает землетрясения, предшествует им или следует за ними. Иногда он напоминает гром, иногда раскаты. С увеличением силы звука обыкновенно понижается высота его. Как думает *Мильн*, этот шум обязан своим происхождением главным образом слабым и быстрым дрожаниям, которые сопровождают землетрясения: потому-то звуковые явления так часто предшествуют осязательным движениям земной поверхности. Если землетрясение происходит в местах разлома, то, по *Дависону*, эти нежные и быстрые дрожания вызывают звуковые колебания даже в концах трещины, где сама дислокация выражена очень слабо и где почти не заметно землетрясения. Этим, по крайней мере в некоторых случаях, объясняется тот факт, что область, охваченная землетрясением, далеко не всегда совпадает с областью, где происходят звуковые явления. Иногда слышится громкий подземный шум и вовсе не происходит даже слабого движения почвы. Подобные явления наблюдал *Парч* в 1822—1826 гг. на далматинском острове *Меледа*, жители которого чрезвычайно были перепуганы частыми подземными раскатами. Другой замечательный пример этого рода, так называемый брамидос (гул), в *Гуанахуато* в Мексике приобрел широкую известность, благодаря описанию Гумбольдта: «Этот знаменитый и богатый горный городок лежит вдали от всех вулканов. Подземные звуки начались в полночь 9 января 1784 года и длились больше месяца. Казалось, будто под ногами жителей собрались грозные тучи, в которых продолжительные раскаты прерывались короткими громовыми ударами. Когда я прибыл туда, шум постепенно замедлялся и ослабевал. Почти все жители в ужасе покинули город, в котором лежали целые груды серебряных слитков. Наиболее храбрые привыкли несколько к подземному грохоту, вернулись назад и бились с шайками разбойников, которые грабили сокровища. Ни на поверхности земли, ни в глубоких рудниках (1500 ф.) не чувствовалось даже слабого землетрясения. На протяжении всего Мексиканского плоскогорья никогда еще не слышалось таких звуков, и впоследствии они не повторялись больше».

В последнее время неоднократно указывалось, что землетрясения сопровождаются *электрическими* и *магнитными* явлениями. Значительная часть их является последствием механических нарушений. Происходит ли самостоятельное возбуждение электричества и магнетизма — еще не решено.

## Моретрясения

Суда в открытом море чувствуют иногда более или менее сильные толчки. По единогласному свидетельству моряков, такие моретрясения сопровождаются громоподобным глухим подводным шумом и производят впечатление, как будто корабль наехал на мель или на подводный риф. В некоторых случаях эти сотрясения бывают не сильнее тех, которые происходят при бросании якоря.

При более сильных ударах корабли начинают колебаться, мачты дрожат, руль стремительно поднимается и опускается, даже люди подбрасываются вверх; особенно сильные удары ломают корабельные снасти. Иногда моретрясения проявляются в виде ударов, иногда носят волнообразный характер, иногда длятся несколько мгновений, иногда много секунд и даже минут; один раз наблюдалось моретрясение, продолжавшееся даже нолчаса. Но в большинстве случаев самые сильные удары не вызывают и слабого движения воды в океане. Очень может быть, что только такие явления и должны быть отнесены к разряду сейсмических; те же моретрясения, которые сонровождаются сильным волнением, раснространяющимся во все стороны по океану, стоят, по-видимому, в связи с подводными извержениями.

Нашими сведениями о моретрясениях мы обязаны случайным сообщениям моряков. Не удивительно, что они слишком пенолны; о значительном большинстве моретрясений мы вовсе пе имеем известий, и только в редких случаях одно и то же явление наблюдалось с нескольких судов. К носледней группе относится моретрясение, происходившее 22 декабря 1884 г. между островами Азорскими и Мадейрой. Сопоставляя различные сообщения, Рудольф нришел к заключению, что это моретрясение распространялось прямолинейпо от Азорских островов почти до Мадейры. Наоборот, моретрясение 31 декабря 1881 года в Бенгальском заливе (см. карту на рис. 223) охватывало площадь, имевшую форму круга; так как вокруг залива были расставлены приборы, точно отмечавшие время прибоя волны, то в данном случае получены очень точные цифры. Площадь, подвергавшаяся землетрясению, достигает 5 миллионов км$^2$. Эпицентр лежит приблизительно в середине Бенгальского залива, а потому на берегах чувствовались только весьма слабые колебания почвы. Любопытеп вывод, к которому приводит сопоставление имеющихся до сих пор данпых: оказывается, что те области океана, которые наиболее часто посещаются судами, вовсе не подвержены моретрясениям; сейсмические явления главным образом сосредоточены в таких местностях, как, например, окрестности Азорских островов и области, расположенные к западу от берегов Португалии, а также к востоку от острова Св. Павла.

Чрезвычайно интересны и разнообразны сейсмическне явления в *прибрежных* местностях. Сильные землетрясения, происходящие здесь, часто не сопровождаются сколько-нибудь значительным волнением на море. Гнездо большей части таких землетрясений лежит в море. Так, например, $^8/_{10}$ японскнх землетрясений имели эпицентр на поверхности моря, точно так же землетрясение 1887 г. в Лигурии и землетрясение 1893 г. в Закинфе имели исходную точку на морском дне. Гнездо других землетрясений располагалось на суше недалеко от берега. Таково, например, было большое землетрясение в Чарльстоне в Южной Каролине в 1886 г. Во всех этих случаях поверхность моря оставалась совсем спокойиой или приходила только в слабое волнение, как это и наблюдалось во время землетрясення в Лигурии.

В противоположность этой группе сейсмических явлений известны в прибрежных областях такие землетрясения, которые вызывали сильное волненне, распространявшееся по всему океану и достигавшее самых отдаленных берегов. С давних времен казалось удивительным, что значительные волны появлялись только через несколько минут илн даже через четверть или полчаса после удара. Перед наступлением волнения вода даже отступала от берега. Во время землетрясе-

ния в 1699 г. в Катании морское дно обнажилось у берега на протяжении 2000 немецких саженей, а во время других землетрясений воды океана отступали и дальше. Только по прошествии значительного времени, иногда даже по истечении 3 часов (известен 1 подобный случай), море возвращается к своим прежним границам, а воды его огромными волнами устремляются на берег. При землетрясении в Консепсионе в Чили в 1835 г. обратное движение воды началось только через $^1/_2$ часа после главного удара. За огромной волной, достигавшей в высоту 6—7 м, на берег устремились еще более сильные, а потом более слабые волны. Через каждые 20—30 минут волнение усиливалось, и только через три дня море было спокойно. Во время других землетрясений, как, например, в *Арике* в 1873 г. и в *Иквике* в Перу в 1877 г., наблюдались противоположные явления: море сначала вздымалось, затем отступало от берега и, наконец, устремлялись на землю разрушительные волны. Причины такого разнообразия в последовательности явлений еще не выяснены, но много недоразумений может устраниться, если землетрясения в прибрежных областях мы будем рассматривать так же, как *Рудольф* рассматривает моретрясение вообще, т. е. предположим, что сильное волнение вызывается подводным извержением и что само землетрясение происходит от вулканических причин. Следует, однако, заметить, что некоторые из этих землетрясений по своему характеру вовсе не напоминают вулканические землетрясения.

Во время некоторых особенно гибельных землетрясений наибольшие опустошения были произведены волнами, и много людей погибло в морской пучине. Так было, напр., при землетрясении в Лиссабоне. После первого короткого удара на землю бросились грозные волны, которые поднимались, по одним сообщениям, на 16, а по другим — на 40 ф. выше уровня моря во время сильного прилива. Как было упомянуто в начале этой главы, они произвели страшные опустошения и поглотили множество человеческих жертв: число погибших достигает 60 000 (?). Во время сильного землетрясения 28 октября 1724 года, разрушившего город *Лиму* в Перу, был залит морем прибрежный город *Каллао*: огромные волны, достигавшие 80 ф. в высоту, низвергли все здания и уничтожили почти все население. Из 23 кораблей, стоявших в гавани, 19 потонуло, а 4 были выброшены на сушу на расстояние в 1 час пути от берега.

Волнение, вызываемое землетрясением, распространяется на чрезвычайно огромные пространства. Как уже было упомянуто, волны, вызванные землетрясением 1 ноября 1755 г. у берегов Португалии, прошли весь Атлантический океан и достигли Америки. Волны южноамериканских землетрясений распространяются по всему Тихому океану, достигают берегов Австралии, Восточной Азии и границы плавающих льдов на Южном Ледовитом океане. Волны, вызванные землетрясениями в Японии, доходят до берегов Калифорнии. Опустошения, причиняемые ими, охватывают огромные пространства. Сколько страшных бедствий несут, быть может, эти волны жителям низменных коралловых островов Тихого океана, возвышающихся над уровнем моря на несколько футов, и ни об одной из этих катастроф мы не имеем сведений.

Любопытны наблюдения над скоростью распространения этих волн. Точные исследования были произведены Гохштеттером над землетрясением в *Арике* в 1868 г., Гейницом и Мильном над землетрясением в *Иквике* в 1877 г., но особенно тщательно изучались волны, вызванные знаменитым извержением Кракатау.

Все эти исследования показали, что скорость распространения волн на глубине 20—30 м равна 20 м, на глубине 1000 м — 100 м и на глубине 4000 — 200 м в 1 секунду. Таким образом, наблюдения над скоростью распространения волн могут служить для определения глубины океана. Найденные этим путем цифры вполне совпадают с теми, которые дает непосредственное измерение. Волны, вызванные землетрясением в Африке и распространившиеся по всему Великому океану, достигали у берегов Новой Зеландии 3 м в высоту. Они распространились до Сандвичевых островов в течение $12^1/_2$ часов: обыкновенный прилив проходит то же расстояние в 13 часов. Таким образом, скорость волн при моретрясениях приблизительно равна скорости распространения приливной волны.

## Всемирный потоп

Заканчивая наше знакомство с землетрясениями, остановимся на той грозной катастрофе, которая разыгралась на заре человеческой истории и известна под названием потопа. Воспоминания о ней сохранились в сказаниях многих народов, и нет никакого сомнения, что в основании последних лежит действительное событие. Вопрос об этом величественном явлении чрезвычайно занимал геологов, но, несмотря на обстоятельные исследования, не удалось еще окончательно решить его. Многие ученые видели причину потопа в таянии огромных глетчеров в конце ледниковой эпохи. В самое последнее время Зюсс разработал гипотезу о потопе с совершенно новой точки зрения и дал весьма вероятное объяснение этого явления.

Много сходства с библейским описанием потопа представляют клинообразные надписи на глиняной посуде, найденной в древних ассирийских городах. Эти драгоценные остатки старины были извлечены во время раскопок Ниневии. Целый ряд древнейших сочинений был начертан на них, главным образом в царствование Ассурбанипала в VII веке до Р. Х. В ряду других произведений народного эпоса найдена поэма об Издубаре, состоящая из 12 песен и заключающая в себе эпизод о Всемирном потопе. Герой Издубар отправляется в путешествие к устью Евфрата и Тигра, где живет его божественный прародитель Хасис-Адра, бессмертный ассирийский Ной. Последний рассказывает Издубару приключения своей жизни и между прочим сообщает о своем спасении от потопа: великие боги решили потопить древний город Сурриппак, который лежал у прежнего устья Евфрата, т. е. на значительном удалении от современного берега моря. Эа, бог моря, предостерегает Хасиса-Адру о грядущем потопе и велит ему построить корабль. На этот корабль он должен перебраться со всей семьей, домашним скотом и птицами, перенести туда имущество и сделать достаточный запас пищи. Хасис-Адра сначала отговаривается, но потом принимается за работу, строит корабль, смазывает его изнутри и снаружи горной смолой, переносит на него все свои богатства, приводит различных зверей, делает запасы корма и перебирается на судно со всей семьей. Начинается грозная буря, вода выходит из берегов, и бог непогоды поднимает на море страшные волны. На землю спускается мрак, 6 дней и 7 ночей длятся опустошения. Наконец, буря стихает, воды вступают в свои берега, и корабль останавливается в местности, расположенной к юго-

востоку от Ниневии на холмах Низир, окаймляющих месопотамскую низменность. Подобно Ною, Хасис-Адра выпускает птицу, великий бог Бел обещает, что потопа более не будет, и богиня Истара делает знамением завета огромную дугу Ани, появляющуюся на небе после дождя (радуга), и т. д.

Сходство библейских преданий и песни об Издубаре заставляет предположить, что они имеют общий источник или развились одна из другой. Возникает вопрос: которое из сказаний древнее — еврейское, вышедшее из долины Иорданской, или ассирийское, сложившееся у низовьев Евфрата. В пользу последнего предположения говорит уже то, что по смыслу ассирийской поэмы высочайшие горы не были залиты водой; кроме того, песни об Издубаре обнаруживают более близкое знакомство с кораблестроением. С другой стороны, в ассирийском сказании мы находим явный местный отпечаток: действие происходит в долине Евфрата, обстановка носит национальный характер. Наоборот, в библейском сказании нет никакого указания на Палестину; любопытно, что в последнем заключаются черты, по-видимому заимствованные из Месопотамии. Хасис-Адра смазал горной смолой свой корабль снаружи и внутри, тоже сделал и Ной. Поразительно, что эта подробность, кажущаяся на первый взгляд далеко не существенной, совпадает в обоих сказаниях. Сходство было бы совершенно непонятным, если бы речь шла об обыкновенном кораблестроении. Но все недоразумения устраняются, благодаря сообщению путешественника *Черника,* который рассказывает о современном способе постройки кораблей на Евфрате для перевозки нефти: «Довольствуются приготовлением грубого остова судна: он плетется из тамарисковых прутьев, промежутки закладываются соломой и тростником, снаружи и внутри судно обильно смазывается асфальтом. Несмотря на простоту постройки, такие баржи выдерживают относительно большие тяжести». Отсюда видно, что и в настоящее время суда строятся в Месопотамии так же, как и тысячи лет назад: главным материалом служат богатые залежи асфальта, который уже во времена Нимрода употреблялся для построек. Целый ряд подобных соображений приводит к выводу, что ассирийское сказание древнее еврейского: последнее вышло из месопотамской низменности, которая и была местом грозной катастрофы.

Является второй вопрос: какие естественные причины вызвали потоп? Можно было бы предположить, что причиной катастрофы были сильные ливни, заставившие реки выступить из берегов и произвести грозные опустошения на протяжении всей низменности, где нет ни холма, ни горы, на вершинах которых люди могли бы искать защиты. Но этому предположению противоречит следующее обстоятельство: такой потоп должен бы был распространяться сверху вниз, и судно Хасиса-Адры приплыло бы в Персидский залив; на самом же деле оно остановилось недалеко от древнего устья у города Суриппака, т. е. на довольно значительном удалении от моря. Таким образом, потоп распространялся от берега внутрь страны. Заслуживает внимания, что и библейское сказание допускает такое же объяснение. В дословном переводе соответствующее место будет: «Я наведу на землю потоп водный»; но при другом толковании еврейского текста возможен и следующий перевод: «Потоп морской».

Если мы допустим, что потоп распространялся с моря, то область догадок о причинах катастрофы значительно сужается. Известно, что огромные массы воды устремляются на сушу и производят страшные опустошения только

вследствие двух причин,— такие катастрофы вызываются или землетрясениями (о них мы уже говорили), или же вихрями, которые в тропических странах гонят к плоским берегам огромные волны. Последние достигают устьев больших рек и производят в общем еще более гибельные опустошения, чем землетрясения. Такие потоны случаются очень часто в дельтах Ганга и Брахмапутры вследствие циклонов, движущихся по Бенгальскому заливу, на север. Во время наводнения, случившегося в ночь с 11 на 12 октября 1737 г. и сопровождавшегося землетрясением, воды Ганга поднялись на 12,1 м выше своего обычного уровня и поглотили в своих волнах до 300 000 человек. Недавно случилась катастрофа с такими же гибельными последствиями. В ночь с 31 октября на 1 ноября 1876 года у устья Брахмапутры поднялся страшный вихрь, и в тот момент, когда только что начался отлив морской воды, произошел потоп. Волны, образованные бурей, и воды, нагнанные приливом, со страшной яростью устремились на землю, залили площадь в 141 кв. географической мили и поднялись над поверхностью земли на 13,7 м. Из всего населения, достигавшего приблизительно 1 000 000, погибло, по одним известиям, 215 000, по другим— 100 000. Остальные избежали гибели, взобравшись на высокие деревья, которые в той местности растут около каждого дома.

Обращаясь к вопросу о причинах потопа, мы находим в поэме об Издубаре весьма важные указания. Бог моря Эа предупредил Хасиса-Адру о грядущем потопе и велел ему построить корабль. Очевидно, что главной катастрофе предшествовал период слабых землетрясений, сопровождавшихся небольшими наводнениями; последние и навели Хасиса-Адру на мысль о постройке корабля, на котором он мог бы спастись в случае сильного потопа. Догадка о существовании землетрясений в это время и об излиянии почвенных вод, что вообще часто наблюдается во время землетрясений в дельтах рек, находит подтверждение в одном месте ассирийской поэмы. Последнее в древнем переводе значит: «Адар непрерывно паводняет реки, Аинунаки (боги глубин) несут потопы и потрясают своим могуществом землю». Новейшие исследования показали, что такой способ чтения не верен; но это не вносит существенных изменений в объяснение наводнения, так как и в Библии говорится, что «в этот день разверзлись все источники великой бездны».

Наряду с этим в сказаниях упоминается о сильных бурях и мраке, которыми часто сопровождаются циклоны. Таким образом, можно допустить, что на причины потопа имели известное влияние и метеорологические явления. Известно несколько случаев, когда землетрясения сопровождались циклонами и сильными бурями. Ниже мы увидим, что землетрясения совпадают с низким положением барометра и бурями. Хотя связь между этими двумя родами явлений не может быть отрицаема, но низкое давление атмосферы, конечно, не является причиной землетрясения, а служит только последним толчком, который нарушает неустойчивое равновесие земной коры. Его роль аналогична действию искры, которая вызывает взрыв заранее заготовленной мины.

Путем вышеизложенных рассуждений Зюсс пришел к объяснению той ужасной катастрофы, сказания о которой положили важный отпечаток на воззрения большей части человечества и оказали огромное влияние на развитие геологии. Результаты исследований Зюсса сводятся к следующему:

«1) Явление природы, известное под именем потопа, происходило в нижнем течении Евфрата и выразилось сильным наводнением, залившим всю месопотамскую низменность.

2) Одной из важнейших причин этого явления было довольно сильное землетрясение в Персидском заливе, или к югу от него; этому землетрясению предшествовали многократные слабые колебания почвы.

3) Весьма вероятно, что в период сильных подземных ударов из Персидского залива надвинулся в эти места циклон.

4) Предания других народов не дают ни малейшего повода думать, что наводнение распространилось за пределы нижнего течения Тигра и Евфрата и тем более, что оно охватило всю землю.

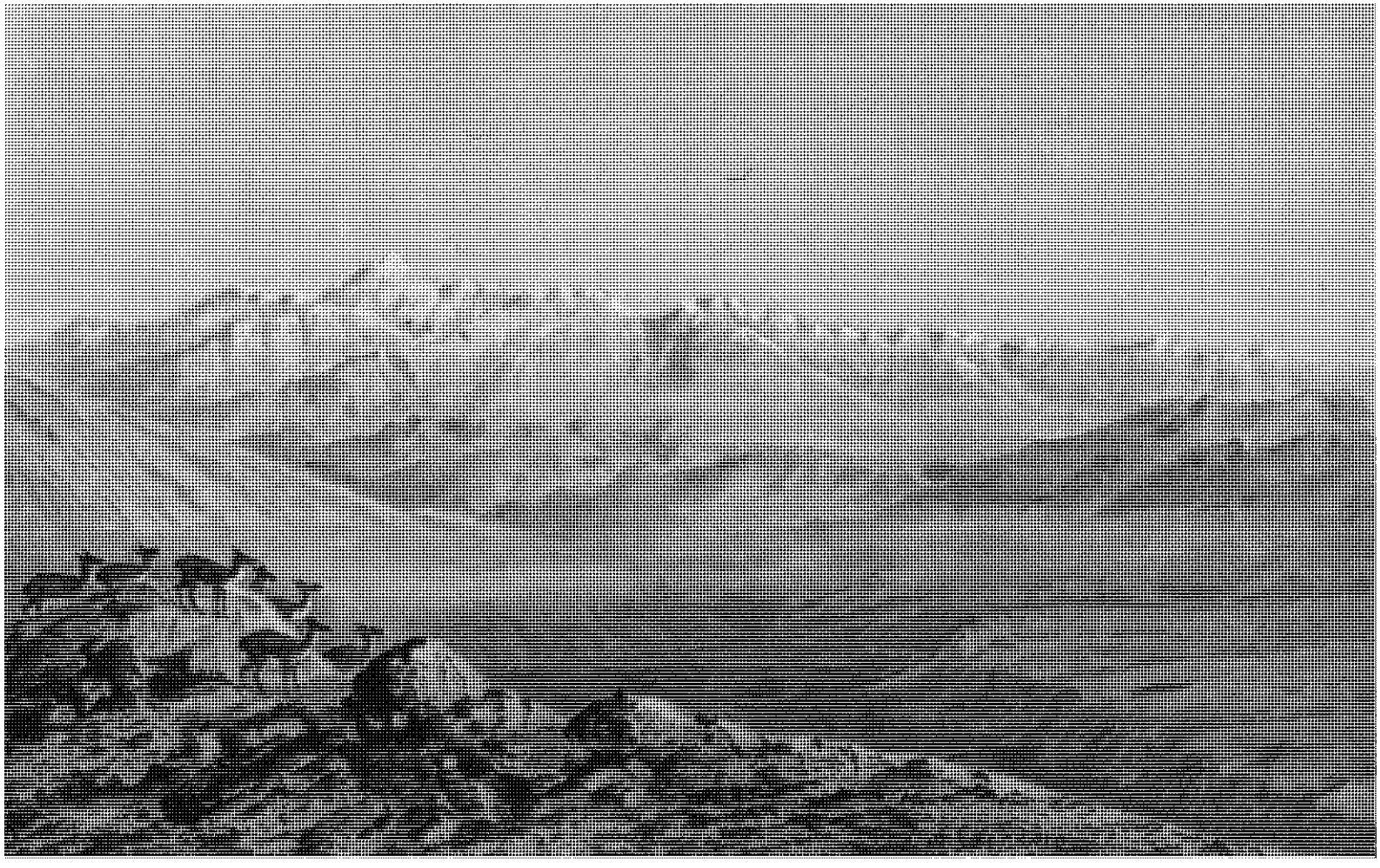
Главнейшие черты этого явления представляются в следующем виде: в течение продолжительного сейсмического периода под влиянием подземных ударов воды Персидского залива неоднократно устремлялись в низменность Евфрата. Обеспокоенный этими наводнениями осторожный Хасис-Адра, как бы по божественному предостережению, строит корабль, на котором бы он мог снасти свою семью, и смазывает его асфальтом, как это делается и теперь на Евфрате. Колебания почвы усиливаются. Хасис-Адра с семьей бежит на судно; через трещины, прорезавшие низменность, выступают почвенные воды. Большое давление атмосферы, сопровождавшееся страшной бурей и дождем, а может быть, и настоящим циклоном, который надвинулся из Персидского залива, является спутником землетрясения в тот момент, когда оно достигает своей высшей силы. Море устремляется на равнину, опустошает ее, поднимает судно, где ютятся люди, ищущие спасения, и гонит его в глубь страны к тем холмам, которые у устья Малого Цаба ограничивают низменность Тигра с севера и северо-востока»*.

## Причины землетрясений

Вопрос о причине землетрясений занимал человека с самых древних времен, и для объяснения этих явлений созидалось множество разнообразных гипотез и теорий. Первобытному человеку колебания почвы казались проявлением сверхъестественных сил или следствием баснословных причин: он приписывал их черепахам и китам, которые будто бы подкапывают землю. На более прочной почве стоят объяснения древних философов; хотя они и лишены фактических оснований, но содержат немало верных идей. Одни из философов видели причину землетрясений в обвалах подземных пустот, другие приписывали

---

* Гипотеза Зюсса встретила возражение со стороны *Солласа* (Sollas). Этот ученый пытался доказать, что сказания о потопе являются мифом, который сложился под впечатлением самых обычных наводнений, случающихся в низовьях больших рек. *К. Шмидт*, разобрав подробно халдейскую легенду об Издубаре, нашел в ней несомненные указания на циклон и землетрясение и привел новые доводы в пользу объяснения, предложенного Зюссом. Точно так же и *Жирар* (Raymond Girard) считает потоп естественным явлением. Таким образом, геологические гипотезы подтверждают факт библейского сказания. Подробности о потопе можно найти в статье *И. Мушкетова* «Сказания о потопах» (Горный Журнал, 1895, т. IV, стр. 749—486).— *Примеч. пер.*



ЦЕПЬ АКОНКАГУА И ЕЕ ВОСТОЧНОЕ ПРЕДГОРЬЕ

*(писано с натуры А. Гёрингом)*

их воде, третьи — внутреннему огню. Во всех этих объяснениях видны уже зачатки большинства современных теорий. При новом пробуждении интереса к естественным наукам и особенно к геологии после долгого средневекового застоя, выступили многочисленные гипотезы землетрясений. Мы зашли бы слишком далеко, если бы стали разбирать все попытки объяснений, которые теперь окончательно отвергнуты и к числу которых принадлежит гипотеза *Перрея*, видевшего причины землетрясений в приливах и отливах огненно-жидкого ядра земли. Мы ограничимся только разбором тех теорий, которые сохраняют свое значение и в настоящее время.

Из числа их прежде всего должно быть рассмотрено три. Первая приписывает главную роль размывающей деятельности воды, которая способствует образованию пустот; вследствие обвала последних и происходят землетрясения. Вторая гипотеза ищет причину явления в вулканической деятельности, происходящей на поверхности и в глубинах; наконец, третья выдвигает на первый план геологическое строение местности и ставит колебания почвы, по крайней мере, большую часть их, в связь с процессами, созидающими рельеф земной поверхности: словом, она рассматривает землетрясения как частное проявление горообразующих сил.

Немногие геологи станут отрицать, что землетрясения возникают при различных условиях и что каждая из указанных причин действует в том или другом случае. Разнообразие мнений заключается главным образом в вопросе о том, насколько важен каждый из этих трех деятелей и которому из них следует отвести преобладающую роль. Для геолога несомненно, что вода, проникающая в почву, растворяет и уносит ее составные части. Наиболее сильно проявляется эта деятельность там, где залегает гипс или известняк. В том и в другом случае часто образуются пустоты и воронкообразные углубления. С течением времени пустоты эти обрушиваются и, как мы видели выше на примере обвалившихся каменноугольных копей в Кёнигсхютте (стр. 373), вызывают землетрясения.

Этот вид землетрясений называют землетрясениями от обвалов (Einsturzbeben). Название не совсем правильно, так как многие из тех колебаний почвы, которые обыкновенно ставят в связь с процессами горообразования, сводятся также к обвалам. Различие заключается только в способе образования пустот. В настоящем случае они происходят вследствие растворения водой горных пород. Поэтому движения почвы, вызываемые обвалами этих пустот, следовало бы назвать землетрясениями от *выщелачивания* (Auswäschungsbeben) или просто *нептуническими* землетрясениями. Землетрясения этого рода при известных условиях могут быть очень сильны и разрушительны: в области Карста известны случаи, когда несколько домов вместе с их жителями обрушивались в глубину. С другой стороны, эти землетрясения ввиду их происхождения имеют ограниченное распространение и отражаются только в ближайших окрестностях обвала. Сотрясения почвы, распространяющиеся на большом пространстве, очевидно, не могут быть объяснены этим способом.

Одно время все землетрясения объяснялись вулканическими силами. Конечно, нет никакого сомнения, что часть сейсмических явлений обязана им своим происхождением. Достаточно наблюдать вулкан в период его сильной деятельности.

когда при каждом взрыве, выбрасывающем шлаки, после него и перед его наступлением, сотрясается дно кратера. Сюда же относятся и те страшные подземные удары, которые слышатся в окрестностях горы перед началом ее извержения. Эти землетрясения обусловливаются взрывами газов, которые еще не могут преодолеть давления лежащих над ними масс. Хотя подобные колебания почвы достигают большой силы и не ограничиваются таким незначительным пространством, как землетрясения, происходящие от обвалов, они все же не имеют широкого распространения. Эти землетрясения можно назвать *вулканическими* (вернее, «землетрясениями от взрывов», Explosionsbeben). На практике они не могут быть резко отграничены от тех землетрясений, которые имеют большое распространение и стоят в связи с вулканическими процессами и по времени, и по месту их действия, но происходят вследствие других причин. Если в одной и той же области происходят землетрясения и наблюдаются действующие вулканы и если между теми и другими явлениями замечается известная связь, то мы невольно видим причину землетрясения в деятельности вулкана; но стоит только расширить наблюдения, и мы поймем, что при тех же геологических условиях в других местах происходят землетрясения такого же характера, без всякого сопровождения вулканическими явлениями. Отсюда несомненно, что между обоими явлениями нет непосредственной зависимости; землетрясения и извержения вулканов происходят вследствие некоторой третьей причины.

Причину эту следует искать в тех процессах, которые производят существенные изменения в распределении масс земной коры. Некоторые землетрясения стоят в связи со строением гор и с направлением дислокационных линий; они носят поэтому название *тектонических* землетрясений (tektonische Beben, Structurbeben, Dislokationsbeben). Не следует, однако, думать, что эти землетрясения представляют группу, однородную с двумя отмеченными выше, т.е. с нептуническими и вулканическими землетрясениями. Две только что названные группы охватывают землетрясения, имеющие незначительное местное распространение. Они подавляются огромным большинством более важных тектонических землетрясений, которые распадаются, в свою очередь, как это мы выясним дальше, на несколько самостоятельных групп. Расположение вулканов и областей, подверженных частым землетрясениям, стоит в связи с направлением горных хребтов, а также с теми низменностями и морями, которые располагаются у краев складчатых гор. Связь эта была подмечена геологами уже давно, но только в самое последнее время она обратила на себя должное внимание и была подробно исследована. Работы *Зюсса*, предпринятые в этом направлении, совершенно изменили прежние взгляды на землетрясения, вулканы и горообразующие процессы. Землетрясения происходят преимущественно вблизи складчатых гор. Иногда они наблюдаются у трещин, прорезывающих горы, и достигают особенной силы там, где в хребте образовались котлообразные выемки, иногда сосредоточиваются в больших областях опускания, которые обыкновенно лежат у крутых обрывов складчатых гор (как, например, долина реки По в Италии). Связь тектонических землетрясений с главными линиями, по которым происходит перемещение земной коры, привела к убеждению, что эта группа сейсмических явлений является слабым проявлением горообразующих процессов, непосредственно наблюдаемым и ощущаемым на поверхности.

Весьма важные факты, подтверждающие такое воззрение, были получены в последнее время, благодаря исследованиям в Азии. В литературе имеется немало указаний на явления перемещения земной коры (дислокации), которыми сопровождались землетрясения. Но при ближайшей проверке подобные сообщения или вовсе не подтверждаются, или же остаются гадательными. Поэтому землетрясение в Средней Японии 20 октября 1891 г. представляет для геологов весьма важное значение. Эта грозная катастрофа, погубившая более 7279 человек и совершенно

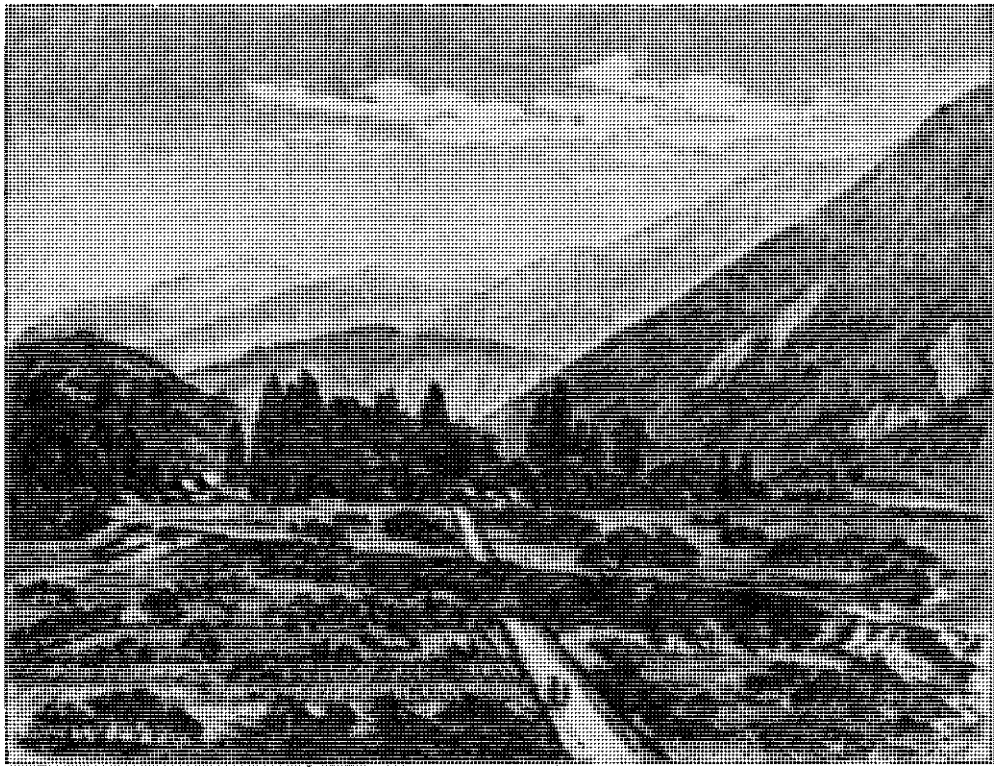


Рис. 228. **Трещина, образованная при землетрясении в Мидори, в Японии** (по Кото)

разрушившая много цветущих местечек, сопровождалась образованием прямолинейной сбросовой трещины, которая прорезала горы и долины и тянулась на протяжении 40 английскнх миль. Кото подробно исследовал это замечательное явленне (см. рис. 228). Трещина простирается в северо-занадном направлении, идет через Нео-тал к Хаку-сану и далее к Фукуи в округе Эхизен и пересекает горы под острым углом. К северо-востоку от этой трещины почти на всем ее протяжении почва осела почти на 6 м и только в одном месте, у Мидори, поднялась. Образование трещины сопровождалось сдвигом (перемещением почвы в горизонтальном направлении) на 1—4 м к северо-востоку. Следы этого движения особенно ясно видны там, где трещина прорезала проезжие дороги, канавы или поля, засаженные деревьями (см. рис. 229). В тех местах, где трещина проходит через рыхлые аллювиальные отложения, она закрыта сверху щебнем и имеет вид полосы, вспаханной гигантским плугом, или напоминает подземный ход огромного крота.

Кото невольно припомнились народные японские сказания, по которым землетрясения производятся подземными акулами и другими фантастическими животными. Отсюда естественно предположить, что уже на заре человеческой истории происходили подобные же явления, сильно возбуждавшие воображение человека. Вдоль трещины Нео располагается пояс наибольших опустошений (плейстосейстовая область); он тянется на протяжении 10 км в ширину и 50 км в длину. Нет никакого сомнения, что трещина была не следствием, а причиной землетрясения. Землетрясение в Средней Японии в 1891 г. навсегда останется классическим примером тектонического землетрясения.

Землетрясение это нредставляет интерес и в другом отношении. Как показали точные исследования, оно вызвало другое *побочное*, или *отраженное, землетрясение* (Relaisbeben). Одновременно с землетрясением в *Мино* и *Овари* наблюдались колебания почвы в *Хиконе* у озера Бива, причем широкий участок, расположенный между этими местностями, был почти спокоен. Вероятно, что в земной коре у озера Бива существовало какое-то напряжение, которое под влиянием сейсмических волн, распространявшихся из Мино и Овари, разрешилось колебанием почвы.

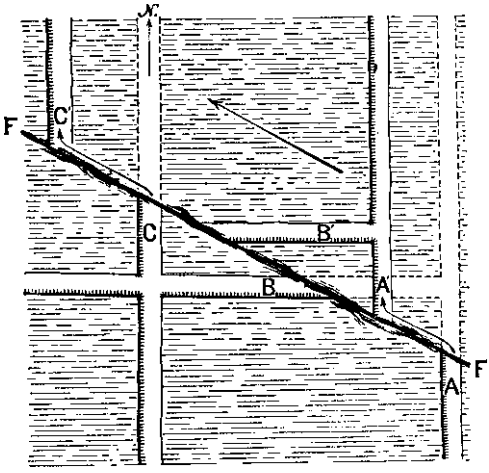



Рис. 229. **Перемещения частей земной коры, происшедшие вдоль трещины, образовавшейся в Мидори в Японии: A, B, C — дороги до землетрясения; A′, B′, C′ — дороги после землетрясения; FF — трещина**

Другое, хотя и не столь сильное перемещение земной коры вдоль трещины произошло при землетрясении в *Кветте*, в Белуджистане, 20 декабря 1892 г. Трещина образовалась у восточных склонов хребта Каджак и тянулась параллельно ему на протяжении 20 км. Между Санцалом и древним Чаманом она пересекла железнодорожный путь под углом в 15—20° и образовала в рельсах язык, направленный на восток (см. рис. 230). Когда рельсы были заменены новыми, то железнодорожная линия сократилась в этом месте приблизительно на 80 см. Появление трещины сопровождалось горизонтальным движением почвы и оседанием ее с западной стороны на 20—30 см. Таким образом, по характеру происшедшего перемещения это землетрясение сходно со среднеяпонским, но уступает ему в силе: здесь не было таких страшных онустошений. Подобные же искривления железнодорожных рельс Дуттон наблюдал у самого эпицентра *Чарльстонского* землетрясения, но считал их вторичным явлением.

Полиое выяснение тектонических землетрясепий может быть сделано только при знакомстве с горообразующими процессами и строепием гор. Сказанным мы нока и ограничимся с тем, чтобы вернуться впоследствии к занимающему нас предмету.

## Способы исследования землетрясений

Познакомившись с общим характером землетрясений и выяснив их причины, обратимся к рассмотрению тех способов исследования, которыми пользуются геологи при изучении этих явлений. С этой целью: 1) собираются статистические сведения о сейсмических явлениях и составляются каталоги землетрясений; 2) по времени, когда одно и то же землетрясение проявляется в различных местах, находят положение эпицентра и глубину гнезда, наконец, 3) по тем разрушениям,

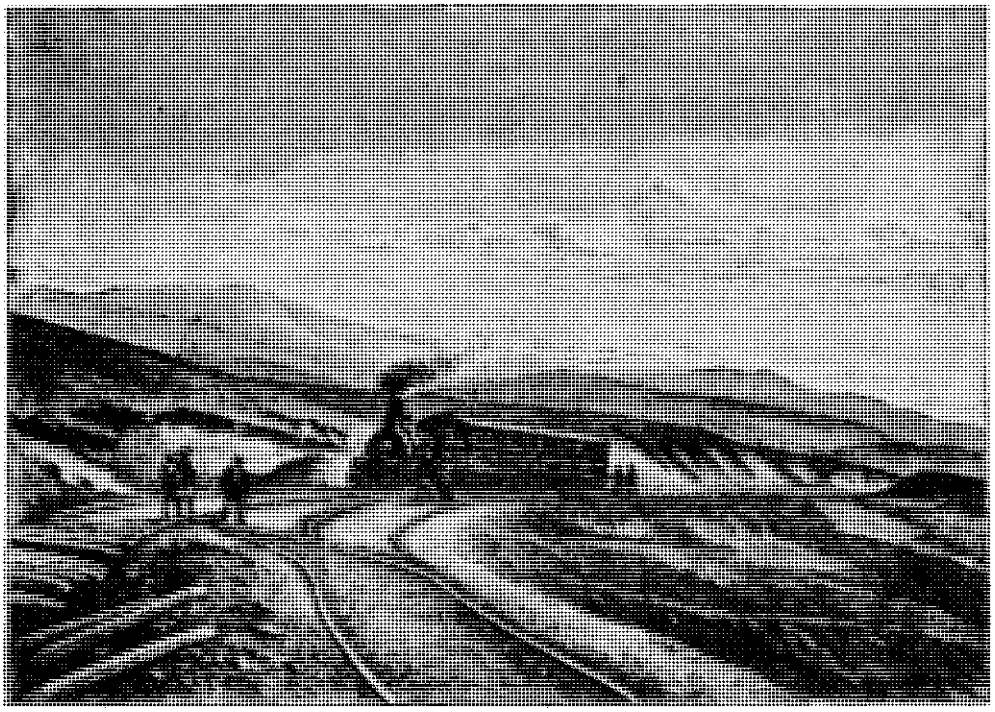


Рис. 230. **Рельсы, передвинутые горизонтальным движением почвы при землетрясении у Санцала в 1892 г.** (по Грисбаху)

которые произвело землетрясение, определяют характер сотрясений. Кроме того, сотрясения почвы отмечаются самопишущими аппаратами — так называемыми *сейсмографами*. На основании всего этого материала ученые пытаются установить связь между распределением отдельных землетрясений и большими тектоническими линиями; существование такой связи должно служить подтверждением причинной зависимости между сейсмическими явлениями и горообразующими процессами.

*Статистическим* методом пользуются уже с давних времен и в широких размерах, но результаты, полученные этим путем, обладают довольно сомнительным достоинством. В руках тех исследователей, которые не вполне осторожны в обращении с статистическим материалом, этот метод уже сам по себе является источником многих заблуждений даже при достаточном количестве наблюдений. Но если мы вспомним, что наши записи не отмечают и тысячной

доли всех колебаний почвы, то отнесемся с еще большим недоверием к статистике землетрясений. Особенно сомнительно достоинство тех каталогов, которые охватывают все страны земли и собирают материал о землетрясениях из газетных сообщений. Само собой разумеется, что сейсмические явления, происходящие на небольшом протяжении Европы, подавляют своим огромным числом известия о всех остальных землетрясениях. На таком шатком основании невозможно строить законы землетрясений и тем более распространять их на всю землю. Гораздо выше достоинство тех специальных каталогов, которые составляются некоторыми учеными только для их страны. Среди таких каталогов выдающееся место занимает каталог, составленный *Ю. Шмидтом* в Афинах; он охватывает Грецию и все окрестности Эгейского моря*. Из сопоставления фактов, приводимых Шмидтом, а также *Перреем* и *Фуксом* в их каталогах, усматривалась известная связь между фазами луны и землетрясениями. Значительное число последних совпадает с новолунием и полнолунием.

В настоящее время в пользу этого положения нельзя привести сколько-нибудь убедительных доводов; наоборот, *Монтесю де Баллор* на основании чрезвычайно богатого материала пришел к заключению, что между фазами луны и землетрясениями не существует никакой связи. Но если бы эта связь и была доказана, то отсюда еще нельзя выводить, что влияние луны является причиной землетрясений. Перрей, одной из величайших заслуг которого является составление каталога, пришел к той гипотезе, которая и раньше высказывалась неоднократно в более или менее совершенной форме, но всегда предавалась забвению: он предполагал, что в огненно-жидкой внутренности земли происходят под влиянием луны такие же приливы и отливы, как и на море, и что землетрясения являются теми ударами, которые производят волны расплавленной массы на твердую земную кору. У берегов морей во время полнолуния и новолуния, под влиянием совместного притя-

---

* Выдающимся трудом в области русской сейсмологии является «Каталог землетрясений Российской Империи». Каталог этот представляет результат многолетних трудов (около 20 лет) покойного А. П. Орлова, который задумал его еще в 1869 г. под непосредственным впечатлением землетрясения в Иркутске. С тех пор А. П. Орлов неутомимо собирал материалы из самых разнообразных источников. Часть его труда появилась в печати в 1873 г. и составила первую главу его сочинения «О землетрясениях вообще и о землетрясениях Южной Сибири и Туркестанской области в особенности». В целом и систематическом виде «Каталог» был напечатан уже после смерти автора: он издан в 1893 г. под редакцией И. Мушкетова и составил XXVI том «Записок Императорского Русского Географического Общества по общей географии». В этом единственном сборнике сведений о русских землетрясениях приводится более 2500 фактов, и в числе их около 150 сообщений о вулканических извержениях в России, преимущественно на Камчатке. В большинстве каталогов, появившихся в Западной Европе, имеются очень скудные сведения о землетрясениях в Китае и подвластных ему областях Внутренней Азии. Между тем изучение китайских летописей показало, что страна эта, равно как и прилегающие к ней острова Великого океана, издавна была театром разрушительных землетрясений. Ввиду этого А. П. Орлов включил Китай в число областей, обнимаемых его каталогом. К каталогу приложена карта распространения землетрясений в России и обширный указатель источников, откуда черпались сведения, внесенные в каталог. Существенным недостатком издания является отсутствие алфавитного указателя по местностям, что чрезвычайно затрудняет пользование каталогом.

Каталог заканчивается 1888 годом. Дальнейшим продолжением его служат «Материалы для изучения землетрясений в России», издаваемые Императорским Географическим Обществом (под редакцией И. В. Мушкетова). Первый выпуск «Материалов» напечатан в приложениях к XXVII тому (1891 г.) «Известий И. Р. Географ. Общества».— *Примеч. пер.*

жения луны и солнца, происходит так называемый большой прилив; в то же время должно усиливаться волнение огненного ядра земли и увеличиваться число землетрясений. Эти взгляды были снова высказаны и в самое последнее время; *Рудольф Фальб*, защитник этой невозможной и ни на чем не основанной гипотезы, старался придать ей сенсационный характер, делал попытки предсказывать землетрясения и распространял свои взгляды с упорной горячностью; немудрено, что эта теория, несмотря на свою несостоятельность, наделала много шуму и приобрела в публике много сторонников.

Как мы видели, увеличение числа землетрясений во время полнолуния и новолуния — факт недоказанный, и весьма вероятно, что дальнейшие исследования не подтвердят его. Но если бы даже такая связь с фазами луны оказалась несомненной, то объяснить ее было бы легко: твердые массы земли нельзя считать нечувствительными к притягательному действию солнца и луны, и если где-нибудь в земной коре нарушено равновесие и подготовлены таким образом условия для возникновения землетрясения, то чтобы последнее произошло, достаточно такого слабого толчка, как притяжение солнца и луны. На основании фактов, собранных в каталогах землетрясений, делался также вывод, что наибольшее число землетрясений происходит зимой и наименьшее — летом. С другой стороны, указывалось, что колебания почвы чаще происходят ночью, чем днем. Последнее можно бы было объяснить тем, что при городской сутолоке и шуме днем легко не заметить слабых ударов, между тем как ночью, при спокойном положении в постели, чувствуются даже ничтожные колебания. Но на это можно возразить, что, с другой стороны, ночью нетрудно проспать слабое землетрясение.

Чтобы объяснить увеличение числа землетрясений зимой, были предложены астрономические гипотезы. Так как в первые шесть месяцев земля находится ближе к солнцу, чем в остальные шесть, то, казалось бы, здесь и следует искать причину явления. Но пока не будет принято в расчет годовое движение барометра и распределение дождей в каждой сейсмической области, нельзя прийти к какому-либо определенному выводу: очень возможно, что увеличение числа землетрясений зимой и уменьшение их летом объяснится влиянием указанных метеорологических причин.

К вопросу о распределении землетрясений по месяцам вернулись опять в самое последнее время. Сопоставление 328 землетрясений, происшедших в Норвегии, начиная с 1834 года, показало, что наибольшее число сейсмических явлений действительно приходится на зиму и наименьшее на лето. Если к норвежским землетрясениям присоединить те, которые произошли в Швейцарии, то окажется, что наибольшее число их было в начале февраля и наименьшее в середине июня. Путем сопоставления землетрясений, наблюдавшихся в верхнерейнской низменности с IX века по настоящее время, было найдено, что главный максимум приходится на ноябрь, первый минимум — на апрель, второй меньший максимум — на май и самый сильный минимум — на июнь. 69,9 процентов землетрясений произошло зимой и 30,1 процентов — летом. Такое же распределение по временам года замечается и в швейцарских землетрясениях 1888—1891 годов: из числа 74 колебаний почвы, произошедших в эти четыре года, $^2/_3$ приходится на зимние месяцы. Отсюда следовало бы заключить, что в Европе наибольшее число землетрясений падает на январь; однако *Монтесю де Баллор* отрицает всякую зависимость между чис-

лом землетрясений и временем года, по в этом вопросе следует отдать предпочтение тем выводам, которые получены путем сопоставления статистических данных одной и той же сейсмической области, как, напр., верхнерейнской низменности, Швейцарии и др., а потому с большой вероятностью можно допустить, что в Северной и Средней Европе наибольшее число землетрясений происходит зимой*.

Несколько более обоснованным можно считать положение, что землетрясения чаще всего происходят при низком положении барометра и нередко сопровождаются бурями и ливиями. Само собой разумеется, что и эти явления не могут быть рассматриваемы как причины землетрясений: они служат только последним толчком, вызывающим сейсмический взрыв. Что такая связь действительно существует, показывают точные сопоставления фактов. Во время опустошительного землетрясения в *Верном* 1887 г., которое длилось приблизительно два года, 71 процент ударов произошел при падении барометра и 29 процентов при повышении его, 61 процент при давлении ниже нормального и 39 процентов при давлении выше нормального (*Вознесенский*). Поразительные примеры приводит Дарвин относительно Южной Америки: в некоторых областях этой части света землетрясения являются даже предвестниками дождей; даже сильные удары здесь не производят больших опустошений и разрушают только у туземцев хижины, кое-как построенные из тростника, отсутствие же дождей грозит голодом; поэтому землетрясения являются в Америке радостным предвестником богатой жатвы. В последнее время было обращено внимание, что зимой, когда происходит большее число землетрясений, вообще давление атмосферы выше, чем летом; отсюда сделано заключение, что землетрясениям благоприятствует не низкое, а высокое положение барометра. Другие вы-

* Что касается распределения русских землетрясений по месяцам и временам года, то данные каталога настолько неравномерны, что выводы могут быть только приблизительными. В Сибири и Средней Азии наибольшее число землетрясений приходится на холодное время года, т. е. на зиму и осень, на Кавказе же и в Китае — наоборот. Следующая таблица показывает распределение русских землетрясений по временам года (в период, охватываемый каталогом А. П. Орлова).

| ВРЕМЯ ГОДА | Число дней с землетрясениями | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Китай | Сибирь | Кавказ и пограничные земли | Средняя Азия | Европейская Россия с Царством Польским и Финляндией | Весь район, охватываемый каталогом А. П. Орлова |
| Зима (декабрь, январь, февраль) | 123 | 177 | 209 | 47 | 71 | 626 |
| Весна (март, апрель, май) | 181 | 160 | 166 | 23 | 31 | 561 |
| Лето (июнь, июль, август) | 239 | 123 | 188 | 44 | 34 | 628 |
| Осень (сентябрь, октябрь, ноябрь) | 137 | 141 | 96 | 87 | 57 | 518 |

Если же распределить землетрясения по месяцам и взять крайние месяцы (по разности их температуры), т. е. январь и июль, то окажется, что в Китае наибольшее число землетрясений приходится на июнь, в Сибири — на январь, в Средний Азии — на июнь, в Европейской России — на январь; для всего же района, обнимаемого каталогом, распределение землетрясений по месяцам приблизительно равномерно. Как следует из предыдущего, почти повсюду в других странах землетрясения преобладают зимой, а не летом. Противоположный вывод, получающийся из сопоставления данных каталога русских землетрясений, может быть, зависит от неполноты наблюдений и от неравномерности сведений, относящихся к разным областям. — *Примеч. пер.*

сказывали мнение, что толчком, вызывающим сейсмическое явление, служит и не повышение и не понижение барометра, а просто быстрые внезапные перемены давления*.

Результаты, полученные путем статистических исследований землетрясений, были до сих пор мало удовлетворительны. Тем не менее этот метод может оказать важные услуги в вопросе о сейсмических явлениях, и если мы в настоящую минуту далеки от решения задачи, несмотря на огромное количество произведенных исследований, то причина этого кроется в неполноте материала, а может быть, и в том, что он не всегда подвергался вполне научной разработке. Ученые все более приходят к убеждению, что статистические исследования землетрясений должны ограничиваться отдельными областями; при этом следует не только отмечать силу землетрясений, но также принимать во внимание и те метеорологические явления, которые им сопутствуют. Самым безукоризненным материалом, который имеется в настоящую минуту в нашем распоряжении, являются записи японских сейсмических станций, число которых переходит за 650. Мы уже указывали, что в Японии происходит ежедневно приблизительно 2 землетрясения и что в 1888 и 1889 гг. число их поразительно возросло. Но точные данные охватывают только небольшой промежуток времени в 6 лет (1885—1890), а потому окончательные выводы не могут быть еще сделаны.

Подобно Японии, систематические наблюдения над землетрясением ведутся с давних пор в Италии (где они и были начаты), в Швейцарии, в Вюртемберге, Бадене, Гессене, Голландии и отчасти в Калифорнии. Но только тогда, когда сеть сейсмических станций охватит значительно бóльшее число государств и когда в нашем распоряжении будут находиться наблюдения за много десятилетий, можно будет надеяться на получение несомненных выводов общего характера. До сих пор все попытки статистического исследования землетрясений были несовершенны и приводили только к более или менее вероятным, но еще не окончательным выводам**.

При исследованнн землетрясения, охватывающего значительную область, ученые стараются найти точку, из которой оно распространяется и которую Орлов называет *гнездом землетрясения* (Erbebenherd). Для решения этой задачи применяются различные способы, находящиеся теперь еще в зачаточном состоянии и потому не могущие привести к точным и определенным выводам, но нельзя сомневаться, что со временем они будут усовершенствованы и дадут важные резуль-

---

* О связи землетрясений с другими явлениями природы см. книгу А. П. Орлова «Землетрясения и их соотношения с другими явлениями природы», заметки по поводу землетрясений 1887 года. Казань, 1887, 170 с. Изложение популярное.

** Попытка организовать правильные наблюдения над землетрясениями в России была сделана Императорским Русским Географическим Обществом, которое выработало программу для наблюдения над сейсмическими явлениями (мы помещаем ее ниже) и устроило ряд простых сейсмических станций в Семиреченской области, Туркестане и Восточной Сибири. Путем рассылки вопросных листов в местности, охваченные землетрясением, удалось собрать разносторонние сведения о большом Чиликском землетрясении (в Семиреченской области) 30 июня 1889 г. Сводка полученного материала дала возможность прийти к некоторым общим заключениям; такой успех первого опыта дает право надеяться, что при дальнейшем развитии дела, начатого И. Р. Г. Обществом, сведения о русских землетрясениях будут систематичнее и полнее.— *Примеч. пер.*

таты. В основании подобных исследований лежит допущение, что вертикальные удары распространяются из некоторой точки или прямой линии, лежащей на известной глубине под поверхностью земли. Путем непосредственных наблюдений мы не может найти этой точки, но определяем то место на поверхности, под которым она лежит и которое испытывает поэтому вертикальные удары. Эта точка носит название *поверхностного центра* землетрясения, или *эпицентра*. Первая задача геолога, исследующего землетрясение, и заключается в нахождении эпицентра, а вторая — в определении той глубины, на которой располагается гнездо.

Приблизительное определение эпицентра производится очень простым способом: для этого определяют ту область, где землетрясение носило наиболее опустошительный характер, и собирают сведения очевидцев о направлении ударов. Результаты, полученные при исследовании опустошений, всего удобнее наносить на карту, которая и должна служить основанием для всех дальнейших выводов. Так, напр., имея дело с чрезвычайно сильным землетрясением, отмечают известной краской все те места, в которых дома были вполне разрушены; области, где обвалились только некоторые здания, отмечаются другой краской; местности, где обвалились трубы, появились трещины в стенах, — третьей краской; далее можно еще отличить местности, где происходили сотрясения, не причинившие никакого вреда, и, наконец, следует отметить, где почва оставалась совершенно спокойной. Конечно, в зависимости от характера удара, разрушения в той или другой местности представляют много особенностей; тем не менее можно подметить, что землетрясение бывает наиболее опустошительным в середине охваченной им области и носит наиболее слабый характер на ее окраинах. Это и позволяет найти приблизительно эпицентр землетрясения.

Глубину гнезда под поверхностью земли определял знаменитый сейсмолог *Маллет*. Способ своих исследований он описал в известном сочинении о неаполитанском землетрясении в 1857 году. На рис. 231 буквой Z отмечено гнездо, или центр землетрясения, откуда и исходят удары. Линия CC изображает земную поверхность. Если предположить, что массы, составляющие землю, всюду распределены равномерно, то удар будет распространяться из гнезда во всех направлениях с одинаковой скоростью, но сила его будет ослабевать по мере удаления от исходной точки. Наиболее короткое расстояние проходит тот удар, который направляется вверх, перпендикулярно к поверхности земли, прямо к эпицентру *E*. Здесь он и проявится раньше других ударов и произведет наиболее сильные опустошения. Чем дальше удалены от эпицентра точки (напр., точки *a*, *b*, *c*), тем слабее будут удары и тем позднее они последуют; вместе с тем угол, под которым удар встречает поверхность земли и который называется *углом выхода* (Emissionswinkel, Emergenzwinkel), будет уменьшаться по мере удаления от эпицентра.

Все исследователи пользовались до сих пор приемом *Маллета*; положение гнезда определялось по тем явлениям, которые наблюдаются на поверхности. В частности, способы, применявшиеся для решения задачи, были различны, но в основании всех исследований лежит одна и та же чрезвычайно большая ошибка, которую долго еще не удастся устранить: *масса земли далеко не однородна*, а потому и *распространение ударов не равномерно*. Простирание пластов, существование трещин, свойства различных горных пород и целый ряд других условий

сильно влияют на скорость распространения удара; все эти условия нам известны, но мы не имеем возможности определить величину их действия и принять последнюю в расчет при вычислениях. Маллет в своих работах основывался на механическом действии удара. Он определял направление трещин в зданиях, направление падения обрушившихся предметов и измерял расстояние, на которое они были отброшены от места своего первоначального нахождения. По этим данным он находил направление удара, угол, под которым встречал он поверхность (угол выхода), и, наконец, положение гнезда землетрясения. Определяя угол падения свободно стоявшего тела, необходимо быть очень осторожным, так как упавшее тело не всегда остается на месте, а откатывается или отбрасывается на большее или меньшее расстояние. Опытный исследователь не встречает в этом отношении особенных трудностей. Однако необходимо иметь в виду, что указанным путем нельзя определить направление самого удара, так как предметы могут падать и в направлении, противоположном его действию: нельзя, напр., отличить удар, направленный к северу, от удара, направленного к югу. Исследователь находит только ту плоскость, которая проходит через направление удара перпендикулярно к земной поверхности. Дальнейшие заключения о направлении удара и о величине угла, под которым он встречает земную поверхность (угол выхода), Маллет делал по тем предметам, которые были не только онрокинуты, но также и передвинуты относительно своего первоначального положения.

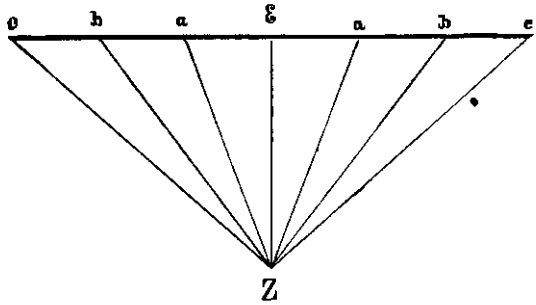



Рис. 231. **Схема распространения землетрясения: С С — поверхность земли; Е — эпицентр (поверхностный центр) Z — центр, или гнездо, землетрясения (фокус землетрясения)**

Гораздо запутаннее те явления, которые наблюдаются в пострадавших от землетрясения зданиях. Вертикальный удар, даже не достигающий крайнего предела напряженности, может подбросить вверх целую крышу здания, которая, без нарушения своей целости, упадет потом на свое прежнее место. Такие случаи наблюдаются нередко и могут быть узнаваемы по тем многочисленным трещинам, которые наблюдаются под крышей в стенах здания. Иной характер носят последствия ударов, направленных косо к поверхности земли. Если, напр., такой удар встречает стену здания, то последняя покрывается рядом близко расположенных вертикальных трещин, противоположная же ей стена или, по крайней мере, фронтон ее совершенно ниспровергается, и обломки ее ложатся вне пространства, занимаемого зданием. Иное наблюдается, если удар встречает один из углов здания, если, напр., удар, идущий с северо-запада, встречает дом, стены которого расположены к северу, югу, западу и востоку, то будет сброшен юго-восточный угол такого здания (см. рис. 232). Церковные башни при косых ударах падают обыкновенно целиком и только при ударах, встречающих поверхность земли под очень большим углом, сохраняется иногда часть башни в виде заостренного столба*.

---

* Разрушения в городе Верном, произведенные землетрясением 28 мая 1887 г., ясно свидетельствуют о распространении удара с юга на север. Наиболее повреждены стены северные и южные, тогда как восточные и западные по большей части только растрескались.

Описанные явления носят общий характер и наблюдаются при всех сильных землетрясениях. Точно определив расположение и направление трещин, исследователь получает те данные, при помощи которых можно вычислить угол выхода удара (по способу Маллета). Но только в немногих и очень простых случаях разрушительные последствия землетрясения носят ясный, определенный характер: обыкновенно неправильности дома вызывают появление неправильно расположенных трещин и вызывают обвалы, направление которых уклоняется от общего правила. Положение окон и дверей, пола и стен, расположение кирпичей или бревен и других строительных материалов обусловливают целый ряд уклонений, которые чрезвычайно затрудняют исследования. Описанным способом Маллет определял гнездо неаполитанского землетрясения 1857 года. С неутомимой энергией и осмотрительностью собирал он необходимые данные во время своего продолжительного и трудного путешествия по местности, пострадавшей от землетрясе-

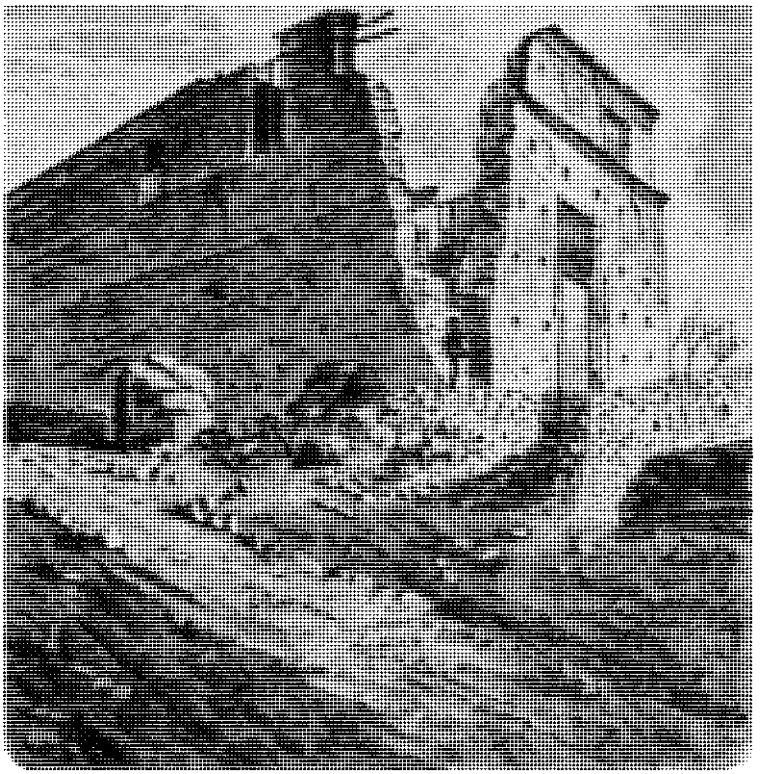


Рис. 232. **Собор в Натерно в Калабрии после большого землетрясения 1857 года (по Маллету). Угол собора обрушился вследствие удара, косо направленного к стенам собора**

---

Благодаря правильному расположению улиц по двум взаимно перпендикулярным направлениям,—почти меридиональному и широтному, различие в степени разрушения на разных сторонах одного и того же здания обнаруживается весьма отчетливо. Многие из северных и южных стен совершенно вывалились наружу: в некоторых домах только одна (чаще всего северная), в других—обе: в последних случаях дом делался сквозным, и крыша его поддерживалась только восточными и западными стенами. То же самое наблюдалось по отношению к углам зданий, обращенных на юг или север или близких к этим направлениям (по Мушкетову).—*Примеч. пер.*

ния. Он сделал 177 определений направления удара в 78 местах и по пим вычислил положение гнезда. Теория требует, чтобы все направления ударов встретились в одной точке. Маллет нашел, что 16 определенных им направлений пересекаются в центре круга с радиусом в 456 м (500 ярдов), а 32 — в центре круга с радиусом в 1851 м ($2^1/_2$ морских мили). Из числа остальных определений согласуются между собой еще 12; другие уклоняются, но вследствие известных в каждом данном случае причин. По величине углов выхода ударов было найдено, что наибольшая глубина гнезда под поверхностью достигает 15 000 м, а паименьшая 5 100 м.

Описанный метод построен на совершенно правильных основаниях; несмотря на это, против пего можио привести несколько веских соображений. Чисто практическое затрудпение заключается в том, что он может быть применен только в случае сильных землетрясений; но и кроме того, измерепия по способу Маллета предполагают целый ряд условий, которые имеются иалицо только в очень редких случаях. Прежде всего, эти измерения по существу идеи, лежащей в их осиовании, могут быть предприпяты только в тех случаях, когда здания были разрушены подземными ударами. Но волнообразные колебания почвы также производят повреждеиия. Если мы стапем рассматривать их как последствия прямолинейного удара (в математическом смысле), то впадем в ошибки. Далее, во время продолжительпого землетрясепия передко случается, что эпицентр меняет свое положеиие. Вследствие этого в одном и том же месте наблюдаются последствия различных ударов, которые нетрудно смешать. Но особенно важно следующее соображение: посещая город, сильно разрушенный землетрясением, геолог видит сотии поврежденных здапий; он не имеет возможности исследовать их все, выбирает паиболее удобные для исследований и на иих строит свои выводы. Копечио, следовало бы отдать предпочтение тем здаииям, на которых всего ярче отразились последствия землетрясения: па самом же деле без всякой предвзятой мысли исследователь невольно предпочитает те дома, повреждения которых согласуются с его предварительными догадками о положении гнезда и эпицентра. В необходимости выбирать немпогие факты из огромного ряда подобных им и в трудности, пожалуй даже в невозможности, остаться беспристрастным заключается слабая сторона метода. С особенпой очевидностью выступает она в работах самого Маллета, который стремился к такой точности, которая не может быть достигиута столь несовершепными средствами. Далее, источником ошибки может быть и следующее: исходным пунктом землетрясения считается отиосительно ограпичепная область, между тем как движение охватывает иногда большие участки земной коры. Наконец, Штанф сделал чрезвычайно важное замечапие: он указал, что нредположение, будто трещины располагаются перпендикулярно к нанравлению удара, основано на чисто теоретических соображениях и вовсе пе доказано опытом. Из всего сказанного выше можпо сделать вывод, что метод Маллета, нредставляющий чрезвычайно серьезную попытку точного исследования землетрясений, в подробностях должен быть нризнан не вполне достигающим цели *.

---

* И. В. Мушкетов нашел по способу Маллета, что гнездо Верненского землетрясения 28 мая 1887 г. располагается на глубине между 5 и 15 верстами (в среднем 10 н.) — *Примеч. пер.*

Другой метод, предложенный *Зеебахом*, основывается на определениях времени, когда происходят в разных местах колебания почвы. Но и он не вполне удовлетворителен и в своем основании заключает некоторые неверные предположения. Впрочем, этот метод допускает известные усовершенствования и в будущем, когда количество сейсмических станций увеличится, может служить для получения правильных выводов.

Мы, конечно, не можем здесь излагать математическую сторону метода Зеебаха. Основной мыслью его труда о среднегерманском землетрясении 6 марта 1872 года служит следующее: он доказывает, что удар проходит кратчайшее расстояние, направившись от гнезда к поверхности в направлении, перпендикулярном к эпицентру, и что путь его будет тем длиннее, чем меньше угол, под которым он встречает поверхность земли. Так как время, необходимое для того, чтобы удар достиг поверхности пропорционально длине его пути, то зная, когда почувствовались сотрясения в нескольких различных местах, мы можем найти положение гнезда.

*Лазо* применил метод Зеебаха к исследованию землетрясений в Герцогенрате в 1873-м и 1877 г.; тот же ученый вместе с *Шумахером* исследовал землетрясения в Западной Германии 26 августа 1868 г.; наконец, этим же методом пользовался и *Ю. Шмидт* при исследовании рейнского землетрясения 1846 г. и землетрясения в Жилине (Силейне) в Венгрии. Конечно, все эти вычисления в значительной степени несовершенны. Тем не менее чрезвычайно интересно сравнить цифры, полученные этим путем, с данными Маллета о землетрясении в Неаполе. Это сопоставление сделано в следующей таблице:

| ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ | Средняя глубина в метрах | Скорость распространения | |
|---|---|---|---|
| | | Сколько географ. миль в минуту | Сколько метров в секунду |
| 1) Рейнское землетрясение 1846 г. | 38 806 | 4,6 | 568 |
| 2) Неаполитанское землетрясение 1857 г. | 9 275 | 2,1 | 260 |
| 3) Землетрясение в Жилине 1858 г. | 26 266 | 1,7 | 206 |
| 4) Землетрясение в Средней Германии 1872 г. | 17 956 | 6,0 | 742 |
| 5) Первое землетр. в Герцогенрате 1873 г. | 11 130 | 2,7 | 360 |
| 6) Второе землетр. в Герцогенрате 1877 г. | 27 113 | 3,8 | 475 |
| 7) Землетр. в Восточной Германии 1878 г. | 8 880 | 2,4 | 302 |

Против метода Зеебаха можно привести несколько возражений. Скорость распространения удара зависит от особенностей тех горных пород, через которые он распространяется, и даже от направления, в котором он проходит пласты. Существование трещин также замедляет распространение удара. Отсюда, как уже было замечено самим Зеебахом и его последователями, видно, что скорость удара не может быть одинакова в разных направлениях. Чрезвычайно важным препятствием для получения каких-либо выводов является недостаток точных определений времени, когда произошли сотрясения почвы. Можно допустить, что из всех цифр, имеющихся теперь в распоряжении, по крайней мере, половина не верна. Необходимо отделить правильные цифры от ошибочных, а единственным критерием в решении этого вопроса является только совпадение и несовпадение полученных результатов с теорией: здесь исследователь вступает на чрезвычайно риско-

ванный путь. Наконец, в основании метода лежит предположение, что землетрясение распространяется от одной точки или линии, между тем как во многих случаях гнездо может охватывать значительную часть земной коры. Ввиду всего сказанного и этот метод не может привести к точным выводам. Мы вовсе не думаем делать упрека ученым, которые вели исследования как по тому, так и по другому способу; методы, предложенные *Маллетом* и *Зеебахом*, представляют значительный шаг вперед: они открывают науке новые пути; все изложенное выше клонилось лишь к тому, чтобы показать, что цифры, получаемые тем и другим способом, должно принимать с большой осторожностью, не преувеличивая их истинной ценности.

Не лишены интереса результаты исследований *Венера*, который нашел, что землетрясение в Загребе, во всей охваченной им области, чувствовалось одновременно. Нижеприведенные цифры, показывающие, когда в поименованных местностях ночувствовались сотрясения, почти вполне совпадают между собою:

| | | | |
|---|---|---|---|
| В Загребе | 7 час. 27 мин. 38 сек. | В Коморне | 7 час. 26 мин. 12 сек. |
| » Фиуме | 7 » 27 » 27 » | » Любляне | 7 » 26 » 38 » |
| » Фюнфкирхене | 7 » 27 » 44 » | » Триесте | 7 » 27 » 11 » |
| » Граце | 7 » 29 » 56 » | » Вене | 7 » 28 » 27 » |

В Будвейсе землетрясение почувствовалось в 7 ч 30 м 36 с, т. е. на 3 м 8 с позже, чем в Загребе. К тем же результатам привели и другие исследования. Так, *Гейм*, изучавший землетрясение в Швейцарии 4 июля 1880 г., *Уитней* (Whitney), исследовавший землетрясение в Овенс Валлей в Калифорнии 26 марта 1872 года, и *Винне* (Wynne), воспользовавшийся для своих выводов землетрясением в верховьях Пенджаба 2 марта 1878 года, пришли к заключению, что на протяжении каждой из этих областей сотрясения чувствовались почти одновременно.

В последнее время *Дуттон*, исследуя землетрясение в Чарльстоне в 1886 г., предложил новый метод для нахождения глубины гнезда; он пытался также принять в расчет существование поперечных волн, но и этот метод не лишен ошибок. Дуттон предполагает, что волна распространяется с равномерной скоростью. Между тем, вследствие увеличения упругости горных пород по мере удаления от поверхности, скорость распространения волны должна сильно возрастать. Пользуясь своим способом, Дуттон нашел, что исследованное им землетрясение имеет два близко расположенные друг от друга гнезда, одно — на глубине 13 км, другое — на глубине 19 км; *А. Шмидт*, исследуя то же землетрясение, пришел к выводу, что гнездо его лежит, вероятно, на глубине более 100 км.

Особенного внимания заслуживают определения *характера сотрясений* при землетрясениях и *скорости его распространения*. Обе задачи принадлежат к числу особенно трудных, и все, что сделано в настоящее время для решения их, можно считать только первым опытом, который не привел еще к определенным выводам. Скорость распространения определяется путем сравнения цифр, отмечающих время, когда почувствовались удары в различных местах области, охваченной землетрясением. Как мы уже видели выше, цифры эти чрезвычайно сомнительны, и ошибки настолько велики, что не могут не отразиться на окончательном выводе. При землетрясениях, которые происходят от обвалов и вследствие вулканических взрывов, место, где впервые чувствуются удары, зани-

мает среди всей области центральное положение и охватывает небольшое пространство, но в значительном большинстве случаев сотрясения происходят почти одновременно на протяжении всей области, охваченной землетрясением; они исходят из некоторой обширной плоскости, различно наклоненной к поверхности земли; в этом случае скорость распространения может быть определяема только в местностях, расположенных вне сотрясаемой области. Наконец, движение сейсмической волны зависит от целого ряда условий, которые известны нам лишь в общих чертах и которые только в исключительных случаях могут быть определены подробно. Известно, что скорость распространения волнообразного движения зависит от плотности, упругости, однородности и неоднородности среды, в которой она распространяется. Земная кора, в которой распространяются сейсмические волны, далеко не однородна; плотность и упругость ее в различных местах подлежит сильным колебаниям. Без сомнения, на значительных глубинах она обладает большей упругостью и большей однородностью, чем на поверхности. Наружные части земной коры образованы горными породами; мириады трещин и пустот прорезывают горные массы; последние чрезвычайно неодинаково пропитаны влагой и обладают неодинаковой температурой. Наконец, следует иметь в виду, что упругость горных пород имеет известный предел; если он будет перейден, то в твердой породе произойдет постоянная (остающаяся) деформация, часть живой силы потеряется и превратится в теплоту*. Вследствие этого удар, направляясь к поверхности, должен все более и более ослабевать.

Ввиду сказанного скорость распространения сейсмической волны в глубинах должна быть значительно больше, чем у поверхности. При ослаблении движения и уменьшения скорости должно происходить также преломление волн, вследствие чего удар отклонится от своего первоначального направления (т. е. угол выхода изменится). Все наблюдения мы делаем на поверхности земли: отсюда видно, как трудны точные исследования и как ненадежны те выводы, которые делались на основании полученных до сих пор цифр.

Первые попытки экспериментального определения скорости распространения сотрясений в горных породах сделал *Маллет*; его опыты над последствиями взрывов показали, что скорость распространения зависит от первоначального толчка. Позднее *Аббот* производил наблюдения при больших взрывах у мыса Галлета близ Нью-Йорка; он подтвердил выводы Маллета и показал, кроме того, что скорость распространения сотрясений уменьшается по мере поступательного движения волны. Уже давно было известно, что параллельно простиранию пластов волны распространяются скорее, чем в направлении перпендикулярном. Движение, встречающее под углом многочисленные слои, ослабляется и замедляется. Далее, *Мильн* доказал, что различные слагающие одного и того же сотрясения распространяются с неодинаковой скоростью. Материал, в котором распространяется сейсмическая волна, также имеет важное значение. Так, напр., в рыхлых песках она

---

* Об упругости однородных и неоднородных середин и о постоянных (остающихся) деформациях см. «Физическая кристаллография» П. Грота, перев. А. П. Нечаева, под редакцией проф. Ф. Ю. Левинсона-Лессинга, СПб., 1896, ч. I, с. 239. Там же о волнообразном движении, с. 3—26. Более популярное изложение последнего вопроса в книге Тиндаля «Свет» (шесть лекций, прочитанных в Америке). Перевод Цедербаума, под редакцией Н. Гезехуса. СПб. 1872 г. — *Примеч. пер.*

распространяется медленнее, чем в упругих и плотных гранитах и известняках. Если мы сравним цифры, полученные различными исследователями, то окажется, что по новейшим данным скорость распространения волнообразного движения вообще больше, а так как в настоящее время измерения ведутся точнее, то и выводы заслуживают бóльшего доверия. Особенно это следует сказать о цифрах, полученных *Мишелем Леви* и *Фуке*. По их определениям скорость распространения волны достигает:

| | |
|---|---|
| в граните | 2450—3141 м |
| в плотных песчаниках каменноугольного периода | 2000—2526 м |
| в менее плотных песчаниках пермского периода | 1190 м |
| в кембрийском мраморе | 632 м |
| в песках Фонтенебло | 300 м |

Кроме минералогического состава горных пород, влияет также строение, пористость и количество пропитывающей их воды.

На основании вышеизложенного, те землетрясения, гнездо которых располагается на незначительной глубине, должны распространяться с умеренной скоростью. Наблюдение подтверждает эту догадку. *А. Шмидт* нашел, что волны землетрясения в Швабском Альбе 14 декабря 1890 года, гнездо которого лежало приблизительно на глубине 100 м, распространялись со скоростью 20 м в секунду,— это наименьшая из всех полученных цифр. Скорость итальянских землетрясений, по определениям *Росси*, колеблется между 100 и 300 м. Скорость распространения колебательного движения при землетрясении в Герцогенрате в 1873 г. достигает 360 м (Лазо); другое землетрясение в Герцогенрате распространялось со скоростью 475 м, рейнское землетрясение 1846 г.— со скоростью 560 м (Шмидт), землетрясение в Средней Германии в 1872 г.— со скоростью в 742 м, землетрясение в Верном 9 июня 1887 г.— со скоростью 265—850 м, землетрясение в Андалузии 25 декабря 1884 г.— со скоростью 1500—2000 м и землетрясение в Чарльстоне 1886 г.— даже со скоростью 5100—5200 м в секунду*.

Поразительно высокой кажется скорость распространения *чарльстонского* землетрясения. Но эта цифра заслуживает чрезвычайно большого доверия, так как в этом случае число точных наблюдений больше, чем во всех других случаях. По теории скорость распространения волны в кремнистых массах (в стекле) неограниченных размеров достигает 4724—5333 м в секунду. Эта цифра близко подходит к скорости чарльстонского землетрясения. Скорость *микросейсмических* волн лежит в пределах между скоростью землетрясений в Чарльстоне и Андалузии, но обыкновенно стоит ближе к первой величине. Надо думать, что в неотдаленном будущем нам удастся определить более или менее точно скорость микросейсмических волн, которая на значительных глубинах, по-видимому, равномерна. Для решения этой задачи должны служить наблюдения над горизонтальным маятником, сейсмометрами и астрономическими приборами. Гораздо труднее определить скорость ударов при землетрясении.

В последнее время усилия направлены к тому, чтобы точнее определить те незначительные различия в скорости распространения, которые наблюдаются в разных местах областей, охваченных землетрясением. Оказывается, что местами волны

* Ср. таблицу на стр. 358.

забегают вперед, местами отстают. Так, напр., во время землетрясения в Лигурии 23 февраля 1887 г. скорость распространения по направлению к западу, т.е. к Ницце и Марсели, была несколько больше, чем по направлению к Генуе; в первом случае она достигала в среднем 1 450 м, во втором — приблизительно 580 м. Наблюдалось также, что скорость увеличивается по мере удаления от эпицентра. Впрочем, это не составляет общего правила и, как думает *А. Шмидт*, имеет место в том случае, когда гнездо землетрясения располагается очень близко к поверхности. Весьма возможно, что в таких случаях прирост скорости объясняется отраженным землетрясением (Relaisbeben), но главная причина неодинаковой скорости в разных направлениях кроется в *геологическом* строении сейсмической области. Массивные горные породы замедляют распространение сейсмической волны. Так, напр., во время землетрясения в Андалузии кристаллические массы гор Сиерра-де-Ронда на западе и Сиерра-Невада на востоке уменьшали скорость распространения ударов. Если мы соединим на карте точки, где чувствовались сотрясения одинаковой силы, то получим ряд линий, называемых *изосейстами*. Они графически представляют картину распространения волн и позволяют судить о влиянии геологического строения местности на скорость движения. Так, напр., изосейсты землетрясения в Чарльстоне (см. рис. 233) показывают, что волны землетрясения испытали замедление у края Аппалахских гор. Впрочем, это следует только сказать о тех волнах, которые произвели разрушение 6, 5 и 4 порядка по скале Росси-Фореля*; на распространение же волн 2 и 3 порядка строение местности, по-видимому, не оказало влияния. Однако подобные карты при тех средствах, которые имеются теперь в наших руках, не могут быть совершенны, так как отсутствует единица для определения силы землетрясения. Мы обыкновенно судим о нем по произведенным разрушениям, но последние различно оцениваются разными исследователями, и даже, как показал составитель изосейстов чарльстонского землетрясения *Дуттон*, один и тот же исследователь по мере хода работы незаметно для себя меняет масштаб. Несмотря на это, подобные работы полезны и необходимы: они дают толчок для дальнейшего развития науки.

---

* Несмотря на сделанные замечания, скала *Росси-Фореля* входит почти во всеобщее употребление. Так как и в русской литературе сила землетрясений нередко оценивается ступенями этой скалы, то мы считаем не излишним привести ее здесь.

Скала Росси-Фореля делит землетрясения по их силе на следующие десять классов:

I. Удары и колебания, незаметные непосредственному наблюдению и обнаруживаемые только чувствительными сейсмографами.

II. Сотрясения, записанные сейсмографами и ощутимые кое-кем из людей, пребывавших в состоянии покоя или бездействия.

III. Землетрясения, ощущаемые большинством людей, пребывавших в состоянии покоя или бездействия.

IV. Колебания почвы, ощущаемые людьми, пребывавшими в состоянии движения и физической деятельности. Дребезжание оконных стекол.

V. Землетрясения, ощущаемые всеми. Колебания мебели и кроватей. Звон некоторых домашних колокольчиков.

VI. Пробуждение всех спящих. Звон колокольчиков. Остановка часов с маятником. Шелест листьев. Испуг.

VII. Опрокидывание предметов. Звон больших колоколов. Ужас.

VIII. Образование трещин в стенах, разрушение дымовых труб. Незначительные опустошения. Всеобщая паника и бегство.

IX. Разрушение отдельных частей зданий или целых построек.

X. Всеобщее разрушение. Трещины земной коры. Обвалы и пр. — *Примеч. пер.*

Еще больше трудностей представляет определение характера землетрясения. Не подлежит, конечно, никакому сомнению, что подземные удары (succusorische Stösse) обязаны своим происхождением действию сил упругости, которые приводят частицы земной поверхности в колебательное движение. По законам механики

Рис. 233. **Изосейсты землетрясения в Чарльстоне в 1886 г.** (по Дуттону). **Числа при изосейстах определяют силу сотрясений по ступеням скалы Росси-Фореля**

ряд колеблющихся частиц образует волны, которые будут распространяться по поверхности земли, подобно водяным волнам. Дальнейшим осложнением является отражение волн у поверхности. Наконец, благодаря многочисленным трещинам и пустотам, а также различной плотности и упругости горных пород, волны испытывают еще целый ряд изменений. Ввиду этого по тем колебаниям, которые мы наблюдаем на поверхности, только с большим трудом можно делать заклю-

чения о движении волн в глубинах. Благодаря неистощимой изобретательности сейсмологов, в Японии определено движение частиц земной поверхности. Это удалось благодаря усовершенствованию так называемых *сейсмометров*, о которых мы уже неоднократно говорили и о которых сделаем здесь несколько дополнительных замечаний.

Приборы, служащие для определения времени наступления, направления и силы удара, имеют различное устройство. Самый простой и грубый сейсмометр представляет плоское блюдо, наполненное водой; на поверхности последней насыпаны отруби: достаточно легкого сотрясения, чтобы вода пришла в колебание. Отруби поплывут, прилипнут к краям блюда и своим положением укажут направление удара. Значительно совершеннее прибор, представляющий сосуд с восемью отверстиями в боковых стенках. Эти отверстия располагаются на одинаковом расстоянии друг от друга и на одинаковой высоте; сосуд наполняется ртутью, уровень которой достигает нижнего края отверстия; при каждом сотрясении выбрасываются незначительные количества ртути, собираемые в маленькие блюдечка; направление удара определяется по тому, из какого отверстия вылилась ртуть. Другие

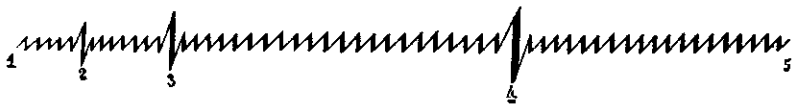



Рис. 234. **Автоматическая запись землетрясения в Токио 25 июля 1880 г., сделанная сейсмографом Вагенера**

сейсмометры представляют маятник, напр. нить с привязанным к ней куском свинца. На конце маятника находится острие, скользящее по поверхности, посыпанной песком, или по стеклянной поверхности, покрытой сажей. При каждом сотрясении маятник приходит в колебание и проводит на песке или на саже черту. Для определения времени, когда наступает удар, *Зеебах* и *Лазо* устроили особые аппараты: они снабжены часами, которые останавливаются при сотрясении, если шли раньше, и начинают ходить, если прежде стояли.

Конечно, такие грубые приборы не могли удовлетворять требованиям быстро развивающейся науки. Более точные сейсмометры были устроены в Италии, но первый значительный успех представлял сейсмограф *Вагенера* в Японии. Этот прибор не только отмечает автоматически время и направление удара, но показывает также в несколько увеличенном масштабе величину движения, испытываемого земной поверхностью. На рис. 234 приведена запись такого прибора, сделанная им во время слабого землетрясения в Токио 25 июля 1880 г. Это было первое землетрясение, исследованное описанным способом. Запись показывает, что в 2 часа $3^1/_{10}$ минуты начались слабые колебания, за которыми последовал более сильный удар, выразившийся на земной поверхности горизонтальным движением в $^1/_2$ мм. После ряда легких колебаний последовал опять заметный удар в 1 мм; он произошел через $^1/_2$ минуты после начала землетрясения. Далее, в течение 48 секунд происходили слабые колебания, прерванные ударом в 1,67 мм; за которым последовали снова легкие дрожания. В общем, как показал самопишущий прибор, землетрясение длилось 2 минуты. Однако и этот прибор не может считаться вполне удовлетворительным, так как он отмечает движение частицы только в горизонтальном направлении. Аппараты с маятниками представляют еще

и тот недостаток, что, раз приведенные в движение, они долго не перестают колебаться. *Грай*, *Мильн*, *Эвинг* и др. внесли существенные улучшения в устройство сейсмографов; последние отмечают сотрясения не только в вертикальном, но и в двух горизонтальных направлениях и автоматически делают записи на движущейся фотографической бумаге.

На основании записей сейсмографа Грая и Мильна профессор *Секеи Секийя* приготовил из медной проволоки модель, которая в увеличенном виде (в 15 раз) наглядно показывает, как передвигалась частица земли во время землетрясений 25 января 1887 г. с начала его до 72 секунды (см. рис. 235); отсюда видно, как сложно на поверхности земли движение, вызванное сейсмическими волнами. В данном случае наибольшее отклонение в сторону достигает 7,3 мм, а наибольшее движение в вертикальном направлении — 1,3 мм. Сначала происходили нежные дрожания по 5—6 раз в секунду, затем последовали колебания с периодом в $^1/_2$—2 и даже $2^1/_2$ секунды; с наступлением 71 секунды движение в вертикальном направлении прекратилось, горизонтальные же колебания продолжались еще более, чем в течение одной минуты, и достигали значительной силы. Период волны или продолжительность одного колебания частицы, как показали записи сейсмографов, зависят от силы удара.

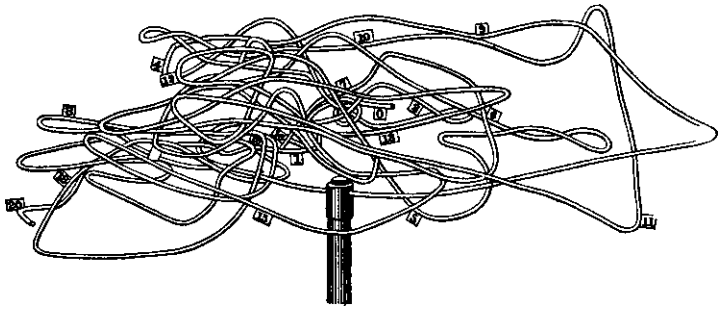


Рис. 235. **Модель представляющая движение частицы почвы с начала землетрясения до конца двадцатой секунды** (по Секийя)

Чрезвычайно поразительно, что при таком заметном землетрясении, каким было землетрясение 25 января 1887 года, поднимание частиц поверхности в вертикальном направлении достигало только 1 мм. Отсюда следует ожидать, что при колебаниях в 2 см разрушения примут опустошительный характер. В прежнее время, когда величина колебаний определялась на глазомер по субъективным ощущениям, предполагалось, что движения почвы при землетрясениях обладают бóльшей силой. Само собой понятно, что показания сейсмометров о величине амплитуды и периоде колебаний частицы почвы не могут еще служить прочным основанием для определения характера движения в глубине. Но громадным приобретением для науки является уже то, что теперь сейсмографы позволяют точнее установить особенности движения на поверхности почвы. Не может быть никакого сомнения, что исследования, ведущиеся указанным путем главным образом в Японии, обогатят науку рядом чрезвычайно важных фактов.

Часто указывается, что в рудниках и в глубоких колодцах сотрясения чувствуются слабее, чем на поверхности земли, но точных исследований в этом направлении не было произведено. Секийя и Омори пытались восполнить этот пробел и сопоставляли по возможности соответствующие друг другу показания сейсмографов на поверхности земли и в колодце глубиной в 6 м; отсюда выяснилось, что при сильных землетрясениях не существует заметного различия в силе сотрясения на поверхности и в глубоких частях почвы; в сильной степени оно обна-

руживается при незначительных и быстрых дрожаниях, в слабой — во время главных ударов.

На основании сказанного значительные успехи в изучении землетрясений могут быть сделаны путем уяснения связи, которая существует между сейсмическими явлениями и геологическим строением охваченной ими области, а также посредством систематических наблюдений и экспериментальных исследований при помощи сейсмографов. К чести заинтересованных вопросом государств и их ученых, такие исследования начались и дали уже некоторые результаты; наблюдения находятся еще в зачатке, но то, что сделано, заставляет возлагать большие надежды на дальнейшие работы. Впрочем, только в том случае, когда все культурные государства покроются сетью сейсмических станций и когда наблюдения будут вестись правильно из года в год, можно ожидать, что наука обогатится достаточным количеством фактов, которые позволят представить в более глубоком освещении такие распространенные и грозные явления, как землетрясения. Для большинства станций можно было бы ограничиться самыми простыми приборами, которые могли бы отмечать только удары, происходящие в данной местности. В некоторых станциях необходимо установить точные микросейсмические приборы, наблюдения над которыми должны непрерывно вестись образованными наблюдателями. В тех странах, где землетрясения представляют обычное явление, как, напр., в Японии, Италии и др., важно производить и целый ряд специальных наблюдений над сейсмическими волнами, над соотношением землетрясений с земным магнетизмом и электричеством.

Если мы придает такое огромное значение общему распространению правильно организованных наблюдений, то этим мы, конечно, не хотим сказать, что изучение отдельных землетрясений в том виде, как оно велось до сих пор, в будущем потеряет всякое значение. Наоборот, мы думаем, что исследователи землетрясений будут всегда нуждаться в содействии неспециалистов. Трудно указать другой отдел знания, где бы каждое *отдельное наблюдение* имело такую цену, как в учении о землетрясениях (сейсмологии). Геолог обыкновенно только благодаря счастливой случайности становится очевидцем землетрясения и, находясь на месте катастрофы, не всегда имеет возможность немедленно начать наблюдения. Даже при особенно благоприятных условиях его роль ограничивается точным определением времени, когда начались сотрясения, и наблюдением явления в данном месте. Таким образом, получается единичная запись очевидца, а для правильной оценки явления необходим целый ряд их. Поэтому всякий, кому удалось бы сделать то или иное наблюдение, должен сообщить о нем специалисту и всего лучше тому, который живет вблизи места, охваченного землетрясением. Каждое такое сообщение будет приниматься с благодарностью, и если получивший наблюдение сам не сможет воспользоваться им, то, во всяком случае, позаботится, чтобы оно попало в надлежащие руки.

Несколько уже меньше значения имеет исследование *последствий землетрясения*. В данном случае главная роль принадлежит специалисту-геологу, который только и может подметить ценные подробности. После большей части значительных землетрясений, случившихся в последнее время в доступных местностях, многие геологи отправлялись на место катастрофы, чтобы исследовать разрушившиеся здания, трещины в стенах, в почве и т. п. и опросить очевидцев явле-

ния*. Несмотря на это, многое остается незамеченным, а потому сообщения из публики о всех последствиях землетрясения крайне желательны. Чтобы видеть, как многочисленны должны быть наблюдения для правильного освещения землетрясения, посмотрим, какими материалами пользовался Вёнер, автор сочинения о землетрясении в Загребе. Сам исследователь провел пять недель на месте, исключительно занимаясь исследованием последствий землетрясения; целый ряд других геологов из Вены, Пешта и Загреба занимались тем же предметом и произвели ряд наблюдений, которыми мог воспользоваться Вёпер. Кроме того, были получены сообщения со многих железнодорожных станций, в общем более ста, со всех портов и маяков, от Каттаро до итальянской границы. Наконец, сюда же присоединяется множество частных сообщений и газетных известий. Полученный таким образом материал охватывает более чем 750 различных мест. И хотя оставались еще некоторые пробелы в наблюдениях, но разнообразные сообщения, принадлежавшие более чем 1000 лицам и собранные в одних руках, представляли достаточно прочное основание для правильного описания и объяснения землетрясения в Загребе. Громадным количеством данных пользовался и *Дуттон*, исследовавший землетрясение в Чарльстоне.

Часто высказывается мнение, что изучение слабых землетрясений не представляет значения и что заслуживают внимания только явления, достигающие грозной силы. Но это мнение совершенно ошибочно. Конечно, некоторые стороны сейсмических явлений выступают с ясностью только при больших катастрофах, но слабые землетрясения во многих отношениях представляют больше удобства. При ударах, которые в несколько мгновений превращают город в груды развалин и уничтожают сотни и тысячи жителей, трудно оставаться спокойным и вести точные наблюдения. Ужас охватывает всех, и даже самые хладнокровные люди думают только о спасении себя и других. Только исключительные личности могут в такие минуты наблюдать за секундными часами, отмечать начало и продолжительность сотрясений. Поэтому большинство описаний говорит с недостаточной полнотой о многих важных вещах, отводить видное место человеческим интересам и для науки представляет мало цены. Наконец, при сильных землетрясениях разрушения носят столь беспорядочный характер, что и по окончании катастрофы трудно определить положение обвалившихся стен, направление трещин и т. д., как это можно делать после землетрясений средней напряженности, как, напр., землетрясения в Загребе.

В 1890 г. особой комиссией при Императорском Русском Географическом Обществе выработана программа для наблюдений над землетрясениями. Программа эта имеет в виду неспециалистов, а потому мы и позволяем себе привести ее здесь (сократив местами редакцию фраз). Вот эта программа:

1) Не замечались ли перед наступлением землетрясения какие-либо особенные явления, напр., крайние колебания, повышение или понижение барометра, бури, грозы (направление их), возмущение магнитной стрелки, нарушение действия телеграфа (указать направление телеграфной линии), исчезновение или помутнение воды в колодцах, беспокойство животных и нервное состояние людей?

---

* После разрушительного землетрясения в Верном Горный Департамент Министерства Государственных Имуществ с Высочайшего соизволения снарядил экспедицию на место катастрофы для исследования последствий землетрясения. Руководство работами было возложено на И. В. Мушкетова, который и обработал добытые данные в своем труде «Верненское землетрясение 28 мая (9 июня) 1887 г.».— *Примеч. пер.*

2) В какой день, час, а если возможно — минуту и секунду (притом утром, днем или ночью на такое-то число) чувствовался первый удар?

Nb. Были ли проверены часы и какими способами? Желательно в возможно скорейшем времени после удара сверить часы с часами телеграфной станции и отметить, насколько они впереди или позади относительно часов станции.

3) Точно обозначить место наблюдения, т. е. было ли это в доме, или на открытом месте, и если в доме, то на каком этаже и чем был занят наблюдатель во время наступления первого толчка.

4) Сколько было сотрясений? Через какие промежутки они следовали друг за другом?

5) Шел ли удар снизу, или сбоку, было ли землетрясение волнообразным, или в виде короткого толчка или трепетания. Не замечалось ли подбрасывания вверх без качаний висящих предметов или сдвиганий лежащих. Все ли сотрясения имели одинаковый характер?

6) С какой стороны пришло сотрясение и куда направилось? Если можно, отметить направление качаний отвеса или других висящих предметов. Если остановились часы, то отметить направление плоскости качания маятника относительно стран света.

7) Какова была продолжительность первого удара? Сколько времени длился наиболее разрушительный удар и последующие трепетания. Продолжительность ударов отмечена по часам или по приблизительной оценке?

8) Сопровождалось ли землетрясение подземным гулом, грохотом, шумом или отдельными ударами? Когда послышался подземный гул — перед землетрясением, во время землетрясения или после него? Какой промежуток времени отделял сотрясение от подземного гула?

9) Обозначить все внешние явления, которые могли иметь какое бы то ни было отношение к землетрясению, напр.: действие сотрясения на животных и нервных людей, личные ощущения, если они выразились чем-нибудь необыкновенным, состояние атмосферы (порывы ветра, бури, ливни, грозы), явления в водных бассейнах, морях, озерах, прудах и реках (в случае необыкновенного движения в них или образования волн — обозначить направление этого движения и приблизительные размеры волны, отметить также, на каком протяжении от береговой черты волна залила берег.

10) Определить по возможности полнее все последствия землетрясения как в зданиях, так и в природе, т. е. указать, в каком преимущественно направлении (относительно стран света) упали стоящие предметы и в каком направлении стояли стены, в которых появились трещины. Определить размеры трещин, а также угол, составляемый ими с горизонтальной линией. Какие здания (каменные, деревянные или глинобитные) и какие части их потерпели наисильнейшее разрушение. Были ли обвалы или оползни? Были ли трещины в земле? Определить размеры, характер и направление их.

Не выделялась ли из трещин грязь, вода или газы, не замечалось ли над ними пламени или дыма? Не изменился ли уровень воды в озерах, родниках или колодцах? Не приобрела ли вода новых качеств?

11) Из чего состоит на месте наблюдения почва, — из рыхлых, наносных, глинистых или галечных отложений, или из твердых каменных пород? В случае присутствия тех и других указать по возможности их взаимное отношение. Нет ли поблизости каких-либо пещер? На какой почве разрушение было сильнее?

12) При повторяемости землетрясений в течение долгого времени, напр., многих месяцев или годов, определить периоды наибольшей напряженности сотрясений и особенно порядок наступления ударов (т. е. предшествуют ли главному удару мелкие, или нет).

При составлении ответов необходимо отметить только несомненные факты; при малейших же сомнениях в точности наблюдения, лучше их совсем не помещать или же вносить с ясной оговоркой. Кроме того, следует отмечать факты, наблюдавшиеся составителем ответов, от тех, которые получены им от других лиц. — *Примеч. пер.*

Мы сочли бы нашу цель достигнутой, если бы эти строки могли способствовать убеждению, что всякий интеллигентный человек обязан приложить все старания, чтобы явление не ногибло для науки, и сообщать, кому следует, все сделанные им наблюдения.

# 5. Горообразующие процессы

Различные виды гор.— Нарушения в напластовании слоев.— Прежние теории горообразования.— Строение альпийской системы.— Страны, прилегающие к Альпам.— Области опускания.— Сущность горообразующих процессов.— Продолжительность образования гор.— Связь землетрясений со строением гор.— Географические гомологии.— Перемещение береговой линии.— Причины перемещения береговой линии.— Возраст материков.

## Различные виды гор

Мы рассматривали до сих пор вулканические извержения и землетрясения как самостоятельные явления и оставляли пока в стороне вопрос об их связи с процессами более общего характера, которые могли бы уяснить их истинное значение. Вулканические и сейсмические явления представляют внешнее и кратковременное выражение массовых движений, известных под названием *горообразующих процессов*. Землетрясения показывают нам, что спокойствие почвы, на которой мы стоим, далеко не совершенно и не постоянно. Далее мы узнаем, что в течение длинных периодов вся поверхность земли подвергается сильнейшим перемещениям: одни части ее, подобно поверхности моря, находятся в постоянном волнообразном движении, другие же, все более и более растрескиваясь, обрушиваются. Все эти движения совершаются столь медленно, что нам кажется, будто все массы гор выдвинулись в одно мгновение, и мы с трудом привыкаем к мысли, что процессы, образовавшие их, действуют непрерывно и постоянно.

В разговорном языке под именем *гор* разумеют группу значительных и более или менее крутых возвышенностей. С геологической точки зрения это понятие охватывает чрезвычайно разнообразные явления, которые не имеют почти ничего общего в своем происхождении или же представляют только незначительное сходство. Вообразим себя перенесенными в какую-нибудь местность Швабской низменности к обрывам Скалистого Альба (die Rauhe Alb). Кругом волнистая поверхность почвы усеяна холмами. Прямо перед нами вздымаются крутые стены гор, прорезанные множеством ручьев; по направлению к низменности разбросаны их отроги, каковы, напр., отдельные купола Ахальм у Рейтлингена, Гогенштауфен и многие другие. Исследуя склоны, мы увидим, что слои располагаются горизонтально, обнаруживают только следы незначительных нарушений и прорезываются отдельными более или менее вертикальными трещинами, которые в самой ничтожной степени влияют на общий характер местности. Если мы достигнем вершин обрыва, то увидим перед собой опять волнистую поверхность, среди которой тут и там выдвигаются отдельные купола. Далее поднимается вторая терраса. Все эти неровности, видимо, образовались не вследствие тех массовых движений, о которых мы говорили, но вследствие другой причины: перед нами богато изрезанный край возвышенной равнины; он образовался путем постепенного размывания (эрозии). Мощные пласты известняка (до 1000 футов), увенчивающие вершину Альба, представляли первоначально равнину, продолжавшуюся на север. В течение многих миллионов лет они были разрушены водой, смыты и разъединены. Крутой обрыв отмечает ту границу, которой достигли эти разрушительные процессы.

Другая картина развернется перед нами, если мы поднимемся на башню древнего собора во Фрейбурге в Брейзгау и окинем взором окрестность. На севере одиноко выдвигается среди Рейнской равнины Кейзерштуль («Трон Императора»), группа тесно сплотившихся гор; они не обнаруживают ясно выраженного линейного расположения в форме цепей и не представляют сходства с теми образованиями, которые мы видели в Швабском Альбе. На их вершинах мы находим изверженные породы и рыхлые продукты; таким образом, эти возвышенности произошли путем накопления: они насыпаны вулканами третичного периода. В разговорном языке Кейзерштуль также называется горами, но мы не находим в нем и следа тех сильных нарушений, которые изменяют внешние формы земной коры и сопровождаются перемещением ее твердых масс.

Если мы с той же башни посмотрим на восток, то увидим темные неправильные массы Шварцвальда. Эти горы образованы главным образом древнейшими породами из семейства гнейсов и гранитов. Пласты пород приподняты, но направление их играет второстепенную роль в образовании гребней и в формах поверхности. Горизонтальные пласты пестрых песчаников триасовой системы во многих местах прилегают к первоначальным горам и располагаются на них в виде отдельных островков. Как же образовался Шварцвальд? Составляющие его массы неоднократно прорезывались трещинами, которые шли параллельно его простиранию, приблизительно с севера на юг. Вдоль этих трещин происходили перемещения масс, выразившиеся в оседании обширных участков. Процесс этот, начавшись в середине гор, постепенно передвигался к наружным частям. Первоначально Шварцвальд и Вогезы представляли общий массив; вследствие сброса расположенной между ними полосы и образовалась Рейнская долина. Шварцвальд и Вогезы представляют *участки, сохранившие свое первоначальное положение, или так называемые сбросовые выступы* (Horst), окаймляющие же части опустились при сбросах. Эти горы были значительно выше; на основании многих фактов можно допустить, что над высшими их вершинами располагались пласты триасовых и юрских пород, до 1000 м мощностью; с течением времени они были разрушены.

Поднимемся на одну из более значительных вершин Южного Шварцвальда, напр. на Сторожевую Башню (Wartturm) Фельдберга, и посмотрим на юг. Если день ясен, то вдали на горизонте мы увидим раскинувшиеся на огромном пространстве зубчатые вершины Альп. От Гохфогеля в Альгёу до ледяного купола Монблана теснится вершина за вершиной. Здесь пласты сильно нарушены и изогнуты в виде складок. Резко выраженные гребни тянутся друг за другом, и направление каждой цепи находится в самой тесной связи с положением пластов, складок и линий, по которым происходили нарушения. Размывание действовало здесь в огромных размерах, но ему принадлежит только второстепенная роль. Альпы представляют наиболее совершенный тип складчатых гор. Другим примером может служить цепь Аконгагуа, представленная на особом листе.

## Нарушения в напластовании слоев

На примере четырех горных групп, расположенных на недалеком расстоянии друг от друга, мы могли видеть, как разнообразны с геологической точки зрения возвышенности, называемые обыкновенно горами. В куполообразных вулканических горах и в прихотливо изрезанных краях возвышенных равнин с одиноко возвышающимися горами не видно еще непосредственного действия массовых движений земной коры. С несомненной ясностью выступают они в складчатых и отчасти в массивных горах. Но ниже мы увидим, что последствия этих величественных процессов могут быть прослежены в равнинах, по-видимому, не потерпевших нарушений, в глубоких низменностях и в котлованах, заполнившихся водой и образовавших моря.

Наиболее совершеннным проявлением горообразующих сил являются нарушения в напластовании горных пород, выражающиеся образованием трещин, сбросов.

Под словом трещин разумеется всякое нарушение целостности пород, составляющих земную кору. В большинстве случаев трещины идут в вертикальном направлении, реже наклонены на незначительный угол и еще реже имеют горизонтальное направление. Нередко противоположные стороны разрыва непосредственно примыкают друг к другу и представляют блестящие поверхности, покрытые бороздами, которые указывают на происшедшее перемещение и позволяют определить его направление. Гораздо чаще между обеими сторонами трещины остается промежуточное пространство, которое в большинстве случаев заполняется различными минералами, рудами или изверженными породами и образует так называемую «жилу».

Движения масс, происходящие по обеим сторонам трещины, чрезвычайно разнообразны. Это разнообразие прежде всего выражается степенью перемещения. Чаще всего оно едва только может быть подмечено и выражается несколькими сантиметрами, иногда достигает нескольких километров. Направления перемещения так же разнообразны, как и величина их. Наиболее распространены так называемые *сбросы*, т.е. оседания более или менее значительных частей земной коры вдоль трещин*. Путем ряда последовательных сбросов и образовалась западная сторона Шварцвальда, выдвигающаяся среди окружающей ее местности. Но известно немало случаев, когда значительные сбросы остаются незаметными на поверхности: трещина покрылась растительностью, а крутой обрыв поднятого крыла сброса сгла-

---

* Плоскость, по которой происходит перемещение, называется *плоскостью сброса*, сама трещина — сбрасывающей трещиной, или просто *сбрасывателем* (Verwerfungskluft, Sprungskluft), а линия на поверхности, соответствующая простиранию трещины, — *линией сброса* (Bruchlinie, igne de faille, fault line). Перемещенные части пластов называются *крыльями сброса* (Flügel, Seiten; cotés, sévres, paroves; sides; walls): одно — *приподнятым*, или *верхним* (gehobene, höhere; soulevés; uplifted, heaved и т.), другое — *опущенным*, или *нижним* (gesunkene, tiefere; affaissée, abaissé, thrown, lowered; dropped); при наклонной плоскости сброса первое называется *висячим* (hängende; toit; hanging wall), а второе — *лежачим* (liegende; mur; foat wall). Если крылья сброса плотно прилегают друг к другу, то сброс называется *закрытым* (geschlossen; formée; close): если между крыльями остается свободное пространство, то сброс называется *открытым*, или *зияющим* (geöffnet; klaffen; ouverte; open). Ширина трещины называется *мощностью сбрасывателя*. Разность между высотой поднятого (висячего) и опущенного (лежачего) крыла наз. *высотою* сброса. — *Примеч. пер.*

жен действием долговременного размывания. Вообще известно немного явлений, которые, подобно Шварцвальду, наглядно показывают, к каким грандиозным последствиям ведет размывание и как медленно совершаются горообразующие процессы. Если бы не действовало размывание, то те огромные сбросы, от которых не осталось на поверхности и следов, выдвигались бы в виде величественных отвесных стен.

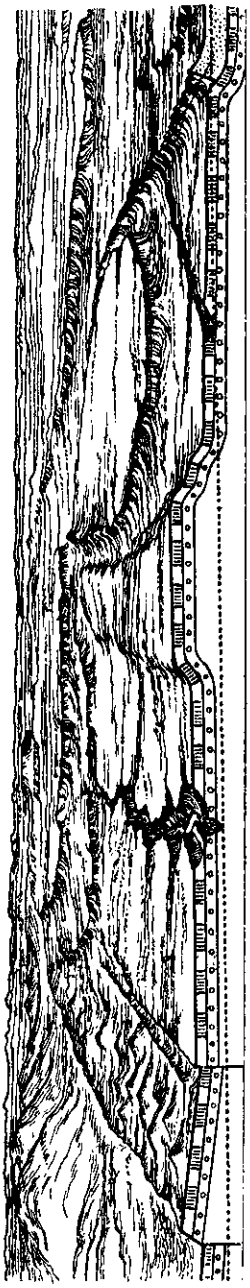


Рис. 236. Разрез через плоскогорье Колорадо в Северной Америке (по Поуэллю). Горизонтальные пласты со сбросами (слева) и флексорами (справа)

Одно из обычных явлений при сбросах — так называемое искривление краев трещины (Schleppung der Bruchränder). Если сброс произошел в горизонтальных пластах, то в опущенном или нижнем крыле его слои изгибаются по направлению кверху, а в приподнятом или верхнем крыле — по направлению книзу. Для объяснения такого искривления можно предположить, что перед образованием сброса осели глубоко залегающие породы и вызвали дугообразный изгиб расположенных над ними пластов. С течением времени оседание с одной стороны изгиба происходило сильнее, напряжение возрастало, и когда оно перешло предел упругости, целость пород нарушилась: в середине дугообразного искривления образовалась трещина, по которой произошел сброс; следы же первоначального искривления сохранились на его крыльях.

Часто дело не доходит до образования трещины. Горизонтальные пласты оседают без нарушения своей непрерывности. В таком случае вместо сброса получается так называемый *флексор* (перегиб) (см. рис. 236). Изогнутая часть пластов, или, как говорят, *соединительное крыло*, обладает различной степенью крутизны. С одной стороны, мы находим флексоры с ничтожным, почти незаметным наклоном изогнутой части, с другой стороны — образование их может сопровождаться значительным оседанием пластов и выражаться крутым падением соединительного крыла. Отсюда видно, что между флексорами и сбросами нет существенного различия. Нередко степень оседания на протяжении одной и той же линии различна. Иногда даже наблюдается переход нижнего крыла сброса или флексора в верхнее и наоборот. Вообще подобные перемещения частей земной коры можно рассматривать, как последствия оседаний, т. е. движений книзу; следует, однако, заметить, что такие же нарушения могут происходить вследствие тех причин, которые вызывают образование складок. В этом случае нарушение носит название *моноклинальной складки*. В сомнительных случаях вопрос о происхождении изгиба решается на основании геотектонических особенностей окружающей местности.

Если оседания происходят в значительном масштабе, то замечается известная правильность в расположении трещин, сбросов и флексоров. Это наблюдается особенно в тех случаях, когда оседания происходят в местности с однородным и простым геологическим строением, напр. когда сбросы и другие нарушения сосредоточиваются в равнине, образованной горизонтально лежащими или слабо наклоненными пластами. В этом случае мы можем различить несколько

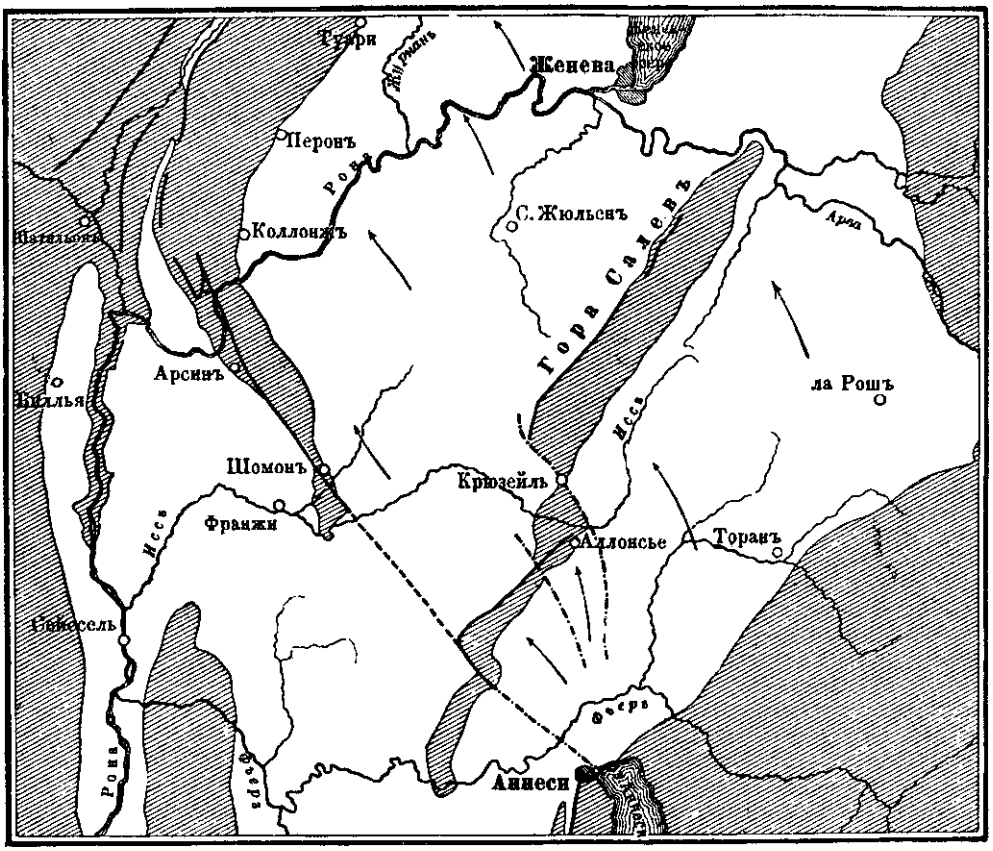



Рис. 237. **Сдвиги в цепи Мон-Салев между Женевой и Аннеси. Стрелки отмечают направление движения** (по Шардту)

типов в расположении трещин и сбросов. Так, иногда вся осевшая площадь (бассейн, или область опускания) ограничивается дугообразно изогнутыми или пересекающимися нод углом сбросами. Такие сбросы называются *периферическими*, их следует отличать от *радиальных* сбросов, которые в виде как бы лучей сходятся к наиболее осевшему месту, и от неправильно расположенных *диагональных* сбросов. В других случаях область опускания обладает формой обширной равнины, которая прорезывается сетью пересекающихся, реже параллельных сбросов и флексоров различной высоты. Такие трещины, сбросы и флексоры называются *линейными* (Tafelbrüche).

Что касается высоты сбросов, один подле другого располагающихся, то она бывает чрезвычайно различной. Здесь опять можно выделить несколько типичных случаев.

Нередко наблюдается ряд приблизительно параллельных сбросов, происшедших в одном и том же направлении: сброшенные массивы располагаются в таком случае в виде ступеней лестницы, и сброс получает название *ступенчатого*, или *террасовидного*. Некоторые, приблизительно прямолинейные, полосы опускаются глубже окололежащих частей, и таким образом возникают *сбросовые впадины* (Graben или Grabensenkungen). Массив, сохранивший свое первоначальное положение или осевший менее окололежащих частей, называется *сбросовым выступом* (немецкое название — Horst, заимствованное *Зюссом* у рудокопов*).

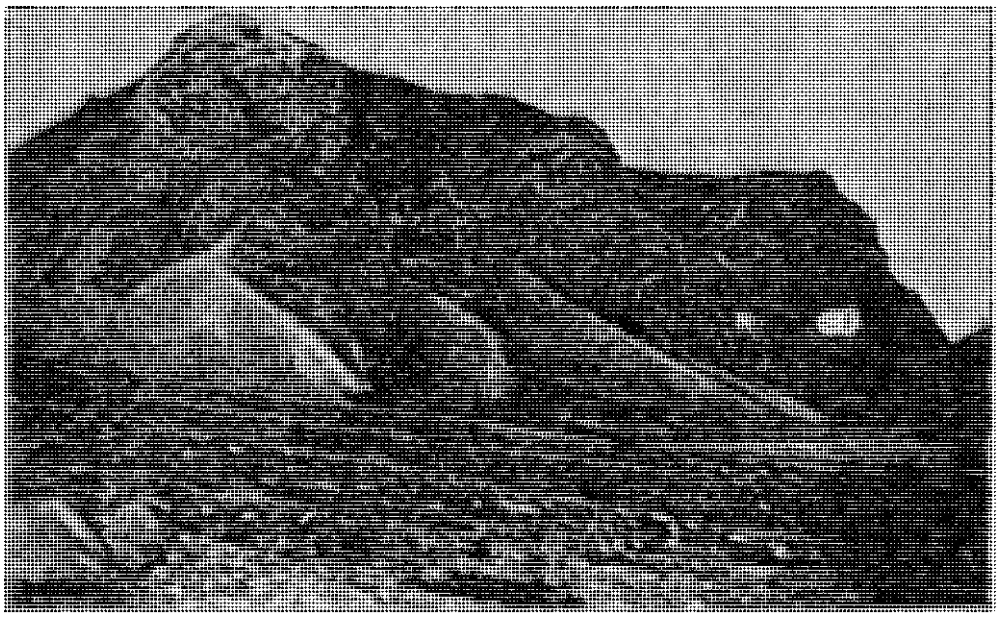


Рис. 238. **Складки каменноугольного известняка в начале Манкшангского перевала в Центральных Гималаях.** $C_2$, $C_3$ — **отложения каменноугольной системы, P — пермские образования** (по Грисбаху)

По обе стороны его располагаются более или менее ясно выраженные ступенчатые сбросы.

Мы отметили несколько типов трещин и сбросов. Конечно, этими немногими группами не исчерпывается все разнообразие явлений. В природе картина значительно сложнее, особенно в том случае, когда сбросы сопровождаются склад-

---

* Сопоставив английские и французские термины для обозначения так называемых «Horst» и «Graben», мы нашли возможным удержать принятые нами выражения («сбросовый выступ» и «сбросовая впадина», или массив, выдвинутый сбросом, и массив, осевший вследствие сброса). Приводим для оправдания соответствующие термины французов и англичан: 1. по *нем.*: Horst, Kippenhorst, Rücken; по *франц.*: Massif surélévé, bande ou zone surélévé; butoir; по *англ.*: Lifted or heaved block, uplift, upthrust; 2. по *нем.*: Graben, Grabensenkung, Bikataklase, Rinnen; по *фран.*: Massif affaissé, ou effondré; по *англ.*: Sunken block. Отсюда видно, что значительная часть возражений, которые можно было бы сделать нашему переводу, может быть распространена на французский и английский термины. Правильных и выразительных терминов следует искать в языке горнорабочих и в народной речи русских переселенцев в горах, а пока лучше обойтись менее точным описательным выражением, чем вводить обозначения, заимствованные из чужого языка и только переписанные русскими буквами. — *Примеч. пер.*

ками, или когда складчатые горы прорезываются сбросами. И в этих случаях можно различить периферические и диагональные сбросы, сбросовые выступы и сбросовые впадины, но в общем расположение линий сбросов настолько уклоняется от схемы, что подметить закономерную правильность в кажущемся беспорядке можно только при обстоятельном знакомстве со строением местности.

Наряду с так называемыми сбросами, которые выражаются простым оседанием крыльев трещины, существуют еще так называемые *сдвиги* (Verschiebungen), т.е. перемещения земной коры в горизонтальном направлении. Так, напр., в Альпах нередко можно видеть следующее: долина идет вдоль трещины; пласты горных пород, обпажающихся по обеим ее сторонам, не соответствуют друг другу. Такое нарушение можно объяснить горизонтальным перемещением. Знаменитый пример сдвига в области верхнего Тунского озера описан Штудером. Одно из крыльев сдвига перемещено в данном случае на целую милю. Подобное же явление описано *Кауфманом* в поясе молассов*, между Тунским и Цюрихским озерами. Явственные сдвиги наблюдаются в цепи молассов, между Женевой и Аннеси, в той замечательной местности, где от Альп отделяются горные цепи Юры (см. рис. 237). Часто величина перемещения меньше, чем в приведенных примерах, а иногда и совсем незначительна. В последнем случае сдвиги чрезвычайно многочисленны и прорезывают горы целыми группами. Иногда трещины, вдоль которых произошел сдвиг, заполняются ценными рудами. Так, напр., в Южных Альпах, у Райбля, мы находим свинцовые руды, а в Тауернских горах у Гастейна и Рауриса — минералы, содержащие золото. Альнийские горнорабочие назвали такие трещины «листами» (Blätter). *Зюсс* перепес это название на все те дислокации, которые связаны с горизонтальным перемещением**.

Гладкие, отполированные, иногда слегка изогнутые плоскости сдвига часто покрыты горизонтальными или слабо наклоненными бороздами и царапинами. Эти борозды и царапины свидетельствуют о направлении происшедшего перемещения. В некоторых случаях разорванные пласты на месте сдвига немного изогнуты в сторону движения. Выше мы видели, что сброс с изогнутыми крыльями представляет переход к так называемому флексору. Выясненная сейчас особенность сдвигов показывает, что и они ие отличаются по существу от так называемых *сигмоид* (*Зюсс*), или горизоитальных флексоров. Последние образуются в том случае, когда перемещения земной коры в горизонтальном направлении происходят без нарушеиня непрерывности пород и сонровождаются дугообразным их изгибом, который только отчасти нрорезывается трещинами. Так, напр., пояс известняков Северо-Восточной Швейцарии, переходя через Рейн, отклоняется к северу от пояса триасовых известняков Восточных Альп, которые лежат южнее; такое перемещение к северу сопровождалось дугообразным изгибом. Точно так же западпая часть известняков Высоких Татр в области долины Белки нередвинута относительно восточной приблизительно на 5 км к северу. Перемещение сопровожда-

---

* Пояс молассов состоит из верхнетретичных горных пород и образует самые северные новейшие складки Альп.

** В исмецком языке сдвиг обозначается ие только термином «Verschiebung», но также и термином «Blatt». — *Примеч. пер.*

лось образованием сигмоиды, которая была отчасти разорвана трещиной. Тесная связь сигмоид и сдвигов особенно резко выступает у Аннеси. Цепь Мон-Салев прорезана рядом трещин, вдоль которых произошли сдвиги. Образование последних сопровождалось дугообразным изогнутием южного конца Юры (так называемого «Reculet»; см. рис. 237).

Самым любопытным проявлением горообразующих сил являются *складки*. Под этим именем подразумеваются волнообразные искривления осадочных пластов, которые первоначально лежали в горизонтальном направлении. Складки никогда не являются одиноко, а потому между двумя выпуклостями или так называемыми антиклипалями располагаются всегда мульды, или синклинальные складки (см. рис. 238). Смотря по положению крыльев складки относительно плоскости горизонта различают прямые, или стоячие, складки, паклонные, или косые, лежачие и веерообразные (см. рис. 239)*.

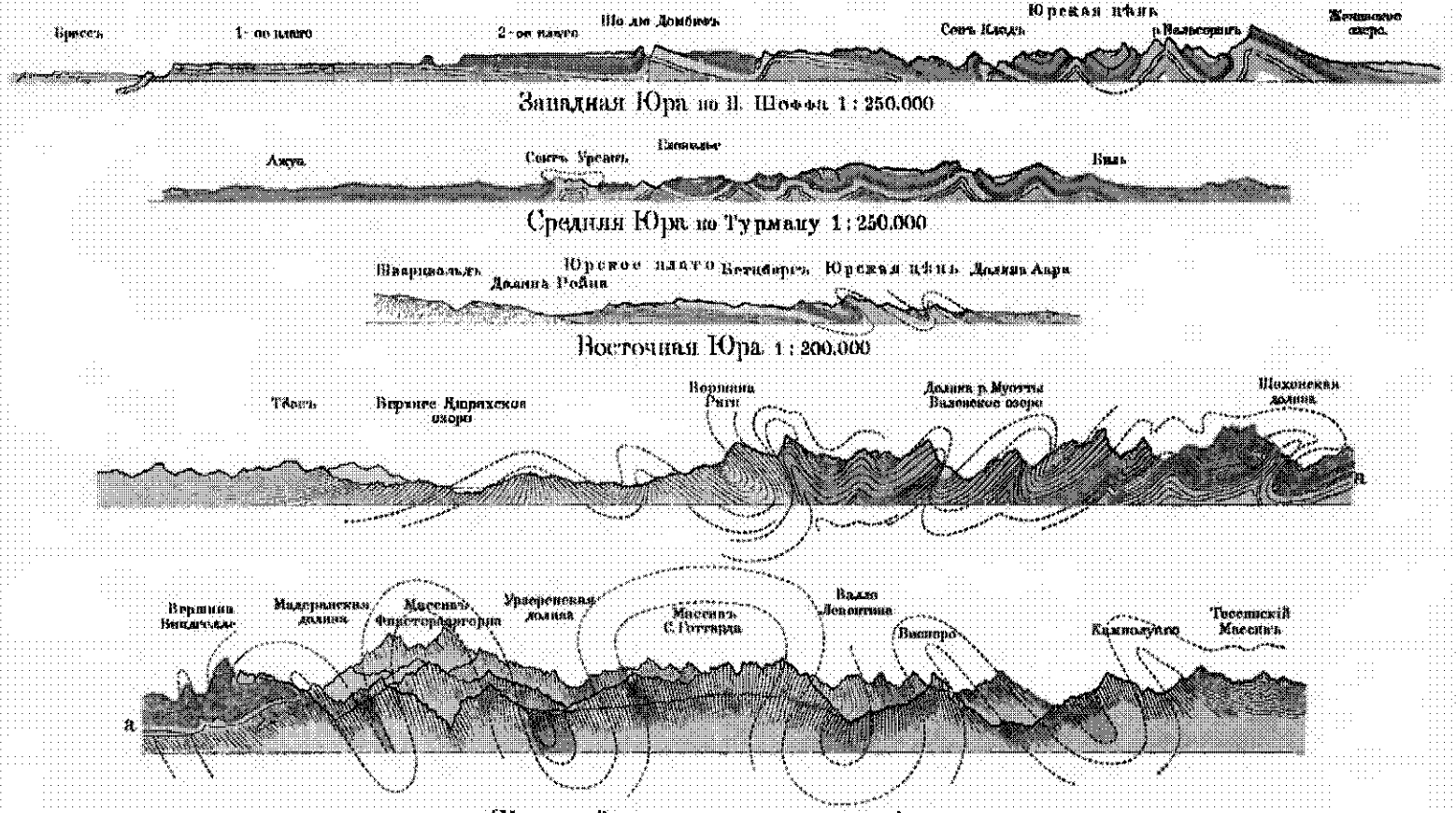
Складки обладают иногда огромными размерами, иногда незначительными. Иногда они поразительно правильны, иногда строение их чрезвычайно запутано. В большинстве случаев системы складок тянутся на протяжении нескольких миль. На концах они иногда выклиниваются и замещаются другими системами складок или останавливаются у трещин, иногда же постепенно наклоняются и переходят в лежачее положение. Таким образом, одна и та же система складок принимает различные формы: из стоячей переходит в наклонную или даже лежачую. Как комбинируются складки в гористых странах, в какой связи стоят они с различными типами гор,—всего лучше можно видеть па прилагаемом рисунке («Профили Альп и Швейцарской Юры»).

Большая или меньшая правильность складок зависит от упругости и крепости горных пород: при недостаточной величине этих свойств происходит ряд осложнений: па местах перегиба нередко нарушается непрерывность пород, и вдоль оси складки образуется трещина. По этой трещине происходит иногда переброс (Ueberschiebung, Aufschiebung), или надвигание висячего крыла складки иа лежачее. Если такие парушеиия повторяются в целом ряде следующих друг за другом складок, то получается система приблизительно параллельных, так называемых *складчатых сбросов*: в таких случаях па месте складок образуется система выступов с одинаковой последовательностью пластов в каждом из пих (по Зюссу—Schuppen, «чешуи»).

Наиболее замечательные случаи перемещений приковывали к себе внимание геологов с давних времен. Так, напр., уже много лет назад было известно, что кристаллические массы Лужицких гор и гор Ештед (Ieschkengebirge) огра-

---

* Как было упомянуто выше, *антиклинальной* складкой, или *седлом*, назыв. складка, обращенная выпуклостью вверх (Anticlinalfalte, Gewölbe, Sattel; pli anticlinal, voûte, selle; anticlinal fold, arch, roll, saddle), а *синклинальной* складкой, или *мульдой*,—складка, выпуклость которой направлена вниз (Sinclinalfalte, Mulde; pli sinclinal, fond de bateau, auge, mait, synclinal fold, trough, basin). Бока складки назыв. *крыльями*, или *бедрами* (Schenkel, Flügel; les flanes ailes; jambayes, pans; the limbs, sides, flancs, shanks, members и т. п.). Та часть складки, где крылья сходятся, назыв. *перегибом седла* (Gewölbebiegung; charnière anticlinale ou sommet, tête, clef de voûte; crest, crown, archbend, anticlinal turn, archcurve) и *перегибом мульды* (Muldebiegung; charnière synclinal ou fond; trough curve, trough bend, synclinal turn). Линия или плоскость, разделяющая складку на две равные половины, назыв. *осевой линией*, или *осью складки* (Muldelinie oder Gewölbelinie; arête synclinal ou anticlinale; botton-linie or-crest-linie).—*Примеч. пер.*


Брессь
1-ое плато
2-ое плато
Шо дю Домбизъ
Юрская цѣпь
Сенъ Кюсъ
р. Вальсершъ
Женевское озеро.
Западная Юра по В. Шоффа 1:250.000
Ажуа
Сенъ Урсанъ
Пасвальеръ
Вилль
Средняя Юра по Турмалу 1:250.000
Шварцвальдъ
Долина Рейна
Юрское плато
Бетцбергъ
Юрская цѣпь
Долина Аара
Восточная Юра 1:200.000
Тёсть
Верхнее Корнхское озеро
Вершина Риги
Долина р. Муотты
Вазенское озеро
Шохенская долина
a
Вершина Виндгелле
Мадеранская долина
Массивъ Финстераархорна
Уверенская долина
Массивъ С. Готтарда
Вадля Леопонтина
Висперо
Кашкольюкъ
Тессинскій Массивъ
a
Сѣверный склонъ центральныхъ Альпъ
Триасъ
Мѣловая
Эоценъ
Миоценъ
Верхняя Юра
Лейасъ и средняя Юра
Кристаллическіе сланцы и палеозойскія образованія
ПРОФИЛИ АЛЬПЪ И ШВЕЙЦАРСКОЙ ЮРЫ (по Гейму).

ничены у их внутреннего края трещиной, которая простирается в юго-восточном направлении и круто падает на северо-восток; по этой линии произошел так называемый переброс (взброс) гранитов и других архейских пород, которые, надвинувшись с севера, легли над юрскими и меловыми отложениями саксонско-чешской области. Пояс взброса может быть прослежен от Оберау у Мейсена до Либенау близ Циттау

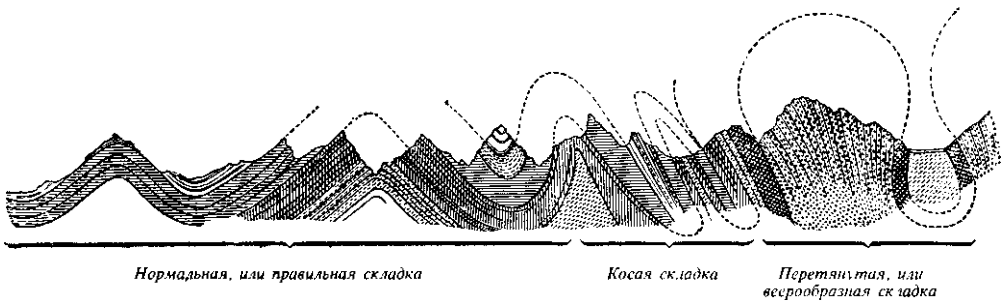



Рис. 239. **Различные виды складок** (по Гейму)

на протяжении приблизительно 127 км. Такое же явление, но в значительно меньших размерах, повторяется и у юго-западного края чешского массива у Фогларна, близ Ортепбурга, в Баварии. Но гораздо грандиознее взброс, издавна известный во Франции· он может быть прослежен от Булони у Па-де-Кале до окрестностей Аахена на протяжении 380 км. На поверхности этой холмистой местности, по-

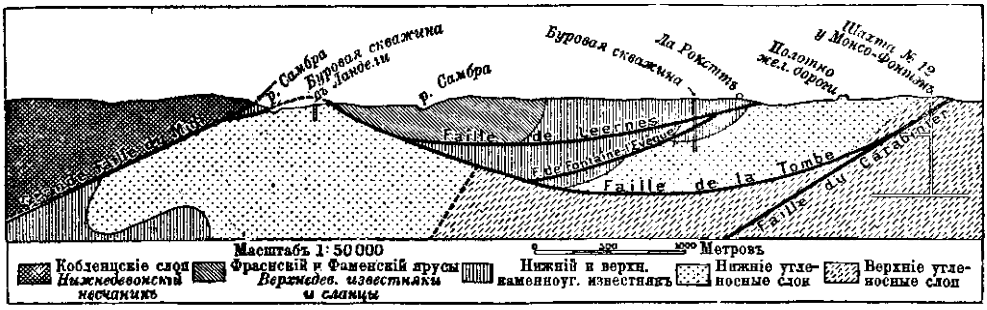



Рис. 240. **Переброс в бельгийском каменноугольном бассейне у Ландели** (по Брнару)

крытой меловыми осадками, не видно и следов тех громадных нарушений, которые произошли в подстилающих породах; мы бы ничего не знали об этих явлениях, если бы они не отразились на угленосных пластах каменноугольной системы, которые были захвачены перемещением. Неистощимые подземные богатства способствовали усиленному развитию горного дела, и благодаря этому сделалось известно, что на продуктивный отдел каменноугольной системы надвинуты с юга более древние каменноугольные известняки и даже девонские отложения. Рис. 240 дает некоторое представление о чрезвычайной сложности происшедшей дислокации, что же касается громадности перемещения, то об этом можно судить по мощности нарушенных пластов: значительно размытые остатки угленосных пластов достигают 2,100 м, а надвинутые каменноугольные известняки и девонские отложения—2,500 м в толщину.

В самое последнее время явления перемещений (дислокации) снова сделались предметом обсуждений: оказалось, что они гораздо распространеннее и разнообразнее, чем думали раньше. Зюсс доказал, что края складчатых хребтов на границе

плоских предгорий обнаруживают особенную наклонность к перебросам. *Мюльберг* описал замечательный нереброс на северном краю Юры, *Бертран* наблюдал целый ряд подобных явлений у Алло (Allauch), Боссета, Драгиньяна, в цепи Сан-Бом — у северного края Гиерийского массива в Провансе и в Корбьер (в Пиринейских горах). Целый ряд перебросов был отмечен в Шотландии и в Альпах. Перебросы в Аппалахской области, в восточных частях Северной Америки, были описаны *Хайесом* (Hayes) и *Уиллисом*; они могут быть прослежены не

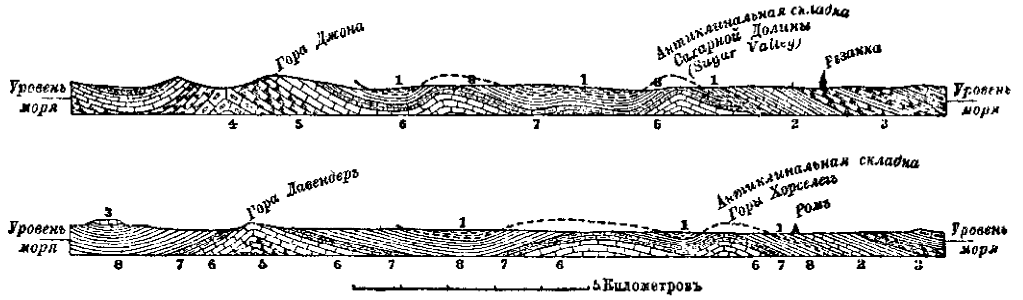



Рис. 241 и 242. **Перебросы в Аппалахских горах** (по Хайесу)

Кембрийская система: 1) Сланец Кооза, 2) Ромский песчаник и Вейснерский кварцит, 3) Конназаугский сланец Силурийская система 4) Кнокский доломит 5) Чикамаугский известняк и Рокмартский сланец; 6) Роквудские пласты Нижний отдел каменноугольной системы 7) Форт-Пэнский роговик, 8) Флойдский сланец

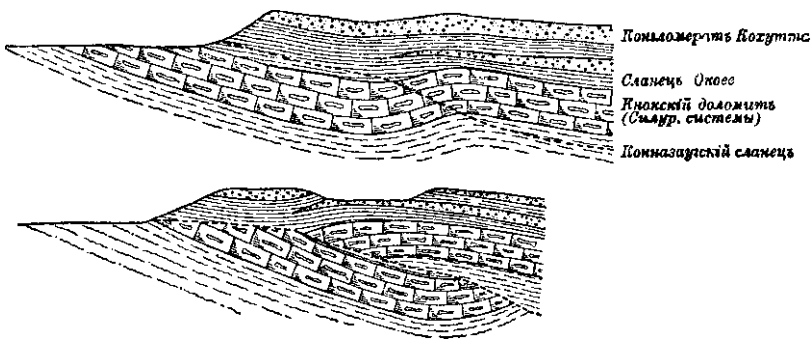



Рис. 243 и 244. **Происхождение аппалахского переброса** (по Хайесу)

менее чем на протяжении 440 км. Они начинаются на границе штата Теннесси и простираются к юго-юго-западу. На западе кембрийские отложения были надвинуты на каменноугольные пласты, на востоке же метаморфические сланцы легли на поверхность кембрийских пород с окаменелостями. В Аппалахской области и в Провансе особенно поразительна незначительная покатость (приблизительно 5 градусов) плоскости, по которой произошел переброс (см. рис. 241—242). Явление было удовлетворительно объяснено Уиллисом и Хайесом. Эти ученые предполагают, что процесс начался образованием незначительной моноклинальной складки; благодаря недостаточной упругости пластов, произошел разрыв (см. рис. 243—244). Малоупругий кнокский доломит (нижиего отдела силурийской системы) залегает здесь между пластами сланцев: Конназаугский сланец образует его лежачий бок, а сланец Окоее — висячий бок*. Будучи неспособным к образованию полной складки,

* Совокупность пластов, располагающихся друг на друге, называется *системой, рядом*, или *свитою*, пластов. Каждый нижележащий пласт составляет *подошву*, или *постель*, вышележащего, а каждый вышележащий пласт — *кровлю* нижележащего. При наклонном положении пластов кровля называется *висячим боком* пласта, а постель — *лежачим боком*. — *Примеч. пер.*

доломит дал трещину: малая прочность и положение сланцев определили ничтожный наклон плоскости, по которой произошел на большом протяжении переброс.

Иной характер носят подобные нарушения в Альпах и в других складчатых горах. Там они сопровождаются образованием косых складок с ясно выраженными бедрами. Иногда даже среднее крыло такой складки является совершенно раздавленным. Таким образом в одних случаях образование складок сопровождается взбросами, в других же случаях горные породы, безусловно непластичные при обычных условиях, обнаруживают способность к сильному сгибанию. Так, напр., такие малоупругие породы, как глина, глинистые слапцы, слюдяные сланцы и т. п., хрупкие известняки, доломиты, песчаники и, наконец, самые твердые кварциты, роговики и кремни сгибаются в складки без нарушения своей целости и без образования трещин.

Можно было бы предположить, что такие складки образовались в

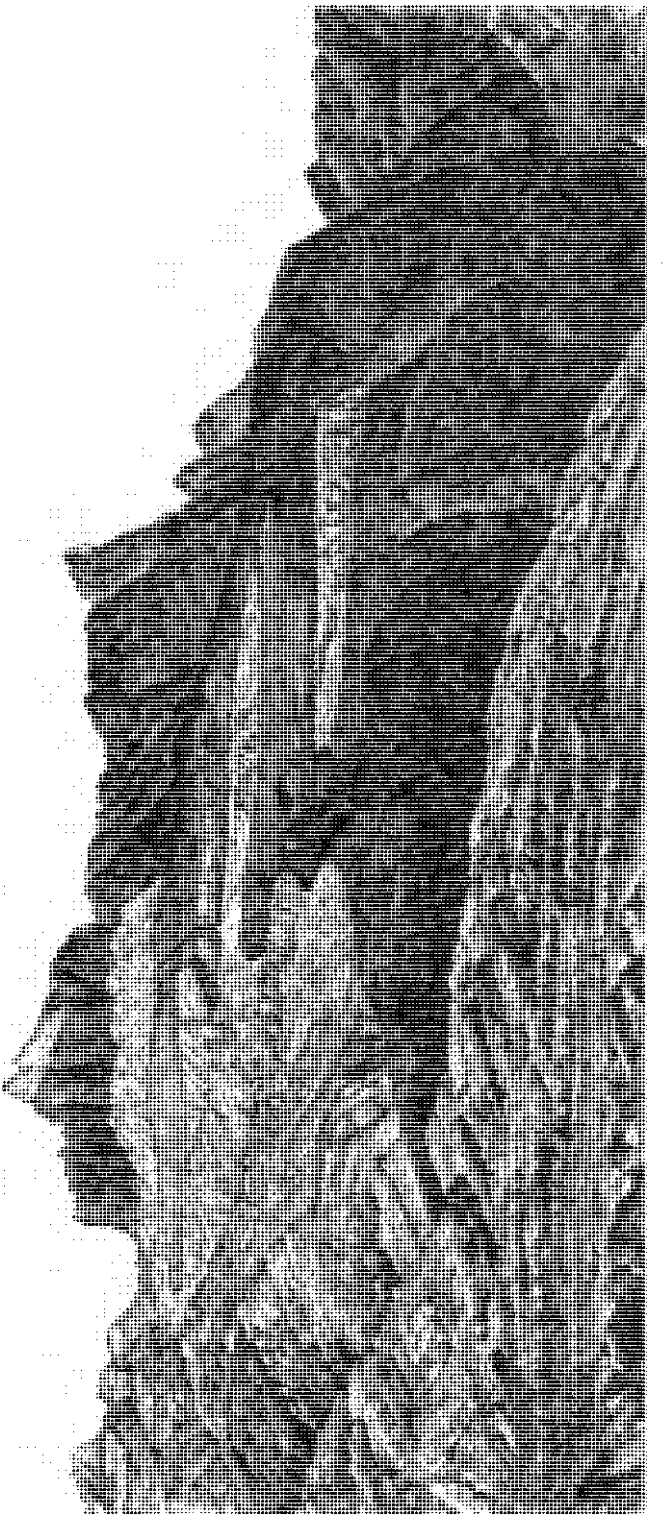


Рис. 245. Гстеллигори, возвышающийся над долиной Урбаха (Бергское нагорье). Гнейс отмечен более светлою тушевкой, пермюрский известняк более темной; пласты незначительной мощности, залегающие между ними (среднюрские доломиты), отмечены черной линией

то время, когда породы еще не затвердели. Но этому предположению противоречат все факты. Нередко в образовании одной и той же складки принимают участие палеозойские, верхнемезозойские и даже третичные отложения. Число складок, в образовании которых принимают участие все мезозойские пласты, громадно. Было бы нелепо думать, что пестрые песчаники триасовой системы были рыхлыми, а раковистый известняк являлся просто сконлением скорлунок в то время, когда отлагались верхнемеловые пласты. Предположение это тем более невероятно, что в конгломератах мелового нериода и даже более древнего возраста встречаются обломки вполне затвердевших нород (напр., твердые юрские известняки в неокомских породах Карпат). *Бальцер* выяснил любопытные подробности в залегании осадочных образований и гнейсов Финстераагорна: горизонтально расположенные гнейсы и юрские известняки клинообразно внедряются здесь друг в друга. Подобные же явления характерно выражены на Юнгфрау, Веттергорне, Меттенберге, Гстеллигорне и др. Рис. 245 изображает носледнюю из названных гор; он ноказывает, как гнейсы, отмеченные более светлой тушевкой, внедряются в известняки, которые затушеваны более густо. Длинные клинья известняка и гнейса обладают такою формой, как будто бы во время образования складок они находились в нолутвердом тестообразном состоянии. И тем не менее очевидно, что архейские породы, виедряясь в юрские известняки, должны были быть столь же тверды, как и в наше время.

Рис. 246. **Складчатый сланец с двумя сдвигами** (по Гейму)

Наряду с пластическими деформациями (рис. 246) наблюдаются во многих случаях нарушення, связанные с разрывом целости породы («rupturelle Deformation» Рейера). С другой стороны, очень часто в нределах данного пласта наблюдаются искривления, причем даже с помощью лупы нельзя заметить и следов трещин. Под влиянием давления в пластах конгломератов происходит любопытное нарушение: гальки приобретают параллельное расположение и, как показал Рёиш (Reusch), вытягиваются в длину, сгибаются и даже образуют складки. Мельчайшие минеральные частицы многих сланцев под влиянием бокового давления нередко располагаются по параллельным линиям, и норода приобретает так называемую *вторичную*, или *ложную*, сланцеватость (sekundäre, transversale, oder falsche Schieferung), которая бывает иногда выражена явственнее, чем первоначальная (см. рис. 246). Окаменелости нередко бывают разорваны и вытянуты в длину: в некоторых верхнеюрских известняках Швейцарни встречаются белемниты, разорванные на части и вытянутые в длину (в три раза больше настоящей их величины), порода же, их заключающая, нигде не представляет нарушения ее целости (см. рис. 248). Все такие явления могут быть обьяснены только допущепием в горных породах известной пластичности.

По мнению *Гейма*, нарушения без разрывов целости (bruchlose Umformung) происходит вследствие высокого давления, которое господствует на известной глубине под поверхностью земли. Это давление, производимое вышележащими массами, переходит за предел крепости всех тел; оно распространяется, подобно гидростатическому давлению, во всевозможных направлениях и приводит горные породы в скрыто-пластическое состояние. Если вследствие долговременно действующего бокового давления будет нарушено равновесие, то следствием этого явится нарушение без разрыва целостноси нород. Сказанное нодтверждается опытами *Шпринга* и *Кика*. Первый исследователь брал порошок или опилки свинца, висмута, олова, цинка, алюминия, меди, сурьмы, платины, серы и перекиси марганца; он подвергал их давлению в 2000—6000 атмосфер и получал сплошные куски, ко-

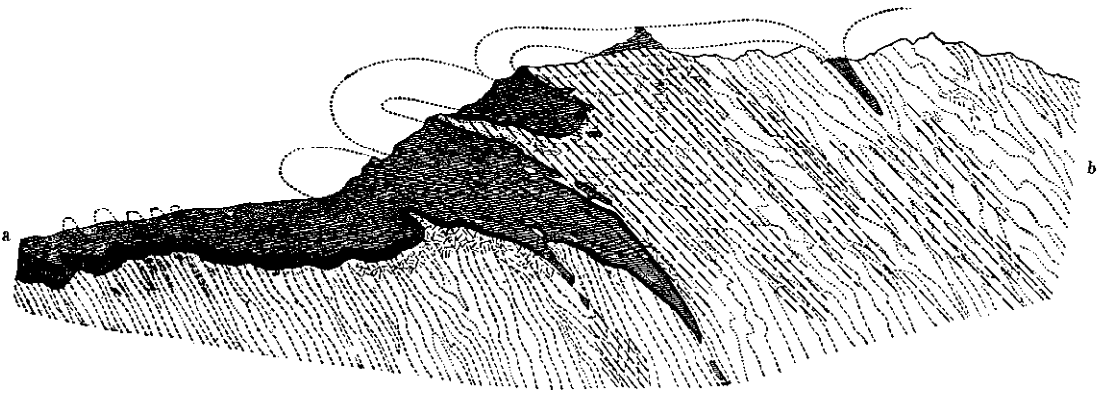



Рис. 247. **Схематический профиль известняковых «клиньев» в гнейсе Бернского нагорья a) известняк b) гнейс** (по *Бальцеру*)

торые отчасти давали кристаллический излом. Кик вкладывал мраморный цилиндр в чугунный сосуд, точно к нему подобранный, и подвергал его высокому давлению. Мрамор под влиянием давлепия обладал всеми свойствами пластической массы. *Штапф* в Альгамбре Греиады видел тонкий мраморный столб, который был изогнут без излома: очевидно, это измепение было вызвано давлением вышележащих частей стены.

Исследование изогнутых горных пород под микроскопом раскрывает ряд любопытных подробностей. *Гюмбель* приготовил тонкий шлиф породы, которая была сложена в складки, по-видимому, без нарушения целости. Рассматривая его простым глазом и под лупой, Гюмбель не мог найти и следов трещин, но при сильном увеличении было ясно, что вся порода раздроблена на мельчайшие частицы, которые затем образовали снова сплошную массу (см. рис. 249). Если исследовать под микроскопом одну из горных пород, содержащих слюду, то можно видеть, что листочки слюды обыкновенно вытянуты; у остриев и на месте перегиба они обладают волокнистым строением и обнаруживают множество трещин; кристаллы роговой обманки часто раздроблены и изогнуты; то же замечается и в полевых шпатах. Даже в кварце таких пород заметны некоторые следы перемещения частиц. Таким образом и возникает своеобразная микробрекчиевая, или катакластическая, структура. Подобные явления, поскольку они обнаруживаются в доступ-

Рис. 248. Белемнит в куске сланца в нескольких местах разорванный на куски: черные места — части белемнита, промежутки между ними — углекислый кальций. Небольшая фигура представляет поперечное сечение того же куска сланца (по Гейму)

ных нам породах, могут быть в настоящее время объяснены следующим образом: все нарушения без разрыва целости сопровождаются скольжением мельчайших частиц, медленной перегруппировкой их и новым спаиваньем; при этом не исключается возможность образования мельчайших разрывов и трещин. Все условия, благоприятствующие скольжению частиц, могут способствовать образованию таких пластических нарушений. Так, напр., влага, содержимая породами, имеет в этом смысле огромное значение, так как она уменьшает внутреннее трение. С другой стороны, присутствие в породе глиноподобных частиц или листочков гибких минералов, каковы хлорит, слюда, тальк, увеличивает пластичность всей породы. Во всяком случае описанные нарушения требуют не только известной силы давления, но также достаточной его продолжительности и равномерности.

Давление, необходимое для образования складки без разрыва целости пород, зависит от свойств материала. *Уиллис* и *Хайес* вычислили, что для изгиба силурийских известняков Аппалахской области достаточно давление в 11,000—34,000 английских фунтов на кв. дюйм. *Гейм* предполагает, что все горные породы на глубине приблизительно 2,000 м находятся в пластическом состоянии, которое обусловлено давлением вышележащих масс. Но это предположение решительно опровергается фактами. Явления, наблюдавшиеся в большом альпийском туннеле, в буровых скважинах (самая глубокая из них — у Парушовиц, в Верхней Силезии, достигает более чем 2,000 м) находятся с ним в противоречии. Опираясь на эти факты, *Рейер* доказал, что данный столб горных пород не может производить внутри земной коры то же давление, какое производил бы он на подстилающие его массы, если бы свободно стоял на поверхности: частицы такого столба испытывают на глубинах сильное боковое давление, которое, удерживая их взвешенными на известной высоте, уменьшает давление этих частиц по направлению книзу. Точно так же было показано, что твердые пласты могут выдерживать тяжесть вышележащих масс, не усиливая своего давления на подстилающие их породы. Таким образом, область, где господствует всестороннее давление, должна лежать в земной коре на значительных глубинах.

Познакомившись с различными видами нарушений, которые происходят в напластовании слоистых пород, мы должны теперь выяснить, действием каких сил обусловливаются эти процессы. Вопрос должен быть рассмотрен с двух сторон: необходимо решить задачу с чисто механической точки зрения и определить, в каком направлении должна была действовать сила, чтобы вызвать образование складки или перемещение в том или другом направлении. При этом мы

не должны касаться вопроса о происхождении этой силы и о связи ее с теми или другими процессами, совершающимися в земной коре: в данном случае безразлично, имеем ли мы дело с явлением, происходящим в природе, искусственно воспроизведенным в лаборатории, или, наконец, с чисто воображаемым, математически возможным случаем. Рассмотрев вопрос с этой стороны, мы должны перейти к решению другой, несравненно более важной для геолога задачи и выяснить, как различные нарушения произошли в природе: здесь уже мы не можем исследовать каждое явление в отдельности, но должны рассматривать его в связи с другими нарушениями, наблюдаемыми в пределах всей горной системы.

Остановимся прежде всего на самом простейшем случае. Самым немногосложным видом нарушения является прямая трещина, крылья которой переместились друг относительно друга в вертикальном направлении. Очевидно, что для образования такого сброса должна была действовать некоторая сила по направлению сверху вниз или наоборот: она вызвала относительное перемещение крыльев, сама же трещина, по которой произошел сброс, могла образоваться и иным путем. Если вдоль трещины перемещение произошло в горизонтальном направлении (сдвиг), то мы должны допустить, что сила действовала сбоку. Что касается складок, то здесь дело представляется уже не столь простым. Можно думать, что складки образованы действием силы, направленной снизу: если мы имеем систему складок, то следует предположить, что на глубине существовал ряд параллельных линий, по которым происходило поднятие. Хотя такое допущение представляется и мало естественным, но с механической точки зрения оно вполне возможно. Впрочем, образование складок можно рассматривать и как следствие сил, действовавших в горизонтальном направлении. Если мы вообразим, что складки каким-нибудь образом разогнулись, то пласты, их образовавшие, займут большую площадь. Наоборот, образование складок ведет к сокращению той поверхности, которое занимают горные породы. Отсюда можно думать, что складки своим происхождением обязаны горизонтальному сжатию. Справедливость такого предположения может быть доказана опытом: возьмем несколько разноцветных четырехугольных кусков сукна, положим их друг на друга, а сверху надавим какой-нибудь тяжестью, напр. книгой; поставим с боков две другие книги и будем их сдвигать: вследствие бокового давления куски сукна образуют ряд правильных складок.

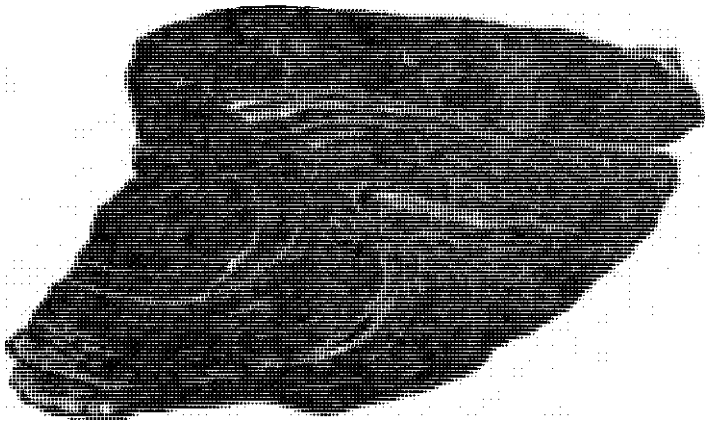


Рис. 249. **Складчатый глинистый сланец с многочисленными трещинами на местах перегиба; в естеств. величину**

Некоторые факты не позволяют сомневаться, что образование складок произошло именно таким путем. Так, напр., существование лежачих и даже вне-

дряющихся друг в друга складок, вроде тех, которые мы видели на северном краю Финстераргорна (рис. 245 и 247), а также распространенность в складчатых горах так называемых перебросов и образование вторичной сланцеватости с крутым положением слоев, указывает, что все эти нарушения произошли вследствие бокового давления, действовавшего в горизонтальном направлении.

На этом мы пока и остановимся, с тем чтобы впоследствии, говоря о горообразующих процессах, снова вернуться к этому предмету.

## Прежние теории горообразования

Уже с давних времен различные исследователи допускали, что на поверхности земли происходит поднятие и оседание почвы. Даже вулканы ставились в связь с процессами горообразования. Но все эти взгляды не имели широкого распространения. Даже во второй половине прошлого столетия, когда уже зарождалась научная геология, не существовало еще правильных теорий образования гор, и Вернер, создатель геологии, предполагал, что все горные породы, за исключением гнейсов, гранитов и т. п., а также лав современных вулканов, образованы водой и сохранили то расположение, которое приобрели во время отложения. Он думал, что горы образовались путем выветривания горных масс и что нарушения напластования — явление чисто местное, вызванное обвалами.

Как большинство ошибок *Вернера*, это неправильное понимание горообразующих процессов объясняется тем, что великий геолог не выезжал никогда за пределы той ограниченной области, в которой он жил, и исследовал только окрестности Фрейберга. Но как только наблюдения были распространены на большее пространство и главным образом на значительные горные системы, несправедливость взглядов Вернера немедленно обнаружилась. Один из первых исследователей в этой области, *Соссюр*, нашел, что крутое расположение пластов представляет обычное явление в Альпах. Наблюдая на Монблане у Валорзины вертикально стоящие пласты конгломератов, он пришел к заключению, что здесь происходило огромное поднятие, которое охватывало всю горную систему и которое может быть прослежено и в других местах Альп.

Объяснения образования гор, предлагавшиеся в течение ближайших десятилетий, стоят в тесной связи с общими теориями, господствовавшими тогда в геологии. В противоположность последователям Вернера плутонисты видели причину появления гор в напоре огненно-жидких масс. Как было выше указано, одно время пользовалось большим авторитетом учение о кратерах поднятия. Теория эта распространялась на происхождение всех возвышенностей: предполагали, что и горные цепи приподняты огненно-жидкими массами, напиравшими снизу на земную кору. В среднем поясе Альп были открыты граниты, гнейсы и другие кристаллические породы; им и была приписана главная роль в поднятии этой горной системы. В некоторых горах, как, напр., в Юре, кристаллические горные породы отсутствуют. Но это не препятствовало распространять теорию поднятия и на такие системы: предполагалось, что эти массы не достигли только поверхности и залегают в глубинах. По этой теории горы должны были образоваться мгновенно.

Само собой разумеется, что взгляды различных исследователей не вполне совпадали между собой. Мы не можем входить здесь во все подробности учения плутонистов и остановимся только на одной своеобразной теории, которая замечательна как по широте своей точки зрения, так и по своим ошибкам. Знаменитый французский исследователь *Эли де Бомон* пытался определить направление и возраст всех горных систем земли, а также выяснить законы их расположения. Этот ученый впервые определял время образования различных гор и в некоторых случаях получил правильные выводы. В этом и заключается громадная заслуга Эли де Бомона. Метод, применяемый им, чрезвычайно ясен и прост: определяется возраст самого молодого из тех пластов, которые принимали участие в поднятии (см. рис. 250), а также возраст древнейшего из тех отложений, которые располагаются у подножья гор и не обнаруживают нарушения в их напластовании. Несомненно, что поднятие горного хребта должно было совершиться в течение того времени, которое протекло между образованием приподнятых и горизонтально-лежащих слоев.

Как ни важно было введение этого метода, тем не менее в способе его применения Эли де Бомоном заключается ошибка. Он предполагал, что горы были приподняты мгновенно, между тем как образование сложных горных цепей происходит в течение долгого времени. Пользуясь методом Эли де Бомона, мы можем определить время только самой последней стадии горообразующего процесса. Поясним это простым примером. На острове Косе, у берега Малой Азии, отложения различных возрастов обнаруживают различное напластование (см. рис. 251). Наиболее высокие горы этой местности состоят из кристаллических сланцев, мраморов, а также известняков меловой системы. Все эти породы значительно приподняты, напластование их сильно нарушено. К этим горным массам, образующим твердый остов острова, прилегают более поздние отложения, относящиеся к третичному периоду и обнаруживающие меньше нарушений в их напластовании. Древнейшие из этих пластов образованы пресноводными известняками миоценового возраста, которые поднимаются у склонов хребта на высоту до 3000 м и падают под углом в 45°. За ними следуют нижнеплиоценовые пресноводные отложения и более поздние плиоценовые морские осадки; и те и другие поднимаются у склонов гор на меньшую высоту и обнаруживают наклон только в 15—20°. Наконец, новейшие морские отложения, образовавшиеся в самом конце плиоценовой и во время дилювиальной эпохи, располагаются горизонтально у края горного хребта. На этом примере можно видеть, что в наклоне древнейших и новейших образований замечается последовательный ряд переходов, соответствующий различным стадиям образования гор. Процесс поднятия начался после отложения меловых известняков и предшествовал образованию миоценовых пресноводных отложений, которые, в свою очередь, испытали нарушения до начала образования плиоценовых пластов; последние стадии горообразующего процесса могут быть прослежены вплоть до образования верхнеплиоценовых осадков. Таким образом, точное исследование показывает, что поднятие горной системы острова Коса произошло в течение чрезвычайно долгого периода. Между тем, применяя метод Эли де Бомона, мы пришли бы

Рис. 250. **Схема для определения возраста гор. Складчатые слои отложились до возникновения горного хребта, горизонтальные — после него**

к выводу, что весь горообразующий процесс ограничивается незначительным промежутком времени, протекшим между отложением новых и новейших плиоценовых пластов.

Позднее даже сам Эли де Бомон был принужден допустить в некоторых местностях, напр. в Пиринеях, целый ряд последовательных движений. Оставаясь верным своей теории, он предполагал, что каждое из этих движений было совершенно самостоятельным и стояло вне связи с предыдущими, хотя главное движение, определившее характер горной системы, происходило только один раз. По его мнению, это главное движение совершалось быстро и носило характер страшной катастрофы. На основании своих исследований Эли де Бомон пришел к заключению, что процессы образования гор повторялись периодически в истории земли, и предположил, что они представляют те великие перевороты или «катаклизмы», которые по теории Кювье происходили в конце каждого геологического периода и уничтожали весь животный и растительный мир. Процессы горообразования представлялись Эли де Бомону в следующем виде: земля, заключающая внутри себя расплавленное огненно-жидкое ядро, движется в холодном мировом пространстве и, как всякое остывающее тело, испытывает сокращения. Размеры жидкого ядра уменьшаются; чрезвычайно тонкая земная кора ввиду ее твердости не может следовать за движением внутренних масс; между ней и ядром образуется пустое пространство; наконец, кора разрывается и опять плотно примыкает к внутреннему огненно-жидкому ядру. Затем наступает период покоя, который тянется до тех пор, пока вследствие дальнейшего охлаждения не произойдет нового оседания земной коры. При разрывах последней, края образовавшихся трещин испытывают сильное боковое давление, породы, образующие их, приподнимаются в виде гор и прорезываются трещинами. Страшные землетрясения, связанные с этим процессом, уничтожают все живое. Эли де Бомон предполагал, что все горные хребты, трещины, сбросы и жилы, параллельные или перпендикулярные друг другу, образовались одновременно, в момент одного из разрывов земной коры. Сравнивая трещины и другие нарушения, пересекающиеся друг с другом под косыми углами, этот ученый пришел к выводу, что все они образуют правильные геометрические фигуры и в общем соответствуют ребрам пентагонального додекаэдра. Присоединяя сюда направления, соответствующие ребрам кристаллографических форм родственных пентагональному додекаэдру, и известные второстепенные направления, Эли де Бомон получил 100 различных систем, которые, по его мнению, огибают кругом землю в виде поясов, приблизительно в 2,000 миль шириной. Сам Эли де Бомон и многие из его учеников и последователей затратили немало труда, чтобы доказать, что направление всех горных систем, трещин, сбросов, сдвигов и т.н. представляют «пентагональную сеть»; так как требовалось свести все нарушения к 100 различным направлениям и так как отклонения в 4—5° считались не существенными, то удалось достигнуть цели.

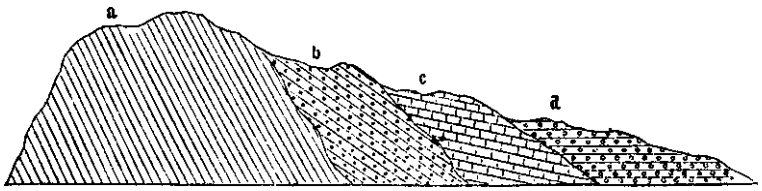



Рис. 251. **Схематический профиль острова Коса: a) древнейшие горные породы; b) миоценовые пресноводные известняки; c) древнеплиоценовые пресноводные отложения d) новейшие плиоценовые морские отложения**

Как профессор и директор Парижской горной академии, Эли де Бомон приобрел во Франции много сторонников, а теория его имела здесь широкое распространение. За пределами Франции только немногие приняли его учение во всех подробностях, да и во Франции ряды приверженцев Эди де Бомона мало-помалу редели. Допущение тонкой земной коры, которая находилась приблизительно в таком же отношении к огненно-жидкому ядру, как скорлупа яйца к его содержимому, оказалось неправильным; приписывать образование гор мгновенно совершавшемуся процессу представлялось невозможным; наконец, допущение, будто все параллельные и перпендикулярные друг другу трещины и другие нарушения образовались одновременно, а пересекающиеся под острым углом — в разное время, было совершенно произвольным. Благодаря громадному числу основных направлений, к которым сводились все горные системы, а также допущению отклонений в 5° и неточностям в определении возраста многих поднятий, было, конечно, не трудно подвести какую угодно систему под общие правила теории. Тем не менее были известны примеры (Пиринеи, Лонгмайндские горы в Уэльсе), трудно поддававшиеся объяснению с точки зрения Эли де Бомона. Исследование главных направлений гор и определение

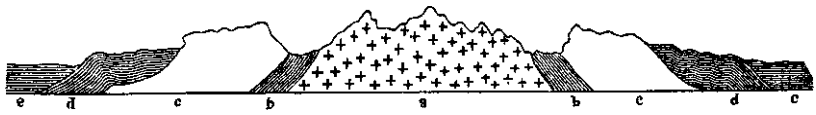



Рис. 252. **Схематический разрез Альп с точки зрения теории поднятия: a) центральный пояс кристаллических пород; bb) пояс серых вакк; cc) пояс известняков; dd) пояс песчаников; ee) равнина**

их возраста составляет большую заслугу этого ученого; что же касается всей его теории, то она носит фантастический характер. Мы можем удивляться ее остроумию и последовательности, но не можем признать за ней ни малейших прав на существование.

Учение о мгновенном поднятии гор потеряло под собою всякую почву. Новейшая геология, опираясь на труды *Гоффа*, *Ляйелля* и *Прево* (Prevost), рассматривает и эти грандиозные явления, как *последствия постепенного сложения огромнейшего числа мелких незаметных действий.* Внезапный вертикальный удар при достаточной напряженности может произвести разрыв пластов и даже обратить их в обломки, но он никогда не образует достаточно обширной правильной системы складок, вроде тех, которые мы наблюдаем в горах; последние должны были образоваться постепенно под влиянием долговременного давления. Как мы видели выше, источник этого процесса искали прежде в напоре кристаллических пород, которые приподнимали вышележащие пласты и вызывали образование складок. Если мы исследуем разрез восточной половины Альп, проходящий с севера на юг, то найдем сначала пояс низких гор, образованных песчаником; за ними поднимаются более высокие известняковые горы, еще далее видны закругленные вершины палеозойских пород, пояс так называемых серых вакк; к югу от них мы найдем центральные кристаллические массы Альп, а за ними опять серые вакки, известняки и песчаники. Однако такой идеальный профиль Альп, представленный на рис. 252, является схематическим, и на самом деле в строении и расположении альпийских горных цепей мы наблюдаем гораздо более сложности. Но в общих чертах отмеченные выше особенности

строения Альп вполне согласуются с допущением, что причиной возникновения этих гор был выступ кристаллических масс, которые приподняли пласты осадочных пород, разорвали их и образовали складки.

Нельзя не указать, что теории, объясняющие образование гор поднятием, ведут свое происхождение от учения о так называемом кратере поднятия, а потому, на основании приведенных выше доводов, мы должны, по-видимому, отвергнуть их. Однако лакколиты показывают, что притекающие снизу трахитовые массы могут вызвать куполообразное искривление слоистых пород. Правда, происходящие при этом нарушения в окололежащих пластах не имеют ничего общего со строением складчатых гор, но несомненное существование их заставляет, по-видимому, допустить, что в некоторых случаях извергаемые массы могут приподнимать слои осадочных пород. Но при ближайшем знакомстве с особенностями складчатых гор и главным образом Альп тотчас же обнаруживается полная несостоятельность этой теории. Только незначительная часть кристаллических пород центральной цепи носит глубинный характер, большинство же их принадлежит к группе так называемых сланцев; но оставляя даже в стороне этот важный довод, мы найдем и другие, еще более веские возражения: новейшие исследования показали, что центральный пояс кристаллических пород испытал нарушения и был изогнут в складки раньше, чем отложились мезозойские и нижнетретичные известняки, песчаники и сланцы.

Правда, в начале мезозойской эры выделились некоторые кристаллические породы (напр.—у Предаццо), но время их образования тоже предшествовало появлению складок в мезозойских отложениях. В миоценовую эпоху, когда продолжалось образование складок в Альпах и Карпатах, происходили также большие извержения, но они сосредоточивались на южной стороне горного хребта, где нет никаких следов горизонтального сжатия, которое мы могли бы поставить в связь с этими вулканическими процессами.

Приписывать поднятие пластов и образование в них складок действию центрального ядра Альп можно было только до тех пор, пока строение этих гор было известно в самых общих чертах. Но по мере того, как все более уяснялись подробности и определялось время появления складок, тем очевиднее становилась ошибочность этой теории. В настоящее время она совершенно отвергнута и сделалась достоянием истории.

То же следует сказать и о другой теории, которая приписывала образование складок увеличению объема горных пород вследствие *химических и физических изменений*. Действительно, такие процессы на самом деле существуют. Так, напр., нередко ангидрид, поглощая воду, превращается в гипс; объем его увеличивается, и вследствие возникающего при этом всестороннего давления происходит образование складок. Особенное значение приписывали процессам отвердения горных пород. Но очень многие породы, как, напр., большинство известняков, уже во время своего отложения представляли твердые массы, другие вовсе не претерпевали никаких изменений, которые были бы связаны с увеличением объема, и, наконец, третьи, как, напр., все глины, испытывают при высыхании сокращения. Таким образом складки подобного происхождения могли иметь только местное распространение; внешний же вид их должен бы был резко отличаться от громадных складок горных цепей.

Мы подошли теперь к вопросу о самой сущности горообразующих процессов. Прежде чем перейти к его выяснению, мы познакомимся с некоторыми отдельными горными системами. Мы начнем с Альп, строение которых в большинстве случаев служило основанием теории горообразования.

## Строение альпийской системы

Наружный край альпийской системы представляет правильно изогнутую линию, которая простирается от Генуэзского залива до Вены и далее образует огромную дугу Карпат. В некоторых местах, особенно в нижней Австрии и в Моравии, система прерывается сбросами, но даже и в этих случаях можно проследить слабо изогнутую линию северного края. Поразительная простота ее вполне противоположна неправильной форме многократно прерывающегося внутреннего края и тому разнообразию строения, которым обладают древнейшие образования, к северу от Альп. О последних мы будем говорить подробнее в одной из дальнейших глав, но указать главнейшие их особенности необходимо уже теперь, так как направление альпийской системы и ее наружных, самых северных складок находится в известной зависимости от строения стран, расположенных к северу. Здесь возвышаются древние массивы, представляющие остатки прежних, теперь разрушенных гор; к ним и примыкают новейшие складки альпийской системы. Таким образом, центральное плоскогорье Франции, гранитный остров Доля, Вогезы, Шварцвальд и мощный Чешский массив отмечают ту границу, до которой простирались складки (см. карту на рис. 253). Складки Альп сильно сжимаются у южного края Чешского массива, который переходит Дунай приблизительно в середине между Линцем и Веной, по линии, соединяющей Грейн с Мельком, и дает далее незначительное продолжение на юг. Задерживающее влияние массива выступает с поразительной ясностью: оно отражается не только на направлении нарушений, которые определили строение известнякового пояса Альп, но также и на простирании центрального гнейсового пояса Восточных Альп, который, направляясь от Роттенманиа к Брукку и Питтену через Леобен, дугообразно изгибается и идет почти под прямым углом к прежнему направлению. Несколько к западу от Вены, в окрестностях С.-Пёльтена, граница Чешского массива делает поворот: она идет с юго-юго-запада на северо-северо-восток, через города С.-Пёльтен в Нижней Австрии и Цнайм (Зноим) в Моравии. Это отражается с поразительной ясностью на направлении Северных Альп: центральный пояс гнейсов, равно как известковые Альпы и пояс песчаников, изменяют восточное направление на северо-восточное и соединяются с Карпатами. Последние опять описывают огромную правильную дугу, которая с юга примыкает к Судетам.

Задерживающее влияние Шварцвальда и Вогез с неменьшей очевидностью отражается на альпийских цепях и особенно на Юре, которая должна быть рассматриваема, как один из отрогов Альп. Непосредственно у подножья древнего ядра гор располагаются плоские или слегка наклоненные к югу массивы, так называемая Сбросовая Юра (Tafel-jura): вследствие тормозящего влияния подстилающих их кристаллических пород, складки не могли образоваться; они начинаются значительно далее к югу; на границе же между Сбросовой и Складчатой Юрой наблю-

дается даже переметное напластование, указывающее на существование здесь перебросов: более древние триасовые отложения надвигаются с юга на юрские и третичные пласты. Если уже в этом явственно выражается задерживающее влияние Швальцвальда, то еще резче выступает оно в той области, которая располагается непосредственно к югу от Рейнской долины, представляющей сбросовую впадину (см. карту на рис. 254). По выражению Штейнманна, складчатые цепи направляются здесь к северу точно через широкие ворота,—очевидно потому, что с этой стороны они встретили меньше сопротивления.

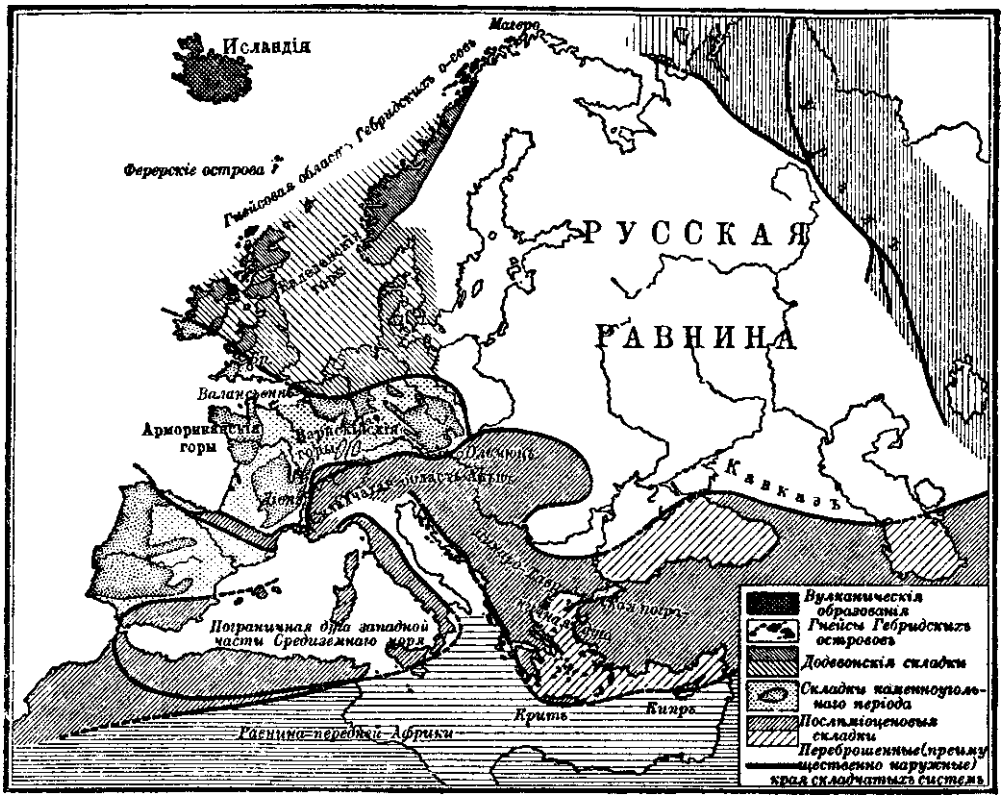



Рис. 253. **Тектоническая карта европейских горных хребтов** (по Зюссу)

Если мы обратимся к более подробному рассматриванию наружных складок северного края Альп, то найдем, что на всем протяжении от Шамбери и Женевы до Нижней Австрии и далее, в Моравии, Силезии, Галиции и Буковине, вплоть до Румынии складки образованы миоценовыми глинами, песчаниками и конгломератами. Геологическое строение этих складок впервые было определено правильно в Швейцарии: оказалось, что третичные отложения, известные под именем «молассов», образуют вдоль всего северного края Швейцарских Альп две мощных складки, северную и южную молассовые антиклинали. Первая является нормальной складкой, вторая сопровождается перебросом: вследствие этого более поздние пласты молассов располагаются под более древними отложениями Альп. Такое именно строение ясно выступает в огромных горах Риги (1800 м) и Шпеер (1956 м), которые принадлежат южной антиклинали. Подобные же особенности мы видим в угленосных

пластах молассов на северном краю Баварских Альп, а также на крайнем востоке, в северной части Карпатов: в соляных копях Велички и Бохнии, в Восточной Галиции,—в ее мощных соленосных отложениях миоценового возраста. в Буковине и в Молдавии.

Миновав пояс молассов и направляясь далее в глубь горной системы, мы встречаем пояс песчаников, или флиша (Flyschzone). В Альпах он выступает в виде узкой полосы, в Карпатах же расширяется и достигает нескольких миль в поперечнике. И тут и там он состоит из мощных однообразных по составу сланцев и песчаников эоценового и верхнемелового возраста. Этот пояс тянется также непрерывно от Швейцарии до самых Карпат.

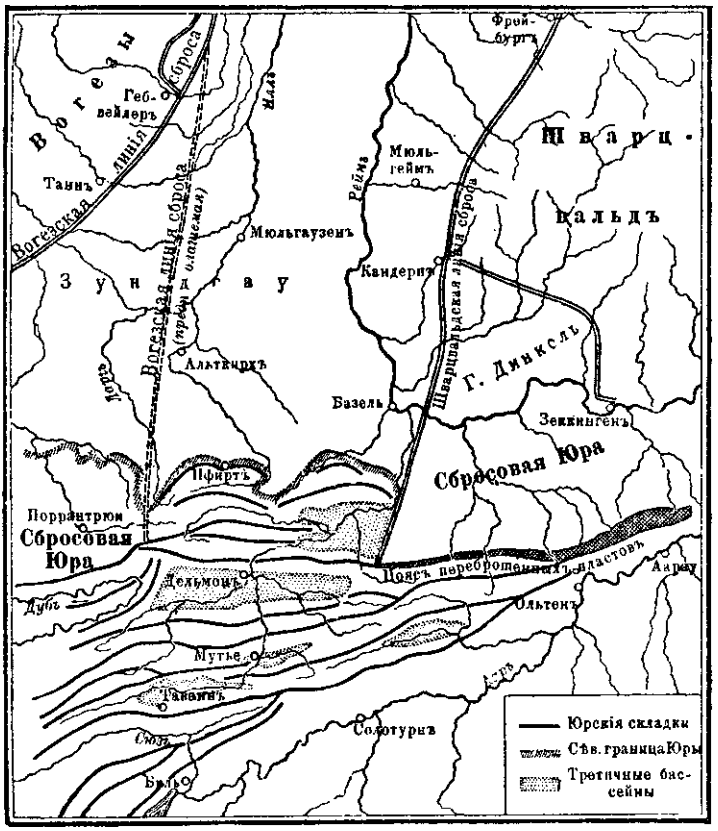



Рис. 254. **Тектоническая карта Юрских цепей к югу от долины реки Рейна (рейнской впадины)** (по Штейнманну)

Гораздо сложнее картина, раскрывающаяся перед нами в средней части Альп, в так называемом поясе известняков и в центральном поясе кристаллических пород. Как можно видеть из рисунков 245 и 247, складки достигают здесь наибольшего развития, но в противоположность двум вышеназванным поясам они не представляют системы, непрерывно простирающейся с запада на восток. Выдвигаясь на известном протяжении, они далее исчезают и уступают место другим системам складок. Таким образом, в Восточных Альпах мы не находим непосредственного продолжения кристаллического пояса Западных Альп. Отдельные системы складок являются друг от друга независимыми, и простирание их не всегда совпадает с общим направлением хребта. Кроме того, в формах внутренних и наружных цепей мы находим значительное различие, которое стоит в связи с повторным образованием складок. Но прежде чем обратиться к более подробному выяснению этого различия, остановим наше внимание на внутреннем крае альпийской системы.

В Западных Альпах кристаллические породы центрального пояса Монте-Розы

образуют крутые обрывы, непосредственно спускающиеся к Пьемонтской равнине. Южная граница Альп, отмеченная здесь чрезвычайно резко, не представляет складок, как на северном краю: это — огромный сброс, под острым углом пересекающий направление хребта. Таким образом, Западные Альпы, как и большинство складчатых гор, обладают однобоким строением. Как показал уже *Штудер*, Пьемонт и Ломбардия представляют обширную область опускания (котловину), среди которой у Турина выступает одинокая группа холмов Суперга с пластами, падающими к югу: это — уцелевший остаток сброшенного массива.

Рассмотрим для сравнения другую часть альпийской системы — Карпаты. Внутренний край последних, образованный также сбросом, в общем представляет еще более сложную и пеструю картину. В некоторых местах, как, напр., к востоку от линии, проходящей через Токай и Эперье, сбросы захватывают пояс песчаников, в других местах, как, напр., к западу от названной линии, внутренние пояса сохранились; иногда, подобно Западным Альпам, сброс простирается приблизительно в направлении всей системы, как, напр., в Восточных Карпатах у истоков р. Тиссы; иногда же, как, напр., на линии, проходящей через Токай и Эперье, сбросы направляются поперек простирания Карпатов; наконец, в некоторых случаях, как, напр., в Западных Карпатах, мы находим целые системы продольных, поперечных и диагональных сбросов, которые прихотливо изрезывают край хребта. У краев областей опускания, образовавших обширную Венгерскую низменность, происходили мощные излияния лавы. Далее система Карпатских сбросов, обогнув южный край Малых Карпатов и Хундсхеймских гор, встречает венскую котловину и отсюда направляется к восточным границам главной цепи Альп.

На востоке Альпы ограничены целым рядом больших сбросов: за исключением отдельных хребтов, отмечающих направление складок, здесь цепь резко обрывается. Венская котловина образовалась вследствие сброса, который прорезал Альпы во всю их ширину, захватив не только внутренние пояса, но также и зону песчаников. В продольном направлении эта котловина несколько шире, чем в поперечном; южная граница ее лежит к югу от Дуная и идет по линии горячих ключей Бадена и Фёслау до Глоггница у подножия Земмеринга. На юго-востоке венская котловина ограничивается продолжением кристаллического пояса Альп, который кончается горами св. Розалии, у Венского Нейштадта. Далее к югу восточный край Альп представляет две больших дугообразных вырезки или бухты, которые также образовались вследствие котлообразных сбросов. Одна из них ограничена на севере (Leithagebirge) Лейтскими горами, на западе — Ландзейскими горами и на юге — возвышенностями Гюнса, другая простирается от Гюнса до Граца и идет далее на юг до Погорья (Bacher-Gebirge), у Марбурга на Драве. Подобно тому, как это мы видели на южном краю Карпат, и здесь происходили излияния лавы вдоль трещин: отчасти у самого обрыва, отчасти в середине области опускания выступают базальтовые и трахитовые породы. От Погорья до венской котловины и далее до Карпатских гор у краев сбросов располагаются богатые органическими остатками породы; все они относятся к одному и тому же ярусу верхнетретичных образований и располагаются в виде горизонтальных пластов. Существование этих отложений позволяет судить о последовательности происходивших здесь больших сбросов.

Котлообразные впадины на внутреннем краю складчатых гор, подобные тем, которые мы нашли в Западных Альпах, у восточного края главного хребта и в Карпатах, наблюдаются также на внутреннем краю Восточных Альп и еще в более поразительной форме в *Апеннинских горах*. Генуэзский и Неаполитанский заливы, заливы Поликастро, Сант-Эйфемия и Джьока обладают ясно выраженной формой котловины; в Тоскане оседания происходили вдоль простирания гор; они могут быть прослежены до пояса флиша в Апеннинских горах. Среди осевших массивов выдвигаются только одинокие сбросовые выступы, часто вдающиеся в море. На западиом берегу Италии мы находим целый ряд сбросов; по линиям последних, а также и в середине котловинных внадин неоднократно происходили излияния вулканических пород на земную поверхность. Адриатическая впадина, впоследствии еще более увеличившаяся (см. ниже), представляет внутренний обрыв Динарских Альп.

Выше было указано, что наружные цепи во многих местах альпийской системы изменяют свое направление в зависимости от строения соседних стран; нетрудно убедиться, что и вся альпийская система представляет изогнутую линию, (см. карту на рис. 253). Одна вегвь альпийских складок начинается у Генуи и образует Апеннинские горы, которые идут в юго-восточном направлении через весь итальянский полуостров. На конце полуострова они дугообразно изгибаются по направлению к западу и образуют цепь, остатки которой мы находим в Калабрии и в Сицилии. Дальнейшим продолжением ее служат Атласские горы в северо-западной части Африки; последние на конце загибаются к северу, переходят Гибралтарский пролив и, сделав новый поворот на востоко-северо-восток, образуют Батские Кордильеры и хребет Сиерра-Невада в Южной Испании. Всю эту огромную систему складок Зюсс называет «дугой западной части Средиземного моря» («Bogen des westlichen Mittelmeeres»); продолжением ее, вероятно, служат Балеарские острова, отделенные сбросом, который привел к образованию впадины, занятой ныне водами Средиземного моря. Альпы начинаются у Генуи там, где с ними встречается цепь Провансальских гор. Здесь они образуют дугу, направленную выпуклостью на западе, затем постепенно поворачивают на восток и, наконец, у южного края чешского массива сливаются с Карпатами. Последние идут по направлению к юго-востоку, в юго-восточной части Седмиградия поворачивают на занад и, наконец, в Банате в знаменитых теснинах Дуная, так называемых Железных воротах, снова изгибаются: перейдя через Дунай в Сербию и новернув на восток, они образуют Балканские горы. Достигнув края Черноморской впадины, они прерываются и снова выступают в Крыму и на Кавказе.

Следует указать еще на одну особенность в распределении альпийских складок, наблюдаемую в Восточных Альпах: здесь мы находим отроги, расходящиеся в виде пучков. Как следует из нредыдущего, Восточные Альны не представляют полного обрыва: целый ряд отдельных гор, сохранившихся при сбросах, соединяет их с Карпатами. Сюда относятся скалы Эрнстбрунна, Штата и Никольсбурга, состоящие из юрских пластов, Лейтские, Гайнбургские горы и горы Св. Розалии; точно также южные известняковые Альпы дают самостоятельную ветвь, которая вступает в низменность и образует Центральные Венгерские горы (ungarische Mittelgebirge). Связь между этим хребтом и южными известняковыми Альнами довольно тесная. Вепгерские горы идут к северо-востоку вдоль северо-западного берега Платтен-

ского озера (оз. Балатон) и продолжаются до Офена и Грана-на-Дунае; они неоднократно прерываются равнинными образованиями и базальтовыми породами, которые местами совершенно покрывают их. Баконский лес, Вертешские, Гранские и Офенские горы представляют остатки одностороннего складчатого кряжа. Можно проследить и другую ветвь, которая выступает с несомненною очевидностью, хотя и не на таком большом протяжении: она примыкает к горам, располагающимся к югу от Цилли (Цель), и в виде длинного хребта трнасовых пород тянется к востоку до Вараждина в Хорватии, образуя горы Иванчица.

Наконец, третья ветвь, которую *Зюсс* назвал «динаро-таврскою дугою», направляется к юго-востоку и превосходит своими размерами обе вышеназванные ветви и даже Карпаты; у Любляны (Лайбаха) в Крайне самые южные пояса Альп делают поворот и, продолжаясь далее, образуют складчатые горы австрийского побережья — Динарские Альны и горы западной Боснии и Далмации; далее они направляются на юг, идут через всю Албанию, образуют горы Пинд между Фессалией и Эпиром и Этолийские Альпы в Греции, продолжаются далее в Пелононессе и обрываются у берега Средиземного моря на мысе Матапане, который составляет крайнюю оконечность Греции. Отклонившись на востоке, эта дуга продолжается на островах Крите и Кипре и, наконец, образует Таврские горы. Веерообразное расположение альпийской системы влечет за собою другую особенность: сброшенные части одного хребта служат внешним краем другого, соседнего с ним хребта.

Мы познакомились в общих чертах с важнейшими особенностями альпийской системы и отметили противоположность между прихотливыми формами внешнего края и однообразием внутреннего; последний, как мы видели, во многих местах сопровождается складчатыми перебросами, направленными наружу; на внутренней стороне складчатых цепей мы нашли многочисленные сбросы, сопровождавшиеся образованием котловин и иногда излияниями лавы вдоль трещин. Мы видели, что вследствие этой резкой противоположности между складчатым внешним краем и крутыми обрывами внутреннего края, Альны приобретают так называемое однобокое строение. Наконец, мы отметили главные направления системы и отделяющихся от нее ветвей. Перейдем теперь к выяснению истории ее развития.

Альпийская система с полным основанием считается одним из недавних геологических образований. Складки наружного края позволяют с достаточною точностью определить, что образование гор продолжалось еще в миоценовую эпоху. Прежде обыкновенно говорили, что Альны образовались в третичный период. Но такое обобщение неправильно: главные складки Альп слагались, конечно, в миоценовую эноху, но этого нельзя сказать о всей системе.

Уже давно было обращено внимание, что в Восточных Альпах верхнемеловые* пласты, покоящиеся на различных породах более древнего возраста, представляют резкий пример несогласного напластования. Подобные же явления были

---

* Меловая система делится на пять ярусов, которые мы перечислим здесь в том порядке, как они идут по направлению сверху вниз: а) *Сенонский ярус*, или *сенон* (по имени гальского народа Сенонов); б) *Туронский ярус* (по имени Турэни во Франции); в) *Сеноманский ярус* (по имени города Ле-Ман, или Cenomanum); г) *Гольтский ярус*, или *гольт* (английское местное название); д) *Неокомский ярус* (Neocomum — латинское название Невшателя). Первые три яруса образуют верхний отдел меловой системы.

отмечены потом на всем протяжении Альп и Карпатов. Наряду с некоторыми другими фактами они заставляли предполагать, что Альпы представляли систему складок уже в то время, когда область, занимаемая ими, была занята верхнемеловым морем. Так как верхнемеловые пласты, в свою очередь, представляют складки, то надо думать, что после их отложения наступил второй период горизонтального сжатия. В это время образовались самые новые складки внутренних поясов системы. В общем картина представляется в следующем виде.

Начиная с верхнемеловой эпохи, море мало-помалу заливает область альпийской системы. В эоценовую и олигоценовую эпоху оно достигает областей, которые, по-видимому, были прежде сушей. В это же время у наружного края гор образовался обширный пояс песчаников и сланцев, т. е. упомянутый выше пояс флиша (Flyschzone). В настоящее время этот пояс представляет систему складок; одновременные ему отложения внутри хребта образуют горизонтально расположенные пласты: они не обнаруживают даже следов складчатости, хотя и прорезываются сбросами. Подобные особенности были подмечены не только в Западных и Восточных Альпах, но также в Гималайском хребте и с особенной очевидностью в Карпатах. Отсюда и можно было сделать вывод, что по истечении третичного периода внутренние пояса альпийской системы не испытывали сколько-нибудь заметного сжатия. Другими словами эоценовое море нашло внутренние цепи в их современном состоянии, конечно, если не считать тех изменений, которые произошли потом вследствие размывания и выветривания, а также вследствие отдельных сбросов и оседаний. Наоборот, у наружного края системы обособился следующий пояс складок, так называемый пояс песчаников, или флиша.

Как ни точно установлено это положение, но тем не менее от широких обобщений мы должны воздержаться. В области Эмбруа, в центральном поясе Монблана, существует котлообразная впадина, в которой эоценовые отложения образуют горизонтальные пласты и таким образом указывают, что центральный массив Дофинэ не был захвачен складками, образовавшимися в послеэоценовое время. Наоборот, в восточном продолжении цепи Монблана, в Бернском нагорье, мы находим в эоценовых отложениях следы сильного горизонтального сжатия. Отсюда необходимо допустить, что движения, вызвавшие складки, не во всех местах захватывали систему одинаково.

В миоценовый период море также залило альпийские цепи. Исследования, произведенные в Швейцарии, показали, что в этих цепях уже в миоценовую эпоху существовали поперечные долины. Так, напр., неоднократно упоминавшиеся выше прослои конгломератов в молассовых отложениях располагаются у устьев таких долин. Такая же связь между устьями современных долин и нахождением конгломератов в новейших третичных отложениях наблюдалась и в Гималайском хребте. Новейшие третичные складки, подобно складкам эоценовой эпохи, также неодинаково захватили уже раньше сложившиеся горы; кроме того, и процесс их образования не везде был одинаково продолжителен. Так, напр., у наружного края провансальских цепей наблюдается складчатость в тех верхнемиоценовых пластах, которые у края гор Дофинэ располагаются горизонтально. В Апеннинах и горах Греции движения, образовавшие складки, могут быть прослежены вплоть до плиоценовой эпохи; точно также в наружных цепях Гималайских гор, в Андах Южной Америки и в больших цепях Северной Америки нарушения напластования происходили в конце третичного периода.

Кроме этих геологически недавних складок, в Альпах были отмечены следы более раннего горизонтального сжатия, которое происходило приблизительно в конце каменноугольного периода и предшествовало образованию пермских отложений. Существование этих складок открыл *Лори*: он обратил внимание на лейяссовые образования, которые располагаются в виде горизонтальных пластов на размытых складках центральных масс пояса Монблана. Сюда же относятся знаменитые остатки размытых горизонтальных пластов юрского известняка, на одной из вершин Эгиль Руж (2966 м; см. рис. 255). Подобные явления наблюдались после

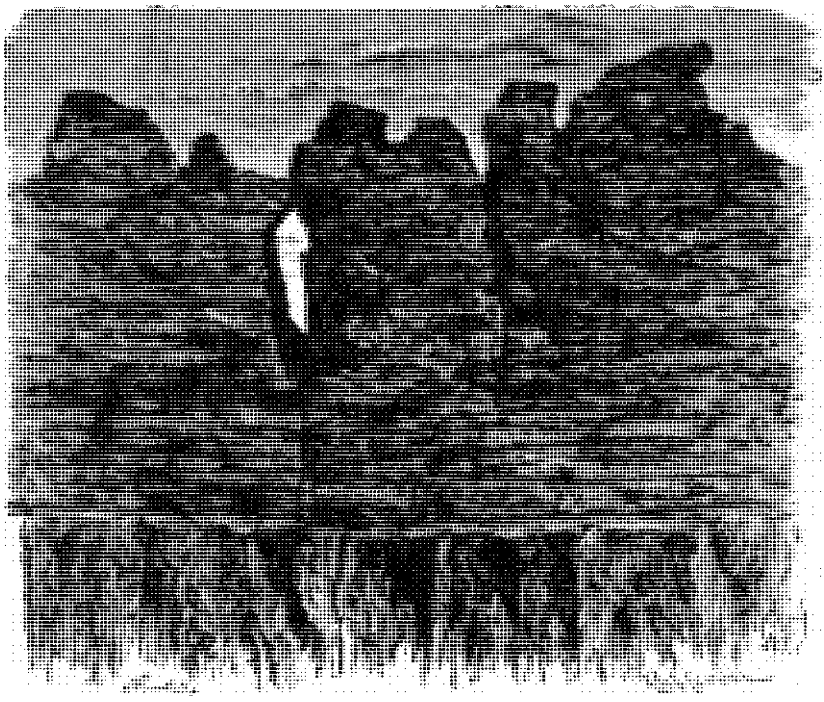


Рис. 255. **Вершина Эгиль Руж (Aiguilles Rouges)** (по А. Фавру)

этого во многих местах Альп, и очертания древних складчатых гор все яснее и полнее выступали из-под пермских песчаников и конгломератов и мезозойских пород, которые являются остатком обширного покрова, распространявшегося на всю область Альп и прикрывавшего кристаллические массы этой системы. В этих древнейших движениях земной коры, наряду с кристаллическими породами и древнепалеозойскими образованиями, которые местами, впрочем, отсутствуют, принимали также участие верхнекаменноугольные отложения, богатые растительными остатками. Пермские образования не были захвачены складками, а потому возраст последних может быть определен очень точно.

Таким образом, начало образования альпийской системы относится к очень давней геологической эпохе. Пояс возвышенностей, сложившийся до наступления пермского периода, определил направление поздпейших складок, которые примыкали к существовавшим раньше цепям и передвигались по направлению кнаружи. Складки, образовавшиеся в ту или другую эпоху, подвергались новым нарушениям (сбросам) в следующие периоды: вследствие этого пояс древиейших складок не представ-

ляется равномерно развитым на протяжении всей системы. Местами он прерывается обширными областями опускания и даже представляет одинокие выступы (Horst), как это и можно видеть на примере кристаллических центральных масс Западной Швейцарии и на ядре Карпатской цепи. Внешние цепи,—пояс песчаников и верхнетретичные молласовые отложения образовали общую дугу около внутренних цепей, более сложных по своему строению и неоднократно прерываемых сбросами. Но и эти новейшие складки разделили судьбу своих предшественников: так, напр., в области Зальцбурга пояс песчаников прерывается сбросами, а около Вены он оседает на всем протяжении до наружного края. Более всего развиты сбросы на внутреннем краю альпийской системы.

Прежде чем закончить наше знакомство с альпийской системой, мы должны еще остановиться на двух замечательных особенностях альпийских осадочных пород: мы говорим об относительной *полноте* напластования и огромной *мощности* большинства альпийских пластов. Как мы видели выше, в ряду альпийских осадочных образований существуют некоторые пробелы. Так, напр., древнейшие палеозойские образования во многих местах отсутствуют совсем, а в некоторых отчасти, и только начиная с пермского периода мы находим полный ряд последовательных отложений. Несравненно больше пробелов в напластовании осадков наблюдается в большинстве так называемых впеальпийских областей. Огромная мощность альпийских осадков наиболее резко выражается в отложениях триасового периода. Так, напр., в Восточных Альпах одно из отложений этой системы, так называемый кровельный известняк, обладает мощностью больше чем в 1000 м. При этом и верхние и нижние пласты его обладают одними и теми же свойствами. Находимые в кровельных известняках окаменелости заставляют признать эту породу мелководным отложением. То же самое следует сказать о мощных песчаниках и сланцах нижнетретичного возраста. Все эти факты заставляют допустить, что рост альпийских отложений сопровождался сильным оседанием дна. В других складчатых горах, как, напр., в Гималаях и в Аппалахских горах, мы также находим чрезвычайно мощные складки. Наоборот, в Карпатах и в некоторых частях западных Альп мощность отложений немного больше, чем в соседних странах. Таким образом, даже в пределах альпийской системы мы находим исключения из общего правила, которое нельзя считать законом уже потому, что в некоторых низменностях, не обнаруживающих складчатости, пласты достигают такой же мощности, как и в складчатых горах.

## Страны, прилегающие к Альпам

В предыдущей главе мы уже упоминали, что складки альпийской системы находятся в известном соотношении с древнейшими массивами, лежащими к северу от Альп. Познакомимся теперь подробнее со странами, прилегающими к Альпам. Как было указано, центральное плоскогорье Франции, незначительные возвышенности у Доля, Вогезы, Шварцвальд, Чешский массив и Судетские горы представляют совершенную противоположность Альпам и Карпатам. Сюда же следует отнести Гарц, Тюрингский лес, Рейнские сланцевые горы, Шпессарт, Оденвальд, горные страны Нормандию и Бретань, а также южные части Ирландии и Англии.

Главная особенность, отличающая эти горы от Альп, бросается в глаза уже при первом знакомстве с ними: она заключается в недостатке ясно выраженного линейного расположения, в отсутствии огромных утесистых вершин и зубчатых гребней, которые в Альпах поражают путешественника прихотливостью своих очертаний. Эти плоские возвышенности скорее напоминают холмы. Они занимают иногда большие, иногда незначительные пространства, но во всех случаях их наружные границы обладают в большей или меньшей степени неправильной формой.

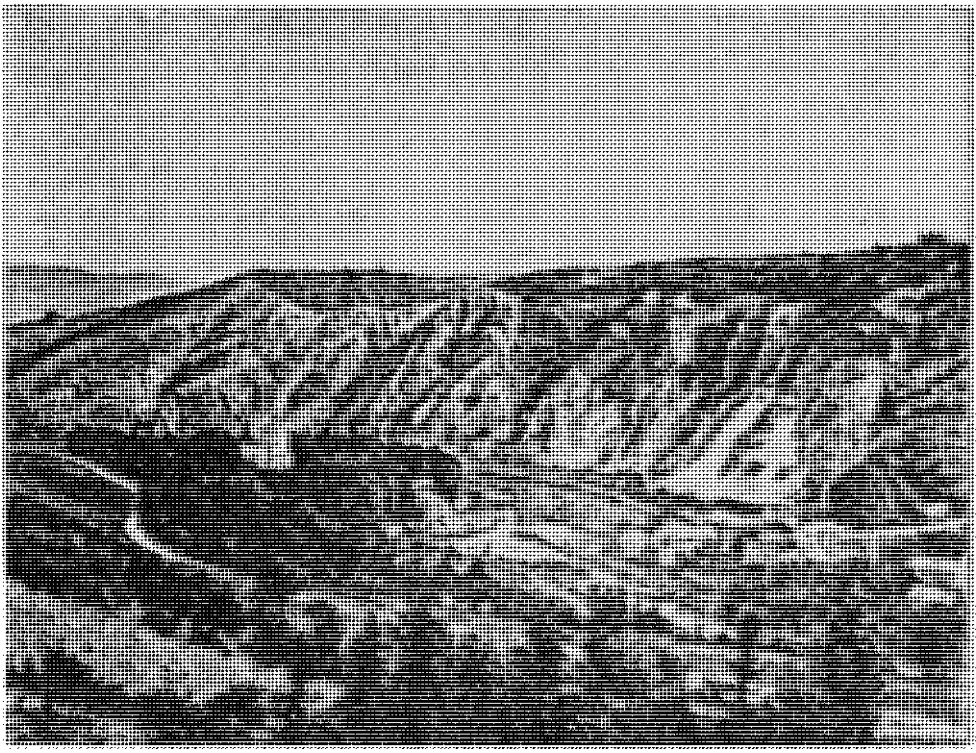


Рис. 256. **Горизонтальные пласты цехштейна, залегающие на складках девонских пород, в долине р. Саалы у Оберница в Тюрингии**

Другая особенность, бросающаяся в глаза при взгляде на геологическую карту местности, заключается в составе рассматриваемых гор. В строении их почти исключительно принимают участие палеозойские отложения и архейские кристаллические породы. Новейшие мезозойские пласты, за исключением верхнемеловых, мы находим только у наружных краев этих массивных гор. На вершинах они отсутствуют совсем и залегают между древними ядрами преимущественно в плоских равнинах. Не найдем мы здесь также и морских отложений третичного периода; наоборот, речные и вообще пресноводные отложения, иногда с довольно мощными слоями каменного угля, а также рыхлые вулканические породы третичного возраста принимают значительное участие в строении этих гор. Все перечисленные особенности и отличают названные возвышенности от Альп.

Но познакомившись ближе с геологическим строением рассматриваемой местности, мы увидим, что она не в такой степени противоположна Альпам, как это думали

прежде. В кристаллических сланцах и в древнепалеозойских пластах ее мы пайдем те же складки и перебросы, а также продольные и поперечные сбросы, какие мы видели в Альпах: внутреннее строение этой местности одинаково со строением складчатых гор более позднего возраста; различие выражается только в отсутствии линейного расположения и высоких вершин.

Для уяснения сказанного обратимся к рис. 256, представляющему обнажение в долине реки Саалы у Оберница. Внизу ясно видны складки; над ними располагаются горизонтальные пласты. Первые образованы девонскими породами, вторые — пермскими отложениями, и главным образом, так называемым цехштейном, который образует верхний ярус этой системы. Особенности этого прекраспого обнажепия позволяют сделать очень важные выводы. Очевидно, складки образовались раньше отложения пермских пород, так как в противном случае последние не могли бы сохранить своего горизонтального положения. Таким образом, мы получаем здесь возможность определить геологический возраст складок и находим следы горообразования в периоды, нредшествовавшие пермскому. В последующее время складчатые горы были смыты: текущая вода сравняла их прежде, чем успели отложиться пермские породы; последние лежат на головах почти сглаженных древних образований.

Если мы обратимся к каким-нибудь другим массивным горам Средней Европы, то встретим такие же особенности: всюду древнепалеозойские пласты силурийского и девонского возраста и кристаллические сланцы образуют ясно выраженные, но и сильно размытые водой складки; далее мы найдем указания и на то, что массивные горы несколько раз подвергались действию разрушающих процессов. Складки их уступают по величине и распространению альпийским; тоже следует сказать и о перебросах. Этот недостаток высоких вершин мы и должны приписать продолжительному размыванию. С достаточным основанием можно предположить, что в то время, когда эти разрушительные процессы не начали еще своего действия, возвышались огромные горы «допермские Альпы» в том месте, где теперь едва выдвигаются средн окрестной равнины незначительные, одетые лесом, холмы с пологими склонами.

В настоящее время с достаточною полнотой выяснена и причина неправильных очертаний массивных гор. Эта неправильность резко выступает в любой области. Так, напр., Гарц своими очертаниями напоминает эллинс, большая ось которого направлена к северо-северо-западу. Складки, его образующие, идут к северо-северо-востоку, т. е. не соответствуют простиранию горных масс. Географ, руководствуясь только внешними формами, будет рассматривать Гарц, как самостоятельный горный хребет, геолог же посмотрит иначе: в рейпских возвышенностях, где складки идут в тех же направлениях, он найдет продолжение этой цепи. И если в настоящее время те и другие горы отделены друг от друга, то это нроизошло вследствие сброса соединявшего их звепа. Тоже найдем мы в Вогезах и в Шварцвальде; складки и здесь идут к северо-северо-востоку, косо пересекают направление гор и продолжаются, с одной стороны, в центральном плоскогории Франции, с другой стороны — в Сосновых горах (Фихтельгебирге); и здесь соединительные звенья цепи были сброшены: непрерывный ряд складок раздробился; между сброшенными частями возвышаются только одинокие выступы прежних складок. или сохранившие свое первоначальное положение,

или осевшие меньше соседних частей; отсюда эти горы можно было бы назвать обоюдосбросовыми горами (Horstgebirge, или Rumpfgebirge).

В значительном большинстве подобных гор складки простираются в северо-восточном направлении, невзирая на разнообразие тех внешних очертаний, которые обусловливаются сбросом; в этом же направлении идут складки в Тюрингском лесу и в Саксонских Рудных горах. В северо-восточном конце последних направление пластов изменяется; они поворачивают на восток; в Лужицких и Исполиновых горах складки направлены к юго-востоку, а в Судетских горах даже к югу и к юго-западу. Таким образом, мы здесь находим следы несомненного изгиба, подобного тому, который мы видим в новейших складках Карпат. Сопоставляя все сказанное выше о направлении складок в рассматриваемых горах Средней Европы, мы придем к выводу, что в допермское время существовала непрерывная цепь складчатых гор, простиравшаяся из Восточной Франции в Германию. Зюсс назвал эту цепь *Варискийскими* горами*, а Пенк — Средне-Германскими Альпами. Остатки этой горной системы не позволяют нам вполне восстановить направление складок в сброшенных ее частях: может быть, она представляла изгибы, подобно Судетским горам, но они, во всяком случае, скрыты под мощной толщиной более новых отложений; горы, где складки отклоняются к юго-востоку (Баварский и Чешский лес), не дают тоже никаких указаний на способ их соединения с другими частями хребта. Неразрывность последнего может быть доказана на протяжении от Арденн до гор Альтфатера в Судетах; поэтому мы должны отделить от Варискийских гор другую цепь допермских складок, простиравшихся к востоко-юго-востоку и выступающих в настоящее время в Англии и Ирландии, в самых южных частях Бретани и в Нормандии. Главный период образования складок этого хребта также относится к концу каменноугольного периода. Древнейшие каменноугольные отложения были захвачены складками, позднейшие же образования этого периода лежат на размытых складках рассматриваемой системы и обнаруживают ингрессивное напластование. Зюсс назвал эту цепь древних складок *Арморикапскими*** горами. Складки этого хребта развивались по направлению к северу; важно отметить здесь любопытную их особенность,— складчатые перебросы на их паружном краю. Карта на рис. 253 отмечает направление переброшенного наружного края. Он простирается из Южной Ирландии и Англии в Бельгийский камепноугольный бассейн, с любопытными особенностями которого мы познакомились уже выше (см. рис. 240).

По окопчании процесса образования донермских складок альпийская система была отчасти размыта и затем залита морем. Та же судьба постигла Арморикапские и Варискийские горы: сглаженные складки их скрылись под водой. Триасовые и юрские отложения покрыли остатки этих древних гор и образовали над ними горизонтальные известковые, песчаные и глинистые пласты до 1000 м мощностью.

Некоторые части хребта, как, напр., большинство рейнских сланцевых гор, Сосновые горы, Саксонские Рудные и Арморикапские выдвигались среди юрского моря в виде островов; некоторые уже в триасовый период лежали за пределами моря,

---

* По имени германского племени варисков, которые населяли Баварию и Сосновые горы.— *Примеч. пер.*

** От латинского названия Бретани — Armorica.

но в общем в течение всей мезозойской эры Альпы и страны, расположенные к северу от них, были покрыты водой. Только в конце юрского периода, а в Альпах несколько позднее, море стало отступать и в верхнемеловую эпоху заняло уже другую площадь.

В этот период Европа вступает в новую знаменательную стадию своего геологического развития: в альпийской системе образуются складки, а в Армориканских и Варискийских горах происходят обширные сбросы, которые и создают те неправильные очертания, которые мы находим в остатках этих цепей. Во многих местах,—на краю центрального плоскогорья Франции, на южной стороне Саксонских Рудных гор, в Средней и Южной Германии,—из одних трещин выливаются вулканические массы, другие же заполняются рудами и минералами. Только в обширных низменностях, которые располагаются около сбросовых выступов, сохраняются неприкосновенными мощные пласты мезозойских отложений. На вершинах складчатых массивов, которые сохранили свое первоначальное положение, эти осадочные пласты быстро размываются. Они исчезают здесь совершенно, обнажая древние массы гор и выступая вокруг них в виде пояса.

Лентообразный пояс мезозойских отложений, находимый около среднеевропейских древних гор, долго считали породами, которые мезозойское море отлагало у своего берега. Но с одной стороны, эти образования вовсе не носят характера прибрежных отложений, с другой стороны—около древних массивных гор видны ступенчатые сбросы. В следующей главе мы снова вернемся к этому вопросу, теперь же заметим, что в самое последнее время он нашел блестящее разрешение, благодаря чрезвычайно любопытному открытию. У Альперсбаха на массиве Фельдберга, поднимающемся более чем на 1000 м над уровнем моря, Штейнманн нашел новейшие, по-видимому, третичные отложения, состоящие, главным образом, из закругленных галек триасовых и юрских пород. Кругом залегают только гнейсы, и так как гальки не могли попасть сюда снизу, то, очевидно, они скатились с вершины Фельдбергского массива, в то время когда не были еще размыты покрывавшие его триасовые и юрские отложения.

В конце палеозойской эры, по-видимому, не было существенного различия в строении Альп и стран, расположенных к северу от них. И тут и там происходят в разное время движения, вследствие которых развиваются складки по направлению к северу; в обоих областях этот процесс сопровождается вулканическими излияниями кварцевого порфира. В третичный период Альпы снова подверглись боковому сжатию, которое выразилось появлением новых складок. В странах, смежных с Альпами, эти движения отразились иначе: здесь появились трещины, по которым произошли сбросы; но в некоторых местах и в третичный период возникали незначительные, так называемые «запоздалые» складки, («posthume Falten»). В большинстве случаев эти новейшие складки распространялись в том же направлении, как и складки каменноугольного периода.

Мы познакомились с историей Варискийских и Армориканских гор. Если мы перейдем за их северную границу, то встретим в Англии и Шотландии область, которая относится к этим горам так же, как сами они относятся к Альпам; это—область древнейших сбросовых выступов со складками, образовавшимися в значительно раннее время. Здесь мы находим горизонтальные пласты красного нижнедевонского песчаника, покоящиеся на смытых силурийских складках. В горах,

которые Зюсс назвал *Каледонскими*, с полной ясностью выступают додевонские складки (см. карту на рис. 253); любопытно, что и здесь наблюдаются складчатые перебросы по направлению к северо-западу. Пояс переброшенных пластов начинается у Лох Эриболла, на крайнем северо-востоке Шотландии, и простирается отсюда на протяжении 140 км к юго-юго-западу. Он исследован английскими геологами с поразительной точностью. Горы распадаются на громадное число «чешуй» гнейса и силурийских отложений; чешуи налегают друг на друга по плоскостям, падающим на востоко-юго-восток. На головы этой системы бесчисленных чешуй переброшены значительные глыбы того же состава, по крайней мере, на протяжении 16 км. Ввиду этого здесь мы находим такую сложность строения и такое обилие горизонтальных перемещений, какие трудно встретить в другом месте.

Вернемся опять к областям, расположеиным к северу от Альп и остановимся иа той их части, которая по своему строению значительно уклоняется от типа среднеевронейских массивов. Мы говорим об обширной Русской равнине (см. рис. 253), которая располагается к востоку от Карпатских гор и представляет полную противоположность возвышенному Чешскому массиву. Диестр и его нритоки, берущие начало в Карпатских горах, прорыли здесь глубокое ложе с отвеспыми степами,—иастоящий каньон. Прибрежные обнажения показывают, что под лессовыми и валунными отложениями располагаются верхнетретичные, верхнемеловые и верхнеюрские морские образовапия, далее идут красные песчаники девопской системы и, накопец, силурийские и архейские породы. Нигде не видно н следов складчатости, все нласты лежат горизонтально, и только вся местность обладает незначительным наклоном к юго-западу. От Галицко-Подольской возвышенности без конца тянется обширная равпина, горизонтальные пласты покрывают всю Россию, и только далеко на севере, па берегу Финского залива, выступают подстилающие их граниты и гнейсы. Эти пласты с давнпх времеп не подвергались никаким нарушениям. Древпейшие кембрийские отложения с окаменелостями покоятся па складках архейского гнейса. Архейские породы образовали складки не только раньше наступления силурийского периода, но были уже смыты, когда начались отложения кембрийских пород. Таким образом, мы наталкиваемся здесь на следы самых древнейших исчезпувших кряжей: Русская равпина представляет обширный кусок земной коры, который оставался спокойным и неподвнжным в течение долгого времени, когда отлагались все пласты, содержащие окаменелости*.

Другой пример того же рода паходим мы в Америке, в так называемом Канадском Щите, который также состоит из архейских пород со следами древпейших складок (см. рис. 257). Если мы будем сравнивать альпийскую систему со средпеевропейскими и западпоевропейскими массивами, то увидим правильную последовательность складок: направляясь от Гебридских островов к югу, мы паходим все более поздние пояса складок. Сначала идут додевонские кряжи, за-

---

* Мы не имеем возможности представить здесь более подробную картину развития Европейской России, так как для этого понадобилось бы знакомство с исторической геологией. Откладывая этот вопрос до 2 тома, ограничимся здесь указанием двух прекрасных статей проф. *А. Карпинского*, которые снабжены множеством карт, облегчающих понимание текста: «Очерк физико-географических условий Европейской России в минувшие геологические периоды» (Прил. к LV тому Зап. Имп. Акад. Наук) и «Общий характер колебаний земной коры в Европейской России» (Изд. Имп. Акад. Наук, 1894, № 1, сентябрь). — *Примеч. пер.*

тем каменноугольные, наконец, новейшие складки Альп. На далеком востоке у подножия Восточных Карпат расстилается обширная Русская равнина, со времени кембрийского периода не подвергавшаяся складкам. Отсюда видно, как разнообразны по своему происхождению части земной коры, располагающиеся друг подле друга.

В альпийской системе процессы образования складок длились с неоднократными перерывами от верхнемеловой до плиоценовой эпохи; образование складок в среднеевропейских массивах происходило в палеозойскую эру. Новейшие же складки альпийских цепей вызваны целым рядом движений, которые охватывали не всю систему, но отдельные пояса, состоящие из новообразовавшихся отложений и примкнувшие к прежним цепям: по существу все эти движения были тождественными, но напряженность их в различных местах была неодинакова; образование палеозойских складок тоже неоднократно прерывалось и сопровождалось наступательным движением моря: эти древнейшие складки в различных частях хребта выступили также неодновременно. Вероятно, что наряду с допермской эпохой образования складок тектонические процессы действовали в Альпах и в более древние периоды полеозойской эры: с большой вероятностью можно допустить

Рис. 257. **Разрез архейских отложений Канады на протяжении от Петит Насион до С.-Жерома** (по Логану). **Размывание уничтожило складки, изображенные у нас пунктиром, и превратило горную страну в равнину**

существование докембрийских складок в архейских сланцах: позднейшие горообразующие процессы сгладили и, во всяком случае, затемнили их, а потому доказать эти складки чрезвычайно трудно. Тем бóльшую ценность представляют те факты, которые раскрываются перед нами при исследовании сбросовых гор. Оба большие периода образования складок отделяются длинным периодом наступания моря и непрерывным образованием осадков; по-видимому, в этот период не происходило образования складок, а также не было и значительных извержений; по крайней мере, мы не имеем никаких указаний на них.

## Области опускания

Знакомясь с внутренним строением складчатых цепей и массивов, мы могли видеть, в какой степени влияют на образование рельефа *оседания земной коры по линиям сбросов.* На этом проявлении горообразующих процессов мы остановимся теперь подробнее и познакомимся сначала с *франконско-швабскою* областью опускания, о которой мы упоминали уже выше. Она образована триасовыми и юрскими отложениями и обладает формой треугольника. На востоке эта область ограничивается Тюрингским и Франконским лесом, Сосновыми горами и Баварским лесом, а на западе — Оденвальдом и Шварцвальдом; на юге, между Шаффгаузеном и Регенсбургом, она оканчивается крутым обрывом Дунайского сброса; по образному выражению Зюсса, она напоминает прорванный ледяной покров безвод-

ного нруда. «На востоке и на западе у гранитных и гнейсовых гор триасовые и юрские отложения, благодаря прорезывающим их сбросам, спускаются вниз в виде ступеней лестницы — «ступенчатые сбросы». В разных местах этой области осели круглые массивы юрских отложений; на месте одного из таких провалов и образовалась огромная котловина у Нёрдлингена. К северу от этой котловины вдоль Дуная мы находим многочисленные сбросы юрских отложений Швабии и подстилающих их триасовых пород, которые залегают в глубине у северного подножия Альн.

Уже давно обрыв у Дуная считался краем впадины, а огромная котловина у Нёрдлингена рассматривалась, как провал. Но это только отдельные проявления процесса, который выразился рядом оседаний на всем протяжении до Фогельсберга и Тюрингского леса: такое соображение подтверждается существованием сбросов на западе и на востоке у подножия древних гор».

На восточном краю области опускания, там, где она ограничивается Баварским лесом и Сосновыми горами, Гюмбель проследил двенадцать сбросовых линий. Началом их служит Кейльбергская краевая трещина, простирающаяся в северо-северо-западном направлении от Кейльберга у Регенсбурга до Швандорфа. По направлению этой трещины были сброшены древнейшие слоистые образования, залегающие у края первобытных гор. Трещины, расположенные далее к северу, идут почти параллельно друг другу и имеют северо-западное простирание; сначала мы встречаем Амбергскую трещину, которая известна своими залежами железных руд и продолжением которой, кажется, служит Сесслахская трещина; следующая трещина, также заполненная рудами, простирается между Фрейбургом и Байрейтом; далее мы находим трещину, идущую от Вейдена к Бодеимюлю, и множество других; из числа последних можно выделить Кульмбахскую трещину, которая начинается севернее Кобурга, и Киссингенскую трещину. Вдоль первой из этих трещин произошел полный переброс узкой полосы кейпера и раковистого известняка; вдоль последней чрезвычайно длинной трещины располагаются знаменитые Киссингенские целебные ключи. Ряд осевших пород начинается пластами красного мертвого лежня, который, обладая крутым надением, является как бы втиснутым между древними горами и мезозойскими отложениями; тут и там вместе с ним были сброшены верхние каменноугольные образования; такие места тщательно разыскиваются для добывания каменного угля. Уже в незначительном удалении от первобытных гор пласты становятся почти горизонтальными.

К северо-западу отсюда, у края Тюрингского леса, линии сбросов были изучены очень точно. Здесь также можно отметить ступенчатые сбросы пластов, понижающиеся к юго-западу; впрочем, полного тождества с описанными выше явлениями не наблюдается: некоторые северные полосы осели более южных, вследствие чего между сброшенными массивами образовались впадины. Один из наиболее изученных сбросов, происшедший между Мёкерсом и Бейсхауфеном, представляет любопытную особенность: в северо-западной половине его опустилось северное крыло, причем высота сброса достигает 370—450 м, в юго-восточной же части его осело южное крыло; впрочем такое явление паблюдалось неоднократно и в других местах.

У западной границы области опускания повторяются уже известные нам явления. У края Оденвальда располагается пояс круто падающих пластов красного

мертвого лежня; в прилегающих к нему мезозойских образованиях *Бенеке* и *Коген* различают три системы трещин: одни из них направляются к северо-востоку, параллельно краевым очертаниям области опускания; это так называемые «оденвальдские» трещины; другие простираются к северо-северо-востоку и группируются главным образом у западного края Оденвальда и Шварцвальда; они стоят в связи со сбросовой впадиной, образовавшей долину Рейна, и носят название «рейнских» трещин; наконец, третью группу составляют так называемые «поперечные» трещины, пересекающие под углом оба вышеотмеченных направления. Как показал внервые *Эли де Бомон*, у края Шварцвальда рейнские трещипы выражаются чрезвычайно отчетливо; то же находим мы и на иротивоположном выступе Вогез; вследствие сброса по этим трещинам и образовалась впадина рейнской долины. У юго-западного края Шварцвальда располагается Кандернский сброс; у северо-восточного края сброшены мезозойские пласты. Те же явления, хотя и не в столь резко выраженной форме, были отмечены недавно и на юго-восточной стороне названных гор. Если бы даже вместо ступенчатых сбросов мы пашли здесь более постепенное падение слоев, то и в таком случае Шварцвальд следовало бы рассматривать, как массивный выступ, и общий характер Швабской области опускания не изменился бы. В середине этой области, а также иа юге ее уже давно были отмечены сбросы. Многие из соответствующих им трещин заполнились тяжелым шпатом и другими минералами; прекрасными примерами могут служить иейбулахская, штрисгеймская и фрейденштадская жилы.

Наиболее замечательные из этих сбросовых линий груннируются вокруг огромной котлообразной впадины у Нёрдлингена. Эта котловина достигает 12—15 км в поперечнике; местами на дне ее выступают подстилающие эту местность архейские нороды. Третичные пресноводные образования и отложения ключей покрывают эту равнину; тут и там залегает вулканический туф; по краям сбросов можио отметить несколько мест, где происходили извержения. В краях гор, ограиичивающих котловину, Фраас и Деффнер нашли несколько прямолинейных сбросов; верхнеюрские известняки вокруг нее совершенно раздроблены и прорезаны сбросами. Следует заметить, что происхождение огромной котловины у Нёрдлингена некоторые исследователи приписывали не тектоническим процессам, а вулканическому извержению. Сходство ее с менее значительными котловинами Альба, которые носят характер «мааров», говорит в пользу такого объяснеиия.

Котлообразные провалы на равниiах принадлежат к довольно редким исключепиям. Гораздо чаще встречаются они в складчатых горах и преимущественно располагаются у виутреннего края последних, они образуют глубокие низменности, впутренние озера и моря. Иногда у краев и в середине происходят извержения вулканических горных пород. Примером таких более или менее ясно выраженных котлообразных впадин могут служить: равнина По, располагающаяся у южного подножия Альп, с базальтами в окрестностях Вичепцы и Вероны и трахитами Евганейских гор, Венгерская низменность с ее огромными массами трахита, Венская котловина, направленная согласио простиранию примыкающих к ней гор, Ландзейская и Грацкая бухты, наконец, Тирренское море с итальянскими вулканами у внутреннего края Апеннин и многие другие. В Европе *огромные котловины* сосредоточены преимущественно па крайием юго-востоке, а потому эта местность может служить исходным пунктом для изучения этих явлений.

Между Грецией и Малой Азией море усеяно многочисленными островами; распределение их в архипелаге далеко не беспорядочно. Часть их непосредственно примыкает к берегам материка; другие располагаются рядами поперек моря и представляют как бы вершины подводного хребта, который тянется от Греции к Малой Азии. При беглом взгляде на карту не трудно заметить, что из группы Кикладских островов Андрос и Кеос примыкают к берегам Аттики и Евбеи, а острова Кос, Низирос, Калимпос и др.—уже к берегам Малой Азии. Эта цепь островов тянется через все море и делит его на две половины,—северную и южную. Остановим внимание на последней. На юге она соединяется с Средиземным морем, но не непосредственно, а при помощи целого ряда проливов: на границе этих морей лежит остров Крит, к которому с той и с другой стороны примыкают острова Чериго, Черигото, Карпато и Родос; в середине Эгейское море достигает глубины около 1200 саженей, открытое же Средиземное море к югу от Крита еще глубже.

Южная часть Эгейского моря представляет пример котловины недавнего геологического возраста. Остановимся сначала на Крите. Этот гористый остров в настоящее время очень беден водой; в середине его располагается высокое сухое плоскогорье, покрытое пластами новейших галек; среди последних находят множество костей, принадлежащих особому виду гиппопотамов, которые состоят в близком родстве с бегемотами, живущими в реках и озерах Африки. Отсюда с несомненностью можно заключить, что это плоскогорье в дилювиальную эпоху было покрыто водой: остров был богат озерами и реками, без которых ие могли бы жить названные животные. Из сказанного неизбежен и другой вывод: современный остров Крит, видимо, представлял тогда часть обширного ныне исчезнувшего материка. Далее мы находим еще целый ряд любопытны данных: на островах Крите, Родосе, Косе и др. новейшие пресноводные отложения располагаются у самого берега, где море достигает значительной глубины; очевидно, прежний берег пресноводных озер, отделявший их от моря, опустился. На юго-восточном берегу Коса лежат мощные верхнеплиоценовые и дилювиальные морские отложения; они образуют холмы до 2000 м высотой. У подножия их берег круто обрывается, местами под углом в 45°, и море достигает здесь значительной глубины. Эти крутые обрывы могли образоваться только вследствие сброса, который произошел после отложения дилювиальных морских пластов: ипаче эти мощные осадки уменьшили бы крутизну обрыва и способствовали бы образованию более пологих берегов. Сбросовая линия, ограничивающая остров Кос с юга, является только частью огромной трещины, которая и отделяет южную половину Эгейского моря от северной. Путем целого ряда наблюдений удалось доказать, что вся эта область прорезана целой сетью трещин, вдоль которых и произошли сбросы того материка, который располагался прежде между Критом, Кикладскими островами, Малой Азией и Мореей. Присутствие на Крите костей гиппопотама, жившего в дилювиальную эпоху, и ряд данных, которые мы находим на острове Косе, заставляют допустить, что опускание материка произошло по окончании третичного периода, в то время когда уже землю населяли люди. Историки первобытной культуры должны решить, не перешло ли первоначальное население Грецин из Малой Азии по тому перешейку, несомненность которого подтверждается геологическими фактами и который в настоящее время исчез.

Указанными сбросами не ограничиваются изменения очертаний Средиземного моря, происходившие сравнительно недавно. Карта на рис. 258 представляет предполагаемое распределение суши и воды в плиоценовую эпоху (т. е. в конце третичного периода). В подробностях береговые очертания материка приблизительны; по в общем карта основывается на несомненных фактах. По всем данным необходимо заключить, что только незначительная часть материка была разрушена путем размывания и что большая его часть была сброшена и скрылась под поверхностью моря.

Мальта и Сицилия соединялись с Африкой: это доказывается остатками африканских слонов и других млекопитающих, находимыми на том и другом острове. У восточного края Апеннин море было значительно обширнее, чем теперь; наоборот восточная часть современного Адриатического моря представляла сушу и Монте-Гаргано в Южной Италии непосредственно соединялась с Далмацией. И до сих пор, как свидетельствует Кобельт, наземные моллюски Монте-Гаргано принадлежат далматинской, а не итальянской фауне. Далее, на многих островах Истрии и Далмации в красных костяных брекчиях дилювиальной эпохи находят остатки больших наземных животных, каковы: лошади, бизоны, олени и носороги. Они встречаются даже на тех скалах, поверхность которых не превышает нескольких квадратных метров и которые во время каждого прилива покрываются водой, напр., на скале Цабодакки у Малого Лосиня (Луссинпикколо) или на рифе Сило к югу от Малого Каньдола (Канидолепикколе). Само собой разумеется, что эти животные не могли быть обитателями таких крошечных островков; остатки их, несомненно, указывают на существоваиие обширного пространства суши. Можно привести в подтверждение этого вывода еще ряд фактов. На островах Канидолепикколе, Уиье и Сушаке (Сансего) располагаются на меловом известняке лессовидные мелкозернистые несчаные образования, выше 15 м мощностью. Прнсутствие этой же нороды доказано на южном берегу Истрии; сходство ее с наносами больших рек, напр. Дуная, поразительно. В этих вполне затвердевших породах Маркесетти нашел скорлупки ныше живущих наземных моллюсков: нет сомнения, что лессовидные несчаники, залегающие на низком известняковом основании непосредственно выдвигающиеся из морских волн, нредставляют отложения большой реки. Еще в самом конце дилювиальной энохи эти острова соединялись с Истрией и Далмацией. Море, располагающееся между Ионическими островами и Грецией, в это время не существовало: в материк вдавалась только небольшая бухта: опа шла между Критом и Пелононесом и достигала окрестностей Афин и Мегары. Море не омывало в это время южных берегов Крита и Малой Азии и не достигало современных границ Северной Африки, Палестипы и Сирии. Как ноказывают морские отложения на острове Крит, залив простирался на восток, но он не мог обладать значительными размерами.

Таким образом, область оседания занимает чрезвычайно огромное пространство. Если мы примем в расчет, что в то время уровень моря стоял выше, чем теперь, и что в рассматриваемой области глубина достигает в некоторых местах более 3000 м, то общая величина оседания окажется чрезвычайно огромной; наоборот, горы, образовавшиеся в то же время, обладают скромными размерами. Целый ряд соображений заставляет признать, что оседания по линиям сбросов являются чрезвычайно важным деятелем в образовании лика земли и что появление складок и образование горизоитальных сдвигов имеют второстепен-

Рис. 258. **Карта восточной части Средиземного моря в начале плиоценовой эпохи**

ное значение. Последствия этих грандиозных процессов отразились не только на тех областях, которые неносредственно онустились, но также и на высоте уровня всего океана; образовавшиеся впадины были залиты водой и, как ни велика общая масса воды в океане, тем не менее заполнение больших котловин, как показал Зюсс, не остается без влияния на общий уровень воды, который постепенно, хотя и незаметно, понижается иа протяжении всей земли.

Дальнейшие исследования, без сомнения, откроют еще целый ряд подобных котловин. Существование огромных впадин этого рода можно предположить у восточных берегов Азии, где громадные части океана отрезаны длинными рядами островов. Примерами могут служить: Японское, Охотское и Берингово моря и, наконец, обширная область Малайских островов. Впрочем, вонрос представляется настолько сложным, что без обстоятельного изучения этой местности нельзя (при помощи только карт) отметить линии сброса. В Атлантическом океане нримером котловины может служить Карибское море, на юге которого находится северный берег Южной Америки, на севере и на востоке — ряд Антильских островов. Факса-фиорд в Исландии представляет такую же котловину.

Из предыдущего мы уже видели, какое огромное значение имеют области опускания в образовании лика земли. Громадная *восточноафриканская сбросовая впадина*, изученная в самое носледнее время, служит подтверждением этого вывода. О сбросовых впадинах мы говорили уже неоднократно: они образуются в тех случаях, когда между двумя параллельными линиями сбросов онускается длинная и узкая полоса земли. Рейнская долина, между Шварцвальдом и Вогезами, долина Лейны у Геттингена, Красное море, долина Иордана и Мертвое море, длинные сбросовые внадины в Исландии и в Рудных горах могут служить нримерами, но восточноафриканская сбросовая впадина нревосходит своей громадностью все перечисленные выше. Эти грандиозные перемещения сопровождались излиянием на новерхность громадных количеств лавы. Доказательством служат огромные огнедышащие горы, вроде Килиманджаро и Кении, и отчасти действующие вулканы этой местности, как, например, Телеки. Вулканические явления, находящиеся в связи с этой сбросовой впадиной, были описаны выше на стр. 231—232, теперь же мы ограничимся исключительно онисанием ее тектонических особенностей. Сброшенная область обладает чрезвычайно нростым геологическим строением. Первоначальиая равниа состояла из архейских пород, гнейса, слюдяного сланца и граиита, прорезанных порфирами и зеленокаменными породами и отчасти покрытых базальтовыми нотоками более позднего возраста. Только на восточном берегу тянется длинная лента средне- и верхнеюрских известняков и сланцев. В некоторых местностях они нрикрыты песчаниками неизвестного возраста. В стране Сомаль, кроме верхпеюрских отложений, мы встречаем неокомские образования, т. е. древнейший ярус меловой системы. Сбросы начинаются уже нод 15 и 16° ю. ш.; в долине реки Шире тянутся в меридианальном нанравлении два высоких крутых обрыва, отстоящие друг от друга, по крайней мере, на 50 и не более 80 км; они продолжаются на берегу озера Ниассы (см. карту на рис. 259). На северном конце носледнего направление сброса изменяется на северо-северо-западное, и впадина продолжается в виде не имеющих стоков озер Леопольда и Танганайки. Длинная, глубокая и скалистая внадина Танганайки издавна считалась примером тектонической котловины; о громадности происшедшего сброса можно судить по следующему:

глубина озера 1700—2700 м, высота отвесных берегов его 2000—2400 и даже 3000 м. К северу от Танганайки края сбросовой впадины идут в меридиональном направлении и ограничивают долину реки Руссиси. Далее впадина отклоняется несколько на северо-северо-восток, и продолжением ее служат озера Альберта и Альберта-Эдварда. Края впадин выдвигаются в виде валов и имеют такой вид, как будто в момент образования трещины края ее были приподняты вверх. В связи с этой своеобразной формой краев котловины стоит направление рек: непосредственно к востоку от обрыва Танганайки берет начало Нил, озеро же изливается по направлению к Конго.

К северу от Ниассы возвышаются довольно высокие горы, образованные архейскими породами. Непосредственного меридиального продолжения сбросовой впадины мы не находим. Но далее к северу, вероятно под 6° южн. широты, на меридиане озера Ниассы, снова появляется сбросовая впадина; это уже начало *великой впадины* Восточной Африки, которая по своей громадности занимает исключительное место в ряду подобных ей образований. Ее можно проследить по географической широте на протяжении 40°; начинаясь у 36° восточной долготы, эта впадина несколько отклоняется на северо-восток у восточного края Абиссинского плоскогория, по в области Красного моря снова принимает меридиональное направление. Отдельные части этого огромного сброса были известны уже давно, но только благодаря исследованиям отважных путешественников графа Телеки и лейтенанта Хёнеля оказалось возможным привести в связь разрозненные сведения; последняя задача была блистательно решена Зюссом. После них Ганс Мейер и О. Бауманн немало способствовали детальному изучению южной части сброса.

Характер перемещения обладает некоторым непостоянством, что стоит в связи с огромным протяжением впадины. Так, например, в южной части ее Бауманн нашел крутой край приподнятого крыла только на западной стороне; равиина, лежащая на высоте 1800—2000 м, падает здесь отвесными линиями ко дну сбросовой впадины, которая по направлению на восток простирается почти горизонтально (см. рис. 260). На этом дне мы находим ряд не имеющих стока озер, воды которых почти во всех случаях насыщены солью; таковы: болото Бубу, озеро Балангда, на берегу которого возвышается вулкан Гуруи (3100 м), пресноводное озеро Майтсимба (1441 м), Лауа-и-Серери и Мапжара (1000 м). Еще ииже спускается дно котловины у Натрового озера (650 м) и небольшого озера Доглан; далее, на север, у озер Найваша (1,860 м), Ангато Найронья (1840 м), Баринго (1115 м) и др., оно опять поднимается и достигает, наконец, самого низкого уровня в покрытой раковинами степи Суката и в озере Рудольфа (400 м). Схема сбросовой впадины выступает здесь с значительно меньшей ясностью, чем в центральном сбросе озер Ниассы и Танганайки. Приподнятые крылья сбросов, достигающие абсолютной высоты в 400—1000 м, всюду выступают с несомненностью, но обладают неравномерным развитием; в глубине впадины некоторые части дна осели менее соседних. Последнее относится к той части впадины, которая располагается к югу от озера Рудольфа и которую Зюсс характеризует следующими словами: «На протяжении этого длинного пояса мы находим ряд продольных трещин, разбивающих его на многочисленные вытянутые участки; происхождение их могло быть следующим: на значительной глубине существовала трещина; распространяясь вверх, она разветвлялась и образовала систему

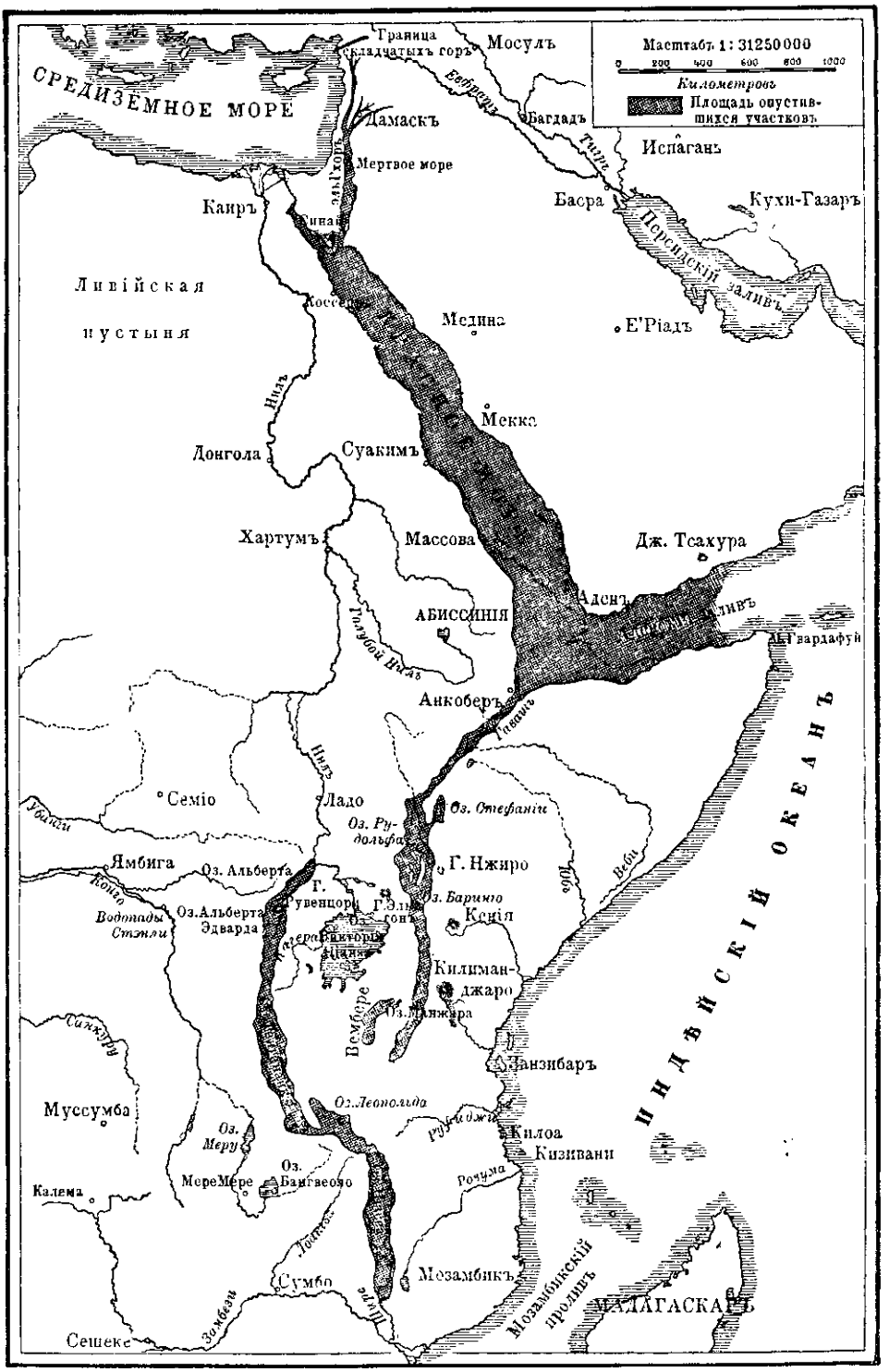



Рис. 259 **Сбросовая впадина Восточной Африки** (по Зюссу, Г Мейеру, О. Бауманну и др.)

длинных и петлеобразнопересекающихся трещин, которые разбили местность на многочисленные участки; при сбросе последние осели неравномерно, и таким образом, создалась картина восточноафриканской впадины. По трещинам выделились лава и пепел; продукты вулканических извержений отчасти выровнили дно впадины, обогнув котловины, в которых располагаются не имеющие стоков озера». Вследствие такого разветвления главной трещины могли образоваться боковые сбросовые впадины или просто параллельные сбросы. В одной из таких небольших впадин, к востоку от озера Рудольфа, располагается озеро Стефании, на другой выдви-

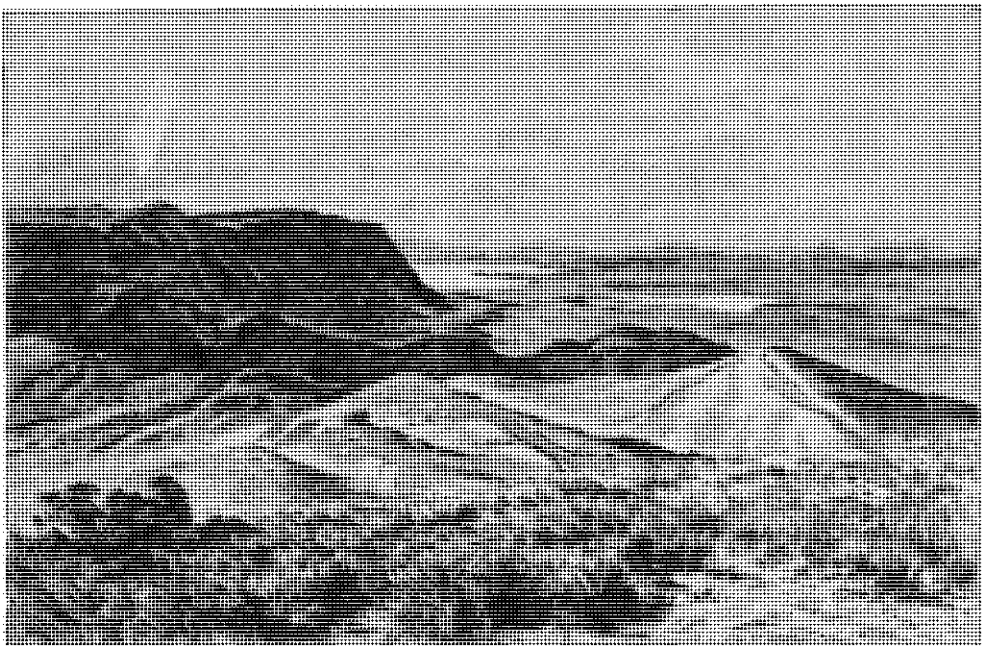


Рис. 260. **Великая восточноафриканская сбросовая впадина у Мери (Ираку) с озером Манжара; на заднем плане виднеется вулкан Килиманджаро**

гается вулкан Эльгон. Наконец, как полагает Бауманн, и Килиманджаро лежит в такой боковой внадине, образовавшейся к востоку от Мапжары. К западу от этого озера мы находим глубокую сбросовую впадину Вембере. Точно так же и центральная трещина Ниассы и Танганайки сопровождается параллельными ей боковыми сбросами.

К востоку от озера Рудольфа до северной границы восточно-абиссинских краевых озер (приблизительно на 8° сев. шир.) лежит малоизвестная часть сбросовой впадины; далее следует опять более или менее изученная часть; она образует долину реки Гаваш и сливается со впадиной Красного моря; последняя дает два отрога: один образует Суэцкий залив, другой — залив Акаба, лежащий к востоку от Синая и посредством Вадиэль Араба соединяющейся с Мертвым морем и долиной р. Иордана. Впадина Мертвого моря простирается в меридиональном направлении; восточный край ее образует крутые обрывы, западный сопровождается ступенчатыми сбросами. Степы впадины состоят из верхнемеловых отложений. Здесь также мы находим боковые сбросы: один из них прорезает гору Синай.

К северу от озера Хуле сбросы отклоняются к северо-востоку и образуют впадину Баальбек; отсюда многочисленные сбросы веерообразно расходятся по направлению к северо-востоку, т.е. к Пальмирской пустыне; по свидетельству Динера, некоторые из них нереходят в флексоры, а один даже образует длинное седло. У северного конца Ливана внадина снова приобретает меридиональное направление; она прорезает базальтовые массы Хомса и, по наблюдениям Бланкенгорна, может быть прослежена до края складчатых Таврских цепей.

Как показывает целый ряд фактов, громадная восточноафрикапская внадина образовалась в относительно недавнее геологическое время. Во многих местах, как, например, в Сирии, Абиссипии и Экваториальной Африке, она залита новейшими базальтовыми лавами. По свидетельству Бланкенгорна, в Северной Сирии сбросы прорезали пресноводные плиоценовые отложения. Поэтому мы должны отнести образование великой впадины к самому концу третичного периода. Другие соображения заставляют донустить, что она уже существовала в ледниковую эпоху: в многочисленных озерах, раснолагающихся на дне великой внадины, мы находим так называемые береговые террасы, которые указывают на более высокое положение уровня воды в прежнее время; понижение же уровня не имеющих стока озер происходило в период отступания ледников и объясняется изменением климатических условий. Наоборот, сбросовой внадине Танганайки должно быть приписано более позднее происхождение. Доказательством этого служит ее замечательная реликтовая*, или остатковая, фауна. С другой стороны, дислокационные движения у восточноафриканских трещин не завершились еще и теперь, как это доказывается существованием около них вулканической деятельности и довольно значительных сейсмических явлений. Эти грандиозные сбросы, распространившиеся на протяжении многих градусов, представляют ряд своеобразных особенностей. Иногда это трещина или пучок веерообразно расходящихся трещин,—как, например, в Сирии, иногда трещина сопровождается оседанием одного из ее крыльев,—как это мы и видим у Мертвого моря и к югу от озера Манжары (см. рис. 260), в других случаях парушение принимает характер пастоящей сбросовой внадины, как, например, у Красного моря; наконец, мы встречаем системы сбросов, раздробляющих поверхность на целый ряд отдельных массивов, которые осели в различной стенени и все вместе образовали общую сбросовую впадину. В Великой Котловине Северной Америки существует обширная сбросовая впадина—долина Гуннисона, достигающая 20 английских миль в длину и 3 английских миль в ширину. Дуттон объясняет ее происхождение растяжением осадочных пластов, которое и привело к сбросу огромного массива. Точно также и Зюсс предполагает, что для объяснения огромных восточноафриканских нарушений необходимо допустить существование известного молекулярного напряжения: оно действовало перпендикулярно направлению трещины, а потому в момент образования последней уничтожилось.

---

* Во время отступания моря на его прежнем дне образуются озера, в которых остается морская фауна. Но воды таких озер должны постепенно опресняться стекающей сюда водой; население их, приспособившееся к таким изменившимся жизненным условиям, носит название остатковой, или реликтовой, фауны.

## Сущность горообразующих процессов

Разнообразные явления, о которых мы до сих пор говорили, сводятся к действию двоякого рода сил: одни действуют сверху вниз, другие в горизонтальном или приблизительно горизонтальном направлении. Какого рода эти силы и какие изменения вызывают они в массах земной коры? Прежде чем обратиться к решению этого вопроса, заметим, что все явления *горообразования*, сколь бы величественными они нам ни казались, в сравнении с величиной земли должны быть признаны слишком незначительными. Только немногие вершины горы нодымаются на 7000 м над уровнем моря и очень редко более чем на 8000 м. Диаметр земли равняется 12,737,5 км; следовательно, самая высочайшая из измеренных гор Гауризанкар (8839 м) составляет $^{1}/_{1440}$, а высшая вершина Альн, Монблан (4804 м)—только $^{1}/_{2630}$. Эти возвышенности так же ничтожны в сравнении с размерами всей земли, как морщины на коже апельсина.

Кроме того, необходимо иметь в виду и другое важное обстоятельство: складки гор не простираются на значительную глубину, а принадлежат только поверхностным частям земной коры. Достаточно носмотреть на любой профиль горной цепи, чтобы убедиться в этом.

Едва ли нужно доказывать, что образование областей онускания и сбросов происходит исключительно под влиянием земной тяжести и что в глубинах земной коры не может существовать никаких других сил, производящих эти нарушения. Для образования сброса необходимо, чтобы массив потерял опору, а это возможно лишь нри сокращении или сжатии внутренних частей земли. Образование складок предполагает сокращение поверхностей занимаемой верхними слоями земной коры и является последствием бокового сжатия ее; процесс этот можно объяснить сокращением объема глубоких частей земли, вследствие чего наружная оболочка, стремясь непосредственному соприкосновению с ними, и образует складки. Отсюда ясно, что для объяснения складок нет необходимости искать какой-либо особой силы, действующей в горизонтальном направлении, но что и в этом случае нарушение сводится к действию земной тяжести: каждая часть земной коры может быть рассматриваема как купол; в куполах же действие тяжести выражается боковым давлением на составляющие его части. Таким образом, происхождение складок, сдвигов и сбросов сводится к действию одной и той же силы,—земной тяжести, которая проявляется так или иначе в зависимости от местных условий. Посмотрим, насколько согласуется такое объяснение с фактами.

Первым условием для проявления тяжести в форме того или иного нарушения является исчезновение опоры у верхних слоев земной коры. Каким образом нроисходит это исчезновение—вопрос, который разными исследователями решается не одинаково. Одно время главную роль в этом процессе приписывали воде, циркулирующей в глубоких частях земной коры; предполагали, что она, размывая горные породы, способствует образованию пустот, которыми, в свою очередь, объясняется оседание земной коры. Опускаясь все глубже, сброшенные массивы подвергаются боковому давлению, которое производит на них края впадины и вследствие этого в них появляются складки. Однако такое объяснение складчатых гор нельзя

считать удовлетворительным. По этой гипотезе горы должны располагаться в углублениях между двумя высокими плоскогориями. Но строение Альп не соответствует этому предположению; большие хребты их выдвигаются над всей окрестной местностью, и предположить, что они лежат на дне впадины, прямо невозможно.

Остается только одно возможное объяснение: по-видимому, все нарушения в земной коре являются следствием *постепенного охлаждения земли*. Мы знаем, что наша планета находилась некогда в расплавленном состоянии и вследствие охлаждения отвердела. Довольно трудно предположить, что внутри земли существуют газообразные или жидкие массы; земная кора, вероятно, очень толста, и внутри земли господствует чрезвычайно высокая температура: по всей вероятности, она значительно превосходит точку плавления всех горных пород (при давлении в одну атмосферу). Такое накаленное ядро земли, без сомнения, должно охлаждаться и испытывать известное сокращение объема; вследствие этого и должны произойти в коре складки и сбросы.

Против такого объяснения делались известные возражения: указывали, что при охлаждении расплавленного шара, находящегося в холодном пространстве, должны происходить явления иного рода. Прежде всего охладится наружная оболочка; образующаяся кора будет сокращаться сильнее внутренних частей шара и покроется трещинами, которые по направлению книзу будут суживаться; в более поздний период, когда поверхность земли приняла температуру окружающего пространства и только в глубинах сохранила сильный жар, переходящий за точку плавления всех горных пород (при давлении одной атмосферы), тогда должно было начаться. охлаждение исключительно внутренних частей ее. Указывали даже, что при благоприятных условиях могут совсем закрыться трещины, происшедшие в более ранний период охлаждения. Однако такое объяснение совершенно неправильно. Трудно допустить, что на земле еще и теперь обнажается где-нибудь первоначальная кора: она покрыта мощной оболочкой осадочных и изверженных пород, которые должны были давно заполнить первоначальные трещины.

На поверхности всей земли только тонкий слой горных пород меняет свою температуру в зависимости от смены тепла и холода в зимнее и летнее время; под ним располагается слой, обладающий постоянной средней температурой почвы данной местности, и, как мы увидим ниже, такое же распределение температуры, вероятно, существовало уже в палеозойскую эру. Теплота, теряемая путем лучеиспускания, при посредстве вулканических извержений и горячих ключей исходит из глубоких частей земного шара; из этого же источника черпают свою теплоту и вновь образующиеся осадки, температура которых, как мы знаем, увеличивается с глубиной. Ввиду этих фактов не может быть никакого сомнения в том, что в глубинах земного шара происходит сокращение объема; в верхних же областях земной коры температура и объем остаются неизменными или даже возрастают. С другой стороны, внутренние массы земли извлекаются на поверхность при вулканических извержениях: вследствие этого должно происходить также сокращение объема внутреннего ядра, хотя и в незначительной степени.

Нельзя, конечно, сомневаться, что в силу указанных причин должно было возникнуть боковое напряжение. Но когда приходится объяснять отдельные проявления этого давления и указывать их ближайшие причины, выступает целый ряд затруднений. Возникшее в верхних слоях земной коры напряжение постепенно растет и мало-помалу преодолевает сопротивление горных пород; появляются тре-

щины, но это еще не ведет к образованию сбросов: отдельные участки растрескавшейся земной коры могут держаться на месте так же, как кирпичи в искусственном своде. Связность последнего может нарушиться только вследствие сильного бокового сжатия, которое раздавит свод и вызовет образование складок (как, напр., в Юре), или же произведет вертикальное перемещение, сопровождаемое складками, гораздо реже — без складок; в обоих последних случаях один из краев передвинутого массива приподнимется и образует крутые обрывы, как это мы наблюдаем в горах, одна сторона которых образована древними кристаллическими породами, между тем как другая представляет систему постепенно убывающих складок (напр., Карпаты). Вследствие таких нарушений напряжение свода ослабевает, и в тех частях его, где не было складок, могут произойти оседания отдельных участков. Таким образом и возникают у внутреннего края гор области опускания, которые, как мы знаем, сопровождаются вулканами.

Процессы, происходящие в земной коре вследствие сжатия внутреннего ядра, выражаются движением ее масс по направлению кверху: если в горизонтальном пласте образуются складки, то, очевидно, бедра их будут лежать выше, чем лежали до нарушения. Таким образом, и выдвигаются складчатые горы, высоко поднимающиеся над окружающей их местностью.

Подобные явления могут иметь место и при сбросах. Представим себе горизонтальную систему пластов, часть которой начинает оседать. Прежде чем образуется трещина, пласты могут согнуться. Когда целость последних нарушится и по происшедшей трещине станет опускаться одна из разъединенных частей системы, — тогда край приподнятого крыла может снова вернуться в горизонтальное положение или, по крайней мере, приблизится к нему. Такое явление, очевидно, будет сопровождаться движением вверх. У линий больших сбросов новейшие морские отложения очень часто лежат значительно выше уровня океана. Весьма возможно, что такое явление должно быть объяснено описанным сейчас процессом. Точно также и выступы, которые мы находим на краях трещины Танганайки, относятся, вероятно, к этой же группе явлений.

Поднятия в роде описанных во всяком случае должны быть рассматриваемы как явления второстепенные. Но при опускании одних частей земной коры может происходить и непосредственное выдвигание других. Если стать на точку зрения господствующей теории и допустить, что под твердой земной корой располагается слой огненно-жидкой магмы, то гидростатическое давление, развивающееся при оседании массивов, может приподнять небольшие выступы, расположенные между двумя областями опускания: для этого только необходимо, чтобы трещины, по которым происходит сброс, сходились по направлению книзу. Гидростатическое давление должно усиливаться еще боковым давлением твердых масс, и вследствие этого в клинообразных выступах земной коры могут даже образоваться плоские антиклинальные изгибы.

Делались попытки выразить цифрами *величину сжатия*, происшедшего при образовании тех или других складчатых гор. Так, напр., вычислено, что при образовании Юры площадь составляющих ее пород сократилась на $^1/_5$, а при образовании Альп сокращение достигает $^1/_2$ первоначального протяжения. Еще сильнее было сжатие при образовании древних складчатых гор в окрестностях Христиании. Дальнейшим следствием образования складок является сокращение объема земли и

уменьшение ее радиуса; величина того и другого может быть тоже определена. Гейм нашел, что при образовании складчатых гор, расположенных на меридиане Центральных Альп, радиус земли уменьшился приблизительно на 57 км. Если допустить, что на протяжении каждого большого круга степень складчатости одинакова, то число это показывает вообще величину сокращения земного радиуса вследствие образования гор. Может быть, оно слишком велико, и весьма вероятно, что мы не имеем еще достаточно прочной почвы для таких вычислений: результаты последних должны быть принимаемы с большой осторожностью; но какова бы ни была точность полученных цифр, они, во всяком случае, показывают, что боковое давление, возникшее при сокращении земли, было настолько велико, что действительно могло привести к образованию высочайших гор.

Основная идея теории горообразования, созданной в самое последнее время *Дана*, *Зюссом* и *Геймом*, должна быть признана достаточно обоснованной, но нельзя не сознаться, что эта теория еще не может объяснить многих явлений. Мы видели, что в известных частях земной коры, как, напр., в альпийской системе, происходит повторное образование складок в различные периоды жизни земли; наоборот в странах, расположенных к северу от Альп, мы находим только древнейшие складки; в позднейшие же эпохи массивы этих стран оказывают задерживающее влияние на развитие альпийских складок и отмечают границу, до которой последние могли простираться. Далее, мы знаем, что в непосредственном соседстве с горами Западной и Средней Европы располагается огромная Русская равнина, которая уже со времен кембрийского периода не испытывала никаких нарушений. Насколько мы можем судить, складчатые горы всегда выдвигаются на дне моря и никогда не появляются на материках; процессы их образования относятся к палеозойской эре, к концу мелового и к третичному периоду; наоборот, нам неизвестны примеры горообразования в древнейшие периоды мезозойской эры. Таким образом, складчатые горы появляются в известное время и в известных местах. Между тем боковое давление, возникшее вследствие сокращения земли, не может действовать в одном направлении и не действовать в другом; не может быть оно приурочено и к известному времени. Если такое предпочтительное образование складок в известное время и в известных местах мы будем объяснять первоначальным различием частей земной коры и предположим, что горы образовались в местах наименьшего сопротивления, то и тогда встретим целый ряд других трудностей.

Можно было бы думать, что существование сильного бокового давления в земной коре должно повлечь за собой замыкание вулканических трещин. Однако эти трещины не только наблюдаются в настоящее время, но, по-видимому, служат местом извержений в течение долгого времени и существуют уже не один геологический период. Такое противоречие, казалось бы, можно устранить предположением, что трещины раскрывались и закрывались периодически. Многие наблюдения над вулканическими жилами делают это предположение весьма вероятным: процесс тем более возможен, что трещины могут быть рассматриваемы, как линии наименьшего сопротивления. Тем не менее и в этом вопросе сказывается слабая сторона *теории сокращения*. Таким образом неутомимые стремления ученых придумать новые формы для этой теории и наполнить ее новой группировкой наблюдений не увенчались успехом.

Указывали и другую причину бокового давления в земной коре. Меллард-Рид (Mellard-Reade), основатель так называемой *термической* теории горообразования, отводит сокращению коры второстепенную роль и видит главную причину образования складок в повышении температуры верхнего слоя земного шара, вследствие чего происходит увеличение объема той или другой части земной коры. Основанием этой теории служит тот факт, что складчатые цепи сосредоточиваются в тех местах, где пласты горных пород достигают наибольшей мощности. Этот поразительный факт наблюдается, действительно, в Гималаях, в Аппалахских горах, где мощность пластов достигает, по крайней мере, 10,000—12,000 м, в Скалистых горах в Северной Америке, где мощность пластов около 18,000 м; наконец, и в Альпах пласты достигают чрезвычайно большой мощности, в особенности по сравнению с остальной Европой. Целый ряд данных говорит за то, что эти мощные образования отложились отчасти в мелких, отчасти в глубоких частях моря совершенно так же, как и теперь глубоководные отложения встречаются наряду с коралловыми рифами, которые растут только вблизи поверхности моря. Такие мощные мелководные пласты могли образоваться только в том случае, если по мере их отложения постепенно поднимался уровень моря или же постепенно опускалось морское дно. Первое из этих условий большинством исследователей считается мало вероятным; они предполагают, что складчатые цепи образовались в длинных и глубоких областях опускания. Дана называет такие глубокие впадины *геосинклиналями.* Новообразовавшиеся породы, которые заполнили эти области опускания, должны были нагреться; как показывают исследования над распределеннем теплоты в земной коре, на каждые 33 м происходит повышение температуры на 1° Ц (см. стр. 125). Само собой разумеется, что такое нагревание пород должно было сопровождаться их расширением; так как их массы не могли передвигаться в стороны и в глубину, то должно было произойти движение вверх, сопровождавшееся образованием складок. Таким образом, на месте геосинклинали должна была образоваться выпуклость, так называемая *геантиклиналь.* Вследствие образования складок должны были произойти трещины; заполнившая последние вулканическая магма должна была повысить температуру осадочных пород и усилить процесс.

Такова в кратких словах главная мысль термической теории горообразования. Процессы, на которые она ссылается, без сомнения существуют в действительности, и появление складок в период, непосредственно последовавший за временем образования осадочных пород, служит важным ее подтверждением. Вопрос только в том, достаточно ли происходящего нагревания, чтобы могли образоваться такие огромные складки и перебросы, какне мы встречаем в природе. Возможность этого доказывали путем вычисления и опыта и указывали, что образование складок могло сосредоточиваться в местах наименьшего сопротивления; по во всяком случае все эти рассуждепия лишены сколько-нибудь прочных оснований. По термической гипотезе повышение температуры и увеличение объема нород происходит уже после отложения их, между тем как на самом деле этот нроцесс должен был совершаться постепенно, по мере образовапия пластов. В опровержение этого предполагали, что нагревание совершалось медленнее, чем осаждепие пород; для этого надо было бы допустить или что пласты отлагались чрезвычайно быстро, или же что нагревание нх происходило очень медленно; но ни первое, ни

второе предположение не имеет под собой никакой почвы; во всяком случае часть теплоты должна была бы пропадать, не выражаясь образованием складок, так как повышение температуры начинается, без сомнения, еще в то время, когда осадки не представляют сплошной массы и когда, следовательно, возможно движение их частиц в стороны. Наконец, когда процесс вступит в ту стадию, когда станет происходить действительное расширение, то последнее прежде всего отразится на более глубоких слоях и потом на более поверхностных. Таким образом, можно было бы проследить постепенное движение складок по направлению вверх. Между тем ничего подобного мы не находим в действительности: наоборот, складки захватили все пласты одновременно и равномерно. Но и другое из основных положений термической гипотезы не достаточно обосновано: с одной стороны, мы встречаем такие горы, в которых мощность пластов не достигает особенно большой величины, каковы, напр., Карпаты; с другой стороны — известны чрезвычайно мощные свиты пластов, располагающиеся горизонтально, без всяких следов складчатости; таковы, напр., угленосные пласты Гондваны в Ост-Индии, в 4000—7000 м мощностью. Такие исключения необъяснимы с точки зрения термической гипотезы.

Затруднения, которые встречала теория при объяснении складчатых цепей, пытались устранить следующим образом: предполагали, что процесс расширения, приведший к образованию гор, происходил в тех пластах, которые располагались на *наклонной* поверхности. Такое допущение справедливо по отношению к большинству прибрежных отложений; здесь-то, как полагали, и были приподняты осадочные пласты,—сильнее всего там, где мощность их наибольшая, т. е. вблизи берега. Вследствие этого первоначальный наклон увеличился, пласты стали скользить по направлению вниз и сгибаться в складки. Таким образом, складчатые горы должны были развиваться по направлению от материка к приморским низменностям. Нельзя, конечно, сомневаться, что рыхлые прибрежные отложения (глины и пески) могут образовать складки вследствие скольжения по наклонной плоскости, особенно во время сильных землетрясений, которые также принимались в расчет рассматриваемой гипотезой; невероятно только, и даже совсем невозможно образование клинообразных внедрений твердых горных пород, вроде тех, какие мы видели у северного края Финстерааргорна; необъяснимы с этой точки зрения и те огромные перебросы, о которых мы говорили выше.

Ввиду приведенных соображений трудно предположить, что складчатые горные цепи образовались вследствие расширения от теплоты. Но допустив, что последний процесс действовал долговременно и постепенно, мы можем предположить, что этим путем были приподняты системы слоев во всей их массе или образовались плоские антиклинальные, изогнутые сначала в верхних, а потом и в нижних слоях. В последнее время рассматриваемая гипотеза приобрела много сторонников; было, между прочим, указано, что и *понижение температуры* в тех или иных частях земной коры может способствовать образованию местных нарушений в литосфере.

Такое понижение температуры может иметь место, напр., в том случае, когда мощный ледяной покров одевает тот или иной участок земной поверхности, как это и случилось в диллювиальную эпоху вследствие чрезвычайного развития полярных льдов. В покрытой льдом области геоизотермы должны унасть,

горные породы сожмутся и земная кора осядет. Наоборот, исчезновение ледяного покрова приведет к повышению геоизотермы, следствием чего явится расширение, а затем и поднятие данной области. Если будут понижены или совсем смыты горные массы, то также произойдет падение геоизотерм; таким образом, процессы размывания материков должны сопровождаться оседанием земной поверхности.

К совершенно другому заключению приводят гипотезы, которые основываются на предположении известного *равновесия* в земной коре. Накопленне новообразующихся отложений ведет, как думают сторонники этой теории, к оседаниям земной коры, а разрушение и удаление существующих масс к поднятию. Таким образом, расширение от теплоты противодействует оседанию, которое должно было бы произойти вследствие накопления осадков, и наоборот. Самой собой разумеется, что оба эти процесса не исключают друг друга и конечный результат зависит оттого, который из этих двух деятелей возьмет перевес. Что касается ледниковых покровов, то по теории равновесия появление их ведет к тем же последствиям, которые предусматриваются термической гипотезой: оседания вследствие понижения температуры под ледяным покровом усиливаются, благодаря накоплению масс льда; точно так же прн отступании ледников должно происходить ноднятие.

В самое последнее время теория равновесия была представлена Дуттоном в совершенно новом освещении. Исходной точкой его служили наблюденя над так называемой компенсацией масс в земной коре. В одной из предыдущих глав (стр. 117 и 135) мы видели, что притяжение материков уничтожается уменьшением плотности нижележащих масс; наоборот, на дне моря должно происходить уплотнение земной коры. Вследствие такого распределения масс в земной коре, устанавливается известное равновесне, которое Дуттон называет *изостазией*. Всюду, где отлагаются новые осадки илн разрушаются прежде существовавшие горы, изостатическое равновесие нарушается. Вследствие малой упругости земной коры новое равновесие установится не сразу: чтобы преодолеть сопротивление твердых масс, изостатические силы должны достигнуть известого напряжения. Поясним это примером. Представим себе длинный и узкий прибрежный пояс, где в течение долгих геологических периодов накопляются осадки; мощность последних будет служить мерой силы, отягощающей земную кору. Степень же смывания на соседнем материке определяет величину другой противоположиой силы. Обе эти силы постепенно растут и с течением времени должны увеличиться настолько, что будут в состоянии преодолеть сопротивление земной коры; в этот только момент и может устаповиться новое изостатическое равповесие. Направление возникающего движепия зависит, конечно, от распределення сопротивления: процесс направится в ту сторону, где оно всего меньше. Так как на ближайшем материке вследствие разрушения его твердых масс развивается изостатическое движение вверх, то наименьшее сопротивление будет по направлению к суше; вследствие этого произойдет горизонтальное движение отягощенного осадками морского дна по направлению к материку. Такое движение, по мненню Дуттона, обладает достаточной силой для того, чтобы образовать длинные и мощные складки, которые выступают в виде параллельных хребтов на краях материков.

Между изостатической и термической гипотезами существует близкая связь. Каждая из них предполагает возможным образование складок только в чрезвычайпо мощных пластах; обе гипотезы оправдываются тем, что и в природе

складки возникают непосредственно после отложения пластов. По мнению Дуттона, около существующих цепей должны группироваться новые горы по параллельным направлениям; так как такое именно расположение мы и наблюдаем в новейших складчатых горах, то изостатическая гипотеза получает как бы новое подтверждение. С другой стороны, те явления, которые не согласовались с теорией сокращения удовлетворительно объяснены остроумной теорией Дуттона; но при ближайшем расследовании и эта теория не может быть окончательно принята: против нее можно сделать те же возражения, которые мы приводили выше, говоря о гипотезе Дана: известны мощные свиты пластов, не сопровождающиеся складками, с другой стороны, слои, захваченные складками, не всегда обладают большой мощностью. Далее нам уже известно, что в верхнемеловую эпоху и третичный период происходили повторные образования складок. Мощность пластов, отложившихся в промежуток времени между этими двумя эпохами образования складчатых гор, значительно уступает мощности пластов, образовавшихся с начала нермского периода до начала верхнемеловой эпохи. Если менее мощные пласты верхнемеловых и третичных отложений привели к нарушению изостатического равновесия и образованию складок, то непонятно, почему в мезозойскую эру только более мощные отложения могли произвести тот же эффект; остается один выход: необходимо предположить, что образование складок в древнейших слоях этой мощной свиты начались уже в то время, когда происходило еще отложение более поздних пластов. Однако как уже и упоминалось выше, не наблюдается никакого различия в складках древнейших и новейших пород. Гипотеза Дуттона прекрасно объясняет явления, которые мы наблюдаем в мощных складчатых горах Западной Америки; она может быть также распространена на альпийские пояса флиша и молассов: наоборот, слабая сторона ее тотчас же обнаруживается, как только мы попробуем объяснить этим способом происхождение складок в мезозойских породах Альп. В верхнеюрскую эпоху вся область Альп была покрыта морем и в другие периоды мезозойской эры центральные цепи этой системы выступали из воды в виде незначительных островов. Большого материка с такими горами, разрушение которых могло бы повести за собой образование складок, не существовало вовсе. Это, однако, не помешало появлению мезозойских складчатых гор.

Наконец, процессы горообразования пытались объяснить притягательной силой небесных тел. Последние возбуждают приливные волны, которые ежедневно обегают землю и противодействуют ее вращению. В настоящее время эти процессы проявляются в слабой степени, но их сила может чрезвычайно возрасти, если вследствие каких-либо причин изменится эксцентрицитет орбиты и усилится притягательная сила солнца. Вращательное движение земли вследствие этого замедлится, и центробежная сила уменьшится. Дальнейшим следствием этих изменений будет не только перемещение океанических вод от экватора к полюсам, но также и известное движение твердой земной коры в том же направлении. Последнему и должно быть приписано образование складок, трещин и других тектонических нарушений. Мы не можем входить здесь в подробное изложение этой гипотезы и заметим только, что оправдать ее можно было бы лишь в том случае, если бы во всех областях, где происходили складки, было бы заметно движение последних от экватора к полюсу. Горы, идущие в меридиональном направлении, как

это мы видим, напр., на Американском материке, самым решительным образом говорят против этой гипотезы.

Если мы оглянемся назад и припомним, что было сказано о различных теориях горообразования, то увидим следующее: эти чрезвычайно трудные и во многих отношениях загадочные вопросы освещены с новых сторон; гипотезы последнего времени с успехом объясняют те факты, в применении к которым теорию сокращения должно признать неудовлетворительной. Эти гипотезы, особенно термическая и статическая, без сомнения имеют за собой известную заслугу: они показывают, как сложны взаимные отношения динамических процессов в земной коре, которые то противодействуют друг другу, то усиливают один другого; они объясняют также, в силу каких причин могут вообще происходить поднятия и опускания континентальных масс. С полным основанием следует допустить, что при образовании складчатых гор наряду с сокращением земной коры действовали и другие процессы и что картина гораздо сложнее, чем это думали прежде. Однако только теория сокращения дает более или менее полное объяснение процессов горообразования и охватывает всю совокупность сопровождающих их явлений; не только появление гор, но также явления вулканические и сейсмические она сводит к одной общей и основной причине — к постепенному охлаждению и сокращению земли. Это и сообщает ей наибольшую степень вероятности.

## Продолжительность горообразования

Во все прежние геологические периоды происходили изменения в расположении масс земли. Сам собой является вопрос, действуют ли теперь силы, выдвинувшие некогда современные нам горы? Мы не имеем ни одного исторического известия о подобных явлениях, ни одна горная цепь не появилась в послетретичное время; но было бы слишком поспешно делать отсюда заключение, что массовые движения временно или окончательно прекратились. Мы можем с полным основанием утверждать, что отдельные котловины, как, напр., впадина южной части Эгейского моря, образовались уже по окончании третичного периода, именно в дилювиальную эпоху. Что же касается складчатых гор и других нарушений напластования, то можно думать, что эти процессы продолжаются и в настоящую минуту; эти движения совершаются чрезвычайно медленно, и последствия их не могут обнаружиться в течение короткого времени; может быть, их удалось бы подметить, предприняв самые широкие нивеллировки в различных местностях и продолжая их, по крайней мере, лет 100. Но в настоящее время в нашем распоряжении имеются только одиночные факты. Так, напр., тригонометрические измерения, производившиеся в течение более чем 30 лет, показывают, что гора Легерн приблизилась к горам Риги и Напфу на один метр. Однако по самым последним данным, различие цифр следует объяснить неточностью прежних измерений. Точно также нельзя вполне утверждать, что в после дилювиальных отложениях не происходило нарушений. Последние наблюдаются нередко в этих рыхлых наносах, но обыкновенно приписываются местным оползням, однако нет никаких оснований распространять это объяснение на все случаи, и очень многие из таких нарушений можно приписать горообразую-

щим силам. Последнее предположение весьма вероятно в применении к большим ступенчатым сбросам в осадках дилювиального озера Бонневилль в Великой Котловине Северной Америки: это — нарушения, наблюдающиеся как раз в том месте, где проходит мощный продольный сброс, отделяющий горы Уасач от Великой Котловины. Точно также известны сбросы в дилювиальных образованиях острова Рюгена (Рана), где они захватывают даже нижележащие меловые пласты.

Существование горизонтального напряжения, которое постепенно приводит к тектоническим движениям, доказывается местными явлениями в камеломнях. В Америке наблюдали, что большие плиты горных пород, вынутые из системы пластов, несколько расширяются: они становятся длиннее той пустоты, которая остается на месте их первоначального залегания. Такие же наблюдения были сделаны в гранитных ломках Маутгаузена в Верхней Австрии. В одной из каменоломен окрестностей Чикаго, заложенных в пластах силурийских пород, был обнажен глубоко залегающий слой: тотчас после обнажения он согнулся в чрезвычайно плоскую складку, которая тянулась на протяжении 800 фут. и обладала высотой в 6 дюймов; на месте перегиба она дала трещину. К этой же группе явлений следует отнести замечательную седлообразную выпуклость каменистой почвы в Висконсине, упоминаемую Картером.

К этим фактам следует приобщить еще ряд чрезвычайно важных наблюдений. Выше уже указывалось, что вулканы и землетрясения стоят в известной связи с направлением горных хребтов. Если мы остановимся подробнее на этом предмете, то найдем следы, несомненно, продолжающихся изменений. Уже беглое знакомство с географическим распределением наиболее сильных землетрясений и наиболее значительных вулканов указывает на существование внутренней связи между этими явлениями и процессами горообразования; как было упомянуто выше, они сосредоточиваются главным образом на окраинах областей опускания и у склонов гор. Эти факты указывают на правильный путь. Не может быть сомнения, что трещины возникают под влиянием грандиозных сил, нарушающих целость горных пород, и что оседания и горизонтальные движения масс по линиям сбросов, а также образование складок должны сопровождаться сотрясениями почвы. Если даже эти процессы совершаются чрезвычайно медленно, они не могут протекать постепенно и равномерно без сопровождения землетрясений. В течение известного времени может наблюдаться полное спокойствие: напряжение должно накопиться, чтобы преодолеть то трение, которое препятствует дальнейшему движению. Таким образом, движения масс происходят как бы скачками; проявлением их, непосредственно нами ощущаемым, являются землетрясения; весьма возможно, что на земле происходили гораздо более сильные сотрясения почвы, чем те, о которых сообщает нам история за короткий период ее существования.

Мы, конечно, говорим не о тех землетрясениях, которые происходят вследствие вулканических взрывов и вследствие выщелачивания залегающих в глубине пород, а о той группе сейсмических явлений, которые мы выше назвали тектоническими. Ближайшее исследование вопроса должно показать нам, что эти землетрясения служат отдельными проявлениями продолжающихся еще теперь горообразующих процессов. Во многих случаях удалось свести землетрясения к известным линиям сбросов,— даже более,— такие трещины, как было описано выше, появляются на глазах людей.

То же самое следует сказать и о вулканах. Мы видели, что их деятельность объясняется чрезвычайно высоким давлением, которое, быть может, производится оседающими массивами и во всяком случае стоит в связи с постепенным охлаждением земного ядра и с движениями, происходящими вследствие этого в земной коре. Таким образом, возпикновение огнедышащих гор и извержения их указывают на действие горообразующих сил и в настоящее время.

## Связь землетрясений со строением гор

Благодаря землетрясениям и вулканам, мы приобретаем возможность непосредственно ощущать проявления горообразующих процессов. Отсюда можно думать, что ближайшее исследование связи между этими явлениями позволит нам несколько уяснить сущность горообразования. Постараемся здесь на нескольких частных примерах познакомиться с теми соотношениями, которые существуют между горообразующими процессами сейсмическими и вулканическими явлениями и которые были впервые выяснены во всей их полноте Зюссом.

В Нижней Австрии часто случаются землетрясения; обыкновеиио они выражаются слабо и только в отдельных случаях, как, напр., в 1590 г. носили угрожающий характер. Если мы станем сравнивать области этих землетрясений, то найдем, что все они вытянуты с юга на север, по направлению, приблизительпо перпендикулярному к простиранию Альп: землетрясения всего чаще распространяются здесь по определенным линиям, которые стоят в тесной связи со строением гор. Как мы видели выше, около города Вены непрерывность альпийской системы нарушается большим котлообразным сбросом, западная граница которого отчетливо обнаруживается в окраиие Венского бассейна, от Вены до Глоггница. Вдоль этой линии располагаются горячие ключи у Мейдлинга, Бадена, Феслау и др.; по этой же линии, известной под названием липии горячих ключей или термальной линии (Thermenlinie) распространялись довольно многие землетрясения.

Еще чаще распространяются землетрясения по другой линии. Зюсс назвал ее *Кампской линией* (Kamplinie,—по долине р. Кампы). Линия эта начипается у края Венской котловины, недалеко от Венского Нейштадта, и направляется отсюда к северо-северо-западу, в горы. Она пересекает известняковые Альпы, пояс флиша и приальпийскую равнину. Сейсмические удары, исходящие из этой линии, распространяются в том же паправлении и в Чешском массиве, где они первоначально следуют течению реки Кампы. Волны этих землетрясений чувствуются иа значительном расстоянии к северу, иногда даже достигают Дрездена. Наиболее сильные удары происходят в том месте, где Кампская линия выходит из Альп, т. е. у северного края пояса альпийских песчаников, недалеко от Альтленгбаха, или же на юге, где эта линия подходит к Венской котловине и соприкасается с линией горячих ключей, т. е. вблизи Венского Нейштадта.

На карте 261 отмечены главные сейсмические явления в Нижней Австрии, а также границы Альп, равнины и Чешского массива; здесь нанесена и область сильнейших сотрясений во время землетрясения 3 января 1873 г., наиболее характерного для Кампской линии. Цеитр, где произошли повреждения зданий, располагается в этом случае, как и во многих других, в том месте, где Кампская линия вы-

ходит у Альтленгбаха из Альп в равнину; отсюда землетрясение распространялось по прямой линии в области Чешского массива, на северо-северо-запад и почти достигало на юго-юго-востоке края Венской котловины. Наряду с этим главным направлением следует отметить другое, перпендикулярное предыдущему: благодаря этому область землетрясения обладает формой креста. Там, где линия ударов выходит из Альп в равнину, область сотрясений расширяется: по-видимому, рыхлые породы равнины представляли сейсмической волне менее сопротивление, чем твердые породы гор или Чешского массива.

Мы не можем здесь распространяться подробнее о землетрясениях вдоль кампской линии: достаточно одного примера, чтобы обрисовать их линейное распространение. Для нас особенно важно решить вопрос, в какой связи стоят эти явления с строением гор. Благодаря исследованиям *Битнера* в Нижней Австрии, доказано, что кампская линия, почти перпендикулярная к простиранию гор, принадлежит к числу так называемых *поперечных* сбросовых линий; с другой стороны, был отмечен ряд дислокаций, которые, простираясь параллельно кампской линии, имеют в этой местности чрезвычайно большое значене и во многих местах достигают линии горячих ключей. *Битнер* указывает, что более значительные горячие ключи располагаются как раз на тех местах, где термальную линию пересекают проходящие в северо-западном направлении поперечные трещины. Поэтому и сейсмические удары на венской линии горячих ключей должны стоять в связи с этими поперечными линиями. К западу от кампской линии землетрясения в Нижней Австрии распространяются также от Шейббса в направлении поперечном относительно простирания гор; удары, исходящие отсюда, чувствуются на далеком расстоянии в Чешском массиве.

Кроме Северо-Восточных Альп, подобные землетрясения наблюдаются и в других местах. Во время землетрясения в Силлейне (Жилине) 15 января 1858 г. в верхней части долины Вага в Карпатах наблюдались почти те же явления, с которыми мы познакомились, говоря о кампской линии. Это землетрясение также распространялось по поперечным трещинам и достигало на севере даже Бреславля. Землетрясение в Беллуно 1873 г. в Южных Альпах распространялось тоже по линиям поперечных сбросов. Наконец, страшные землетрясения в Фокиде, опустошившие эту местность в 1870 г., по всей вероятности, стоят в связи с большой поперечной трещиной, которая может быть прослежена от северного края Этолийских озер до Дельфийской котловины, у впадиины Коринеского залива дислокация кончается: здесь-то и произошли в 1870 г. наиболее сильные сотрясения. Типичным примером *поперечного*, или *сдвигового*, *землетрясения* (Querbeben, Blattbeben) может служить землетрясение в Андалузии. Французские исследователи показали, что Батские Кордильеры разбиваются тремя поперечными трещинами на несколько самостоятельных частей, каковы: Cierpa-де-Родна, Cierpa-Техада, Cierpa-Невада и Cierpa-де-Баца. Если эти дислокационные линии продолжить по обе стороны цепи, то линия Гуадикса встретит вулканический массив Кабо-де-Гата, линия Малаги — вулканический остров Альборан, линия же Мотриля пересечет эпицентр землетрясения 25 декабря 1884 г. К числу поперечных (сдвиговых) землетрясений следует отнести и землетрясение в Японии 1891 г. (см. рис. 228), распространявшееся по трещине Нео, которая должна быть названа поперечной, хотя направляется под острым углом к простиранию гор.

Несколько реже наблюдаются, (что, может быть, зависит и от трудности исследования), так называемые *продольные* землетрясения (Longitudinalbeben, по Зюссу — Wechselbeben). Сюда относятся: Бельгийское землетрясение 23 февраля 1828 года, которое охватывало чрезвычайно большую площадь, но не обладало особенно большой силой. Оно распространялось согласно простиранию каменноугольных образований и совпадало с большой южной трещиной (Faille du Midi). Грозное землетрясение в Верном распространялось по продольной трещине между гранитами и кристаллическими сланцами Заилийского Алатау; впрочем, нельзя совершенно отрицать, что в течение двухлетнего периода этого землетрясения не происходило колебаний и вдоль поперечных трещин. Наиболее ярким примером продольного землетрясения может служить землетрясение в Калифорнии 1872 г.; оно распространялось до среднего до западного обрыва Сierры, т. е. проникало в глубь Южной Калифорнии, и на протяжении всей этой длинной площади, достигающей приблизительно 450 километров, чувствовалось почти одновременно. Большой сброс можно было проследить на протяжении 60 км; местами его восточное крыло опустилось на 2—6 м. К этой же группе относится землетрясение, распространявшееся по линии р. Мюрца (см. карта 261), а также землетрясение в Швейцарии у южного подножья Юры, а также в области Верхнего Рейна и Верхней Роны, некоторые из землетрясений, происходивших у подножия Южно-Американских Анд и, наконец, некоторые из японских землетрясений.

Все до сих пор рассмотренные тектонические землетрясения происходят вследствие *горизонтальных* напряжений земной коры (вследствие образования сдвигов). Совсем иную картину представляют землетрясения, стоящие в связи с перемещениями в *вертикальном направлении*, т. е. со сбросами. Как мы знаем, на краях областей опускания и даже посередине их располагаются нередко вулканы. «Здесь выступает вопрос, где лежит граница между тектоническими и вулканическими землетрясениями. Теоретически он решается просто, так как вулканическими землетрясениями можно назвать только те, которые сопровождаются извержениями. Но в природе их не так легко отграничить: процесс извержения распадается на целый ряд отдельных фаз, и землетрясения часто распространяются по длинным линиям: их легко принять за тектонические, между тем это только одна из стадий извержений» (*Зюсс*).

С другой стороны, настоящие тектонические землетрясения часто можно принять за вулканические. Вулканическая и сейсмическая деятельность далеко не везде различаются так резко, как в Японии, где трещины на внутренней стороне островов почти исключительно сопровождаются вулканами, а землетрясения сосредоточиваются главным образом на складчатой наружной стороне. Мы познакомимся с явлениями, происходящими в областях опускания, например, в Южной Италии, которая была исследована Зюссом. Между западным краем Калабрии и северным берегом Сицилии находится обширная полукруглая область опускания, заполненная морем; целый ряд мелких котловин внедряется в материке. Ее ограничивают преимущественно древние гнейсы и граниты; это остатки гор, часть которых опустилась в море. В северо-восточном углу Сицилии лежат древние массы Пелоританских гор; они продолжаются по другую сторону Мессинского пролива: в Калабрии мы находим древние горы Скилла (Шилла), Аспромонте с Ватиканским мысом, далее к северу идут Монте-Кокуццо и Сила (см. карта 262).

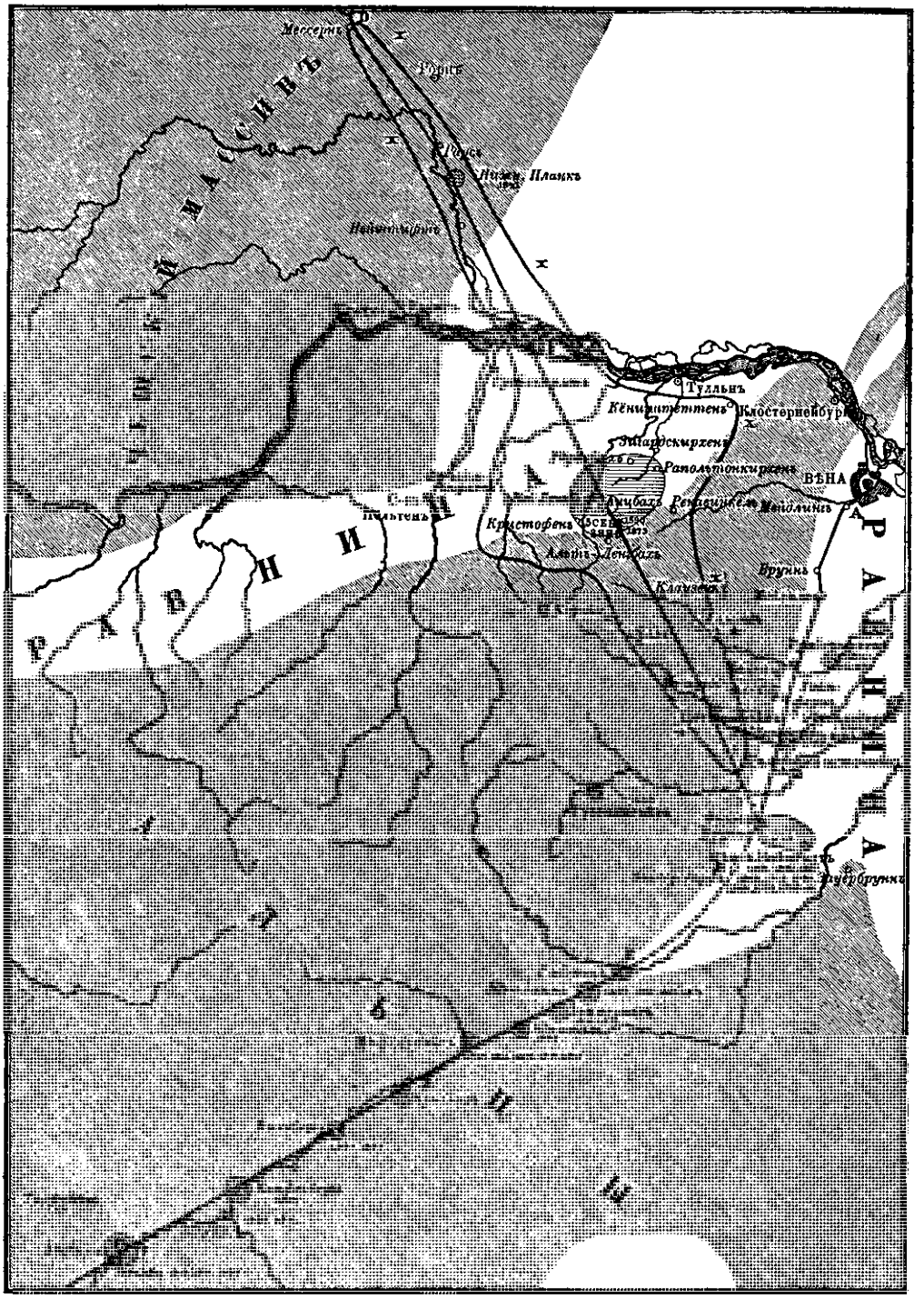



Рис. 261. **Землетрясения в Нижней Австрии: AB) линия горячих ключей или термальная линия, CD) кампская линия, или линия р. Камп, EF) линия р. Мюрца, xxx) границы главной области сотрясения 3 января 1873 г.**

По-видимому, Монте-Кокуццо представляет сброшенную часть Силы, а Ватиканский мыс — опустившееся крыло Аспромонте. В центре полукруга выступают из моря Липарские острова, вулканы которых, как мы видели выше, располагаются на трех лучеобразных трещинах (стр. 196).

Познакомимся с сейсмическими явлениями в этой местности. Сюда относится большое Калабрийское землетрясение 1783 г., длившееся несколько месяцев; оно замечательно тем, что исходная точка и места наибольшей силы отдельных ударов

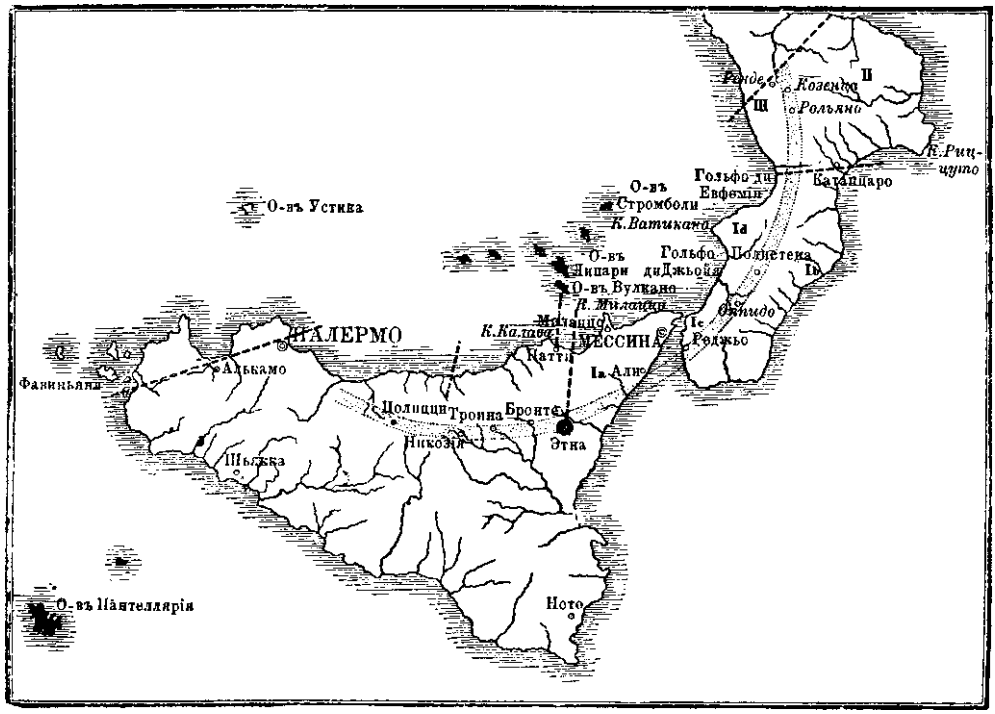



Рис. 262. **Землетрясения в южной Италии** (по Зюссу) **Ia) Пелоританские горы, Ib и c) Аспромонте и Скилла, II) Сила, III) Монте-Кокуццо**

в каждом случае перемещались; все они лежали, однако, на линии, которая соответствует обрыву Аспромонте. Эта линия составляет только часть большой дуги, вдоль которой часто распространяются землетрясения. Она начинается на севере впадиной между Силой и Монте-Кокуццо, идет вдоль крутых склонов Аспромонте и, миновав Мессинский пролив, продолжается в Сицилии; она там достигает Пелоританских гор и идет к Этне. Дальнейшим продолжением этой линии служат, вероятно, местечки Бронте и Никозия, где землетрясения очень часты; отсюда, как можно думать, трещина направляется к Мадонийским горам, к востоку от Палермо. Таким образом, места, где наиболее часто случаются землетрясения, располагаются на дуге, центром которой служат Липарские острова. По этой линии распространяются удары, которые, по их положению относительно области опускания, можно назвать периферическими. По всей вероятности, много тысяч лет назад с внутренней стороны этой линии располагались горы, которые осели затем в море. Наряду с указанными особенностями можно отметить еще несколько других. От центра Линар-

ских островов расходятся три трещины, на которых располагаются ряды вулканов; одна из них направляется на запад в открытое море и потому не может быть прослежена до конца, на другой лежат острова Липари, Вулкано и Вулканелло; там, где продолжение этой трещины пересекает периферическую дугу, располагается Этна. На этой линии нередко происходят землетрясения, распространяющиеся от Липарских островов. Третья вулканическая трещина, на которой лежит Стромболи, направлена на восток; она продолжается на полуострове Калабрии и образует здесь линию *радиальных* землетрясений, распространяющихся на северо-восток. Последние достигают наибольшей силы в низменности между Силой и Монте-Кокуццо в области Козенцы и часто сопровождаются повышением деятельности Липарских вулканов. Кроме указанных трещин, можно отметить еще несколько подобных радиально расположенных линий.

Результаты своих исследований Зюсс выражает следующими словами: «Большое Калабрийское землетрясение 1783 г., удары которого происходили в разных местах периферической линии, должно отнести к группе тектонических землетрясений; его следует назвать *периферическим* в отличие от так называемых радиальных землетрясений той же области. В том месте, где радиальные трещины пересекаются, т. е. в центре Липарских островов, происходят так называемые *центральные* землетрясения. Может случиться, что землетрясения появятся в разных местах области опускания, но они будут распространяться неодинаково. При всех таких тектонических землетрясениях деятельность вулканов играет второстепенную роль».

На берегах Средиземного моря в последнее время происходил ряд землетрясений, которые должны быть отнесены к группе тектонических и которые стоят в связи с опусканием целых областей. Мы говорим о землетрясении в Лигурии 1887 г., о землетрясении в Мессении 1886 г. и землетрясении в Закинфе 1893 г. От западной части Крита тянется к северо-западу мимо южной оконечности Мессении чрезвычайно глубокий и крутой подводный обрыв. Он простирается вдоль наружной стороны Ионических островов и может быть прослежен в северо-северо-западном направлении до Корфу. Австрийская экспедиция для исследования восточной части Средиземного моря дала этой впадине (4400 м в глубину) название впадины Пола; она отделяет Грецию от глубоких частей Ионического моря; вследствие оседания по этой огромной трещине и произошли землетрясения в Мессении и Закинфе*.

---

* Русские землетрясения также приурочиваются к наиболее значительным центрам дислокации. Так, напр., пояс сильнейших сотрясений в окрестностях г. Шемахи не только во время землетрясения 31 мая 1859 года, исследованного Абихом, но и во время почти всех других прежних и новейших землетрясений совпадал с большими линиями сбросов, простирающимися вдоль Кавказского хребта от вершины Бабадага до Каспия. Араратские землетрясения, в том числе и описанное выше землетрясение 20 июня 1840 г., приурочиваются к линиям дислокации, совпадающим с долиной р. Аракса; на трещинах расположен и сам Арарат. Связь вулканов с тектоническими нарушениями видна и в других местах Кавказа: так, в сейсмической области Эрзерума, где землетрясение 21 мая 1859 г. было, кажется, поперечным (ось его распространения направляется поперек простирания гор), лежит потухший вулкан Палеитекен. Что касается Байкальских землетрясений, то ввиду недостатка исследований и почти полной неизвестности самих дислокаций, нельзя высказать определенное суждение, но тем не менее связь их с процессами горообразования может предугадываться с довольно большим вероятием. Они распространяются, по-видимому, вдоль тех

Тектонические землетрясения, как мы только что видели, отличаются большим разнообразием. Изучение особенностей, которыми характеризуется то или другое землетрясение в связи со строением местности, может отчасти уяснить эти явления. Но и в настоящее время несомненно, что вулканы и землетрясения являются слабым проявлением тех дислокациоиных процессов,— образования сбросов и складок,— которые продолжаются еще и в настоящее время.

## Географические гомологии

Исследование горообразующих процессов позволяет нам объяснить только происхождение отдельных частей материков и их рельеф. Но рельеф всей нашей планеты создается в главных чертах чередованием материков и больших морских водоемов; образование тех и других принадлежит к самым трудным вопросам во всей геологии. Нельзя не указать, что и в этой области нет недостатка в смелых гипотезах, но они представляют только самую первую попытку объяснения, и явления, о которых мы будем сейчас говорить, остаются загадочными до сих пор.

Распределение материков и морей известно: в северном полушарии сосредоточиваются главные массы суши, в южном — преобладает вода. Наибольшая глубина океана выражается цифрами, которые немногим уступают высоте величайших гор земли. К востоку от Японии лот достиг дна на глубине 8400 м; между тем высочайшая из всех измеренных до сих пор гор Гауризанкар в Гималаях поднимается на 8840 м. Таким образом, расстояние между самыми высокими вершинами земли и дном глубочайших впадин достигает 17240 м. Но если глубина океана и высота гор выражаются в пределе приблизительно одинаковыми цифрами, то это еще не значит, что континентальные массы вообще настолько же подиимаются над уровнем моря, насколько опускается под ним дно океана. Если от крайних цифр мы перейдем к средним величинам, то увидим, что между дном океана и новерхностью суши существует значительное различие. На материках мы находим только немного одиноких вершин, которые поднимаются на значительную высоту. Наоборот, дно моря, если только ие считать крутых обрывов вблизи берегов его, всюду представляет как бы равнину; и если мы в действительности наблюдаем значительные различия в глубинах, то нереход совершается постепенно. Отсюда не удивительно, что в среднем материки поднимаются над уровнем моря. только на 440 м, а средияя глубина океана достигает 3440 м.

Несколько раз делались попытки найти в *рельефе и очертаниях материков общие черты*,— установить так называемые *географические гомологии.*

---

больших ступенчатых сбросов (700—1400 ф.), которые ограничивают Западно-Сибирскую низменность и которые были прослежены г. Черским. Любопытно, что по этим же линиям, определенным еще далеко неполно, изливались и вулканические породы. Наконец, Туркестанские землетрясения,— Беловодское 22 июля 1885 г. и подробно исследованное Верненское землетрясение 28 мая 1887 г., стоят в связи с дислокацией Тянь-Шаня. Как уже упоминалось, их эпицентр совпадал с большими продольными сбросами на северном склоне Александровского хребта и Заилийского Алатау. — *Примеч. пер.*

Если бы удалось разрешить эту задачу и доказать, что сходство материков вызывается общими причинами, то можно было бы надеяться, что полученные выводы позволят судить и о происхождении материков. Однако все попытки сравнений стоят на слишком непрочной почве, и строить на них дальнейшие выводы нет возможности.

Сходство материков прежде всего выражается тем, что *на двух противоположных сторонах их располагаются складчатые горы*, причем высочайшая сопровождает берег более значительного океана; в середине между цепями лежат впадины; наиболее низкие цепи часто отделяются от берега новейшими наносами. Так, напр., в Южной Америке, на западе у берега Тихого океана располагаются Анды, на востоке Бразильская горная страна и дальше Бразильская низменность; в Северной Америке на западе мы находим хребет Сіерра-Невада, а на востоке — Аллеганские горы, которые отделяются от океана узкой низменностью. В Азии — на юге располагаются огромные уступы Гималаев и Куэнь-Луня, на севере Алтайские горы, и далее за ними вплоть до берегов Ледовитого океана простирается Сибирская равнина. Но стоит только ближе присмотреться к рельефу материков, чтобы видеть, что вышеприведенное положение оправдывается далеко не во всех случаях. Если мы разделим Южную Америку не так, как это обыкновенно делается, т.е. если мы проведем линию не от Андов Боливии на восток, а под экватором или южнее Аргентины, то горная цепь останется только на западе, на востоке же, вплоть до самого моря, будет простираться непрерывная равнина. В Северной Америке положение Скалистых гор, лежащих вдали от берега, также не соответствует этому гадательному закону. Далее, если мы в Азии проведем линию не через меридиан устья Ганга, а через Индостан или через меридиан Мерва, то по обеим сторонам этой линии получится далеко не сходная картина. В Европе мы находим целый ряд несогласий с этим мнимым правилом, что же касается Африки и Австралии, то всякие попытки отыскать здесь даже отдаленное сходство со схемой совершенно произвольны. При таких условиях нельзя, конечно, говорить об общем законе. Несомненно, что горные цепи располагаются часто на берегу моря; но это является только простым следствием той близкой связи, которая существует между образованием гор и областей опускания.

Кроме этого, видели сходство материков в том, что *большинство их обладает заостренной формой и суженным концом направляется на юг*; действительно, стоит бросить беглый взгляд на глобус или на карту, чтобы убедиться, что Северная и Южная Америка, Гренлаидия, Африка, Индостан, Австралия с Тасманией, действительно, обладают этой формой.

Но и этому поразительному на первый взгляд сходству нельзя придавать серьезного значения. Очертания материков меняются с течением геологических эпох, а потому нельзя руководиться теми формами, которые мы наблюдаем в настоящее время. Весьма вероятно, что вначале третичного периода, по крайней мере, Африка и Индостан обладали иными очертаниями. Но самое главное возражение заключается в следующем: геологические деятели, под влиянием которых произошло клинообразное заострение материков к югу, были в отдельных случаях не одинаковы.

Попытка объяснить это явление скоплением вод в южном полушарии безусловно неудовлетворительна, так как и подводные части материков обладают той

же формой. Причину явления следует искать в тех силах, которые сообщают суше известный облик, т.е. в тектонических процессах. Если мы обратимся к уяснению той зависимости, которая существует между направлением береговой линии и геологическим строением, то найдем два типа берегов, которые, как указал это Зюсс, отличаются не только происхождением, но и распространением. Весь западный берег Америки от мыса Горна до Аляски с небольшим перерывом в области Панамского перешейка определяется простиранием огромных гор-

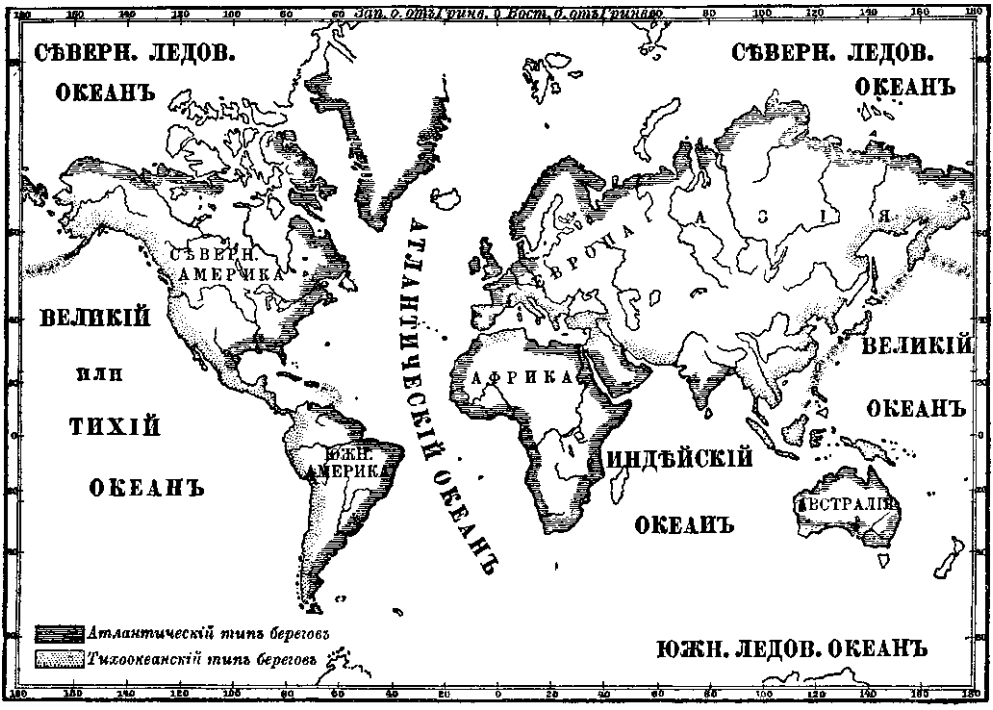



Рис. 263. **Карта распространения тихоокеанских и атлантических берегов**

ных цепей, которые обрамляют всюду западный край Тихого океана. В северо-западном углу происходит изменение. Аляска и ряд Алеутских островов являются самым северным из тех вулканических рядов, которые, распологаясь на наружном краю котловин, представляют горные цепи с вулканами и которые ограничивают Тихий океан на севере и вдоль азиатского берега. Таким образом, восточные, северные и западные края Великого океана стоят в тесной связи с направлением больших тектонических линий. Этот тип берегов Зюсс назвал *тихоокеанским*. Он не ограничивается только указанной областью, но распространяется и далее: юго-западная граница Малайского архипелага и западный берег Индо-Китая, вплоть до устьев Брамапутры и Ганга, принадлежат к тихоокеанскому тину. По другую сторону этой огромной дельты, т.е. в Индостане, характер берега меняется, но в Персидском заливе и в большой части Средиземного моря направление береговой линии определяется опять простиранием горных цепей. Берега Сирии, Малой Азии, Балканского полуострова и Италии, отчасти Испании и Северной Африки, принадлежат к тихоокеанскому типу.

Совершенную противоположность представляет Атлантический океан: только небольшая часть берега Испании у Гибралтара и Кордильеры Антильских островов принадлежат к тихоокеанскому типу. Но на всем остальном протяжении рассматриваемого океана не замечается никакого сходства между направлением берега и горных хребтов. Весь западный берег Африки, Испании, Франции, Англии, Скандинавского полуострова, Гренландии, весь восточный берег Америки, за исключением Антильских островов, не обнаруживают указанной выше связи с тектоническими линиями; наоборот, последние пересекаются береговой линией. Этот тин берегов носит название *атлантического*. Кроме указанной выше области, сюда относятся: восточный берег Африки, южный берег Аравии, берега Индостана, Австралии, а также, вероятно, северные берега Азии и Северной Америки (см. карта рис. 263)*.

Несмотря на указанное различие, берега того и другого тина образуют клинообразные заострения, обращенные на юг. Ясно, что нроисхождение последних не может быть сведено к одной общей нричине.

## Перемещение береговой линии

Различие между тихоокеанским и атлантическим типами берегов имеет гораздо большее значение, чем можно думать на основании сказанного до сих пор. Всюду, где господствует нервый из этих тинов, границы между морем и сушей онределены недавно происходившими тектоническими движениями земной коры. Хотя последнее сохраняет свою справедливость и по отношению к некоторым местностям с атлантическим типом берегов, но там направление береговой линии онределяется всюду нонеречными дислокациями. Во всяком случае несомненно, что границы материков сильно изменялись, благодаря самым недавним нроявлением горообразующих сил. Таким образом, мы подходим к вонросу, который был нредметом разнообразных обсуждений и должны будем решить, нодлежит ли распределение суши значительным изменениям или же в главных чертах оно остается постоянным.

Многие геологи думали, что материки не изменялись с самых древних времен, т. е. с тех нор, как существует море. В этом взгляде есть известная ноложительная сторона: сам факт его существования ноказывает, что те гинотезы, которые донускали постоянное колебание суши и моря, недостаточно обоснованы. Геологи высказывали немало разнообразных гинотез, которые дону-

---

* Различие *тихоокеанского* и *атлантического* типа берегов было наглядно представлено русскнм геологом *А. Карпинским* на его схематической карте развернутого земного шара. Если расправить глобус таким образом, чтобы в центре полученной плоскостной карты располагался Северный полюс, то все материки расположатся в виде пояса, который разделит водную оболочку земли на два океана,—западный (Тихий, или Великий) и восточный (Атлантический). Все складчатые кряжи земли представятся, таким образом, в виде одного общего ствола, который тянется через все континенты вдоль берега Великого океана и с правой (восточной) стороны дает ряд разветвлений; одни из этих ветвей непосредственно присоединяются к главному хребту, другие оторваны от него. Таким образом, в общем распределении горных хребтов, как думает Карпинский, существует строгая правильность. Подробности см. в статье А. Карпинского «О правильности в очертании, распределении и строении континентов» Горн. Журн. 1888, т. I.—*Примеч. пер.*

скали появление и исчезание материков в таких широких размерах, в каких это вовсе не могло происходить. Иногда в ряду последовательных пластов отсутствует тот или другой горизонт, находимый в других местах; причину такой неполноты напластования искали в движениях морского дна, которое поднималось и делалось сушей. Чтобы объяснить присутствие одного и того же рода жуков на двух чрезвычайно удаленных островах, не стеснялись допускать перемещение моря на протяжении целых тысяч квадратных миль. Оправдает ли строго научное исследование факт вековых поднятий, или нет,— во всяком случае, мы можем высказаться только против таких смелых допущений.

Конечно, граница между океаном и сушей не могла оставаться неизменной: в этом нас, несомненно, убеждает широкое распространение морских отложений на поверхности материков. Прежде с напряженным интересом стремились определить крайнюю высоту, где встречаются окаменелости морских животных, предполагая, что море достигало некогда этого уровня. Но такой до чрезвычайности простой взгляд не мог быть правильным; несомненно, что в большинстве случаев нам приходится иметь дело с пластами, претерпевшими известные нарушения и выдвинутыми на значительную высоту, благодаря механическим процессам горообразования. Для определения древнего уровня моря необходимо основывать суждения на исследовании тех пластов, которые располагаются горизонтально и не испытывали никаких нарушений. Но и при таком ограничении мы находим в глубине материков и на значительных высотах (до 1800 м) горные породы с кораллами, морскими ежами, корненожками и створками морских раковин; пласты их располагаются горизонтально и указывают таким образом, что на этих местах лежало морское дно. Является вопрос, поднялась ли суша, или отступила вода; на этот вопрос отвечали различно, в последнее время интерес к нему стал ослабевать, но Зюсс снова выдвинул его в своих исследованиях на первый план. Этот ученый указал, что при современном состоянии знания вовсе не может быть речи о поднятиях и оседании суши, а также о повышении и понижении уровня океана; мы можем говорить только о *движениях береговой линии*. «Положительным» Зюсс называет то движение берега, которое сопровождается опусканием суши или повышением уровня моря, «отрицательным» — обратное движение.

Особый интерес представляют те области, где движения берега совершались в недавние геологические эпохи и отчасти на памяти людей. На таких движениях, происходивших с конца третичного периода, мы прежде всего и остановимся. Перемещение береговой линии было замечено уже в середине прошлого столетия в Швеции и Норвегии: движение здесь носит отрицательный характер, т.е. выражается повышением суши или падением морского уровня. *Линней* и *Цельзий* сделали на берегу отметки, чтобы следить за движением; они предполагали, что причиной явления служит отступание моря. В 1802 году *Плейфер* впервые высказал мнение, что изменение береговой линии обусловливается поднятием суши, а *Леопольд фон Бух*, которому неизвестны были взгляды его предшественника, писал в 1807 году: «Равновесие океана не допускает падения его уровня. Так как факт повышения береговой линии в Швеции несомненен, то остается предположить, что Швеция медленно приподнимается».

Учение о медленном поднятии материков нашло между геологами много горячих приверженцев, так как оно давало ключ к пониманию многих явлений и

прежде всего объясняло присутствие горизоитальных пластов морских отложений иа суше. Факт понижения береговой линии Скандинавского полуострова ие оставался одиноким. Скоро были отмечены другие случаи поднятия, происходившего в самое недавнее время, а с другой стороны приводились свидетельства в пользу опускания суши в других местах. Таким образом, развивалось мало-помалу учение о *вековых колебаниях суши и моря.* В противоположность нарушениям, о которых мы говорили выше, т.е. ноявлению складок и образованию трещин и сбросов, допускалось медленное движение вверх или вниз, которое охватывало огромные пространства и происходило вследствие гибкости земной коры без нарушения ее целости; думали, что в известных случаях большие массы материков находятся в особого рода колебательных движениях,—на севере медленно подиимаются, на юге опускаются, причем средний пояс сохраняет неизменным свой уровень. Наконец, было допущено, что одна и та же местность периодически то подиимается, то оседает.

Все суждения по этому чрезвычайно важному вопросу стояли на шаткой почве, так как произведенные иаблюдеиия были слишком немногочисленны и часто не заслуживали доверия. Наряду с несомненными фактами пользовались распространением многочислеиные рассказы путешественников: при этом к числу поднятий относили такие явления, которые вызывались накоплением осадков на дне моря и не сопровождались подпятием его. Огромные массы раковин, выступающие над поверхностью современного моря и считавшиеся прежде одним из признаков поднятия, оказались остатками пищи прежнего населения. Значительную часть так называемых оседаний объяснить можно было оползнями рыхлых, песчаных, глинистых и т.п. масс, происходящими и теперь в широких размерах в дельтах больших рек. Тоже следует сказать о мощных залежах лесных почв или торфа, которые состоят из растительных остатков, и вследствие разрушения последних, значительно умепьшаются в объеме. Наконец, все те поднятия, которые приписывались вулканам, объясняются, как мы видели выше, накоплением. Отсюда видно, как легко было впасть в заблужлепие при определении незначительных колебаний.

Только Зюсс впервые стал на строго научную почву и доказал, что целый ряд случаев, которые издавна приводились, как пример поднятия, на самом деле совершенно не имеют такого значения. Сюда относятся, между прочим, известные явления *в храме Сераписа близ Поццуоли* на берегу Неаполитанского залива (см. рис. 264). Множество посетителей Нижней Италии занималось изучением этого замечательного храма, от которого сохранились только три высоких вертикально стоящих колонны из массивного камня; на расстоянии $3^1/_2$ м над поверхностью почвы они не потерялн своей полировки и не испытали никаких повреждений. Располагающийся далее пояс в 3 м высотой выветрился; кроме того, в нем видны ходы камнеточца, или морского финика (Lithodomus dactylus), который жнвет только в соленой воде. Первое упоминание об этом храме относится к 105 г. до Р.Х.; в 205 г. по Р.Х. он не обнаруживал никаких повреждений, но позднее пришел в ветхость; щебень, вулканические продукты, натечные образования покрыли почву до высоты $3^1/_2$ м и здание постепенно погрузилось в море до той высоты, на которой кончаются ходы камнеточца. Колонны не могли пострадать там, где они были защищены щебнем, выше же сделались жертвой морских финнков. Период медленного опускания суши, как думали, относился к средним векам, внезапное же под-

нятие берега ставили в связь с извержением Монте-Нуово в 1538 г. Последнее неоднократно оспаривалось, но по мнению Зюсса, на которое мы указывали уже выше (стр. 181), нет основания сомневаться в справедливости ис-

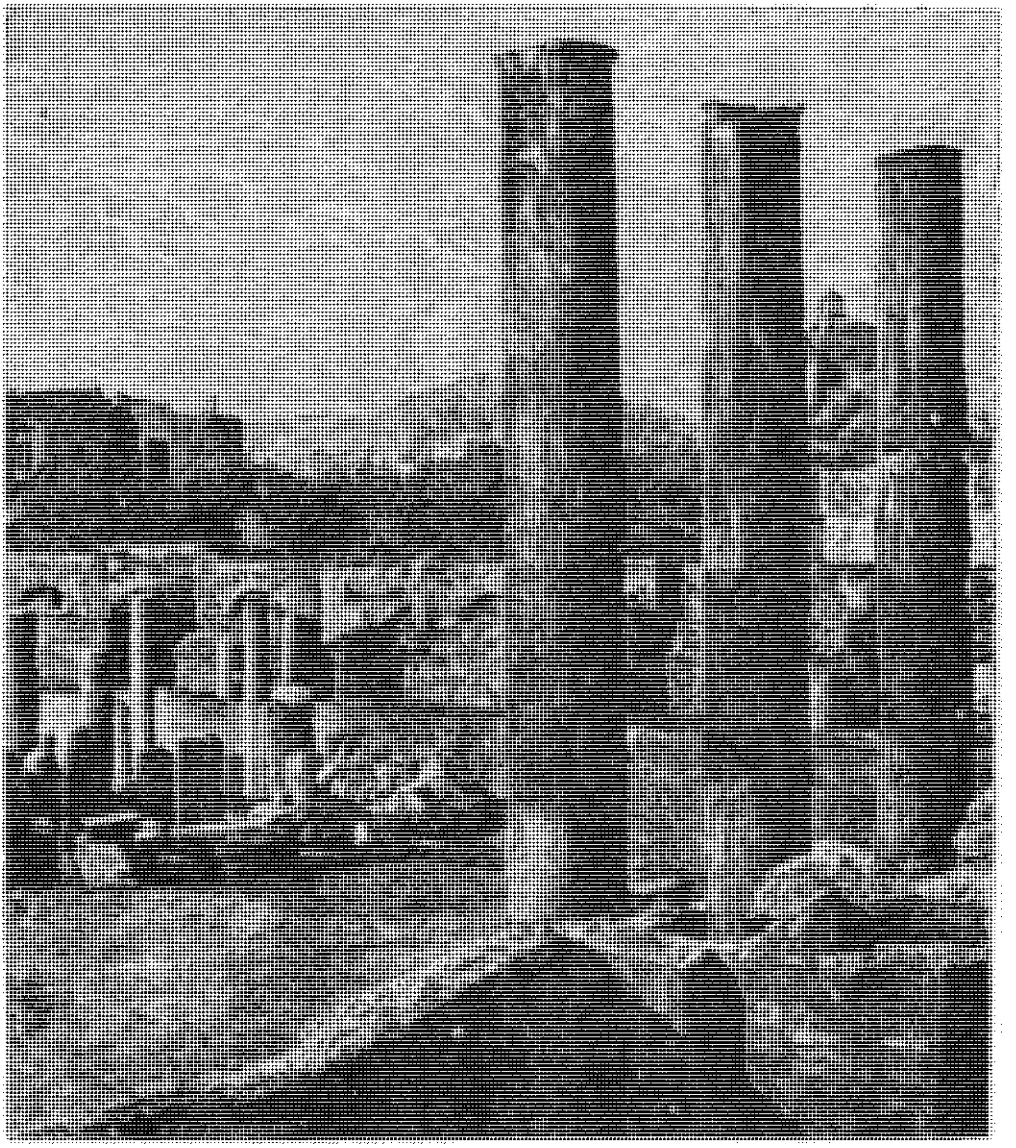


Рис. 264. **Храм Сераписа близ Поццуоли. На трех больших колоннах, изображенных спереди, видны в середине темные полосы; они соответствуют местам, где обнаружены ходы камнеточца**

торических сообщений. Первые следы поднятия, на основании известных документов, относятся уже к началу XVI столетия, и это не представляет ничего невероятного: поднятие берега у Пантеллярии тоже происходило с перерывами, и начало движения можно было отметить уже за год до подводного извержения 1891 г. (см. стр. 94). Далее теплые ключи, известные под именем Ле-Кантерелле, в древности служившие местом купания и теперь еще бьющие позади

храма на прежнем месте, не отвергают факта поднятия: мы знаем, что и на Пантеллярии, вследствие вулканического поднятия этого острова, деятельность ключей была прервана на короткое время, но скоро они выступили на своих прежних местах. Точно также и опускание почвы у Поццуоли в средние века трудно оспаривать, так как на берегу моря, образованном рыхлыми вулканическими продуктами и лежащем в области напряженной вулканической деятельности, легко могут происходить оползни и оседания.

Ходы камнеточца в колоннах храма Сераписа объяснялись и иначе. Высказывалось предположение, что здесь образовалось болото, которое было окаймлено щебнем и вулканическим пеплом и в котором жил камнеточец, произведший разрушение колонн. Но так как присутствие последнего в воде, которая обогащается солью только насчет размываемых вулканических туфов, невозможно, то и объяснение это должно быть признано неправильным. Точно также нельзя согласиться и с тем мнением, по которому в храме Сераписа находились римские писцины (piscinae) т. е. садки для разведения морских рыб. При разрытии щебня была найдена обломанная верхняя часть четвертой колонны, в которой также были видны многочисленные ходы камнеточца; в нижней же части этой колонны, стоявшей в щебне, отсутствуют повреждения, указывающие на более высокий уровень воды. Следовательно, во время наступания моря здесь уже присутствовал щебень, и ходы камнеточца не могут быть относимы к той эпохе, когда здание стояло неповрежденным.

Таким образом, невозможно сомневаться, что у храма Сераписа действительно происходило новышение и понижение колебания почвы. Но это еще не доказывает существования вековых колебаний материка: здесь мы имеем дело с незначительным и быстрым поднятием, которое не охватывало большой части суши и должно быть приписано действию вулканических причин. По всей вероятности, к этой же группе явлений относится и более значительное поднятие вулканического острова *Пальмарола*, отмеченное в самое последнее время.

Вторым общеизвестным примером поднятия считался так называемый *Ран* в восточной части дельты Инда. Ран представляет обширную равнину с солончаковой почвой; значительная часть ее покрыта водой. Во время сильного землетрясения 1819 года на этой равнине образовалась значительная терраса, поднимающаяся на 20 футов; этому обширному выступу, появившемуся на глазах людей и без всякого участия их, местные жители дали название Уллах-Бунд, что значит Божий мол. Новейшие исследования показали, что на самом деле здесь произошло явление другого рода; возвышающийся над равниной выступ Уллах-Бунд вовсе не испытывал поднятия: наоборот, первоначальное положение его сохранилось неизменным; во время землетрясения произошло сползание окололежащих масс и Уллах-Бунд отмечает ту границу, до которой оно простиралось.

То же самое следует сказать и о третьем случае, т. е. о движениях западного берега Южной Америки. На значительной части своего протяжения последний сопровождается огромными вулканами Андов; чрезвычайно сильные землетрясения далеко не редки в этой местности. В южной части его были отмечены высоко расположенные сконления раковин, террасы и береговые линии; это заставило думать, что рассматриваемый берег, подобно Норвегии, приподнимается. Но здесь движение совершается далеко не так медленно и незаметно, как на Скандинавском полуострове. Вследствие сильных землетрясений Чилийский берег неоднократно по-

высился вдруг на несколько футов. Так было в 1822, 1835 и 1837-м году. Достойно внимания, что даже сам факт нельзя считать вполне установленным. Одни путешественники — очевидны с такой же убедительностью говорят за поднятие, с какой другие оспаривают этот факт. Наряду с этим можно указать немало причин, которые делают возможным ошибку. Путешественники не настолько знакомы со страной, чтобы отметить действительно происшедшие изменения. Местные жители не обладают естественно-научной подготовкой и умением правильно вести наблюдения, а потому и их показаниям нельзя придавать особого значения. Разнообразные изменения могут происходить в течение многих лет так, напр., морская бухта может мелеть вследствие накопления осадков большой реки: в этом случае море будет отступать, не понижая своего уровня. Когда происходит вдруг сильное землетрясение, все жители находятся в возбуждении; они боязливо осматриваются кругом и по следам, которые оставило землетрясение, хотят узнать, не грозит ли оно им снова. Тогда им бросается в глаза изменение, которое происходило в течение многих лет постепенно, и вдруг распространяется убеждение, что это изменение вызвано землетрясением. Поэтому всеми известиями, которые получаются от местных жителей, нужно пользоваться с большой осторожностью и, если за быстрое поднятие в данном случае говорит авторитет *Дарвина*, то мы еще должны решить, не принужден ли был этот исследователь воспользоваться недостаточно удовлетворительными известиями.

Ввиду сказанного выше, огромной ценой обладают наблюдения *Филиппи*, который прожил в Чили не один десяток лет. Этот исследователь указывает, что ему неизвестно ни одного случая поднятия в исторический период. Зюсс сопоставил все данные о южноамериканских землетрясениях и пришел к выводу, что ни одно из сообщений о быстрых подпятиях не может быть доказано. Любопытно, что́ он вообще говорит о распространении подобных явлений в Южной Америке:

«Положим перед собой карту Южной Америки и разделим ее на четыре части посредством двух линий; одну проведем с севера на юг, там, где материк обладает наибольшей длиной, другую — с запада на восток, там, где его ширина тоже достигает наибольшей величины. Мы увидим, что в юго-западной части Южной Америки, т. е. в той, которая охватывает Чили, находятся вулканы, происходят землетрясения и наблюдаются террасы, в юго-восточной части террасы существуют, но нет вулканов, и землетрясения случаются очень редко; северо-западная известна своими вулканами и землетрясениями, но в ней не наблюдается вовсе террас; наконец, в северо-восточной бывают землетрясения, но нет ни вулканов, ни террас».

Таким образом в настоящее время еще не доказано, что на Чилийском берегу при землетрясениях происходят поднятия. Несомненно только существование террас, которые свидетельствуют об отрицательном движении береговой линии и которые не обнаруживают никакой связи с землетрясениями.

Доказательством положительного движения береговой линии считаются подводные борозды, которые наблюдают у устьев некоторых рек; они достигают значительных глубин и составляют как бы продолжение речного русла. Такие явления были замечены у устьев рек Северной Америки. Отсюда было сделано заключение, что в плиоценовую эпоху, перед наступлением ледниковой, этот материк поднимался приблизительно на 1,000 м и выше, чем теперь. Отсутствие плиоценовых отложений у бере-

гов Великого и Атлантического океанов говорит, по-видимому, в пользу этого предположения, но такие же борозды встречаются при впадении Рейна в Боденское озеро и Роны — в Женевское. Поэтому довольно трудно решить, в какой степени эти подводные борозды могут служить для доказательств движений берега.

Если даже оставить в стороне все эти малодостоверные факты, а также незначительные колебания береговой линии, то все-таки едва ли можно оспаривать само явление поднимания и опускания морского уровня. Доказательства сильных опусканий материков и поднятий уровня моря мы находим в атоллах и барьерных рифах тропических морей, которые известны в большей части морей южного полушария, в Индийском океане, а также в Атлантическом,— по крайней мере, в области Вест-Индских островов. Ниже мы узнаем, что рифовые кораллы обильно размножаются в мелких местах, где глубина не превышает 20 сажен; поэтому образование таких рифов, которые крутыми обрывами падают на значительную глубину, возможно только в том случае, когда уровень моря непрерывно и медленно приподнимается, вследствие чего коралловые постройки могут продолжаться все выше. Таким образом, на обширной площади по обе стороны экватора мы находим несомненные доказательства поднятия моря и опускания суши. Наряду с этим в экваториальном поясе известны некоторые примеры, свидетельствующие о существовании обратных движений; во многих местах, как, напр., у берегов Красного моря, на Цейлоне, на островах Филиппинских, Багамских, Никобарских, Соломоновых и др., известны коралловые известняки, расположенные выше уровня современного моря. К сожалению, во многих случаях очень трудно, даже почти невозможно решить, образовались ли эти загадочные породы в наше время, или же они относятся к третичному периоду. Скорлупки моллюсков и скелеты кораллов так изменены вследствие процессов разрушения, что определение видов, а следовательно и геологического возраста, этих образований чрезвычайно затруднено. Далее следует иметь в виду, что коралловые рифы и без отрицательного движения береговой линии могут значительно подниматься над уровнем моря: волны наносят на поверхность рифа обломки кораллов и песок и, таким образом, созидают значительные возвышения, которые мало-помалу цементируются действием дождевой воды. Многие из поднятых рифов располагаются на вулканических островах, а потому, быть может, обязаны своим высоким положением вулканическим силам. Если мы исключим рифы, несомненно относящиеся к третичному периоду, и примем в расчет всевозможные источники ошибок, то число исключений значительно уменьшится и поднятие береговой линии у экватора приобретет значение общего факта.

В значительном удалении от экватора, как в северном, так и в южном полушарии, наблюдаются явления другого рода; здесь мы находим несомненные указания на то, что уровень моря в новейшее время опустился, а суша поднялась. Выше современной границы моря видны следы древнего берега: террасы в новейших отложениях, бесчисленные скорлупки ныне живущих морских животных и длинные береговые линии, часто в самых твердых породах. Наиболее характерно выступают эти явления на Скандинавских берегах, на Британских островах, особенно в их северной части, на Шпицбергене, в Гренландии (см. рис. 265) и в северной части Северной Америки; также явственно выражены террасы в южной части Южной Америки, в Южной Африке и в Южной Австралии.

Прекраснейшие примеры подобных явлений представляет *Норвегия*, о которой мы и скажем несколько подробнее в областях, которые были некогда покрыты морем, мы находим раковины двустворчатых и брюхоногих не только в глинах и песках, но и в виде самостоятельных и огромных скоплений. Можно отметить до 30 таких раковинных образований, располагающихся вдоль склонов на разной высоте. Наиболее возвышенные из них лежат на высоте 125—155 м,

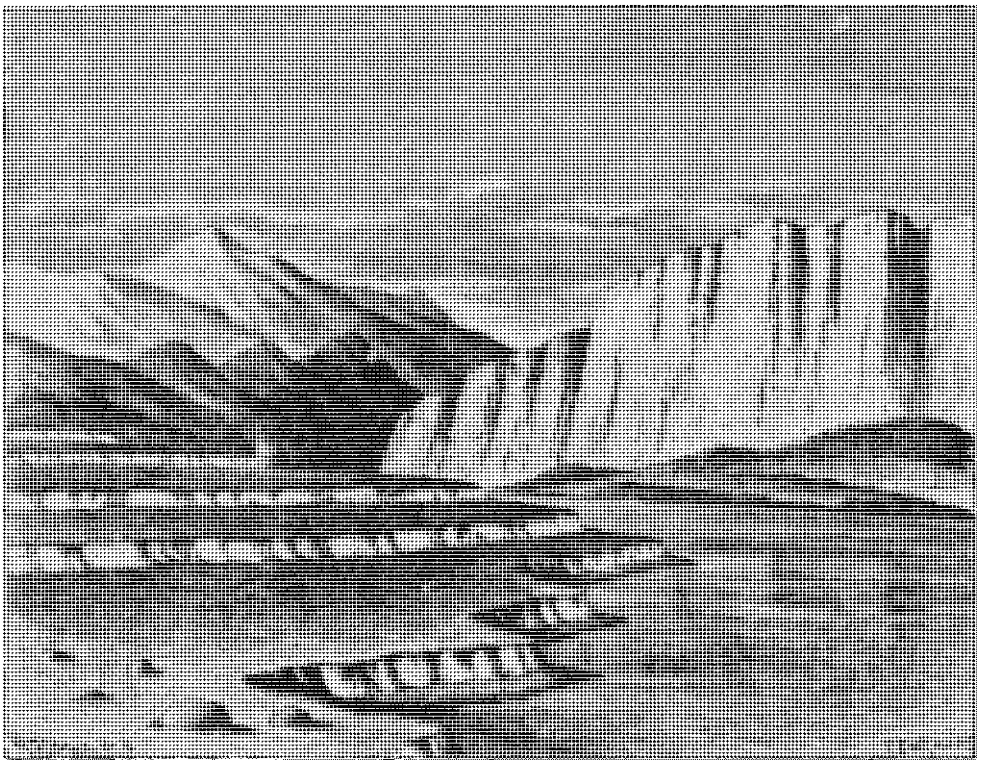


Рис. 265. **Террасы в Иливерталике в Гренландии** (по Натгорсту)

а в фиорде у Христиании даже на высоте 166 м над современным уровнем моря. Эти скопления образованы северными видами, которые жили в ледниковую эпоху; наоборот, те мели, которые лежат ниже и образовались позднее, содержат формы, обитающие и теперь у берегов Норвегии.

Гораздо более распространены *террасы* (рис. 265), но они не всегда могут служить доказательством движения береговой линии. На склонах гор, обращенных к Атлантическому океану, террасы встречаются на высоте до 1000 м и более, но они никогда не содержат остатков морских животных, а потому и не могут служить доказательством движений береговой линии. Так как высоко лежащие долины, где встречаются эти террасы, в настоящее время открыты по направлению книзу, то в ледниковую эпоху здесь должен был происходить сток тающих льдов. В это время северный ледяной покров простирается далеко за пределы Скандинавского полуострова. По распространению валунов шведского красного гранита, унесенных ледниками, следует, что наибольшие высоты этих

ледяных масс располагались на продольной оси полуострова, т.е. к востоку от современного водораздела; этот лед должен был перейти гребень гор, чтобы достигнуть Атлантического берега. В период отступания ледников водораздел освободился от льда раньше, чем глубокие части долин, открывающихся к югу и к востоку; ледяной покров запер устья долин. Образовались ледниковые озера, в которых собирались валунные отложения и в берегах которых движущиеся льды

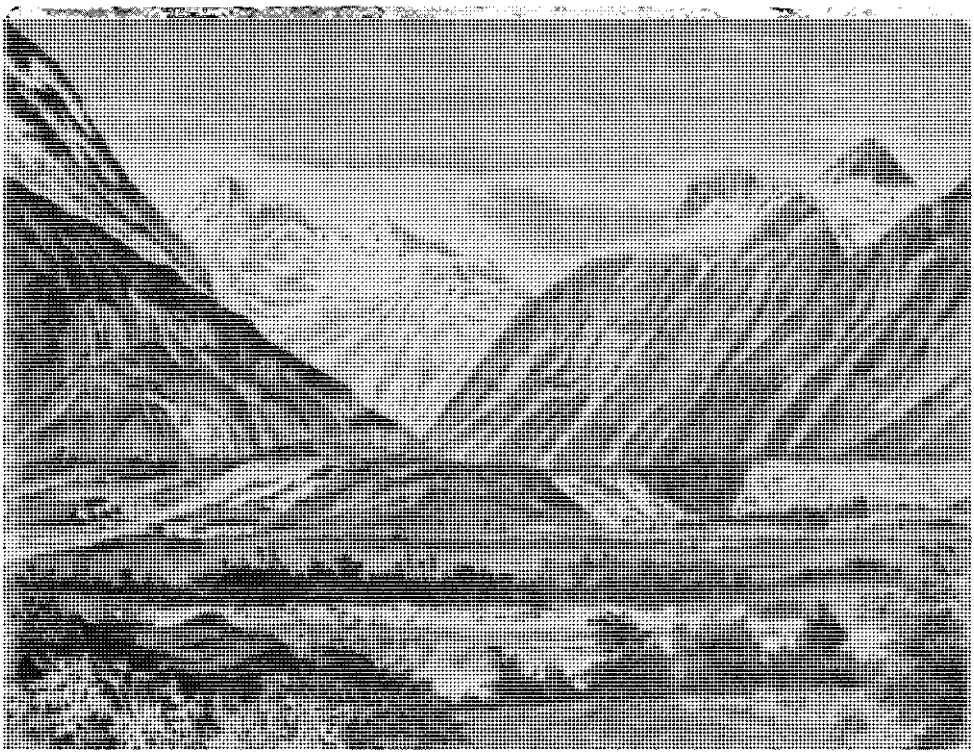


Рис. 266. **Норвежские террасы**

выпахали резкие борозды. Благодаря своей форме, эти береговые борозды получили названия седалищ *сетеров* (Seter). С другой стороны, террасы рассматривались как особый вид боковых морен, и сетерам приписывалось уже иное происхождение. Но как бы то ни было, из сказанного видно, что эти образования не имеют ничего общего с изменениями уровня моря и являются одним из последствий ледниковой эпохи.

Иного рода явления наблюдаются в прибрежных областях. Береговые линии и террасы встречаются здесь на различных, но незначительных высотах. Наружные берега островов, обращенные к открытому морю, бедны такими образованиями, здесь даже не встречается высоко лежащих террасс. Только внутри островов, в проливах, их отделяющих, и в фиордах, изрезавших их берега, эти образования выступают в характерном развитии. Обыкновенно видна только одна горизонтальная линия, которая часто тянется на протяжении нескольких миль, иногда же может быть прослежена лишь на коротком расстоянии.

В каждом данном месте такая линия отмечает крайнюю границу морских отложений. По направлеиию внутрь материка береговые линии направляются все выше; одни исследователи утверждают, что они поднимаются в виде лестницы, каждая из ступеней которой имеет горизонтальное положение; по мнению же других, это поднимаиие совершается постепенно. Наконец, было высказано мнение, что такие террасы у берегов фиордов суть не что иное, как следы отступления ледников: пред-

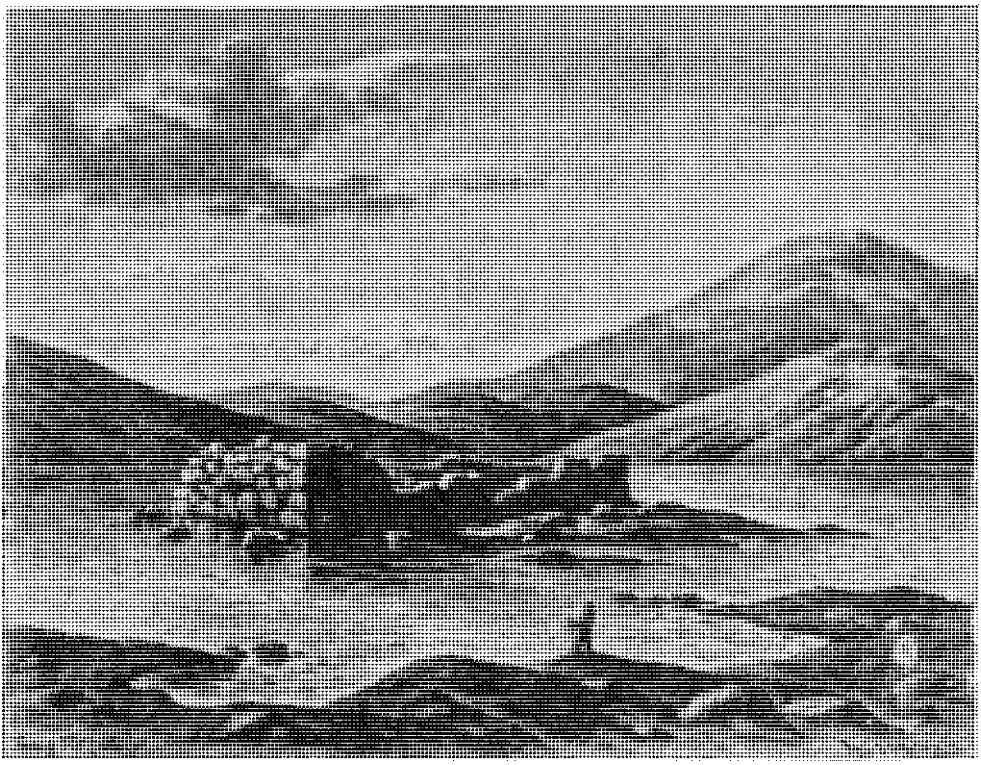


Рис. 267. **Развалины Игалико в Гренландии** (по Натгорсту)

полагалось, что некоторые фиорды были закрыты спускавшимися в море ледниками и превратилнсь в замкнутые озера. Но такое объяснение не может быть применено во всех случаях, а потому можно считать установленным, что в Норвегии со времен ледниковой эпохи происходит отрицательное движение берега.

Некоторые явления показывают, что это движение береговой липии не было непрерывным и равномерным. Такой случай наблюдается, напр., в южной части Гренландии: весь берег этого острова покрыт береговыми линиями, указывающими на прежнее высокое положение морского уровня. Непосредственно у современного берега можно, однако, найти хотя едиичные, но вполне убедительные доказательства того, что в самое недавнее время уровень моря поднимался. Так, иапример, в Игалико-фиорде, недалеко от южной оконечности Гренландии, под 60° 43′ сев. ш. лежит небольшой скалистый остров, нокрывающийся во время прилива водой; в 1777 г. *Арктандер* нашел здесь стену одного дома, которая теперь лежит совершенно в воде (рис. 267), но на краях того же фиорда *Лаубе* наблюдал высокие бе-

реговые линии, вследствие чего можно предположить, что Гренландия находится в так называемом колебательном движении. Периоды отступания моря прерываются местным и недолгим положительным движением берега, которое, однако, не настолько значительно, чтобы могло сгладить предыдущее отрицательное движение. К числу таких же явлений следует отнести выдвинутые из воды коралловые рифы под тропиками*.

Факты, с которыми мы познакомились, показывают, что и в северном, и в южном полушариях на значительных широтах происходит подпятие суши и опускание моря; в экваториальных же областях преобладает положительное движение береговой линии; но это общее правило имеет целый ряд исключений.

## Причины движения береговой линии

Вопрос о причинах описанных движений береговой линии принадлежит к числу самых сложных и запутанных. Как мы видели выше, явления, наблюдаемые в разных местах, могут быть объяснены двояким образом,—подыманием и оседанием отдельных частей литосферы, или же колебаниями уровня моря. Не должны ли мы предположить, что в земной коре происходят два рода массовых движений: одни приводят к образованию складок, сбросов и сдвигов, другие же выражаются поднятием и опусканием целых материков. Или, может быть, надо искать причину этих широко распространенных явлений в движениях океана?

До тех пор, пока не удастся найти удовлетворительную причину движения материков, следует ответить утвердительно на второй из поставленных вопросов. Мы не будем говорить о прежних гипотезах, оказывавшихся несостоятельными, и остановимся только на некоторых новейших взглядах. Причину описанных явлений искали в кристаллизации аморфных пород, залегающих в глубине земли; так как этот процесс сопровождается увеличением объема, то последствием его могло быть поднятие вышележащих масс. Вообще можно сомневаться, что эти явления имеют широкое распространение, но, во всяком случае, ими нельзя воспользоваться для объяснения перемещений береговой линии. С другой стороны, высказывалась догадка, что причину последних следует искать в уменьшении общего количества воды на земной поверхности. Выше (стр. 89 и 90) мы уже указывали, что целый ряд процессов, каковы образование водных минералов, просачивание воды в глубину и т. п., уменьшают количества воды, находящейся на поверхности земли, но, с другой стороны, вулканы, выделяющие пары, непрерывно восполняют потери. Поэтому нет ни малейших оснований допускать увеличение или уменьшение количества воды на земле с самых древнейших времен, т. е. со времени образования первых пластов, содержащих окаменелости. Тем затруднительнее объяснять этим гадательным процессом такие недавние явления,

---

* На южном берегу Крыма, где Чернявский открыл развалины древней Диоскурии на глубине 10 м и на расстоянии 200 м от берега, происходит, по-видимому, положительное движение морского уровня. Эти данные подтверждены проф. Леваковским, который наблюдал в Севастопольском заливе два подобных уступа, соответствующих прежним береговым террасам; глубина моря достигает здесь 100 м.— *Примеч. пер.*

как движения береговой линии; если даже предположить, что количество воды неностоянно, то во всяком случае изменения его настолько незиачительиы, что не могли бы обнаружиться в течение непродолжительного времени.

Далее указывалось, что благодаря правильиым изменениям, которые происходят вследствие эксцентричности земной орбиты и вследствии процессии равноденствия, то в одном, то в другом полушарии наступают периоды холода — *ледниковые эпохи.* Благодаря этому, у одного из полюсов скопляются огромные массы льда, которые со своей стороны притягивают массы воды и вызывают движение их в сторону покрытого льдом полушария; при этом должны произойти все те явления, которые мы наблюдаем ныне в поляриых странах. Против этой гипотезы говорят прежде всего иеносредственно наблюдаемые геологические факты. Образование высоколежащих террас, как около северного, так и около южного полушария относится к недавнему времени. И тут и там они постепенно опускаются, приближаясь к современному уровню моря; в самых нижних террасах мы наблюдаем явления, которые, несомненно, свидетельствуют, что эти террасы образовались в эпоху, непосредственно предшествовавшую нашей. Все наблюдения показывают, что террасы северного и южного полушария относятся к одному и тому же времени. Между тем разбираемая гипотеза предполагает, что ледниковые энохи, сопровождавшиеся повышением уровня воды, периодически появлялись то в одном, то в другом полушарии.

В последнее время пытались доказать, что причину появлеиия террас следует искать в одновременном оледенении обоих полушарий. По свидетельству путешественников, Грепландия, а также и все большие и гористые полярные страны покрыты огромными ледниками, которые одевают долины и горы и образуют скопление так называемого «*материкового льда*» (Inlandeis). В ледниковый период последние были гораздо грапдиозные, чем в настоящую минуту: как известпо, весь Скандинавский полуостров был окован тогда льдом наподобие современной Гренландии; ледники, спускавшиеся отсюда, заполпяли все Балтийское море, одевали всю северогерманскую равнину вплоть до среднегерманских гор. От Голландии до подножия Галицких Карпатов и окраин России расстилалась огромная ледяная пустыня; до этих же пределов распространиились занесенные ледпиками валуны гранитов и слоистых пород Скандинавии. Огромные ледники существовали тогда и в Альпах; Карпаты, Исполиновые горы, Шварцвальд, Вогезы, Пиринейские горы, Кавказ, Гималайский хребет и др. представляли самостоятельные центры оледенения. Британские острова также были покрыты льдом, и едва ли нужно доказывать, что такие же явления наблюдались и в других странах, расположенных далее к северу. Еще большего развития достигали ледпики в Северной Америке; льды распространялись там до Нью-Йорка и области великих озер. Страны южного полушария также были одеты обширным ледяным покровом.

Огромные массы воды, необходимые для образования мощных и широко распространенных ледников, были изъяты из моря; вследствие этого уровень последпего должен был понизиться. Кроме того, материковый лед притягивал воду; ноэтому обшее понижепие уровня моря усилилось в экваториальных странах; наоборот у берегов, покрытых мощными ледниками, должно было произойти относительное повышение уровня воды. В момент наибольшего развития ледников море лишилось таких огромных количеств воды, что береговая липия,

несмотря на притяжение ледяных масс, лежала, вероятно, ниже, чем в настоящее время. Только в период таяния ледников началось повышение береговой линии: уровень океана поднялся вследствие скопления вод, происшедших от таяния ледников, притяжение же сохранившихся ледяных масс продолжало действовать; таким образом скоплялись все благоприятные условия для повышения уровня моря. По мере отступления ледников, притягательное действие их стало уменьшаться, и с этих пор началось отрицательное движение береговой линии.

Нельзя сомневаться, что вследствие чрезвычайного развития ледников должны были произойти большие изменения моря в горизонтальном направлении; но происходило ли понижение уровня в той мере, чтобы им можно было объяснить наблюдаемые явления, еще не доказано сторонниками этой теории. Наоборот, вычисления показали, что притяжение ледяных масс было не настолько велико, чтобы последствием его могло быть различие между современным и прежним уровнем моря. При самых скромных расчетах мощность ледяного покрова должна была достигать 9—10 км, а эта величина значительно превосходить самую высокую из наиболее вероятных цифр. Таким образом, попытка объяснить образование террас и береговых линий притяжением материкового льда должна быть признана неудачной.

В совершенно новом освещении предстали эти вопросы, благодаря Зюссу, который, как мы видели выше, впервые указал, что избежать ошибочных заключений возможно только при самом осторожном отношении к свидетельствам о современных поднятиях и опусканиях суши и моря. Зюсс считал невозможным строить теории на примерах тех незначительных движений, которые происходили в недавние геологические эпохи, а основывался на общих особенностях строения земли и искал указаний в ее геологическом прошлом. Время от времени вода заливает значительные участки суши, происходит так называемая трансгрессия, или наступательное движение моря. Отложения наступающих морей достигают иногда значительно бо́льшего развития, чем породы, непосредственно предшествовавшие им; они переходят далеко за границы распространения последних и на обширных пространствах лежат на породах более древнего возраста и часто пластуются с ними несогласно (см. рис 256). В палеозойскую эру, целый ряд таких положительных движений береговой линии чередовался с отрицательными колебаниями ее; в мезозойскую эру такие движения достигали еще большего развития. Таким образом, во всей северной части северного полушария отсутствуют морские нижнеюрские (лейяссовые) образования, и во многих местах средне- и верхнеюрские породы пластуются несогласно на поверхности более древних образований. Верхние ярусы меловой системы, начиная с сеноманского, обладают значительно большим распространением, чем нижнемеловые отложения: очень часто они располагаются на поверхности всех пород, начиная с архейских и кончая юрскими, и пластуются несогласно с ними: примером могут служить отложения Шотландии и Ирландии. На больших пространствах в Англии и в Северной Франции они лежат правильно на нижнемеловых пластах, но распространяются и за их пределы, располагаясь непосредственно на отложениях девонского, триасового и юрского периода. На всем Скандинавском полуострове, в Саксонии, Чехии, в области Регенсбурга, в Силезии, в Моравии и Галиции нижнемеловые образования отсутствуют, и различные породы верхнемелового

возраста лежат на кристаллических породах, на палеозойских, триасовых и юрских отложениях. В области Средиземного моря, в Калабрии, на Балканском полуострове, Северной Африке, в Сирии, в Малой Азии, на всем протяжении до Афганистана и в Индии повторяются те же явления. То же находим мы в некоторых областях Южной Африки, в бассейне р. Амура, в Японии, на Сахалине и на Борнео. В восточных штатах Северной Америки от Техаса до Нью-Джерси развиты только верхнемеловые образования, а нижнемеловые отсутствуют, подобные же отношения встречаются в большей части западных штатов, а также в Мексике, на Вест-Индских островах и в Бразилии.

В третичный период движения моря происходили также в широких размерах, но они носят более сложный и запутанный характер. Трансгрессия моря в Германии, относящаяся к олигоценовой эпохе, постепенное отступание моря с высот Ирана и с областей Средней Европы до границы современного Средиземного моря и последовавшее затем расширение последнего вследствие местных оседаний более позднего времени — вот главнейшие примеры движений береговой линии в рассматриваемый период жизни земли.

Изменения, стоящие в связи с этим наступательным движением моря, по мнению Зюсса, слишком распространены и однообразны, чтобы их можно было ставить в связь с движениями твердых частей земной коры. Так, напр., огромная трансгрессия в верхнемеловую эпоху была, по-видимому, вызвана общими физическими причинами, которые отразились на всей поверхности земли. Эти движения, равно как и те незначительные колебания, которые относятся к недавнему прошлому, носили колебательный характер. «Насколько позволяют судить факты, — говорит Зюсс, — скопление вод у экватора и понижение их уровня у полюсов является особенностью новейших движений; но это только одно из тех колебаний, которые протекали в том же направлении, т. е. выражались положительным движением у экватора и отрицательным у полюсов».

О причинах таких периодических колебаний моря, простиравшихся от полюсов до экватора, Зюсс не высказывается подробно. Он замечает, что искать их возможно во временных ускорениях вращения земли; усиливающаяся при этом центробежная сила должна вызвать движение вод по направлению от полюсов к экватору; при замедлении вращения земли и при уменьшении величины центробежной силы произойдет движение в обратном смысле. Кроме этих общих, но еще не достаточно исследованных причин, на положение уровня океана могли влиять и другие условия, отчасти местного, отчасти общего характера. Так, напр., всякое новое накопление масс, — образование дельт, заполнение осадками разных водовместилищ, появление новых горных цепей, а также уменьшение масс в том или другом месте вследствие процессов разрушения должны были отражаться на уровне океана. Изменение климата, процессы испарения, приток пресных вод тоже не могли оставаться без влияния, особенно при сильном расчленении водовместилища: по мнению Зюсса, последние процессы положили сильный отпечаток на движения Балтийского моря. Общие, или эйстатические, движения вызывались также образованием новых водовместилищ и постепенным накоплением осадков. «Поверхность земной коры оседает, и эти оседания отражаются на море. Но в то время, как оседания частей суши более или менее ограничены, падение уровня моря наоборот распространяется на поверхность всей планеты. Таким образом, возни-

кает общее отрицательное движение» (*Зюсс*). Эйстатическое положительное движение береговой линии обусловливается образованием осадков. Медленно, но непрерывно океанические впадины заполняются новообразованиями, последние вытесняют воду; вследствие этого должно происходить хотя и не быстрое, но постоянное повышение береговой линии.

Работы Зюсса пролили значительный свет на эти трудные вопросы, но не дали еще окончательного ответа. Как замечает сам Зюсс, эйстатические движения не могут вполне объяснить движения береговой линии: причины периодических колебаний уровня моря остаются по-прежнему неясными. Так как Зюсс дал сильный толчок для дальнейшего исследования вопроса, то естественно было приступить к пересмотру тех фактов, которые приводились, как доказательства вековых поднятий суши.

Основанием этого учения служили прежде наблюдения *Браве*, произведенные в 1839 г в Альтен-фиорд, где было подмечено слабое повышение береговых линий и террас по направлению внутрь страны. Если бы этот факт удалось подтвердить, то он служил бы важным доводом в пользу происшедшего поднятия суши. Наблюдения Браве были проверены и найдены ошибочными. Но в самое последнее время точные и обширные исследования показали, что почти все известные береговые линии представляют две системы и что последние всюду приподнимаются по направлению внутрь материка,—нижняя система несколько слабее верхней.

Таким образом, поднятие достигает наибольшей величины вблизи оси полуострова и вершины дилювиальных ледников; по направлению же кнаружи оно постепенно уменьшается и на линии, приблизительно совпадающей с современным берегом, делается равной нулю. О величине поднятия можно судить по следующему примеру: береговая линия, поднимающаяся в южной части полуострова Скании только на несколько метров, в Христиании достигает высоты более чем 200 м. Чрезвычайно наглядно представляет величину поднятия *Геер*: он соединяет посредством линии, так называемой «изанабазы», все те точки, где поднятие было одинаково. Наибольшая высота, которой достигает прежний морской берег, равняется 260—270 м; область поднятия почти вполне совпадает с областью распространения архейских горных пород.

Особенно любопытен следующий несомненно установленный факт: немецкие берега, против Швеции, не обнаруживают никаких следов прежней береговой линии и террас; последние неминуемо должны были бы наблюдаться, если бы причиной отрицательного движения шведского берега было отступание моря; наоборот, отсутствие их показывает, что на самом деле произошло поднятие Скандинавского полуострова, уровень же моря остался неизменным.

Подобные же явления были описаны в Северной Америке. Прежние береговые линии падают здесь также к югу по направлению к современному берегу. Так, напр., древняя береговая линия и террасы, лежащие у Монреаля на высоте 150 м, спускаются у Ньюгэвена до 15 м. В области Монреаля морские отложения непосредственно переходят в древние террасы больших Канадских озер,—Онтарио, Эри, Мичигана, Гурона и Верхнего озера. Последние отмечают границу, до которой распространялись дилювиальные ледники. Раньше все они соединялись в одном огромном водовместилище; точно так же и озера, расположенные далее к северо-западу,—Виннипег, Виннипегосис, Манитоба представляли в ледниковую эпоху одно

общее озеро Агассиса. Хотя эта обширная область, богатая множеством любопытных явлений, еще вполне не исследована, тем не менее мы можем и теперь отметить целый ряд несомненно установленных фактов. Доказано, что высокие террасы ледникового озера Агассиса поднимаются по направлению к северу, т.е. от края ледниковой области к ее центру; при этом падение уменьшается у более низких береговых линий совершенно так же, как в Норвегии. На южной стороне озера Гуран террасы и береговые линии располагаются значительно глубже, чем на северной стороне; то же самое мы находим и у озера Онтарио. В рельефе этой местности, открытой к югу, мы не видим указаний на то, каким образом прежняя котловина озера закрывалась с южной стороны; если же уровень воды поднимался до высоты современных террас на северной стороне озер, то нельзя считать неосновательными мнения американских ученых, которые считают вышеприведенные факты доказательством происшедшего поднятия суши. Область поднятия приблизительно совпадает с областью распространения ледников, но максимум поднятия лежит несколько к востоку от центра последней: он передвинут по направлению к Атлантическому океану.

Вопрос о движении береговой линии был разработан в последнее время *Брюкнером* и *Зигером* с *климатологической точки* зрения. Поднятие шведского берега Балтийского моря, отмеченное уже *Линнеем* и *Цельзием*, продолжается и теперь; необходимо было решить, не является ли оно следствием климатических условий. На уровне моря отражаются климатические колебания: увеличение дождей на поверхности земли влечет за собой обильный приток к океану пресной воды; вследствие этого общий вес морской воды уменьшается, и для сохранения равновесия уровень должен подняться в тех местах океана, где процентное содержание соли в воде уменьшилось; наоборот, в периоды уменьшения дождей уровень моря должен падать. Целый ряд незначительных движений берега должен быть объяснен таким именно способом. Так как распределение дождей неравномерно, то может случиться, что один берег небольшого водоема будет опускаться, а другой подниматься — напр., немецкий берег Балтийского моря может обладать отрицательным движением, а шведский — положительным и наоборот. Но таким образом можно только объяснять колебания до 10 см. Непрерывное поднятие морского уровня в Швеции и Финляндии носит совсем иной характер. Следы его вовсе не замечаются у немецких берегов, и величина движения в самой Швеции и Финляндии меняется в различных местах. В течение 50 лет, с 1825-го по 1875 г., отрицательное движение береговой линии Стокгольма достигает 19 см (по сравнению с немецким берегом), а в Локо в Финляндии — 27 см, с 1858-го до 1887 г., с другой стороны, береговая линия Локо в сравнении со Стокгольмом в течение 17 лет, с 1858-го по 1875 г., понизилась на 22 см. Чтобы объяснить такое различие содержанием соли в воде, необходимо допустить, что последнее достигло у шведских и финских берегов 1 процента и даже больше; между тем в настоящее время оно немного превышает $^1/_2$ процента. Отрицательные движения береговой линии невозможно рассматривать, как последствие климатических условий и уменьшение количества соли в морской воде: нельзя, конечно, оспаривать, что количество вод, изливающихся в море, должно быть весьма различным, смотря по количеству осадков, но колебания его не влияют на движение береговой линии: по крайней мере, внутренние моря, уровень которых дол-

жен меняться в зависимости от количества осадков, не обнаруживают в этом направлении никаких изменений.

Если мы опять вернемся к вопросу о положительном движении берегов у экватора, то встретим ряд явлений, которые нелегко согласуются с допущением общего подпятия морского уровня. Ниже, в главе о коралловых рифах, мы узнаем, что последиие в первые момеиты своего образования являются в виде так называемых береговых рифов; если в течение долгого времени происходит положительное движение морского уровня, благоприятствующее развитию кораллов, то образуются так называемые барьерные рифы; последпей стадией развития их являются атоллы. Если бы коралловые постройки развивались, благодаря непрерывному и общему повышению уровня моря у экватора, то в соседних местностях они должны были бы паходиться в одипаковой стадии развития. Но во многих местностях, как, напр., в Чагоском архипелаге, мы встречаем иное. Во многих островных группах Тихого океана мы находим переходы от поднявшихся рифов к находящимся в период роста, но последие не сосредоточиваются у экватора, как это надо было бы ожидать. Так как в наших сведениях но этому вопросу имеется еще немало пробелов, то от окончательного вывода необходимо пока воздержаться; однако на основании того, что уже известно нам о коралловых рифах, скорее следует нредположить существование перавпомерпого оседания дна, чем общего и равномерного поднятия морского уровня: по крайней мере, такое допущение лучше согласуется с фактами.

Таким образом, самыми разнообразными путями в последнее время пришли к выводу, что следы отрицательного движения к северу и к югу от экватора следует объяснять поднятием континентальных масс, а обратное движение у экватора — постепенным оседанием дна. Целый ряд ненредубежденных исследователей на основании данных наблюдений привел к этому выводу; наука должна была с ним считаться, хотя и не могла указать *причину* таких поднятий. Но и в этом отпошении произошел переворот. Как мы уже упоминами выше, термальная и изостатическая гипотезы горообразования не могут быть признаны вполне удовлетворительными; тем не менее они указывают, каким образом могут совершаться вообще медленные поднятия огромных областей материков. Несомпенно, что в земной коре нроисходят термические и изостатические процессы, хотя, разумеется, о величине их можпо спорить. Во всяком случае, явление континентальных поднятий теряет значительную часть своей загадочности, и на вопрос, который был поставлен в начале этой главы, мы должны ответить утвердительно, предположив, что в земной коре действуют разнообразные динамические нроцессы. В частности, причипу движепий, наблюдающихся в Скандинавии и Северной Америке, можно было бы искать в понижении температуры отдельных частей земной коры, которое, как упоминалось на стр. 385, должно вызывать местные движения литосферы. Точно так же нагревание новообразующихся пород и нроисходящее вследствие этого расширение и особенно таяние отягощающих земную кору материковых льдов могут служить для объяснения многих поднятий. Совпадение ледниковых областей с областями поднятия и максимума последнего с высшими точками материковых льдов оправдывает возможность такого объяснения.

Не следует ли таким же образом объяснять и те большие трансгрессии моря, которые охватывали поверхность всей земли, напр., в верхнемеловую эпоху? Можно ли

искать их причину в тех же процессах, которыми определялось движение береговой линии в более позднее время? Если бы мы дали утвердительный ответ на эти вопросы, то должны были бы допустить, что в верхнемеловую эпоху произошло грандиозное оседание земной коры, охватывавшее большую часть всех материков. Но такое обширное движение континентальных масс представляется слишком невероятным, а потому для объяснения больших трансгрессий пока нельзя пренебрегать допущением известных движений в самом океане.

## Возраст материков

Мы уже указывали, что с понятием о материках связывается целый ряд важнейших вопросов: Один из них мы уже проследили, насколько это было возможно при современном состоянии наших знаний, и теперь перейдем к другому: мы должны решить, сохраняется ли положение материков и морей неизменным с давних времен или же оно подлежит существенным и глубоким изменениям.

Благодаря учению о вековых колебаниях суши и моря, в том виде, как оно было разработано Плейфером и Леопольдом фон Бухом, установилось мнение, что эти явления должно рассматривать, как слабое выражение тех движений, которые в течение многих тысячелетий ведут к полному уничтожению материков и вызывают образование новых. Ляйелль выступил в качестве решительного сторонника этой теории и разработал ее в подробностях. В течение каждого данного геологического периода материки остаются в общих чертах неизменными; но на протяжении более долгого времени они испытывают самые глубокие изменения: распределение суши и моря в два смежные геологические периода представляет не более сходства, чем современное распределение в восточном и западном полушарии.

Другие исследователи высказывали мнение, что материки и моря в главных чертах остаются неизменными с самых давних времен. Одним из защитников этого мнения был Дана, а в последнее время ту же мысль поддерживали Гейки и Уоллес. Эти ученые считали невозможным допустить медленное и непрерывное поднятие и опускание целых материков; колебания суши, конечно, должны были происходить то в той, то в другой местности, так как этими явлениями объясняется происхождение горизонтальных напластованных морских отложений в глубине материков; но все эти изменения были настолько невелики, что никогда даже более или менее значительная часть современных материков не была дном глубоководного моря и что материки представляли подводные возвышения даже в том случае, когда они были залиты водой. Точно так же и океаны, со своей стороны, оставались в общих чертах неизменными, и наиболее глубокие, отдаленные от суши части их были всегда покрыты водой.

Главным доводом в пользу последнего взгляда служат особенности слоистых горных пород. В одной из следующих глав мы увидим, что массы песка, ила и других веществ, заносимых в море реками, отлагаются недалеко от берега. В значительном удалении от суши они заменяются известковыми и кремнистыми отложениями, состоящими из панцирей, скелетов и скорлупок животных и растений. В глубоководных частях дно моря покрыто нежным

красным илом и скопления радиолярий. Первый состоит из тончайших частиц вулканического пепла и метеорной пыли и нередко содержит зубы акул, черепа китов и марганцовые конкреции; вторые родственны красной глине, но отличаются от последней чрезвычайным богатством крошечных кремнистых скорлупок радиолярий и игл кремневых губок. Значительная часть слоистых пород, которая в современных морях образует около материков пояс в 20 и, в крайием случае, в 50 географических миль, принадлежит к первой группе. Наряду с ними на материках встречаются породы, которые осаждались на более значительном удалении от берега. Белый писчий мел, юрские известняки с губками, брюхоногими и головоногими, встречающиеся, напр., в Восточной Швейцарии, Швабии, Франконии и др., разнообразные известняки с аммонитами, относящиеся к мезозойскому периоду и встречающиеся в Альпах и Карпатах, наконец, огромное число других нород образовались в тех глубоких частях, где преобладают органические осадки. Сюда же должны быть отнесены и роговики мезозойской системы, особенно те, которые встречаются среди юрских отложений Альп: микроскопическое исследование показало, что эти породы состоят главным образом из скелетов радиолярий и игл кремневых губок и представляют большое сходство с теми образованиями, которые мы встречаем в современных морях еще на более значительной глубине, чем красный глубоководный ил. Альпийские и карпатскне роговики стоят в тесной связи с аммонитовыми известняками и красными сланцами, которые в огромном количестве содержат так называемые аптихи — крышечки раковин аммонитов. Эти слапцы образовались, вероятно, па чрезвычайно большой глубине, где происходило растворение раковин аммонитов и где сохранились только наиболее стойкие их части. Эти остатки раковин аммонитов в красных сланцах скоплялись таким же образом, как зубы акул и наиболее твердые черепные кости китов в современных краспых глинах. Богатые радиоляриями роговики мезозойской системы постоянно сопровождаются пластами, принадлежащими к образованиям глубокого моря, и никогда не встречаются в соседстве с мелководными отложениями. Это служит новым доводом в пользу того, что роговики образовались в глубоких, а может быть, и в самых глубочайших частях моря.

Из сказанного следует, что главный довод в пользу постоянства материков и океанов не вполне правилен и что на суше встречаются отложения глубокого моря.

Говоря о глубоководных морских образованиях, мы упоминали о присутствии их в Альпах и Карпатах. На самом же деле они могут быть прослежены и за пределами этих областей. На протяжении всей альпийской системы, вплоть до Гималайских гор и Тибета, мы встречаем эти породы. С другой стороны, в Южной Америке известны мезозойские отложения, сходство которых с европейскими уже давно привлекало внимание геологов. Такие же образования были отмечены и в Калифорнии. Верхнемеловые отложения Ямайки, а также третичные породы Вест-Индии тоже представляют сходство с соответствующими образованиями альпийской системы. Таким образом, мы получаем возможность определить границы большого древнего океана «*Temic*»*, простиравшегося от Азии до Америки и покры-

* Так назвал его Зюсс, по имени сестры и жены Океана.

вавшего среднюю часть Европы. По характеру осадков можно заключить, что вдоль складчатых цепей альпийской системы глубина его не уступала наибольшей глубине современных океанов. В триасовый и юрский период, когда поверхность моря, как мы видели, увеличилась и когда происходило положительное движение береговой линии, глубина океана Тетис достигала наибольшей величины. Коралловые рифы, вроде современных рифов Великого и Индийского океанов, обладали огромным развитием; наряду с этим, на больших глубинах отлагались скопления радиолярий и корненожек, которые в настоящее время выступают в виде роговиков и аммонитовых известняков. В меловой и третичный периоды осадки этого древнего океана образовали складчатые цепи Альп, пространство океана Тетис уменьшилось, и нынешнее Средиземное море является его последним остатком. Повторные сбросы новообразовавшихся гор, о которых мы говорили выше, делали возможным новое расширение океана и сообщали его истории чрезвычайно любопытный и сложный характер. Мы не можем подробнее останавливаться на этом предмете, так как для этого понадобилось бы знакомство с отдельными системами и их распространением; мы вкратце изложим здесь только один эпизод из прошлого Средиземного моря, чтобы пополнить вышесделанные замечания о новейших исследованиях последнего.

В плиоценовую эпоху, т.е. в конце третичного периода, Эгейское море вместе с окрестностями Крита представляло закругленный материк, выдвигающийся среди океана Тетис (см. выше). Многочисленные пресноводные озера, населенные множеством моллюсков, имели здесь широкое распространение, и мощная река несла в изобилии валунные образования от Малой Азии к нынешнему Родосу. Только в послеледниковую эпоху этот материк исчез, и между небольшими остатками его, выдвигающимися ныне в виде островов, море достигает 2,000 м в глубину, а по определениям австрийского судна «Пола», вблизи юго-западного берега Малой Азии глубина его равняется даже 3,591 м.

Исследуя свойства альпийских горных пород, мы приобрели возможность доказать существование древнего океана, который превратился в сушу и впоследствии снова восстановился в своей незначительной части. Обратимся теперь к современным океанам и познакомимся ближе с характером прибрежных осадков. Замечено, что в Северной Америке, вблизи Атлантического океана, в восточных частях Канады, в Аппалахских горах и др. песчано-глинистые палеозойские осадки достигают мощного развития; наоборот, по направлению к западу они убывают и уступают место известковым образованиям. Это позволяет нам с достаточным правом думать, что к востоку от названных мест, т.е. в области Атлантического океана, находился материк, за счет которого и образовались эти обломочные или кластические* породы. Целый ряд других фактов указывает на существование такого материка. На островах Оркадских, Шетландских, на Шпицбергене, у северного берега Лапландии, в Шотландии и Англии, на Гренландии и у берегов Нового Брауншвейга представителями девонской системы являются так называемые древние красные песчаники (Old Red). В этих красных песчаниках находят пресно-

* Под именем обломочных, или кластических, разумеют такие горные породы, которые образовались из продуктов разрушения других пород; таковы, напр., песчаники, конгломераты, песок, глина.

водных панцирных рыб и остатки наземных растений, но никаких следов морского населения; отсюда несомненно, что эти породы образовались вне моря: в палеозойскую эру здесь находился обширный материк, на котором и происходило отложение древних красных песчаников. Этот материк, носящий название *Атлантиды*, просуществовал до самого новейшего времени. Такое заключение мы можем сделать, благодаря присутствию подобных же третичных песчаников с пластами каменного угля и остатками растений между базальтовыми покровами острова Диско и острова Сабине у восточного берега Гренландии, а также Исландии и Ферерских островов. Большая часть Атлантиды скрыта теперь под волнами глубокого моря, и только отдельные остатки ее, среди которых первое место следует отвести Гренландии, выдвигаются из недр океана.

В Индии и Африке роль, подобную древним красным песчаникам северных частей Атлантического океана, играют гондванские пласты, принадлежащие в пермской и триасовой системам. Эти образования также являются в виде мощных пластов песчаников с особенными наземными растениями и с прослоями каменного угля, а также своеобразными пресмыкающимися. С этими же признаками внеокеанического происхождения встречаются они в Столовых горах Южной Африки, на Мадагаскаре, в Индии и в Австралии. Гондванские пласты тянутся около моря и обрываются у его берега, подобно красным песчаникам Атлантического океана и пресноводным известнякам конца третичного периода на островах Эгейского моря. Если мы спросим, где располагались берега того пресноводного озера, где отлагались гондванские пласты, то должны будем предположить, что некогда тянулся огромный материк от Индии до Южной Африки и захватывал Мадагаскар; он носит название Гондваны. Мадагаскар, Индия и Южная Африка, представляя настоящие сбросовые выступы, позволяют судить о свойствах тех огромных масс суши, которые образуют теперь дно Индийского океана.

Сторонники учения о неизменности материков и океанов утверждали, что по форме и направлению береговой линии невозможно судить об истинном очертании материков. Последние продолжаются на значительном расстоянии под поверхностью моря, и только на известном удалении от берега материк кончается крутыми обрывами. Таким образом, между океаническими впадинами и материками предполагается резкая противоположность, что заставляет допустить, что распределение суши и воды с древнейших времен не претерпело существенных изменений. Но если океаны образовались вследствие сбросов и оседаний суши, то, конечно, такие обрывы, несомненно, должны существовать. Как мы видели выше, строение материков свидетельствует самым убедительным образом, что океаны представляют области опускания; плодотворные же исследования глубоководных частей океана, произведенные в последние десятилетия, доказали существование крутого падения материков в глубине океана; таким образом, эти факты как бы служат подтверждением рассматриваемой теории.

С другой стороны, последователи учения о постоянстве океана указывали на однообразие рельефа дна и на отсутствие в нем всяких неровностей. В настоящее время исследования рельефа глубоководных частей океана находятся в зачатке, и было бы поспешно высказывать какие бы то ни было суждения. Во всяком случае, на основании новейших данных можно думать, что предположение о том, что дно океанов представляет совершенно ровную поверхность, страдает сильным преувеличением. В различных частях океана отмечены значительные колебания

глубины. Не следует, с другой стороны, упускать из вида, что некоторые части суши обладают также однообразным рельефом и обнаруживают незначительные колебания их высоты. Наконец, накопление осадков, даже когда они достигают не особенно значительной мощности, должно производить нивелирующее действие.

Возможно, что некоторые части водной оболочки земли, в особенности Великого океана, издавна покрыты водой. Но теория неизменности всех океанов и материков не может быть удержана. Мы имеем целый ряд доказательств, что океанические впадины образовались вследствие оседания материков и что отложение глубоководных частей древнего океана встречаются на суше.

## 6. Деятельность воды и воздуха

Количество воды.—Подземные воды, ключи и источники.—Гейзеры и грязные вулканы.—Химическая деятельность воды.—Выветривание.—Размывание.—Обвалы и оползни. Внезапные горные ручьи.—Образование долин.—Каньоны и овраги.—Образование долин в складчатых горах.—Разрушение гор.—Карстовые образования.—Лессовые области.—Речные террасы.—Перемещение русла рек.—Отложение текущих вод.—Разрушительная деятельность моря.—Деятельность льда.—Ледники и их движение.—Разрушительная деятельность ледников и перенос ими продуктов разрушения.—Образование озер.—Плавучие льды.—Деятельность ветра.—Образование пустынь.—Совокупное действие размывания.

### Количество воды

Мы познакомились с геологическими процессами, первоначальной причиной которых является охлаждение и сокращение земли. Совершенно иную группу явлений представляют те изменения, которые стоят в связи с действием солнца и луны на нашу планету. Процессы первой категории обнаруживаются непосредственно на твердых массах земли и способствуют увеличению неровностей ее поверхности. Наоборот, солнце и луна действуют на подвижную оболочку нашей планеты, *воду* и *воздух* и при их посредстве на горные породы. Их деятельность направлена главным образом на уничтожение неровностей, на сглаживание поверхности земли; они разрушают горы и уносят продукты разрушения.

*Вода*, главнейший деятель этой группы изменений, собирается преимущественно в морях; отсюда и начинается ее постоянный непрерывный круговорот. Под влиянием солнечной теплоты на поверхности океана происходит испарение. Водяные пары поднимаются в атмосферу, сгущаются там и выпадают снова в виде дождя, снега, града, росы и инея. Часть этих осадков возвращается непосредственно в море, часть остается на суше и в дальнейшем круговорот испытывает неодинаковую судьбу. Огромное количество ее вследствие процессов испарения опять возвращается в атмосферу, значительные массы образуют ледники и материковые льды, часть ее служит для поддержания жизненных процессов животных и растений. Остальное количество воды течет по поверхности в виде ручьев и рек, изливается в море и внутренние озера или же просачивается в глубину, образуя систему вод, циркулирующих по трещинам и пустотам; отсюда почерпают горные породы свою влажность, этой водой питаются ключи. В общих

чертах круговорот воды представляется в следующем виде: вследствие испарения море теряет свою воду, последняя, пройдя известный цикл превращений, снова возвращается в океан. Известная часть воды совершенно извлекается из круговорота, поглощаясь горными породами; но эти потери непрерывно восполняются, благодаря деятельности вулканов и другим процессам, доставляющим воду из недр земли.

Если мы пожелаем составить правильное представление о значении этих явлений, то должны будем хотя приблизительно определить общую массу воды, принимающей участие в круговороте. Пространство, занимаемое морем, и его средняя глубина измерялись неоднократно, но только в самое последнее время получены более или менее точные цифры. Крюммель, которому мы обязаны самыми тщательными вычислениями, полагает, что в среднем глубина моря равняется 1880 саж., или 3440 м, т.е. около $^1/_2$ географической мили. Таким образом, все количество воды в море достигает 1285 миллионов кубич. км, или несколько больше 3 миллионов куб. миль: вода океана занимает $^1/_{843}$ объема Земли и составляет, благодаря своей незначительной плотности, только $^1/_{4540}$ веса нашей планеты. По определениям других ученых, сделанным в самое последнее время, средняя глубина океана колеблется между 3438 и 4260 м.

*Количество воды*, поднимающейся с поверхности моря в виде пара и выпадающей туда снова в виде снега и дождя, представляет, с геологической точки зрения, мало значения; наоборот, тем более важна масса осадков, выпадающих на сушу. Обыкновенно принимают, что в среднем она достигает 1000 мм в год. На Суэцком перешейке выпадает осадков 30 мм, а в Черрапондже в Ассаме количество их превосходит 14,000 м; величина последней цифры объясняется действием юго-западного муссона, достигающего Гималаев. В Европе только на окраинах гор и в прибрежных областях Крайнего Севера, где сказывается влияние Гольфстрема, общее количество осадков превышает 1,000 мм. Хотя все эти определения недостаточно точны, но, предположив, что в среднем количество выпадающих осадков на суше = 1,000 мм, мы не особенно удалимся от истины. Вся эта масса снова уносится реками в море. Мы должны теперь приблизительно определить, сколько потребуется времени для того, чтобы вода в океане возобновилась. Принимая в расчет глубину океана и отношение ее к поверхности всех материков и островов, мы найдем, что для этого необходимо приблизительно 9,500 лет; но так как значительное количество осадков опять испаряется, то надо думать, что это число возрастает в действительности, по крайней мере, до 15,000 лет. Однако такие расчеты можно считать справедливыми только по отношению к данному моменту времени. Мы еще не знаем, остается ли количество воды в море постоянным, или же медленно возрастает или убывает.

## Подземные воды, ключи и источники

Из всего количества осадков, выпадающих в данной области, приблизительно $^1/_3$ испаряется и уходит в атмосферу: другая треть питает ручьи и реки, третья — просачивается в глубину. Само собой разумеется, что такой расчет правилен не для всех местностей: чрезвычайно ничтожное количество осадков, выпа-

дающих в Сахаре в виде дождей и росы, по большей части испаряется опять; в покрытых трещинами известняковых областях Карста значительная масса осадков уходит в глубину; в области Ассама у южного подножия Восточных Гималаев, где выпадают обильные дожди, достигают мощного развития реки: здесь значительная часть осадков движется по поверхности земли. Таким образом судьба, испытываемая атмосферной водой в ее дальнейшем круговороте, разнообразна, но в общих чертах приведенный выше расчет можно считать правильным.

Просачивающиеся в глубину воды направляются по открытым для них путям. Трудно назвать горную породу, которая была бы непроницаема для воды*; но одни из горных пород пропускают воду только в ничтожной степени, другие — открывают ей вполне свободные пути. Отсюда следует отличать *водопроницаемые* породы от *водонепроницаемых*, или *водоупорных*. Рыхлые галечные отложения, песчаники, сцементированные конгломераты и большинство песчаников проницаемы для воды; наоборот, глины чрезвычайно водоупорны. Плотные горные породы препятствуют движению воды, если только в них отсутствуют трещины; наоборот, породы, богатые последними, как, напр., большинство известняков, открывают воде свободный проход.

Рис. 268. **Положение уровня подземных вод (*aa*) в местности с волнообразной поверхностью почвы**

Там, где непосредственно на поверхности залегают водонроницаемые породы, почти вся масса осадков просачивается в глубину, и только незначительная часть остается в почве и поглощается одевающим ее растительным покровом. Вода продолжает свое нисходящее движение до тех пор, нока не достигнет водопепроницаемого пласта. Она собирается па поверхности последнего и течет в зависимости от его наклона. Так как даже водопроницаемые пласты оказывают движению воды бо́льшее сопротивление, чем то, которое она встречает на поверхности, то течение *подземных вод* происходит сравнительно медленно, уровень же их в большей или меньшей степени определяется формой поверхности (см. рис. 268). Часто нодземные воды просачиваются в реки и непосредственно на поверхность земли не выходят.

Значение подземной воды для человека чрезвычайно велико. При благоприятных условиях она образует на большем или меньшем удалении от поверхности непрерывный водоносный горизонт; воды, мутные на поверхности, благодаря фильтрации

---

* Посредством следующего опыта можно убедиться, что вода проникает не только в рыхлые слои, но и в плотные горные породы. Возьмем кусок породы, не поддающейся действию слабых кислот, напр., кусок гранита, состоящего, как известно, из кварца, слюды и полевого шпата; положим его в воду, подкисленную какой-либо кислотой, вынем через некоторое время и расколем на куски; если попробовать свежий излом лакмусовой бумажкой, то окажется, что кислота проникла внутрь куска; таким образом возможно даже определить пределы проникания воды в различное время в глубь породы. Исключение представляют обыкновенно только плотные кристаллические и стекловидные породы, но и в них почти всегда присутствуют мельчайшие трещины, открывающие воде более или менее свободные пути. — *Примеч. пер.*

через почву, очищаются. Простейшие колодцы представляют ямы, которые достигают уровня *почвенных** вод и из которых вода извлекается посредством насосов или черпательных аппаратов. С другой стороны, уровень почвенных вод имеет громадное санитарное значение; там, где живет много людей и где не принимается надлежащих мер для обезвреживания нечистот, почвенные воды загрязняются и служат гнездом всевозможных зараз.

Большая часть воды, просачивающейся вглубь, снова выступает на дневную поверхность в виде *ключей*; последние питаются атмосферными осадками; это ясно уже из того, что количество выделяемой ключами воды находится в зависимости от массы дождя и снега. С 1873 года Вена снабжается водою из обильных ключей, которые бьют в Альпах, преимущественно у подножия мощного известнякового плато Шнееберга и Раксальна в Адской долине (Höllenthal) близ Рейхенау. Во время сильных дождей и особенно во время таяния снега количество воды, выделяемой этими ключами, заметно увеличивается. В сухие летние и осенние дни ключи питаются, благодаря существованию на вершинах известняковых гор воронкообразных и котловинных впадин, которые в зимнее время накопляются снегом. Здесь скопляется не только снег, выпадающий непосредственно из атмосферы: вьюга сгоняет его и с соседних вершин; в этих котловинах масса снега сохраняется даже до следующей зимы. Если летом выпадает мало дождей, то количество выделяемой ключами воды всецело зависит от величины таких скоплений снега; поэтому влияние малоснежных зим гораздо резче отражается на ключах, чем недостаток дождей в летнее время.

Тесная связь между количеством выделяемой ключами воды и высотой подземных вод, с одной стороны, и количеством осадков, с другой стороны, может быть доказана целым рядом примеров; найдется немного ключей, деятельность которых не ослабевает в сухое время года и не усиливается во время дождей и таяния снега. Однако высказывались и противоположные мнения. Так, напр., известный геолог Отто Фольгер выступил защитником далеко не нового взгляда, по которому подземные воды будто бы не имеют ничего общего с атмосферными осадками. Этот ученый указывает, что даже во время сильных дождей вода проникает не глубоко; по его мнению, воды озер и морей давно должны были бы просочиться в глубь земли, если бы последняя обладала высокой степенью проницаемости. Кроме того, с поверхности земли испаряется в течение года гораздо больше воды, чем выпадает в виде атмосферных осадков. Таким образом вода дождей и снега должна снова возвратиться в атмосферу. Ввиду этих соображений, Отто Фольгер

---

* *Почвенной*, или *грунтовой*, водой называется вода, насыщающая верхние почвенные слои. Глубина, на которой находятся почвенные воды, для различных местностей различна, что, конечно, находится в зависимости от первых слоев, задерживающих воду. В Петербурге на Васильевском острове ее находят на глубине от 0,3 до 1,2 метра, у Лиговки же — на глубине 1,8 м. От почвенных вод отличают *почвенную влажность*, т. е. воду, непосредственно пропитывающую верхний слой земли; она стоит в тесной связи с грунтовой водой, но распределяется в зависимости от капиллярности, пористости, гигроскопических свойств и состава почвы; вследствие непостоянства этих свойств почва впитывает грунтовую воду неравномерно, и поверхность почвенной влажности существенно отличается от поверхности почвенной воды. Вода, просачивающаяся ниже первых водоупорных пластов и находимая на более или менее значительной глубине, называется *поздемной* водой.—*Примеч. пер.*

пытался объяснить происхождение ключей следующим образом: на известной глубине земная кора обладает средней годовой температурой атмосферы данной местности; поэтому в жаркое время года глубокие части почвы холоднее воздуха; последний, циркулируя в глубинах, охлаждается и выделяет содержащийся в нем пар. Из этого источника и образуются подземные воды и ключи.

Думать, что при значительной проницаемости почвы должны исчезнуть моря и озера,—совершенно не основательно. Осадки, отлагающейся на дне разных водовместилищ, образуют с течением времени непроницаемый покров, препятствующий дальнейшему просачиванию воды. Даже в тех случаях, где нет на лицо этого условия, все ближайшие водопроницаемые пласты должны быть сильно пропитаны водой; установившееся равновесие препятствует дальнейшему просачиванию воды. Что же касается замечания, будто вода вообще не уходит в землю, то оно справедливо только по отношению к культурным странам. Растения потребляют огромные количества воды; покрытая ими почва высыхает до значительной глубины, и скопление подземных вод в период произрастания должно быть затруднено и может сделаться совсем невозможным. Наоборот, дождевая вода и вода, образующаяся при таянии снега, без труда просачивается в глубину только тогда, когда она попадает на обнаженную почву; в наших местах это явление происходит весной и осенью и может быть доказано опытом и наблюдением.

Для образования почвенных вод посредством сгущения пара потребовались бы огромные количества воздуха, и превращение больших масс пара в воду сопровождалось бы таким выделением теплоты, которое препятствовало бы дальнейшему течению процесса. Фольгер предполагает, что образование подземных вод происходит главным образом в теплое время года, но летом проникновение воздуха в почву вряд ли возможно, так как на поверхности земли, вследствие нагревания, он обладает меньшим удельным весом, чем в глубине. Обратные условия наблюдаем мы зимой, а потому следовало бы думать, что в это время должен усиливаться обмен воздуха в почве и в атмосфере. Действительно, опыты показали, что в мелкозернистых почвах зимой скопляется больше воды, чем ее выпадает в форме осадков; этот избыток должен образоваться вследствие сгущения в почве водяных паров.

Хотя в гипотезе Фольгера и заключается зерно истины, но так как количество воды, образующейся от сгущения пара, ничтожно, то следует считать, что вся *циркулирующая под землей вода получается из атмосферных осадков.* Мы должны проследить пути подземных вод и выяснить, как и при каких условиях она выходит на поверхность,—иначе говоря, мы займемся вопросом *об образовании ключей.* Теоретическая сторона этих процессов чрезвычайно проста, но в отдельных случаях явления могут быть очень сложны и трудно объяснимы. Вода, проникающая в глубину, направляется через пласты водопроницаемых пород или же непосредственно движется по трещинам и пустотам*. В обоих случаях она

---

* В первом случае подземные воды совершенно насыщают горную породу и образуют так называемые *водоносные слои* (плывуны); во втором случае они текут нередко в виде настоящих подземных рек,—так называемых *водяных жил*; наконец, подземные воды проявляются иногда в мелкорассеянном состоянии и заполняют тончайшие трещины горных пород; в этом случае они носят название *горной влажности.*—*Примеч. пер.*

направляется, по законам тяжести, вниз, и в тех местах, где она снова достигает дневной поверхности, бьют ключи. Рассмотрим простейший случай. Допустим, что слой водопропицаемого песку или известняка располагается на пласте глины, не пропускающем воду; воды, просачивающиеся с поверхности, будут падать до нижнего пласта и станут над ним скопляться. Допустим далее, что на склоне горы пласты песка и глины обнажаются; вдоль линии, отделяющей пласты и иазываемой *уровнем подземных вод*, будут бить ключи (см. рис. 269). Явление это при описанпых условиях выражается с такой нравильностью, что при съемке геологических карт можно определить границу обоих пород по местонахождению ключей, если богатая растительность и верхний слой почвы препятствуют непосредственному наблюдению. В случае наклонного расположения слоев ключи будут бить не во всех местах, где соприкасающиеся пласты выходят на поверхность: так как подземные воды текут соответственно наклону слоев, то появление ключей возможно лишь в том случае, когда пласты обнажатся по направлению их падения; таким образом происходят так называемые *пластовые источники* (см. рис. 270). При более сильных нарушениях напластования происходит дальнейшее осложнение; так, напр., если пласты образуют мульду, то почвенные воды собираются в середине ее, на поверхности непроницаемого для них слоя; если произойдет обнажение пластов, то ключи бьют у краев мульды; в этом случае они называются *котловинными источниками* (см. рис. 271). Если такая мульда будет прорезана в середине долиной, то ключи выступят по обеим сторонам последней; в этом случае их называют *долинными источниками* (см. рис. 272).

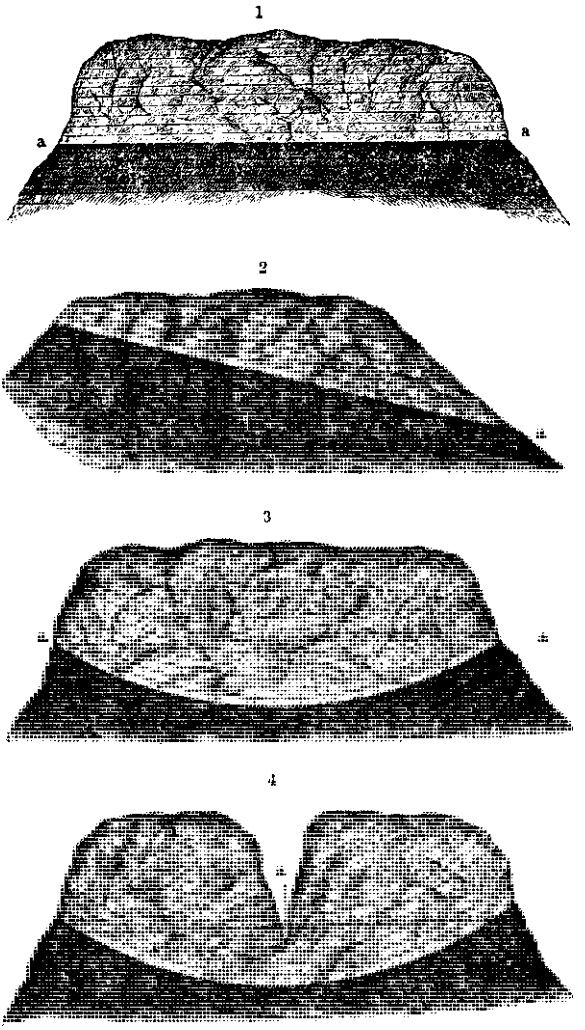



Рис. 269—272. **Различные виды ключей. На всех рисунках вышележащие водопроницаемые пласты затушованы светлее, а нижележащие водоупорные породы—темнее; 1) Пример горизонтального уровня подземных вод, 2) Пластовые ключи, 3) Котловинные ключи, 4) Долинные ключи.— Выходные ключи всюду обозначены буквою *a***

До сих пор мы предполагали, что один водопропицаемый пласт лежит на другом водоупорном, но может случиться, что слой, пропускающий воду, обна-

жается где-либо на дневной поверхности, пропитывается здесь водой и далее спускается в глубину, прикрываясь сверху и снизу водонепроницаемыми породами; если нижние части такого пласта выступят где-нибудь снова на дневную поверхность, то на том месте появятся ключи*.

Чем сложнее залегание пород, тем труднее проследить пути подземных вод. особенно в том случае, когда последние не образуют непрерывпого потока, распространяющегося но поверхпости водоупорпого пласта, а движутся по трещипам. Мы зашли бы слишком далеко, если бы стали рассматривать все единичные случаи, практическое значение которых может быть иногда очень важным. Опытный глаз геолога даже в самых сложных случаях легко находит выражение простейших законов; без умения же судить о внутреннем строении местности по явлениям, наблюдаемым на поверхности, пельзя достигнуть никаких результатов даже при самых обстоятельных исследованиях. При решении практических вопросов, связанных с движением нодземных вод, необходимо только знать геологическое строение данного места и уметь применить к нему простейшие законы движения воды. Иной путь исследовапия невозможен и, если являются предсказатели, мнящие какими-то таинственными способами отыскать водоносные жилы, то это лишь нростое шарлатанство, рассчитывающее на легковерие преклоняющихся перед ним невежд.

Во многих случаях бывает важно найти такое место, где при наименьшей затрате труда можно достигнуть поверхности нодземных вод и получить ее в возможно большем количестве; в других случаях бывает необходимо найти средство повысить деятельпость уже существующих ключей или защитить их от истощения. Совсем особый случай добывания ночвенных вод представляет бурение так называемых *артезианских колодцев*, которые были впервые устроены в XII веке во французской провинции Артуа, откуда они получили свое назвапие. Принцип устройства артезианских колодцев, которыми уже издавна пользуются в Китае и в оазисах Ливийской пустыни, заключается в следующем: производят

---

* Нисходящие ключи могут происходить также от просачивания вод озер и от сокрытия рек, которые пролагают подземные русла и снова выходят на поверхность уже в виде ключей.

Протекая по поверхностн, вода может встретить трещину; низвергаясь по этой трещине, она достигает водоупорного слоя и пролагает путь по направлению его склона. Отличным примером могут служить источники Прибалтийского края и особеино источник Охтиас на острове Эзеле. Поверхность острова покрыта довольно плотными известняками, которые разбиты множеством трещин. Известняки эти покоятся на мощном слое чистой водоупорной глины. Не доходя 3 км до моря, ручей Охтиас исчезает: он уходит в трещину и спускается по ней до пласта глины; последняя мало-помалу разбухает, вспучивается, вымывается и образует подземный ход, по которому и течет вода. На самом берегу моря Охтиас в виде источника выходит на поверхность. Другим примером может служить речка Эррас (в Эстляндии). Такие же особенности представляет по Балтийскому побережью ручей Куйвоеги (близ Нейнгофа), ручей Саллаеги (близ Ниби) и др. Подобные явления достигают широкого развития в так называемых «карстовых» областях, где поверхность образована чистыми трещиноватыми известняками (см. ниже). Любопытный пример сокрытия реки в гравие и галешнике Восточного Алтая описан Потаниным. Здесь реки (напр. река Дзерге) выбегают из узких гористых долин; перед впадением их в озеро долина клинообразно расширяется и дно ее покрыто галешником. Выходя на эту поверхность, река разбивается на несколько рукавов, в которых вода мало-помалу теряется и только вблизи озера, куда впадает река, выходят многочисленные ключи, пресные воды которых иногда даже бьют фонтаном. — *Примеч. пер.*

бурение почвы до тех пор, пока не будет достигнут водоносный слой, который покрыт сверху водонепроницаемыми породами и в котором вода находится под сильным давлением. Когда буровая скважина прорежет вышележащие массы и достигнет уровня подземных вод, последние, под влиянием давления, поднимутся по буровой скважине и выйдут на дневную поверхность; в некоторых случаях они бьют в виде фонтанов. Как мы уже упоминали выше, артезианские колодцы устраиваются с давних времен, но распространение их было незначительным до тех пор, пока не произвели знаменитое бурение на дворе Гренельской бойни у Парижа (в 1842 г.). На глубине в 547 м был достигнут слой, содержащий воду; последняя вырвалась в виде мощного фонтана, и колодезь сначала давал 3200 куб. м воды в сутки. С тех пор артезианские колодцы устраиваются в большом числе и принадлежат к числу самых распространенных сооружений человеческого искусства.

Само собой понятно, что геологические особенности артезианских колодцев будут весьма различны, смотря по строению местности, в которой они приложены. С главнейшими свойствами артезианских колодцев мы познакомимся опять на простейшем случае. Представим себе обширный участок земли, обладающий строением мульды: все пласты, залегающие под поверхностью, падают по направлению к центру; в середине такой местности мы найдем новейшие образования, по направлению же кнаружи будут обнажаться все более древние породы (см. рис. 273). Если же породы водопроницаемы, то, выступая на дневную поверхность, они поглощают воду, которая течет соответственно паклону пластов, т. е. направляется к центру мульды. Если водоносные слои залегают под непроницаемыми для воды породами, то в середине мульды существует значительное давление; оно заставит воду подниматься вверх и даже бить ключем, если в данном месте будет проложена буровая скважина. В глубине мульды может залегать несколько водоносных слоев, прикрытых сверху и снизу пластами, не пропускающими воды; в таком случае существует несколько горизонтов, отличающихся по количеству даваемой ими воды; можно пользоваться первым, вторым и третьим водоносным пластом, смотря по надобности.

Рис. 278. **Схематический разрез артезианского колодца: a) нижние водоупорные слои; b) водоносный горизонт; c) верхние водонепроницаемые породы**

Мульдообразное расположение водопосных слоев нельзя, однако, считать необходимым условием появление артезианской воды; для этого часто бывает достаточно одностороннего давления. Таким именно способом была получена артезианская вода, произведшая в Шнейдемюле опустошение. Этот колодезь питается мощным потоком подземной воды, который получает свое начало в Балтийской гряде (Baltischer Hohenrücken) и отсюда течет по направлению к югу. Так как область просачивания воды лежит на 140—180 м выше, чем водоносный слой в Шнейдемюле, то развивается огромное гидравлическое давление, которое и объясняет сильное движение воды в колодце. Поток, вырвавшийся на дневную поверхность, обладал страшной силой, увлек за собой из водопосного горизонта огромные количества песка и ила и вынес их на дневную поверхность. Верхние пласты лишились

опоры и вследствие этого произошло сильное оседание почвы, сопровождавшееся появлением трещин в домах и даже разрушением некоторых зданий.

Само собой разумеется, что устройство артезианских колодцев возможно не во всяком месте: часто в глубоких водоносных слоях отсутствует необходимое давление. Возможно ли устройство артезианского колодца и будут ли иметь успех проектируемые работы,—в каждом данном случае должен решить геолог. Но часто условия оказываются настолько запутанными, что сколько-нибудь определенное сужение невозможно, и бурение приходится производить ощупью, главным образом с той целью, чтобы определить свойство водных горизонтов для более значительной области. Во многих странах мы находим в этом отношении

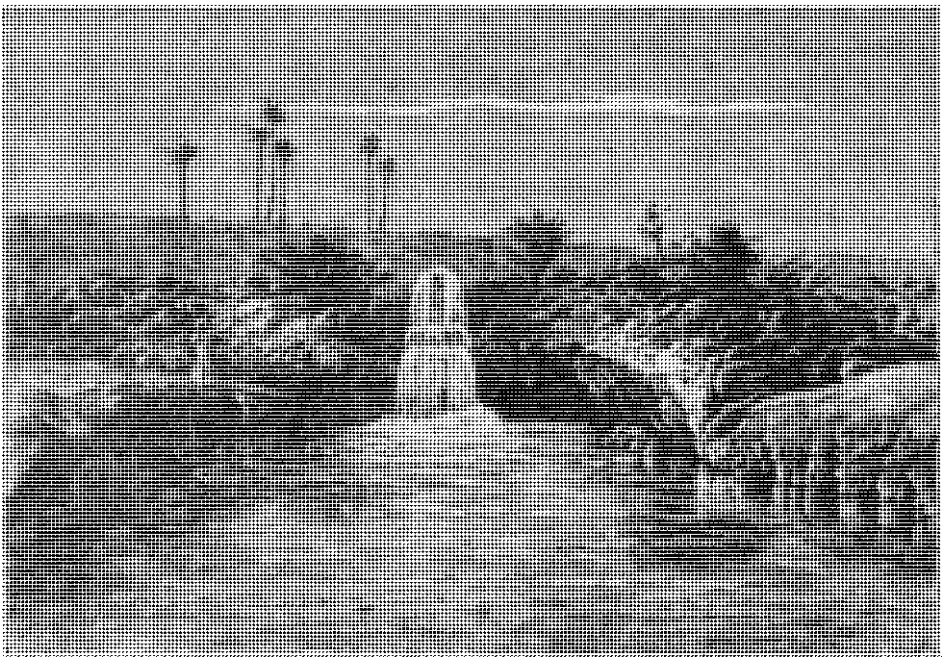


Рис. 274. **Артезианский колодец в Сиди-Амран в Алжире** (по Бюхнеру)

чрезвычайно благоприятные условия, но едва ли не первое место следует отвести бо́льшей части огромной североафриканской пустыни. Под раскаленной высохшей почвой Сахары, часто уже на незначительной глубине, находят чрезвычайно богатые водой слои, которые могут питать колодцы, если только будет проложена буровая скважина (см. рис. 274). Уже древние египтяне извлекали в оазисах Ливийской пустыни из-под земли драгоценную влагу, а в новейшее время французы в Алжире бурением колодцев превратили значительные участки пустыни в культурные земли.

О происхождении этой воды говорили очень много. Одно время думали, что водоносные слои пустыни питаются Нилом, но местами водные горизонты в Ливийской пустыне лежат выше уровня Нила в том месте, где может происходить просачивание воды, а кроме того, пласты обнаруживают легкий наклон по направлению от Ливийской пустыни к реке. Эта догадка справедлива только по

отношению к ключам Натровых озер Нижнего Египта, так как они лежат ниже уровня вод реки Нила и выступают на дневную поверхность на восточной стороне Вади-Натрун, обращенной к этой реке. По всей вероятности, воды Сахары имеют в разных местах разное происхождение. Можно с достаточным основанием предположить, что некоторые оазисы, как, напр., Борку, Эгей, Боделе, получают свою влагу из озера Чаад, и даже оазис Куфра, расположенный в северной части Центральной Сахары, обязан своими водоносными слоями Судану, где выпадают в большом изобилии дожди. Другие оазисы, как, напр., Туат, Тафилелт и Драа, питаются теми водами, которые во время зимних дождей и таяния снега текут мощными потоками по склонам Атласских гор и поглощаются горячим песком пустыни. Некоторые из потоков подземных вод могут происходить из возвышенных мест в середине Сахары. Так, напр., ключи Феццана в Южном Триполи обязаны атмосферным осадкам, выпадающим на поверхность окрестных гор — Хогар и Джебель Сода. Точно так же мощные подземные скопления вод в Сухой долине Ирхархара происходят из осадков Ахагарских гор в середине Сахары. Эти потоки простираются с юга на север до алжирской границы, где они встречают воды, падающие со склонов Атласов. Чтобы составить себе некоторое понятие о богатстве подземных вод в Ирхархаре, отметим здесь, что в Уед Рире и в оазисах Тугурта было в 1885 году 114 артезианских колодцев, устроенных французами, и 492 сооруженных местными жителями. Если сюда присоединить еще некоторые естественные ключи, то общая сумма даваемой ими воды достигнет 255,698 литров в минуту, или 130 миллионов куб. м в год. Вода выходит из глубины в 70—75 м и обладает температурой в среднем 25 °С. В некоторых оазисах происхождение воды оказывается совершенно неясным. Это, напр., следует сказать о Каргехе и Дакхеле в Ливийской пустыне, где мы находим горячие ключи, содержащие в своих водах кобальт и марганец; по-видимому, они бьют с очень большой глубины. В других местностях неоднократно замечали, что при устройстве нескольких артезианских колодцев производительность некоторых из прежних сильно падала. Ничего подобного не наблюдается в Сахаре. Таким образом, вполне возможно превратить обширные пространства пустыни в культурные страны; по крайней мере, во времена высшего процветания Древнего Египта в тех местностях Сахары, которые теперь совершенно бесплодны, существовал целый ряд поселений; о существовании последних мы заключаем по остаткам артезианских колодцев, ныне засыпанных песком.

*Циттель* пишет следующее об оазисе Дакхель: «В окрестностях Казра Дакхеля бьет 30—40 мощных ключей теплой воды, но число их может быть сильно увеличено. Некоторые из этих ключей выходят сами собой из трещин в плотном меловом мергеле, некоторые вырыты искусственно в то отдаленное время, о котором не осталось воспоминаний даже в преданиях местных жителей. Новые колодцы устраиваются следующим образом: со страшным трудом при помощи ручных инструментов выкапывается яма. Как только пласты мелового мергеля пройдены, устраивают из акации ящики в 2 фута в поперечнике, кладут их в яму один на другой и скрепляют деревянными гвоздями. После этого приступают к бурению последнего пласта белого песчаника. Эта работа далеко не безопасна; но окончании ее люди должны бежать, так как вода вырывается со страшной

силой; колодец быстро наполняется доверху, вода течет через край, заполняет все окрестные впадины, и мертвая, безжизненная пустыня, точно по мановению волшебного жезла, превращается в цветущий зеленый сад. Можно было бы ожидать, что каждый новый колодезь будет ослаблять деятельиость других, раньше существовавших, но до сих пор этого не замечалось, подземные запасы воды, видимо, иеистощимы. Я имел случай наблюдать плодотворное действие колодца, прорытого только шесть месяцев иазад. Миновав мертвую пустыню, покрытую песком чуть ли не в рост человека, я поднялся на невысокий холм, где бил ключ; чистые воды его стекали по слабо наклоненной поверхности и разветвлялись в целую сеть прудов и каналов. Всюду, куда проникали тончайшие нити этой системы, пустыия превращалась в великолепный зеленеющий луг; тут и там показались уже ростки акаций и финиковых пальм; пройдет немного лет, и этот уголок станет роскошным садом.

С полным правом можио ожидать еще большего процветания оазисов, если только будет доказано, что число ключей можно увеличивать иеограничеино. В настоящее время в оазисе Дакхель живет около 17,000 человек, ио когда для бурения колодцев будут пользоваться более совершеиными приемами, требующими меньшей затраты труда, тогда это население может увеличиться в десять раз. Доказательств не приходится нодыскивать: многочисленные развалины древнеегипетских деревень в оазисах Каргехе и Дакхеле, великолепные храмы из песчаниковых плит с прекрасно сохранившимися иероглифами, засыпанные неском колодцы, о существовании которых свидетельствуют выдвигающиеся тут и там одинокие группы хилых деревьев, наконец истлевшие пни и стволы, попадающиеся среди песков пустыни,—все это красноречивее всех письменных известий говорит о процветании оазисов во времена египетского владычества; эти роскошные сады погибли не вследствие перемены физических условий, а вследствие онустошений, произведенных самими же людьми».

В Европе артезианские колодцы имеют самое широкое распространение. Они не только дают средство добывать подземную воду для потребностей городов, но служат также могучей движущей силой. Как можно видеть из приведенных выше примеров, артезианская вода выходит на поверхность непрерывным и обильиым потоком, силой последнего можно пользоваться для различных целей промышленности и сельского хозяйства. На сахарных, винокуренных и пивоваренных заводах Англии давно употребляют почти исключительно эту воду; она вращает мельничные колеса и двигает огромные молоты в фабричных заведениях. В больших городах она идет по подземным трубам,—служит для орошения улиц и бьет красивыми фонтанами в садах. Особенное свойство артезианской воды—постоянная и сравнительно высокая температура—делает возможным применением ее к некоторым специальным целям: она служит для нагревания оранжерей с экзотическими растениями и для наполнения прудов, где содержится рыба, не переносящая крайних колебаний годовой температуры, т.е. зимней стужи и летней жары. Наконец, артезианская вода употребляется и для теплых ванн. Такое широкое применение артезианских колодцев в домашнем обиходе и в фабричной практике объясняется дешевизной этого способа и обилием получаемой воды.

В России история артезиаиских колодцев начинается уже с 1832 г., когда был заложен колодец в Царском селе, доведенный лишь до 347 фут.; но, несмотря на это, артезианские колодцы имеют у нас довольно ограниченное распространение, и практическое значение их не велико, хотя произведенные до сих пор бурения в разных местах показали, что в России и особенно в ее столицах, имеются налицо благоприятные условия для получения артезианской воды.

В Петербурге заложено несколько буровых скважин; из них старейшая по времени открытия находится во дворе Экспедиции Заготовления Государственных бумаг; работы были начаты по предложению академика Г. Гельмерсена в 1861 году и окончены под руководством горного иижснера Г. Д. Романовского. Колодец этот, достигающий в глубину 658 ф.

1 д. (200 м), в настоящее время самый большой в Петербурге и его окрестностях; бурение его не только решило вопрос о возможности получения артезианской воды, но и дало возможность определить подробности геологического строения местности. Как известно, Петербург лежит в долине реки Невы, имеющей местами около 40 км. в ширину. Эта долина с севера ограничена Парголовскими, а с юга — Царскосельскими высотами. Под наносимыми образованиями долины лежит слой синей глины с прослоями песчаника. Царскосельские высоты образованы горными породами, относимыми к силурийской системе; Парголовские же высоты сложены, вероятно, из гранитов и гнейсов, прикрытых сверху мощной толщею ледникового насоса.

Бурением под г. Петербургом обнаружено три водосодержащих слоя: первый был встречен на глубине 26,8 метра на границе наносных слоев и синей глины. Вода содержала 11,4 частей минеральных веществ на 10 000 частей воды, т. е. значительно больше невской воды (3,0 ч.); второй водосодержащий слой был найден на глубине 118 м, на месте встречи синей глины с прослоем серого песчаника; в 10 000 ч. воды этого слоя содержалось уже 22,3 части минеральных веществ; производительность его была выше первого слоя; наконец, в третьем слое, лежавшем на глубине 157,5 м, между синей глиной и белым крупнозернистым песчаником, было найдено 39,4 ч. минеральных веществ в 10 000 ч. воды. Вода выходила на поверхность со значительной силой и обладала температурой 11,2 °С. Так как для питья она оказалась негодной, то за исключением незначительной доли, потребляемой в экспедиции, большая часть ее спускается в речку Тараканову. Общее количество даваемой колодцем воды достигает 250,000 ведер в сутки; в первый момент вода била фонтаном, теперь же она поднимается только на несколько дюймов над поверхностью трубы. Научное значение этого колодца было бы весьма важным, если бы бурение было продолжено несколько дальше. Вопрос о фундаменте дна Петербурга оставался и после этого открытым: было неизвестно, достигнуто ли бурением коренное месторождение гранита, или же порода, захваченная буравом, была просто гранитным валуном. Только после открытия нового артезианского колодца на Калинкинском пивоваренном заводе близ Екатерингофа проф. А. А. Иностранцев подвергнул исследованию породу, на которой было остановлено бурение; последняя оказалась типичным серым гнейсом с гранатом.

Кроме двух названных колодцев, в Петербурге существует еще несколько; таковые, напр., колодец на стеариновом заводе г. Жукова, против Новодевичьяго монастыря, колодец на дворе Воронинских бань на углу Мойки и Фонарного переулка и др. Все эти колодцы доставляют минеральную воду, не годную для питья.

Любопытна история артезианского колодца в г. Москве. Этот город лежит в котловине, окруженной со всех сторон значительными возвышенностями: на северо-западе и западе ее ограничивает Валдайская возвышенность, а на юге и юго-западе — так называемая Орловская возвышениость, простирающаяся от г. Витебска до г. Воронежа. На основании точного изучения геологического строения этой котловины, предусматривалось существование водоносных горизонтов и предвиделась полная возможность получения артезианской воды, которая, однако, должна была находиться на значительной глубине (200—220 м). Бурение колодца в верхней части Яузского бульвара, начатое 6 февраля 1867 г., блистательно подтвердило правильность идеального разреза Московской котловины, сделанного горн. инж. Г. Д. Романовским. Буровая скважина прошла те самые пласты, которые ожидались по разрезу, и что особенно замечательно — почти на той же глубине, на которой предполагалось их встретить. Это было истинным торжеством науки. Но, к сожалению, в то время, когда оставалось пройти около 35 саж., чтобы достигнуть водоносного слоя, произошла поломка бурового снаряда: на дне скважины завязло массивное долото с несколькими сломавшимися штангами, и, несмотря на все старания, скважину невозможно было исправить: бурение пришлось прекратить. Оставалось воспользоваться тем количеством воды, которое давал колодец при его настоящем состоянии (вода не достигла поверхности на 6 саж.), но Дума не соглашалась ни на какие новые затраты; тогда производитель работ горный инженер В. А. Бабин решил закончить начатое дело на собственный риск; под его руководством бы устроен на берегу реки Яузы бассейн, и к нему проведена штольня от буровой скважины; по окончании работ колодец стал давать в сутки до 200,000 ведер прозрачной пресной воды с постоянной температурой около 10 °С.

Кроме Петербурга и Москвы, артезианские колодцы существуют и в других местах России. Таковы, напр.: колодцы в Старой Руссе, дающие соленую воду (идет для выварки соли) и колодец в г. Ревеле, заложенный на самом берегу моря; прекрасная вода этого колодца бьет с глубины около 90 метр.; следует предположить, что водоносный горизонт проходит под дном моря и доставляет воду из Финляндии, или же что трещиноватые известняки, образующие поверхность почти всего Прибалтийского края, дает сток воде с площади, лежащей значительно южнее.

В заключение не излишним будет упомянуть здесь о так называемых *отрицательных*, или *поглощающих*, колодцах, которые проводятся иногда для удаления воды с поверхности. Благодаря таким колодцам, болота в окрестностях Марселя были превращены в плодородные земли; когда был пробуравлен слой глины, подстилавший болотистую почву, вода устремилась по буровой скважине и, встретив здесь трещиноватый известняк, ушла в море, где эта порода обнажалась. Там, где геологическое строение допускает устройство таких колодцев, последние могут служить прекраснейшим средством для удаления жидких городских нечистот. — *Примеч. пер*

Температура ключей зависит от глубины, из которой они выходят. Те источники, которые протекают близко к поверхности, непосредственно под верхним слоем почвы (Rasenquellen), подлежат ежедневным колебаниям температуры: они замерзают зимой и иссякают летом; на тех ключах, которые питаются из верхних горизонтов подземных вод (Bodenquellen), также отражается смена времен года, и только источники, выходящие со значительной глубины (Gesteinsquellen), обладают постоянной температурой воды, почти не зависящей от температуры атмосферы.

Водные жилы, подымающиеся со значительных глубин по трещинам или по проведенным буровым скважинам дают начало *теплым* ключам, или так называемым *термам*. Этим словом обозначают уже те источники, температура которых только на один градус превышает среднюю температуру воздуха данной местности. Не следует поэтому думать, что термы выделяют горячую воду; в полярных странах, где средняя годовая темнература лежит ниже нуля, теплыми называют уже те ключи, темнература которых обладает одним градусом тепла. Такие источники в природе встречаются нередко. Гораздо реже температура их поднимается настолько, что вода делается теплой или даже горячей. Исключительные условия, при которых возникают эти ключи, представляют для геолога большой интерес.

Источники, обладающие высокой температурой, должны подниматься со значительной глубины; горизонты, питающие их, при самых скромных расчетах залегают на несколько тысяч футов ниже дневной поверхности. Такие ключи в большинстве случаев выходят через трещины земной коры; они встречаются в областях тектонических нарушений и, подобно вулканам и землетрясениям, свидетельствуют о продолжающихся движениях земной коры. Выше мы видели, что сброс, ограничивающей с запада венскую котловину, сопровождается множеством горячих ключей, бьющих у Бадена, Фёслау и других местах; это так называемая «венская линия горячих ключей». Точно так же знаменитые горячие ключи Северной Чехии располагаются у южного обрыва Саксонских Рудных гор. Таких примеров можно было бы привести очень много. Области действующих и потухших вулканов так богаты ключами, что о каждом из них в отдельности не нредставляется возможным говорить. Известные своею поразительно величественной деятельностью ключи Исландии, Иеллоустонского парка в Северной Америке и Новой Зеландии могут служить нримерами, хотя можно было бы указать и еще целые сотни таких же образований. Вообще, невозможно провести границу между извержениями вулканов и явлениями горячих ключей. Водяной пар является главным деятелем при извержениях огнедышащей горы, взрывы его вызывают наиболее грозные поразительные явления; выделения водяного пара и горячей воды не прекращаются даже тогда, когда вулкан вступает в стадию покоя. Они продолжаются в течение многих сотен тысячелетий, являясь остатком прежней вулканнческой деятельности. Как мы уже знаем, вулканы не всегда совпадают с направлением главных тектонических линий, а

встречаются и на поперечных трещинах; то же самое следует сказать и о горячих ключах; так, напр., упомянутые выше Чешские ключи стоят в связи с поперечной дислокационной линией.

Остатком вулканической деятельности часто служат также *выделения газов*, обыкновенно углекислоты*. Часто углекислота выделяется по тем же трещинам, по которым поднимается и горячая вода; таким образом получают горячие углекислые ключи; нередко газ пролагает себе самостоятельный путь, но, встречая в высших горизонтах холодный ключ, выделяется вместе с ним. Этим объясняется, почему в одной и той же местности встречаются друг подле друга горячие и холодные источники; такое, напр., явление мы наблюдаем в Чехии, где ключи Теплица, Карлебада и Франценсбада принадлежат к первому типу, а ключи Мариенбада и ряд других — ко второму типу.

Ниже мы приводим таблицу, в которой сведены результаты анализа вод важнейших ключей: 1) Карлсбадского Шпруделя, 2) горячего Гастейнского ключа, 3) Ифеферского ключа, 4) Висбаденского Кохбруннен, 5) Эмского Кессельбруннен, 6) Пирмонтского Бродельбруннен. Карлсбадский и Эмский ключи принадлежат к числу так называемых щелочных источников и характеризуются высоким содержанием углекислого кальция и натрия, Висбаденский может служить примером ключа, богатого поваренной солью, а Пирмонтский принадлежит к типу железистых ключей.

| В 1000 частях | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Углекислого натра | 1,3619 | 0,0052 | 0,0061 | — | 1,4063 | — |
| Углекислого кальция | 0,2978 | 0,0474 | 0,1306 | 0,4180 | 0,1525 | 0,8660 |
| Углекислого магния | 0,1240 | 0,0036 | 0,0531 | 0,0104 | 0,1147 | 0,0083 |
| Углекислой соли закиси железа | 0,0028 | 0,0068 | 0,0017 | 0,0056 | 0,0024 | 0,0539 |
| Углекислой соли закиси марганца | 0,0006 | 0,0026 | | 0,0006 | 0,0002 | 0,0054 |
| Углекислого бария | — | — | 0,0006 | следы | 0,0010 | — |
| Углекислого стронция | 0,0008 | — | 0,0015 | следы | 0,0014 | — |
| Сернокислого калия | 0,1636 | 0,0014 | 0,0075 | — | 0,0437 | 0,0160 |
| Сернокислого натра | 2,3721 | 0,1975 | 0,0329 | — | 0,0156 | 0,0436 |
| Сернокислого кальция | — | — | — | 0,0902 | — | 0,8668 |
| Сернокислого магния | — | — | — | — | — | 0,6041 |
| Сернокислого бария | — | — | — | — | — | 0,0003 |
| Сернокислого стронция | — | — | — | — | — | 0,0080 |
| Хлористого натра | 1,0306 | 0,0476 | 0,0493 | 6,8356 | 1,313 | 0,1810 |
| Хлористого калия | — | — | — | 0,1458 | — | — |
| Хлористого кальция | — | — | — | 0,4710 | — | — |
| Хлористого магния | — | — | — | 0,2039 | — | — |
| Фосфорнокислого кальция | 0,0002 | — | — | 0,0004 | — | 0,0000 |
| Фосфорнокислого алюминия | 0,0004 | 0,0054 | 0,0009 | — | 0,0002 | 0,0003 |
| Кремнекислоты | 0,0728 | 0,0315 | 0,0141 | 0,0599 | 0,0485 | 0,0358 |
| Прочих составных частей | 0,0036 | — | 0,0006 | 0,0211 | 0,0095 | 0,0037 |
| Общее колич. твердых частей | 5,4312 | 0,3490 | 0,2989 | 8,2625 | 2,8323 | 2,6936 |
| Углекислоты | 0,7604 | 0,0067 | 0,0971 | 0,5082 | 1,6493 | 2,8930 |

* Отсюда, однако, не следует, что всякое выделение углекислоты обладает вулканическим происхождением.

Присутствие углекислоты в воде таких «минеральных» ключей и в большинстве случаев высокая температура их объясняют, почему они содержат в растворе значительное количество солей, явственно ощущаемых даже на вкус. Чистая холодная вода только в слабой степени растворяет большинство горных пород; растворимость последних значительно повышается, если вода обладает высокой температурой или содержит углекислоту. Горячие углекислые ключи растворяют минеральные части той породы, по которой они распространяются. Протекая через породы, трудно поддающиеся действию воды и углекислоты, источники могут извлечь из них немного твердых частей; так, напр., горячие углекислые ключи Теплица выделяются из трещины, которая проходит в массах кварцевого порфира, слабо поддающегося разрушению; вследствие этого в названных ключах мы находим только немного минеральных частей. Такие ключи называются безразличными, или индифферентными. То же самое следует сказать о ключах Гастейна, Пфеферса и др. (см. вышеприведенную таблицу).

В России минеральные ключи имеют широкое распространение. Громадное количество их сосредоточено на Кавказе и служит последним отголоском грозной вулканической деятельности, которая еще недавно проявлялась здесь в широких размерах. Многие из минеральных источников Кавказа приобрели большую известность своими целебными свойствами. Можно было бы насчитать около сотни ключей, которыми пользуются туземцы, но мы остановимся здесь преимущественно на самых известных из них.

Горячие ключи располагаются, главным образом, на северном склоне Кавказских гор и обнаруживаются не только у северной, но также и у южной окраины Тереко-Сунженской возвышенности. Некоторые из них известны со времени Петра Великого и были исследованы со стороны их состава уже при Императрице Екатерине II. Среди этих источников можно отметить *Михайловские* ключи (Терской области, Чеченского округа) при р. Сунже, принадлежащие к группе щелочно-соляных вод; два из них обладают температурой 55°—68,75° (горячие ключи), а один — температурой 28,75° (прохладный источник). Еще выше температура сернистых *Горячеводских* (Екатерининских) источников (Терской области, в 20 в. от крепости Грозной), достигающая 87°—91 °Р; эти ключи вытекают со склонов Кабардинских гор и собираются в небольшом бассейне; переливаясь через края последнего и оставляя на пути туфовые и натечные образования, воды их в виде каскада низвергаются с высоты в 120 фут. Вода этих ключей приводит в движение несколько мукомольных мельниц и, достигнув равнины, сохраняет еще температуру в 48 °Р.

Гораздо больше значения имеют *Пятигорские* воды, которые на относительно небольшом пространстве,—около 50 верст в окружности,—обладают свойствами всех известных до сих пор на Кавказе минеральных вод. Отличительная черта Пятигорских минеральных источников заключается в том, что каждая отдельно взятая группа представляет большое разнообразие в составе воды и в ее температуре. Так, напр., серные воды в г. Пятигорске имеют температуру от 24° до 41° Р. Железноводские источники, находящиеся в 17 верстах к северо-западу принадлежат к железисто-щелочным водам, которые содержат большое количество углекислоты и имеют температуру от 12° до 41 °Р. К западу от Пятигорска выступают Ессентукские ключи, относящиеся к соляно-натровым (10,62°—13,75 °Р), а к юго-западу от того же города, в 35 верстах от него, выбивается из земли среди живописной лесистой местности железисто-кислый источник,—знаменитый Нарзан («Богатырский источник»), дающий в минуту до 88 ведер воды. Наконец, к этой же группе источников следует присоединить еще горько-соленый ключ близ Пятигорска. К довершению выгод местности здесь находится несколько соленых озер, расположенных к юго-востоку от Пятигорска и весьма удобных для лечебных купаний.

Направляясь от Боржомских ворот вверх по течению р. Куры и миновав местечко Ацхур и небольшой город Ахалцых, мы достигаем Аббас-Тумана. Это местечко лежит на высоте 4,178 фут. над уровнем моря; природа имеет здесь характер северных стран: живописные поляны чередуются с березовыми рощами и сосновыми лесами. Целебные свойства Аббас-Туманских вод еще в средние века были известны грузинам; говорят, что уже в 16 веке там находилось поселение, и при нем имелись ванны; существует даже сказание, будто воины Александра Македонского этими водами исцелялись от своих ран. В 1864 г. здесь построен госпиталь. Воды Аббас-Туманских источников относились к разряду сер-

ных: в анализе Струве 1873 г. было ошибочно показано (вследствие перестановки запятой) содержание серы: считалось, что в 1,000 част. воды содержится 0,007 частей серы, на самом же деле содержание ее только 0,0007 частей; поэтому правильнее считать эти источники химически-индифферентными; содержание минеральных веществ в них вообще незначительно.

Кроме Кавказских минеральных ключей, здесь можно упомянуть известные слабо-соляные *Старорусские* источники (в Старой Руссе, Новгородской губ.—всего пять) и принадлежащие к той же группе *Друскеникские* минеральные воды (в имени Друскеники, Гродненской губ.,— всего 7 источников).

Уже из сделанного обзора видно, что по присутствию тех или иных минеральных веществ ключи распадаются на несколько групп. Мы упоминали о щелочных, соляных, железных (или железистых), горьких, сернистых и химически-индифферентных источниках; если присоединить еще сюда «известковые» ключи, каковы, напр., источник, расположенный в 18 верстах от озера Ала-Куль, в Семипалатинской области, или Джелал-Абатские ключи в Туркестанском крае, в 450 верстах от Ташкента, то этим исчерпывается все разнообразие состава минеральных ключей. Впрочем, такое деление источников имеет чисто практическое значение, и вопрос о классификации ключей с научной точки зрения представляется до чрезвычайности трудным и до сих пор не нашел удовлетворительного решения. Можно отметить еще группу так называемых «нефтяных источников», которые выносят на поверхности маслянистые пятна нефти. Такие ключи в большом количестве существуют в окрестностях Баку. На острове Челекене в Каспийском море насчитывают до 3,500 таких ключей. Практическое значение нефтяных источников чрезвычайно велико, так как они указывают на существование подземных залежей нефти.

Что касается состава минеральных ключей, то он изменяется не только в большие промежутки времени, но даже в течение одного и того же года. Типичный пример таких изменений представляют Друскеникские минеральные воды: прилагаемая таблица проф. *А. А. Иностранцева*, составленная по годам, наглядно убеждает в существовании таких изменений:

| Составные части | 1835 г. | 1867 г. | 1871 г. | 1881 г. |
|---|---|---|---|---|
| Хлор | 62,66% | 53,59% | 51,89% | 59,51% |
| Натрий | 28,50 | 23,73 | 19,42 | 18,00 |
| Кальций | 8,37 | 10,21 | 11,75 | 14,01 |
| Магний | 1,99 | 2,68 | 3,96 | 7,16 |
| Серый ангидрид | 0,54 | 0,27 | 0,48 | 0,98 |
| Углекислота | 0,88 | 2,91 | — | 1,14 |

Из этой таблицы легко усмотреть, что в Друскеникских источниках с течением времени, т.е. в период 46 лет, произошли крупные изменения, выразившиеся замещением натрия кальцием и магнием. Кроме того, изменилась и концентрация минеральных вод: так, в 1835 г. на литр воды приходилось 5,3 части твердого остатка, а в 1881 г. уже 9,9 частей. Другой пример подобных же изменений представляет артезианский колодезь г. Петербурга. Ежедневные наблюдения в течение целого года и здесь обнаружили колебания хлора от 21,6% до 24,75% с изменением удельного веса в пределах от 1,0022 до 1,0050, хотя вода получается здесь с глубоких водоносных горизонтов (200 м). Точно так же меняет состав и концентрация Цехоцинских минеральных вод. Соляные ключи тоже испытывают известные изменения и дают каждый день не одинаковое количество соли. Наконец, некоторые источники совершенно меняют свой характер; так, напр., тепло-серные Пятигорские ключи, еще в 1875 г. содержащие сероводород, теперь вовсе не имеют его; громадные источники Юцы ныне пресноводны, между тем как существование мощных масс туфа, образованных ими, несомненно свидетельствует, что прежде в их воде содержались минеральные подмеси. Все эти данные указывают, что минеральный ключ не есть что-либо постоянное и что для подробного изучения жизни его необходимы продолжительные наблюдения и многочисленные анализы. — *Примеч. пер.*

## Гейзеры и грязные вулканы

Едва ли не самыми замечательными и своеобразными горячими ключами являются *гейзеры*. Так называются кипящие ключи, которые действуют с известными перерывами и, вырываясь из-нод земли через большие или меньшие промежутки времени, выбрасывают вверх огромные количества воды.

С давних времен такие ключи известны в *Исландии*, где находится знаменитый *Большой Гейзер*, сообщивший название всей группе явлений. Долина, где сосредоточивается деятельность гейзеров, лежит на высоте около 100 м над уровнем моря, у края огромной ледяной пустыни, которая образует возвышенное плоскогорие острова. «На равнине, приблизительно в 2 мили шириной, простирающейся от подножия Бла-фелла до берега моря и теряющейся в прибрежных болотах, у подножия холма, образованного сланцеватыми фонолитами и серым трахитом, лежит группа ключей Большого Гейзера; обширная долина покрыта зеленым ковром роскошной растительности, множество больших и малых рек вьется серебряными лентами. Уже издали путешественник видит белые пары, поднимающиеся тут и там и мощные столбы дыма клубами стремящиеся вверх. Скоро перед ним развертывается вся система больших и малых горячих ключей и кипящих колодцев, располагающихся вдоль трещины, которые идет в северо-северо-восточном направлении.

Гейзер вырывается из наносных образований новейшего происхождения; он окружен толстым пластом кремнистых отложений; на горизонтальных пластах последних громоздятся около каждого из кипящих ключей то большие, то малые конусы; в середине их располагается цилиндрический канал различной ширины, образующий нечто вроде глубокого колодца. Притупленный конус Большого Гейзера обладает серо-непельным цветом; склоны его падают на восток под углом в 8—10 градусов, а на запад приблизительно под углом в 7 градусов. На вершине этого конуса видна плоская котловина около 17 м в поперечнике; в центре ее располагается самый канал, диаметр которого достигает приблизительно 6 м, а глубина—23,5 м. С большой вероятностью можно предположить, что канал продолжается и дальше, разветвляясь на несколько рукавов. Во время покоя котловина наполпена чистой, как кристалл, зеленоватой водой, которая у поверхности достигает температуры 82 °С и стекает по восточной стороне конуса тремя небольшими ручейками. Вдруг раздается подземный шум, который в слабой форме напоминает те звуки, которыми сопровождается извержение огнедышащей горы. Это явление длится несколько секунд, затем смолкает и снова повторяется с повышенной силой. Вода котловин вспучивается, изгибаясь в виде вынуклого свода; появляются пузыри паров; они лопаются на поверхности, и вода взлетает па несколько метров вверх. Затем все стихает; густой белый пар окутывает некоторое время котловину. Явление продолжается в течение дня или больше и взрывы происходят через правильные промежутки времени от 20—30 минут до 1 часа; вдруг оно принимает иной характер; из глубины раздается страшный грохот, вода в котловине сильно вспучивается, начинает вихреобразно кружиться и вздыматься вверх; в середине появляется огромный пузырь пара, и через несколько мгновений вылетает водяная струя; она ноднимается на 80—100 футов и рассыпается в воздухе ослепительно белой мельчайшей пылью; водяные брызги еще не успе-

вают достигнуть земли, как вдруг вырывается вторая струя, затем третья; с каждым разом они поднимаются все выше и выше. Водяные струи разлетаются во всех направлениях, разбрасываются в стороны, описывают дуги, поднимаются вверх с шипением и шумом, точно ракеты во время фейерверка; огромные облака паров окутывают водяные столбы; в глубине раздается еще глухой удар и в сопровождении массы камней вырывается последняя огромная струя. Все смолкает: явление исчезает, как волшебный сон перед утренним пробуждением. Когда ветер разнесет густые пары и вода стечет по склонам копуса, перед глазами наблюдателя раскроется лишенная воды котловина, покрытая серо-пепельными натеками; в глубоком канале, в 2 м от его края, вода стоит спокойно, как и во всяком колодце. Нужно видеть это удивительное зрелище, описать его невозможно. Наслаждение им вознаграждает естествоиспытателя за все те лишения и опасности, которые он перепес во время своего трудного и однообразного путешествия» (по *Сарториусу фон Вальтерсгаузену*).

Кроме Большого Гейзера, в той же местности мы находим 40—50 кипящих ключей. Среди них едва ли не первое место запимает *Строкр* (Маслобойная кадка). *Прейер и Циркель* пишут о нем следующее: «Строкр лежит в каких-нибудь ста шагах от Большого Гейзера, а между тем картина его совершенно иная. Он не имеет высокого кремнистого конуса; его жерло окружается невысокой каймой (до 4 дюймов), которая состоит из бурой твердой накипи. Канал Гейзера непосредственно обрывается в глубину, у поверхпости он достигает $7^1/_1$ ф. в поперечнике, а на глубине 26 ф. суживается и обладает шириной в 1 ф. Вода стоит в нем в 10—13 ф. от поверхности, непрерывно пенится и кипит, но не поднимается и не опускается.

Сделав беглый осмотр кипящих ключей, мы решили проверить, справедливо ли сообщение прежних путешественников, которые утверждали, что можно вызвать извержение Строкра, набросав земли и камней в нижние части его канала. Всемером мы принялись тотчас же за эту работу. Мы таскали широкие плиты и огромные глыбы кремнистого туфа, куски дерна и земли и все это бросали в жерло гейзера. Мы провели полчаса в самой напряженной работе, но это не вызвало никаких измеиений ии в высоте, ии в состоянии водяного столба. Так как было набросано уже очень много земли и камней, то мы отказались от удовольствия видеть извержение гейзера и, сильно утомленные, отправились в селение Лаугар, стоящее в 4 минутах пути.

Когда мы снова пошли к гейзерам, вдруг донесся до нашего слуха шум, и в том месте, где лежит Строкр, с неописуемой силой поднялся вверх мощный столб пара. За ним последовали огромные струи воды, окутанные густыми облаками паров; со страшным ревом вырывались они из жерла и поднимались на огромную высоту. Они успевали еще падать на землю, но гейзер выбрасывал с еще более оглушительным шумом новые водяные сноны. По временам замечался короткий перерыв, но после этого во всех направлениях с шипением вылетали струи кипящей воды, прорывая окутывавший их пар. Высота, до которой опи подиимались, была различна и достигала 80—100 ф. Вследствие подмеси земли и дерна вода обладала буро-желтым цветом шоколада; камни, которые мы бросали раньше в канал, поднялись на такую страшную высоту, что исчезли из наших глаз. Некоторые из них летели в вертикальном паправлении, падали обратно в жерло и,

точно мячики, снова подпрыгивали вверх. Наконец, извержение стало ослабевать, высота водяных столбов понижаться. Вылетело еще несколько струй, которые с быстротой молнии поднялись высоко вверх, и затем минут через шесть все успокоилось. Теперь уже гейзер не представлял опасности; мы приблизились к нему и с любопытством рассматривали кратер, дно которого было совсем залито горячей красной водой. Кто страдает головокружением, тот не должен близко подходить к краю; местные крестьяне рассказывали, что иногда коровы, лошади и овцы падали в канал гейзера и выбрасывались совершенно сваренными.

Вода стояла ниже, чем до извержения, и сильно кипела; иногда поверхность его вспучивалась в виде полушара; казалось, она сейчас станет подниматься, но пузыри лопались, и все успокаивалось. Приблизительно в 150 шагах от Большого Гейзера лежит множество прудов, прелести которых едва ли возможно описать. Очертания их неправильны, ширина 15—20 ф., глубина—30 ф.; эти пруды наполнены до самого верха совсем спокойной, чуть-чуть кипящей водой; она чиста, как кристалл, и настолько прозрачна, что через нее можно видеть все дно. Некоторые котловины отделены друг от друга узкими простенками, которые образованы кремнистыми натеками; белые зубцы и спицы фантастически одевают стены этих гротов; свет, отраженный от воды, сообщает им голубоватую или зеленоватую окраску. Вблизи гротов расположен Малый Строкр, который через каждые полчаса выделяет огромные количества пара и выбрасывает воду на 6—10 футов. Каждое такое извержение длится приблизительно 30 секунд.

Воды всех кипящих ключей выделяют кремнекислоту, которая, благодаря высокой температуре и сильному давлению, извлекается из горных пород; она отлагается в форме туфов и накипей*. На далеком расстоянии от этих ключей поверхность покрыта толстой корой таких отложений; из них же состоят кратеры и каналы гейзеров. Ручьи, которые вытекают из жерла, отлагают также на своем дне и у берегов кремнистую накипь, которая состоит из тонких, точно бумага, волнообразно расположенных друг на друге слоев. Все тела, которые попадают в воду таких ручьев, облекаются в короткое время толстой или тонкой корой; вблизи гейзеров находится множество окременелых остатков растений. Нежнейшие нервы березовых и ивовых листьев, тончайшие бороздки на поверхности хвощей дают точнейшие отпечатки. Многочисленные остатки травы и ветвей ползучих кустарников, даже цветов, превосходно сохраняются внутри туфов. Занятые собиранием этих нежных образований, мы вдруг были поражены силь-

---

* По одному из анализов *Зандбергера,* воды Большого Гейзера обладают следующим составом:

| | | |
|---|---|---|
| Кремнекислоты | 0,5097 | процента |
| Углекислого натра | 0,1939 | » |
| Углекислого аммония | 0,0083 | » |
| Сернокислого натра | 0,1070 | » |
| Сернокислого калия | 0,0475 | » |
| Сернокислого магния | 0,0042 | » |
| Хлористого натра | 0,2521 | » |
| Сернистого натра | 0,0088 | » |
| Углекислоты | 0,0557 | » |
| Воды | 0,8128 | » |
| | 100,0000 | процентов |

ным самостоятельным извержением Строкра, наблюдать которое удавалось только немногим из прежних путешественников. Позади нас раздался подземный грохот, и около Строкра с быстротой стрелы поднялись в воздухе столбы густых белых паров. Они окутывали циллиндрическую струю воды, достигавшую, по крайней мере, 10 футов в поперечнике; точно огромная пиния, расплывалась она на высоте и рассыпалась мелкой, ослепительно белой пылью, летевшей во всех направлениях. С такой же быстротой эта струя упала и затем со страшным ревом быстро поднялась опять на недосягаемую для глаза высоту. Из густой оболочки паров, точно ракеты, вылетали другие струи; они описывали в воздухе дугу и рассыпались также серебряной пылью, которая еще долго падала на землю. Неизмеримо огромные тучи паров окутывали гейзер во все время извержения. Иногда казалось, что подземные силы истощились и что струя должна разорваться, но проходило мгновение, грохот усиливался, и с удвоенной скоростью вода поднималась еще выше. Сила паров была так велика, что, несмотря на довольно значительный ветер, струи поднимались почти в вертикальном направлении. Это чудное явление длилось почти пятнадцать минут, сила гейзера истощилась, водяные столбы упали, и извержение было кончено; наибольшая высота, до которой поднимались воды, достигала 140 ф.»

Для объяснения этих явлений было предложено несколько теорий. Мэкензи предполагал существование подземных пустот, которые играют роль как бы парового котла и периодически наполняются горячей водой и паром; отсюда извержение распространяется по системе каналов, соединяющихся с жерлом гейзера. Это объяснение, развитое впоследствии Кругом фон Нидда и Бишофом, не может быть применено ко всем случаям; прежде всего оно не согласуется с теми явлениями, которые точно наблюдались в Большом Гейзере. На основании последних явлений *Бунзен* и построил свою прекрасную гипотезу, которая оправдывается не только с теоретической стороны, но может быть подтверждена и лабораторными опытами.

Эта теория основана главным образом на измерениях температуры различных частей водяного столба Большого Гейзера в промежутке между двумя извержениями. Результаты этих измерений, произведенные Бунзеном совместно с Деклуазо, представлены в следующей таблице:

| 6 июля 8 ч. 20 мин. пополудни | | 7 июля 2 ч. 55 мин. пополудни | | 7 июля 7 ч. 58 мин. пополудни | |
|---|---|---|---|---|---|
| Высота над поверхностью дна | Температура | Высота над поверхностью дна | Температура | Высота над поверхностью дна | Температура |
| 0 м | 123,6 °C | 0 м | 127,5 °C | 0 м | 126,5 °C |
| 4,8 » | 122,7° » | 5 » | 123,0° » | — | — |
| 9,6 » | 113,0° » | 9 » | 120,4° » | 9,85 » | 121,8° » |
| 14,4 » | 85,8° » | 14,75 » | 106,4° » | 14,75 » | 110,0° » |
| 19,2 » | 82,6° » | 19,55 » | 85,2° » | 19,55 » | 84,7° » |

Отсюда видно: 1) что температура водяного столба уменьшается по направлению снизу вверх, 2) если пренебречь незначительными уклонениями, то во всех точках столба температура тем выше, чем больше протекло времени с момента последнего извержения, 3) даже за несколько минут перед извержением вода не дости-

гает точки кипения, соответствующей давлению атмосферы и столба воды на месте наблюдения*. В том месте, где приток теплоты происходит всего сильнее,—у Большого Гейзера приблизительно в нижней трети его канала,—давление водяного столба преодолевается раньше, чем в других частях, и некоторое количество воды обращается в пар. Образуются пузыри пара, которые, поднимаясь вверх, производят шум и вспучивание водяной поверхности. Вследствие образования паров теплота затрачивается, и температура соответствующего слоя понижается: после каждого извержения должно пройти некоторое время, чтобы дальнейший приток теплоты мог вызвать образование новых пузырей пара. Температура всей водяной колонны мало-помалу повышается; пары выделяются все стремительнее—и, наконец, их напряжение увеличивается настолько, что верхняя часть водяного столба поднимается и пар вырывается наружу. Это влечет за собой быстрое уменьшение давления; перегретая вода мгновенно обращается в пар и вызывает извержение. Вода, поднимающаяся вверх, охлаждается; часть ее, падая в жерло гейзера, понижает температуру и препятствует дальнейшему вскипанию. Гейзер мало-помалу наполняется поднимающейся снизу горячей водой, и процесс повторяется ритмически. Так как количество и температура притекающей воды, длина канала и величина охлаждающейся поверхности кратера у разных гейзеров различна, то сила извержений и их продолжительность, а также и продолжительность периода покоя должны быть различны.

Эта глубокая и в то же время простая теория прекрасно объясняет явления, происходящие в Большом Гейзере; является вопрос, возможно ли применить объяснение Бунзена к горячим ключам Новой Зеландии и Иеллоустонского парка.

Гейзеры *Новой Зеландии* были подробно исследованы Гохштеттером. Многочисленные кипящие ключи, сольфатары, грязные фонтаны и т. п. сосредоточиваются на северном острове и образуют пояс, в центре которого располагается озеро Таупо и который направляется отсюда на северо-восток к заливу Пленти. К числу наиболее замечательных явлений этой местности принадлежат *ключи долины Вайкато* у Орокайкорако (см. рис. 275). Вот как описывает их *Гохштеттер*:

«24 апреля 1859 г. За ночь погода успокоилась. Рано утром густой туман лежал над Вайкато, но скоро солнце приветливо осветило долину—и чудное зрелище открылось перед нами. Река Вайкато бурно стремится по узкой и глубокой долине, которая вьется между крутыми обрывами гор; воды ее пенятся и клубятся около двух маленьких скалистых островков, выдвигающихся среди ее ложа, и брызги с шумом разлетаются по долине. Берега окутаны белыми облаками пара, которые поднимаются от горячих водопадов, низвергающихся в реку, и от котловин, наполненных кипящей водой и обрамленных поясом белых камней. Кипящие фонтаны поднимаются в высоту и падают опять вниз, появляются то на том, то на другом месте; иногда бьют два ключа одновременно,—один на самом берегу реки, другой—на одной из противоположных террас. Игра этих ключей представляет своеобразно прихотливую картину, и зрителю порой кажется, будто он присутствует при опытах с величественным произведением человеческого искусства, будто здесь пробуют, в порядке ли фонтаны и достаточно ли воды для каскада. Я стал пересчитывать места, где виднелись кипящие котловины или где выделялись пары. Я насчитал 76 таких точек, но далеко не исчерпал всего, что

* Известно, что при повышении давления повышается и точка кипения воды.

представляет эта местность. Многие из этих любопытных ключей проявляют деятельность, подобную гейзерам, и производят периодические извержения воды.

Огромная каменистая площадь, образованная белой кремнистой накипью и достигающая 120 шагов в длину и ширину, покато спускается от подножия Тутуканских гор к Вайкато. На этой площади извергаются горячие пары и бьют гейзеры; сюда относятся некоторые из наиболее замечательных и значительных ключей всей области, в том числе и известный Пуиа-те-мими-а-хомайте-ранге. Наблюдая неремежающуюся деятельность этого ключа, мы убедились, сколько требуется осторожности от путешественника, который впервые приближается к этому месту и не имеет с собой опытного проводника. Два моих товарища хотели рано

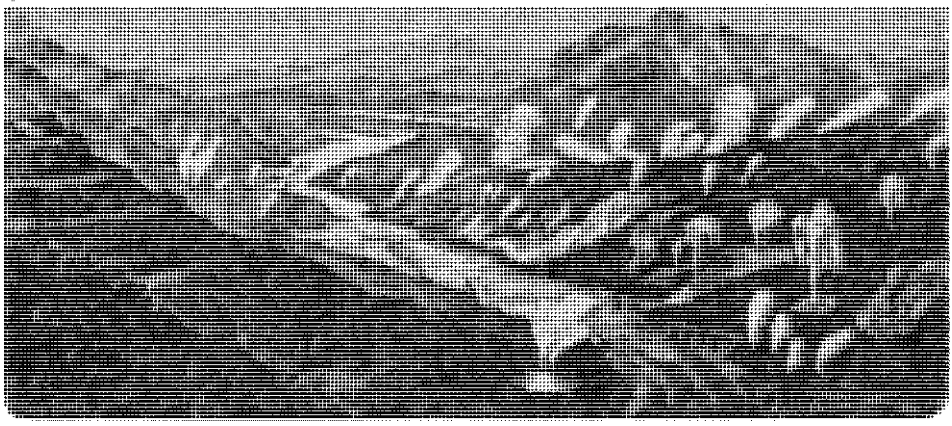


Рис. 275. **Горячие ключи и гейзеры в Оракайкорако на Новой Зеландии** (по Гохштеттеру)

утром выкупаться в водах Вайкато; они сняли уже платье и положили его вблизи котловины, наполненной кипящей водой. Вдруг они услышали позади сильные раскаты и увидели, что вода в ключе начинает подниматься. В ужасе бросились они назад и едва-едва не были облиты кипящей водой: в этот момент из котловины с шумом и шипением вырвалась косая струя, поднявшаяся до 20 футов в высоту. Еще больше ужасов рассказывали мои спутники о своих приключениях близ коварного гейзера; когда я прибыл на место, то все было уже спокойно, и в обширной котловине, достигавшей 4—5 ф. в поперечнике, прозрачная, как кристалл, вода только слегка волновалась. Первое извержение, которое привелось мпе наблюдать, нроизошло в 11 часов 20 минут утра. Перед извержением котловина наполнилась до самого края. Из глубины ее доносилось громкое бульканье, вода начинала все сильнее кипеть, и вдруг вырвалась струя, направившаяся к юго-юго-востоку под углом в 70° и поднявшаяся на 20—30 ф. в высоту. С шипением и свистом вылетели из котловины вместе с водой огромные массы паров, скрывшие от моих глаз водяные снопы. Явление длилось $1^1/_2$

минуты, затем сила извержения стала ослабевать, вода поднималась только на 1—2 ф., через две минуты послышалось слабое клокотание — и игра гейзера прекратилась. Подойдя к котловине, я увидел, что она совершенно пуста: передо мной раскрывалось воронкообразное углубление, глубиной около 8 ф.; из него с шипением выделялся пар. Но мало-помалу вода стала опять подниматься, через 10 минут котловина наполнилась снова; около 1 часа 36 минут понолудни произошло второе извержение, а около 3 часов 10 минут — третье; оба я имел случай наблюдать. По-видимому, извержения повторяются через каждые 2 часа; эти гейзеры, как и все окрестные ключи, отлагают кремнистую накипь; свежие осадки напоминают желатин и, постепенно отвердевая, превращаются в легко растирающуюся и напоминающую песок массу. Наконец, образуются пласты твердой породы, располагающиеся друг на друге и обладающие в различных местах различным цветом и строением.

Главный источник, которому обязана своим происхождением вся эта огромная котловина, лежит у самого подножия холмов; это огромный ключ, вода которого постоянно кипит и вздымается до 2—3 футов; температура их 98 °С. Мой проводник рассказывал, что после землетрясения в Веллингтоне в 1848 году этот ключ в течение двух лет проявлял деятельность гейзера, выбрасывал струи до 100 футов вышиной (цифра несколько преувеличена) и со страшной силой извергал огромные камни, которые бросал в его отверстие».

Другая не менее замечательная область Новозеландских гейзеров принадлежит к тому же поясу; это озеро *Ротомахана*, расположенное почти посередине между озером Таупо и берегом. Чудные террасы этого озера, как уже мы упоминали выше (281 стр.), были уничтожены во время опустошительного извержения Тараверы в 1886 году, и вследствие появления трещины, достигавшей 15 км в длину, и гидротермических извержений вся местность приобрела неузнаваемый вид. Тем больше интереса представляет прекрасное описанне этой местности, сделанное *Гохштеттером*.

«Первое впечатление, производимое этим небольшим грязно-зеленым озером с его болотистыми берегами, не соответствует ожиданиям путешественника, который слышал столько чудес об этой стране. Ей не достает той живописности, которая сразу приковывает взоры, и то, что делает эту местность самой замечательной в Новозеландии и даже во всем свете, остается на первое время скрытым. Только облака паров, всюду поднимающиеся с новерхпости, заставляют ожидать чего-то необыкновенного.

Мы высадились на утесистом острове Пуаи, одиноко выдвигающемся среди озера; несколько хижин, построенных на этой скале, служат пристанищем для посетителей. Кому не известно, что здесь жили люди по целым неделям, тот вряд ли решится провести одну ночь в этом месте. Уже беглый осмотр острова не сулит ничего утешительного. Путешественнику кажется, будто он перенесен в середину действующего кратера: кругом слышится непрерывное шипение и свист; вода клокочет и кипит; почва горяча. В первую ночь я, страшно перепуганный, вскочнл с постели: несмотря на толстый слой папоротников, положенных на пол и на шерстяное одеяло, которое служило мне постелью, я чувствовал, что почва нагревается до невыносимости. Я разыскал термометр, сделал палкой углубление в мягкой глинистой почве и вставил его туда; ртуть мгновенно поднялась

до точки кипения, и когда я вынул градусник из отверстия, где он стоял, с шинением вырвался пар: я поспешил заткнуть эту дыру. Остров представляет разрушенную газами и парами скалу; она покрыта множеством трещин, размягчена горячими водами озера и каждую минуту грозит полным уничтожением. Кругом ненится горячая вода, и всюду вырывается пар; по совету местных жителей, мы пользовались им для нагревания пищи. Стоит только выкопать в земле небольшую яму или даже просто снять кору с существующих уже трещин,—и печь готова: в выделяющихся из земли парах можно сварить картофель и мясо.

Ротомахана, одно из самых незначительных озер этой местности, с полным нравом носит название «горячего озера»; огромное количество кипящей воды выделяется у берегов и на дне и нагревает все озеро. Температура в различных местах неодинакова: там, где появление пузырей на поверхности свидетельствует о присутствии горячих ключей на дне озера, термометр показывает 30—40 °С, а около устьев нескольких холодных ключей — 15° — 20 °С.; средняя температура достигает 26°. Купаясь в озере и отплыв на некоторое расстояние от берега, можно непосредственно чувствовать эту перемену температуры; впрочем, следует быть осторожным и не подходить близко к горячим ключам.

Особенный интерес представляет восточный берег: здесь лежат наиболее значительные ключи, которым озеро обязано своим наименованием и которые вообще нринадлежат к числу самых замечательных ключей во всем свете. У северо-восточного конца озера располагается Тетарата» («Татуированный»); этот кипящий ключ с его террасами кремнистого туфа, распространяющимися далеко по озеру,—едва ли не самое удивительное из всех чудес Ротомаханы (см. рис. на особом листе «Террасы кремнистого туфа, образованные источником Тетарата»). Главный бассейн этого источника лежит на высоте 80 ф. над уровнем озера на склоне заросшего напоротником холма; почва последнего местами обнажается и выделяет пары; отлагающаяся здесь окись железа сообщает ей красный цвет. Бассейн Тетараты представляет кратероподобную котловину, открывающуюся на запад; крутые стены его из красной разрушенной глины достигают 30—40 футов в вышину. Ширина бассейна — 60 футов, длина — 80 футов; до самого края он наполнен чистой и прозрачной водой: свет, отражающийся от белоснежных натеков, которые обрамляют бассейн, сообщает ей ярко-голубой цвет бирюзы или опала. У берега котловины вода имела нри моем посещепии около 83 °С; на середине бассейна она вздымалась на несколько футов вверх и находилась в кипящем состоянии. Огромные облака паров, отражающие синеву вод, клубятся вверх и не позволяют видеть всей поверхности котловины; но зато ухо слышит непрерывное клокотание кипящей воды. Туземец Акутина, служивший мне проводником, уверял, что иногда вся масса воды, находящаяся в бассейне, выбрасывается вверх; в это время кратер, достигающий около 30 футов в глубину, остается надолго пустым; вслед затем он опять быстро наполняется водой. Было бы чрезвычайно интересно проверить это показание; еслн оно справедливо, то Тетарата — не что иное, как гейзер, действующий с большими промежутками и по силе своих извержений, быть может, не уступающий знаменитому Большому Гейзеру Исландии. Бассейн Тетараты даже больше, а нотому масса выбрасываемых им вод должна быть громадна.

Вода этого источника обладает резко выраженным свойством облекать своими отложениями все, что в нее попадает. Подобно исландским гейзерам, она заключает в растворе кремнезем. Падая по склонам холма, источник образовал систему террас, которые кажутся выточенными из мрамора; картина до того великолепна, что впечатление, производимое ей на зрителя, трудно передать словами. Чудится, будто стоишь перед водопадом, который мгновенно окаменел при своем падении. Необходимо подняться на эти величественные ступени и рассмотреть все подробности их строения, чтобы иметь полное представление об удивительном сооружении природы. Обширное подножие холма скрывается в водах озера Ротомаханы; террасы начинаются низкими уступами, на вершине которых располагаются мелководные котловины; чем выше, тем величественнее становятся эти террасы и достигают, наконец, 2—3, а некоторые 4—6 футов; они образованы полукруглыми котловинами, лежащими на разной высоте. Каждая из таких ступеней имеет небольшой возвышенный край, с которого падают вниз нежные сталактиты, и более или менее обширную платформу, на которой располагается одно или несколько озер с прекрасной голубой водой. Последние представляют ряд естественных бассейнов, весьма удобных для купания; самый изысканный вкус, взлелеянный в утонченной роскоши, не сумеет придумать ничего более великолепного и более удобного. Здесь можно найти и более глубокие и более мелкие бассейны и, смотря по желанию, купаться в более теплой или более холодной воде: на уступах, расположенных ближе к главному бассейну, вода теплее, чем на более низких ступенях этой чудной лестницы. Некоторые из котловин настолько глубоки и обширны, что в них свободно можно плавать. Поднимаясь вверх по уступам, приходится идти по горячей воде, которая выступает из бассейнов, распространяется по платформам, но редко достигает их краев. Кипящих водопадов, низвергающихся с террасы на террасу, мы здесь не находим; они образуются только в виде исключения во время особенно сильных извержений воды; обыкновенно только ничтожные количества воды переливаются через края террас, главная же масса ее стекает с нижней стороны и образует здесь горячий ручей, с поверхности которого поднимаются обильные пары. Достигнув высшей террасы, путешественник попадает на обширную площадку, покрытую множеством котловин глубиной в 6—7 фут.; вода, наполняющая их, достигает 30°—50 °С. Среди этой площадки, почти у самого края главного бассейна, выдвигается скалистый остров, вышиной около 12 футов; он весь зарос мелким кустарником, мхом, плаунами и папоротниками; не подвергаясь никакой опасности, можно взобраться на него и смотреть оттуда на расстилающееся ниже голубое кипящее озеро. Белизна кремнистых потоков, резко выступающая на фоне зеленой растительности и голубых вод, ярко-красные стенки кратера,— все это вместе представляет картину, подобную которой нельзя найти во всем свете».

Явления вроде описанных в огромном числе повторяются на всем протяжении между озером Таупо и бухтой Пленти. Хотя ни один из ключей нельзя сравнить по силе действия с Большим Гейзером Исландии, но в общем горячие ключи на Новой Зеландии достигают более мощного развития. Но величественные явления обеих названных областей бледнеют перед гейзерами *Йеллоустонского Национального парка* в Северной Америке. Этот волшебный уголок, несомненно вулканического происхождения, располагается на границе Вайоминга и Монтаны, в области истоков Йеллоустона, Мадисона и Снэка, на высоте 2300—2670 м над

уровнем моря; несколько десятков лет назад он был вовсе не известен ученому миру. Возможно, что отважные искатели золота уже давно заглядывали в эти недоступные области и любовались величественными столбами воды и паров, вырывающимися здесь из-под земли и подпимающимися до 80 м вверх. Но только в 1869 году Кук и Фольсом сделали первое сообщение об этой замечательной местности. Геологический Комитет в Вашингтоне немедленно (в 1871 г.) снарядил экспедицию для геологического и географического исследования страны; руководство работами было возложено на Гайдена, под начальством которого и была выполнена возложенная на экспедицию задача. Таким образом, еще несколько лет назад в эту местность отваживались путешествовать только хорошо организованные экспедиции, но теперь она доступна для всякого, так как сюда проведена уже ветвь Северной Тихоокеанской железной дороги. Эта замечательная область горячих ключей объявлена собственностью государства и названа Национальным парком; этим она защищена от вандальского разрушения и разграбления с целью наживы.

В наиболее исследованной части Национального парка число горячих ключей достигает 7000. Среди последних насчитывают 84 настоящих гейзера, периодически производящих извержения и отлагающих кремнезем (см. рис. 276). Некоторые из них превосходят грандиозностью своей деятельности исландские гейзеры и выбрасывают струи до 80 м в вышину. Одним из самых величественных гейзеров Иеллоустонского парка является Великан (Giant), конус которого достигает 3 м в высоту и 5,5 м в поперечнике. Период покоя его продолжается в большинстве случаев 3 дня; на четвертый день происходит извержение, длящееся до $3^1/_2$ часов и сопровождающееся выбрасыванием столбов воды до 40 м в высоту. Извержение оканчивается стремительным выделением пара. Такой же характер носит деятельность Великанши (Giantess), проявляющаяся с еще большей силой. Паузы у этого гейзера также неодинаковы и длятся иногда несколько дней; за ними следуют извержения с перерывами в несколько часов. Главные массы воды поднимаются на 18 м, а мелкие струи — до 80 м. Извержения Замка (Castle-Geiser), названного так по сходству его кремнистого копуса с развалинами замка (см. рис. 276), начинаются громким клокотанием, но вода поднимается по большей части невысоко; взрыв оканчивается обильным выделением паров. Улей (Beehive, см. рися 277) обладает небольшим чрезвычайно правильным конусом, из которого однажды в день вырывается величественная водяная струя до 60 м в высоту. Старый Служака (Old Faithfull) выбрасывает с поразительной правильностью через каждые 50—70 минут мощную струю в 32 и даже в 42 метра высотой (см. рис. 278). Наряду с неречисленными гейзерами можно было бы отметить еще целый ряд других не менее замечательных и любопытных; здесь мы видим примеры самой разнообразной деятельности и наблюдаем множество нереходов от мощных и величественных гейзеров до таких незначительных, каков, напр., Минутный Человек, действующий почти безостановочно и выбрасывающий через каждые $^1/_2$—$3^1/_2$ минуты струю в 7 метров высотой. Все это дает право Иеллоустонскому парку считаться «страной чудес»; ничего подобного ей мы не знаем на поверхности всей земли (см. рис. 279) *.

---

* На русском языке имеется подробное описание Иеллоустонского парка. Это — «Прогулка в страну чудес» А. П. Кирпотенко СПб., 1896 Изд. М. М. Ледерле. Изложение общедоступное, много рисунков. — *Примеч. пер.*

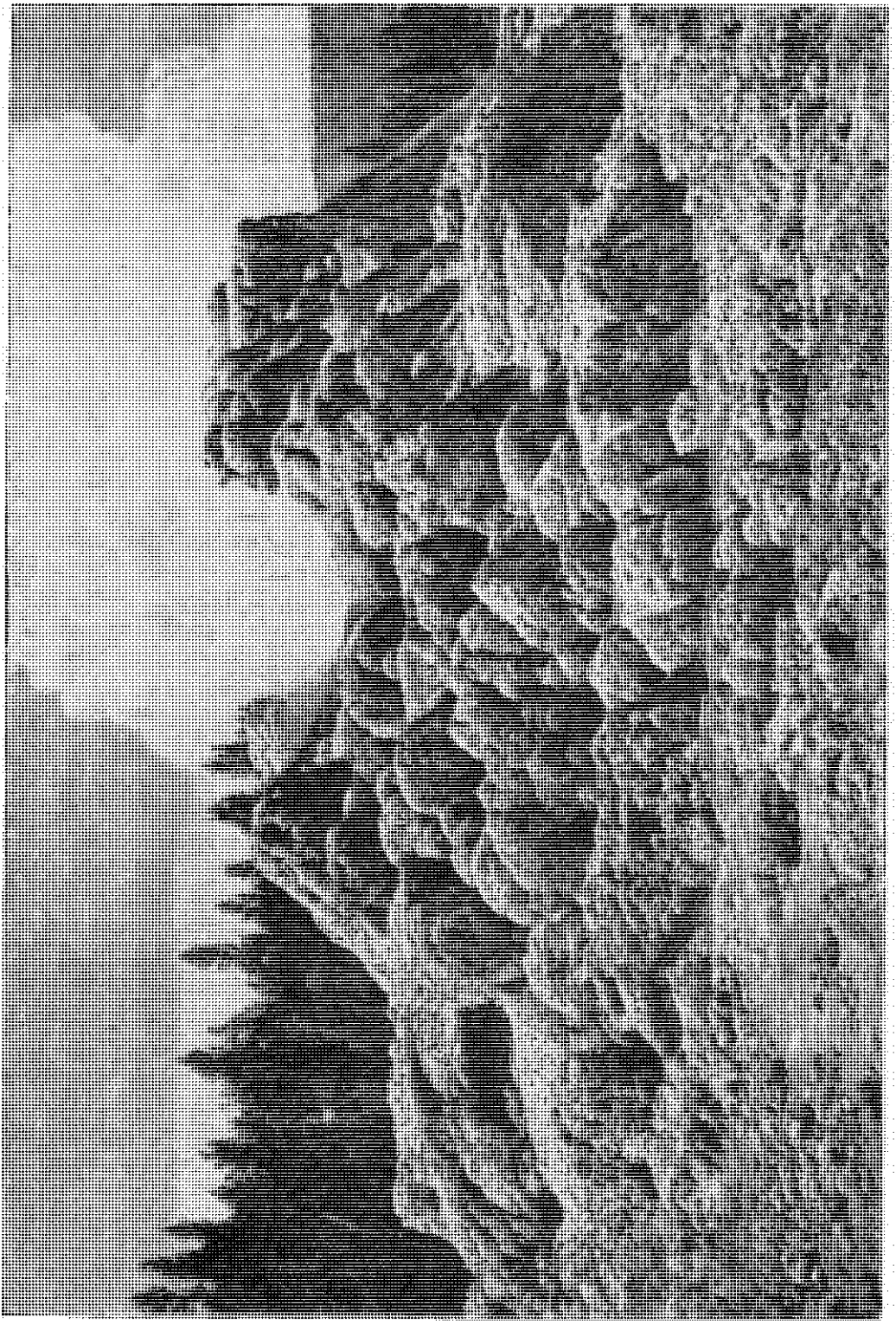


Рис. 276. Конус из кремнистого туфа, образованный гейзером Замка в Йеллоустонском Национальном парке

Возможно ли распространить теорию Бунзена на новозеландские и североамериканские гейзеры? Только при полном сходстве наблюдаемых явлений можно было бы ответить утвердительно на этот вопрос. В пользу положительного решения его говорит то обстоятельство, что теплый ключ Пуиа в области Тараверы превратился в гейзер вследствие углубления его кратера на 60 см. Таким образом, влияние гидростатического давления водяного столба на деятельность горячих ключей можно считать доказанным. Однако некоторые особенности, наблюдаемые в деятельности новозеландских и Иеллоустонских ключей, заставляют думать, что теория

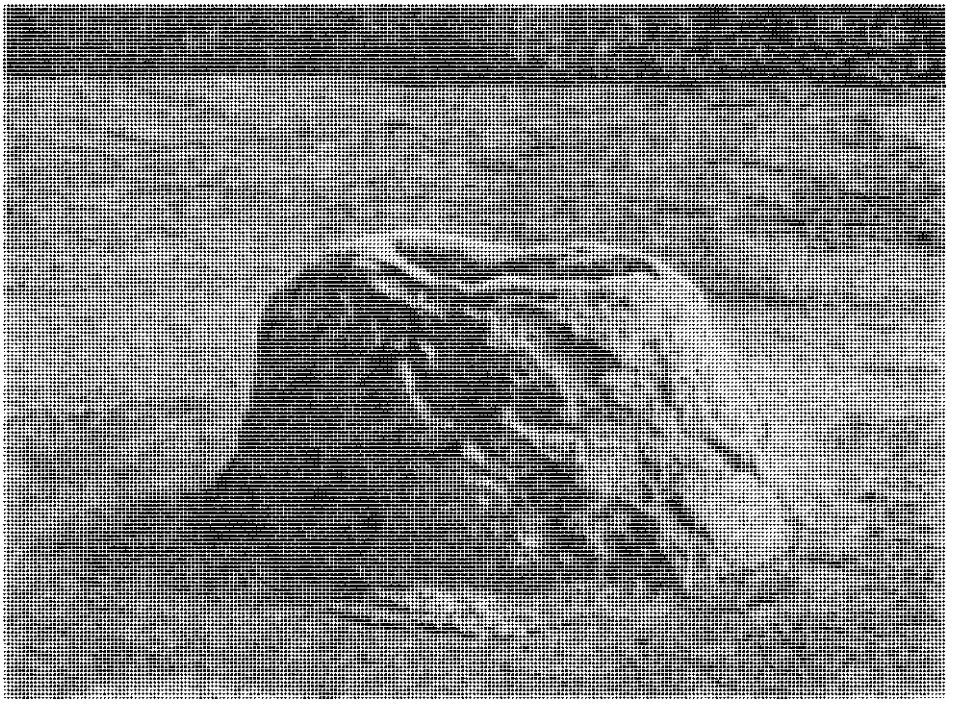


Рис. 277. **Конус кремнистого туфа, образованный гейзером Улья в Иеллоустонском парке**

Бунзена не объясняет всего разнообразия явлений. Так, напр., мощные гейзеры, действующие с продолжительными перерывами и стремительно выбрасывающие много паров, должны, по-видимому, черпать последнее из какого-то особого источника: вся масса паров не может образоваться из воды, наполняющей канал гейзера. В некоторых случаях замедление извержения может происходить вследствие сужения канала. В Новой Зеландии гейзеры той трещины, к которой принадлежит и Вакареварева, находятся в известной зависимости друг от друга; так, напр., в то время, когда действует Похуту, гейзер Вайкоройхи замолкает, и наоборот. Такая же зависимость между деятельностью соседних гейзеров наблюдалась и в Иеллоустонском парке. Хотя исследование подобных явлений в настоящую минуту нельзя считать оконченным, тем не менее вышеприведенные факты заставляют думать, что теория Бунзена нуждается в некоторых поправках и дополнениях.

Правильность, характеризующая деятельность гейзеров, поразительна; но особенно поддаваться этому впечатлению не следует, и хотя наши наблюдения охватывают ничтожный с геологической точки зрения промежуток времени, тем не менее удалось подметить известные изменения гейзеров. Это заставляет считать последние даже более кратковременными образованиями, чем вулканы. Гейзер, действующий слабо и непродолжительно, переходит в обыкновеиный кипящий ключ. Если постепенно ослабевает приток воды, то гейзер исчезает, а на его месте происходят только выделения паров, как это и случилось с одним из гейзеров Исландии; наоборот, если уменьшается количество паров, то гейзер превращается в обыкновенный теплый ключ. То же самое должно произойти, если вследствие удлинения канала гейзера увеличится гидравлическое давление. Точно так же всякое изменение формы капала должно отзываться на деятельности ключей. Для этого даже не требуется тех грозных разрушений, которые произошли в области Тараверы вследствие пробуждения вулканических сил и сопровождались исчезновением прежних гейзеров и появлением новых. Постепенное разрушение размягченной вулканической почвы или землетрясение может также вести к совершенному измепению подземных каналов и сопровождаться разными нарушениями в деятельности гейзеров. Таким образом, можно сказать, что гейзеры представляют только непродолжительную стадию в истории развития горячих ключей.

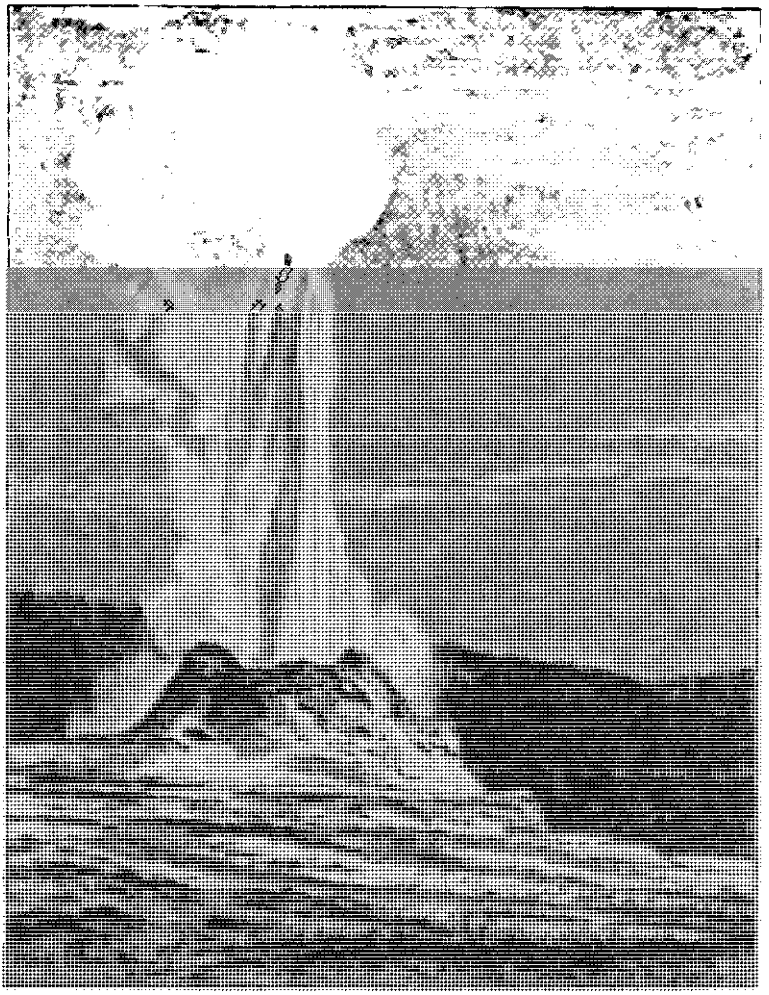


Рис. 278. **Извержение гейзера Старого Служаки в Иеллоустонском парке**

Деятельность гейзеров может быть изменяема также различными искусственными способами. Если привести воду их в быстрое вращение или бросать в ка-

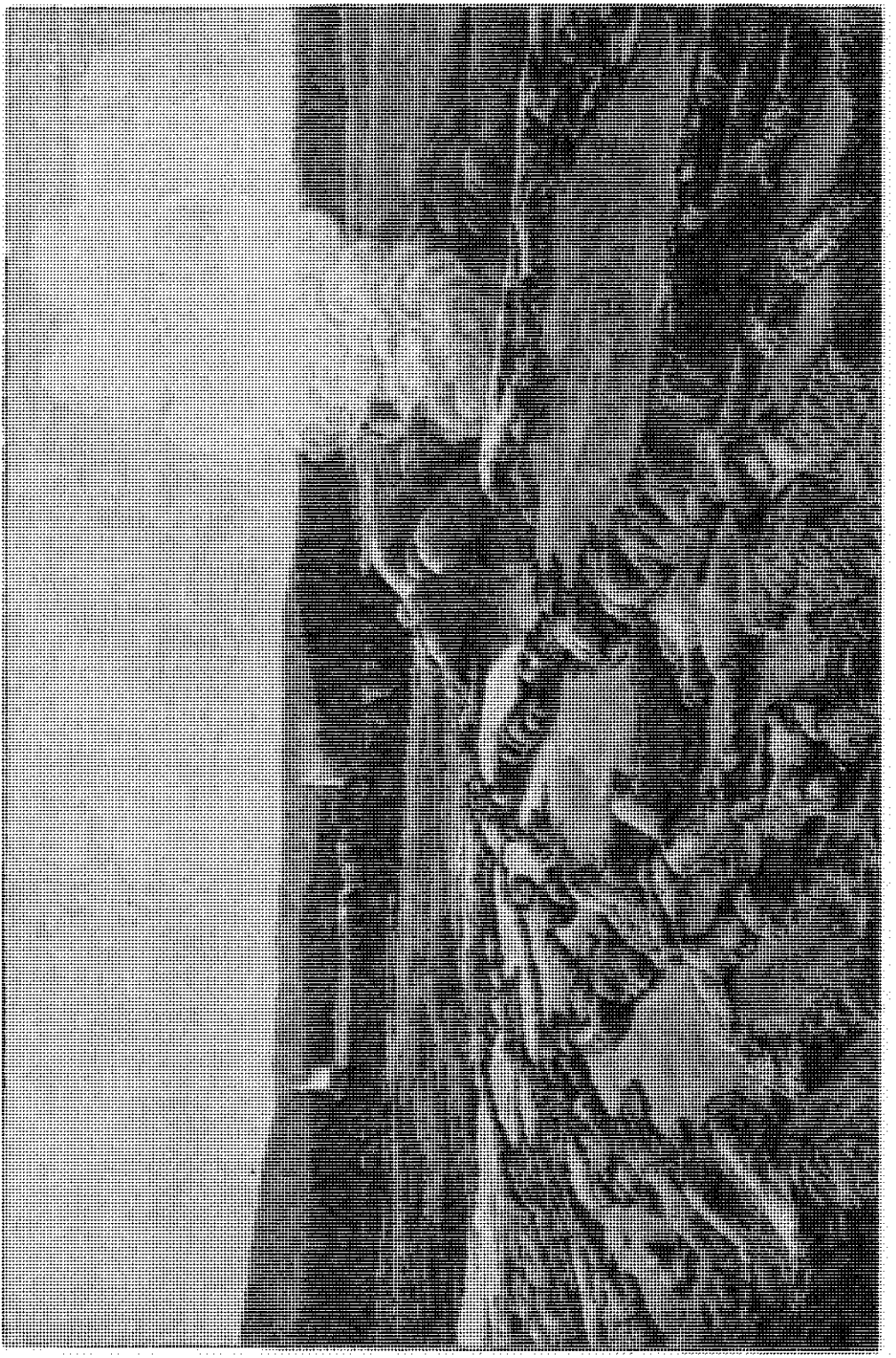


Рис. 279. Окрестности гейзера Старого Служаки в Йеллоустонском парке

нал гейзера камни, то момент наступления извержения ускоряется, и сила его увеличивается, как это мы и видели на примере исландского Строкра. То же достигается прибавлением мыла или извести к горячей воде горячих ключей. Причина этого явления, впервые произведенного в Иеллоустонском парке одним китайцем, который стирал там белье*, до сих пор остается неизвестной; точно так же неизвестно, почему это средство не действует на известные гейзеры, напр., на Великаншу. В «стране чудес», в западной части Северной Америки, было сделано и другое чрезвычайно важное геологическое наблюдение: *отложение кремнекислоты* не происходит *при простом охлаждении* воды гейзеров и горячих ключей: оно совершается только при участии *водорослей*. Некоторые виды водорослей могут жить при температуре на 7 °С ниже точки кипения. Они выделяют кремнекислоту в виде слизи и умирают в медленно затвердевающей кремнистой массе; на поверхности же продолжают развиваться новые индивидуумы. Кремнекислота отлагается очень медленно. При особенно благоприятных условиях прирост осадка достигает только 0,84 мм в год. Если считать эту цифру мерилом скорости образования кремнистых туфов, то окажется, что конус Старого служаки (Old Faithfull) должен был расти, по крайней мере, в течение 25000 лет.

Насколько известно в настоящее время, гейзерами могут быть только те источники, которые содержат в растворе кремиекислоту. Горячие известковые ключи, каковы, напр., Мамонтовые источники в Иеллоустонском парке, источники Гаммам-Мескутин в Константина (в Алжире), источники, протекающие по пустынной возвышенности Панбек-Калесси («Хлопчатый Замок»**) у Смирны (Гиераполис), отлагают также туфы и образуют террасы; некоторые из Мамонтовых источников производят даже извержеиия, но тем не менее эти ключи иельзя считать настоящими гейзерами. Может быть, отложение извести происходит слишком быстро и неправильно и дает мало плотные туфы, а может быть, причину следует искать в других, еще не известных условиях.

В некоторых областях гейзеров и горячих источников встречаются также *грязные ключи*, о которых мы уже вскользь упоминали, говоря о Новой Зеландии. От простых кипящих ключей последние отличаются тем, что в горячей воде их, находящейся нод сильным давлением, содержится сернистая кислота и сероводород. Вследствие химического действия этих газов и механического действия воды и паров рыхлые породы, каковы глина и вулкапические туфы, превращаются в тестообразную массу и в таком виде выносятся на дневную поверхность. Примером могут служить исландские источники, называемые *намарами*. В некоторых местах,—у вулкана Аскья, на берегу Комариного озера (Мю-ватн) и, главным образом, в области Рейкъялида, такие источники чрезвычайно развиты. Они представляют отвратительную картину: «Совершенно горизонтальная, лишенная растительности равнина серо-непельного цвета, ограничивается с севера застывшими потоками лавы, а с запада рядом холмов с сольфатарами; тут и там видны грязиые котловины, окруженные зыбкой почвой, которая проваливается под ногами нутешественника. Серо-голубая, чаще даже черная грязь, служит исландцам для

* С тех пор этот искусственный гейзер и получил название Китайца.

** Название произошло от белых масс туфа, похожих на хлопок.

лечения сыпей. Окутанная клубами нара, она кипит в этих котловинах; на поверхности появляются и лонаются нузыри, а сама грязь ненрерывными фонтанами бьет вверх» (*Сарториус фон Вальтерсгаузен*).

Эти намары нредставляют переход к так называемым *сальзам*, или *грязным вулканам*, которые встречаются в разных местах земли и нредставляют огромный интерес ввиду их связи с местонахождениями нефти. Широко развиты эти явления на Кавказе, в окрестностях Баку, на Таманском полуострове и в Крыму около Керчи. Сюда же относятся так называемые *салинеллы* у Патерно, грязные вулканы в окрестностях Этны, так называемые макалубы у Джирдженти, огромные сальзы близ Модены и Адское Болото (Höllenmorast) к северу от Кронштадта в Седмиградии. За нределами Европы известны онисанные А. Гумбольдтом *вулканитосы* Турбако в Новой Гренаде (в Южиой Америке); сюда же относятся грязные вулканы на вест-индском острове Тринидаде, на острове Чедуба, лежащем у берега Индо-Китая (Арракан) и на Яве.

Газы, движением которых выбрасывается вода и которые действуют разрушительно на рыхлые горные породы, в разных сальзах различны. Салинеллы у Патерно и соседние с ними грязные ключи, а также Адское Болото в Седмиградии выделяют углекислоту; наоборот, макалубы у Джирдженти и величественные грязные вулканы на Кавказе в болышнстве случаев выделяют углеводороды. В общем, сальзы, или грязные вулканы, изучены очень мало, несмотря на нредставляемый ими огромный интерес; мы нознакомимся с ними на нескольких особенно характерных примерах.

Макалубы у Джирдженти, уноминаемые уже древними писателями, являются наиболее известными представителями грязных ключей. В 1751 г., когда эту местность посетил Доломье, они располагались на нлоском холме, около 50 м высотой; внешний вид этого холма ностоянно менялся. На вершине его выдвигались многочисленные небольшие конусы до 1 м в вышину; на каждом из них замечалось воронкообразиое углубление. Через каждые 2—3 минуты это углубление наполнялось до самого края жидкой грязью, которая вздувалась в виде полушара и представляла огромный пузырь; последиий лопался с сильным шумом, и грязь отчасти переливалась через края кратера, отчасти опять опускалась в глубину. Выброненная грязь образует глинистую почву, которая в сухое время растрескивается, а во время дождей разбухает, причем вся окрестность превращается в вязкое болото. Несколько иначе онисывает эти грязные вулканы *Фридрих Гофманн*, посетивший их 50 лет спустя: «На слабо возвышенной глинистой равнине выдвигаются до 30 копусов в 2 и 3 фута вышиной; они занимают нлощадь в 150 шагов длиною и в 50 шагов шириной; на вершине каждого из таких коиусов имеется воронкообразное углубление до 1 фута в поперечиике; эти углубления заполнены соленой водой, поверхность которой вследствие непрерывного выделения газов находится в постоянном движении и точно кипит; через края кратера переливается глина, пропитанная соленой водой; она течет по склонам копусов и образует печто вроде лавовых потоков».

О салинеллах Патерно *Лазо* пнщет следующее: «Салинеллы располагаются на слегка выпуклой равнине и занимают площадь в несколько моргенов; они выбрасывают светлую грязь, которая ложится кругом в виде коры; последняя настолько рыхла, что местами проваливается под ногами путешественника. Я

наблюдал салинеллы 7 октября 1878 года; в это время на плоском холме находилось до 23 круглых отверстий, из которых наибольшее достигало 12 футов в поперечнике; они были наполнены серой жидкой грязью, которая, выделяя газы, сильно клокотала и переливалась через края кратера. Температура этой грязи колебалась между 20° и 26 °С. Небольшие котловины кратеров образованы серо-голубыми глинисто-известковыми натеками, которые тонкими слоями лежат друг на друге. Некоторые из котловин лишены воды и выделяют газы непосредственно; если держать над ними руку, то ясно чувствуется поток теплого воздуха. Эти отверстия постоянно меняют свое место,—одни закупориваются, другие открываются. Деятельность этих грязных вулканов проявлялась без особенной силы: грязь выливалась довольно спокойно, сопровождаясь булькаиьем газовых пузырей. Впрочем, недавно одно из отверстий, расположенных на вершине плоского холма, произвело сильное извержеиие грязи.

Последнее большое извержение салинелл относится к 1866 году; 15 января произошло землетрясение, а 22 числа того же месяца деятельность ключей достигла полной силы. Когда сюда прибыл профессор Сильвестри, вся местность превратилась в грязное болото, занявшее площадь около 800 м$^2$; появилось множество кратеров с диаметром до 2 метров; некоторые выбрасывали мощные струи пенящейся грязи; извержение сопровождалось своеобразным шумом, который производили газы, прорывавшие массы грязи. Сильвестри распорядился вырыть яму; последняя тотчас же заполнилась грязью, которая с силой выбрасывалась снизу; два дня спустя в этом месте образовалось два настоящих кратера; несколько же других кратеров, располагавшихся вблизи, прекратили свою деятельиость. Отсюда ясно, что распределение кратеров на протяжении всей площади, занимаемой салинеллами, более или менее случайно: появление их в том или другом месте объясняется свойствами почвы и зависит от степенн проницаемости ее для грязи.

Вскоре после моего посещения салипелл в октябре 1878 года, произошло новое повышение их деятельности, которому предшествовали неоднократно повторявшиеся землетрясения. Изверження начались в декабре и продолжались с неодинаковой силой, в общем постепенно ослабевая, до января следующего года. По свидетельству Сильвестри первые сильные взрывы, сопровождавшиеся появлением новых больших кратеров, отпосятся к 19 декабря; очень скоро после этого сила извержения стала ослабевать. 24 декабря около 9 часов 20 минут вечера произошло сильное землетрясение, длившееся 8 минут и охватившее всю восточную часть Сицилии; после этого извержение опять достигло высшей силы и продолжалось, не ослабевая, в течепие двух дней; многочисленные кратеры, разбросанные по всему холму, выбрасывали фонтаны грязи до 2 и 3 метров в вышину; затем деятельность салинелл стала попижаться, и к концу января существовало около 10 отверстий, которые выделяли грязь так же спокойно, как это паблюдал я 7 декабря; в это время пе чувствовалось сотрясений почвы, которыми сопровождалось извержение в момент наибольшей силы, не слышалось и шума. Вода, выбрасываемая салинеллами, обладала в разных местах температурой от 13 до 37°, во время же сильного извержения температура ее в некоторых местах была 46 °С. Пространство, залитое грязью, достигло бы огромных размеров, если бы не были быстро сооружены степы, преградившие потокам путь и защитившие соседние поля и померанцевые сады от грозившего им опустошения».

Среди североитальянских грязных вулканов самым значительным является *сальза Сассуоло* близ Модены. Вот что пишет о ней *Гюмбель*: «Сальза Сассуоло принадлежит к той группе грязных вулканов, которые выделяют не только массы грязи и газы, но также выбрасывают на дневную поверхность огромное количество обломков горных пород. Эта сальза располагается в 2 километрах к югу от Сассуоло у горы Джиббьо и во время продолжительных периодов покоя представляет несколько небольших болотистых котловин с соленой водой; с поверхности их выделяются горючие газы. В полной противоположности этой спокойной и слабой деятельности стоят величественные извержения, происходящие через различные промежутки времени. Уже Плиний упоминает об одном сильном извержении, относящемся к 90 году перед Р. Хр. Во время последнего извержения, происходившего в 1835 году, грязь, выброшенная сальзой, распространилась на протяжении 1 километра и заполнила небольшую долину; общая масса изверженной грязи достигает $1^1/_2$ миллиона куб. метров. Потоки грязи представляли по своему виду сходство с оползнями или оплывинами; они несли такое множество угловатых обломков камней, что грязи иногда вовсе не было видно; обломки состояли из флиша или мачиньо (macigno)*, к которым были подмешаны глауконитовые песчаники, осколки известкового шпата и др.».

Гораздо большего развития достигают все эти явления на Кавказе и отчасти в Крыму; полуострова Керченский и Таманский, восточный берег Каспийского моря,— именно окрестности Баку и Апшеронский полуостров — классические страны грязных вулканов; сведениями о них мы обязаны главным образом выдающимся исследованиям *Абиха*. Кавказ славится своими нефтяными богатствами; в окрестностях Баку нефть вытекает отчасти на суше,, отчасти на дне Каспийского моря. Запасы этого полезного вещества, скрытые в недрах земли, неистощимы, но пространство, занимаемое ими, незначительно — всего 8 км$^2$. На этом ничтожном клочке земли в течение первых 9 месяцев 1892 года было добыто $3^1/_2$ миллиона центнеров нефти; разработка этих залежей началась уже в 1832, а с 1872 года добыча нефти ведется в огромных размерах. В марте 1879 года было произведено бурение, следствием которого явился мощный нефтяной фонтан, в течение одного часа наполнивший резервуар вместимостью в 4000 центнеров. Фонтан, бьющий из буровой скважины, заложенной в 1886 году, дал в течение дня 50.000 центнеров нефти; в марте 1893 года действовали одновременно шесть фонтанов и давали вместе 200.000 центнеров нефти. На восточном берегу Каспийского моря на острове Челекене против Баку также открыты богатые залежи нефти; проложенная здесь буровая скважина давала в течение 24 часов 3.00—4.0000 центнеров нефти.

В связи с залежами нефти стоят мощные выделения углеводородов в окрестностях Баку; если зажечь эти газы, то получаются огромные огненные столбы, рвущиеся к небу. Этими издавна известными священными огнями промышленность воспользовалась для своих целей, что лишило их в значительной степени прежней поэтической обворожительности.

В этой же области известны и огромные грязные вулканы. Иногда мощные потоки углеводородов встречают на своем пути водную жилу; совместным дей-

---

* Так называются в Италии зеленовато-серые глинисто-известковые песчаники эоценового возраста. — *Примеч. пер.*

ствием газов и воды разрушаются залегающие в глубинах третичные породы, и на поверхность выносится тестообразная грязь серого и даже черно-голубого цвета. Обыкновенно в разных местах наблюдается только слабая деятельность, но через большие или меньшие промежутки времени происходят и настоящие извержения грязи, сопровождающиеся часто воспламенением газообразных продуктов. По своей силе они превосходят извержения всех до сих пор описанных сальз и напоминают грозные взрывы настоящих вулканов. Грязные сопки Кавказа и Керченского полуострова располагаются по параллельным линиям, которые стоят в связи со строением гор и обнаруживают антиклинальный изгиб. Взрывы деятельности грязных вулкапов сонровождаются значительными движениями почвы, огромные массы рыхлых пород, располагающихся в наиболее возвышенных местах, обрываются и заполняют своими обломками более низкие участки. Особенной силы достигли эти явления с тех нор, как в широких размерах стали производить бурепия для добывания нефти, нарушившие существовавшее до тех пор равновесие. Связь, существующая между нефтяными фонтанами и деятельностью грязных сопок, ясна из следующего примера: во время извержения Лок Ботан, в 1887 году, перестал бить упомянутый выше нефтяной фонтан 1886 года, он снова появился только тогда, когда вулкан опять вступил в стадию покоя. Следует допустить, что вследствие выделепия больших масс газа, при извержении Лок Ботана, давление в подземном бассейне уменьшилось настолько, что было уже не в состоянии выбросить на поверхность пефтяную струю.

Наиболее типичным примером грязного вулкана может служить вулкан *Арсена* в окрестностях Баку. Удлиненно эллиптический кратер его равняется двум третям кратера Везувия и обладает низкими крутыми стенами; он располагается па северо-западной сторопе плоской вершины горы, подпимающейся над уровнем моря приблизительно на 330 метров. Широкое отверстие кратера достигает 125—160 м; на дне его паходится второе углубление, заполненное водой; последняя содержит в растворе много сернокислого натра; эта же соль в виде толстой пены покрывает кругом ночву кратера. Вода доставляется горячими источниками и, вследствие непрерывного выделения газов, находится в постоянном движении, клокочет и как бы кипит. Соответственно размерам этого любопытного кратера, потоки грязи достигают значительной мощности; они стекают по отлогим склонам конуса в северо-западном направлении и в виде широкой ленты покрывают почву на протяжении нескольких километров.

Познакомимся для примера с извержением Лок-Ботана (100 м высотой), происходившим 5 января 1887 года. Этот грязный вулкан лежит на берегу залива Пута, против железнодорожной станции того же имени, в 15 верстах на юго-запад от Баку. Местность, окружающая гору, представляет трясину, особенно опасную для караванных верблюдов; отсюда и произошло название горы: Лок-Ботан, в переводе значит — «верблюд, утонувший в болоте». Извержение началось в ночь на 6 января и продолжалось в течение двух дней. Оно сопровождалось следующими явлениями: сначала послышался особенный гул вроде отдаленного пушечного выстрела, но только более протяжный; происшедшее при этом сильное движение воздуха выразилось, между прочим, дрожанием оконных стекол. В то же время на юго-западе безоблачное небо осветилось сильным заревом, которое продолжалось минут 10 и перешло затем в мерцание; зарево было вызвано появлением из кратера высокоогненного столба, достигавшего не менее 100 метров. Это был поток горевших газов. Вместе с пламенем была выброшена и грязь; последняя вылилась в западном иаправлении в виде мошного потока, который разделился на два рукава и занял площадь в $1^1/_2$ квадратных версты; обшая масса выброшеиной грязи достигала 400—700 тысяч куб. саженей. Грязь эта состояла из синевато-серого глинистого вещества, в котором попадались кусочки песчаника, пропитанного нефтью. Западная сторона вершины Лок-Ботана была

покрыта трещинами, из которых еще 9 января выделялись углеводороды, а на северной стороне вместе с грязью попадались шарики и желваки с кулак величиной, напоминавшие вулканические бомбы. Выше был уже отмечен сопровождавший это извержение любопытный факт появления нефтяного источника при Бейбале.

Известны и другие значительные извержения. Таково, напр., было извержение вулкана Куко-Обо в Тамани в 1794 г., сопровождавшееся землетрясение, которое достигало даже Екатеринодара. Это извержение дало 97;120 куб. метр. грязи. Довольно сильным было также извержение Карабетовой горы в 1835 году.

Извержение подводных грязных вулканов иногда сопровождается образованием новых островов. Примером может служить появление острова Кумани, в 1861 году, 7(19) мая на Каспийском море, между Ленкораном и Баку, близ острова Погорелая Плита. Этот остров был первоначально открыт г. Кумани, командиром парохода «Туркмен», и описан им в форме рапорта по начальству. Вот что говорится в этом донесении: «Проходя 7 мая на пути из Ленкорани мимо Погорелой Плиты, я заметил остров, который прежде не существовал на этом месте. Высадившись на него, я нашел, что остров состоял из земляных глыб, которые были прорезаны глубокими бороздами и только с поверхности слегка остыли, а внутри представляли тягучую и довольно горячую массу; эти последние обстоятельства свидетельствуют о недавнем происхождении острова. Остров этот располагается в 12 милях от острова Свиного и по величине одинаков с последним; высота его над уровнем моря достигает 18 фут. Во время открытия этот остров обладал эллиптической формой и имел в окружности 400—500 шагов; он постепенно повышался к центру, где его высота достигала 18—19 фут. над уровнем моря; находившаяся в нем небольшая впадина была наполнена грязной водой, из которой вырывались газы; температура ее была 28,4 °Р. при температуре воздуха 20,3 °Р.» (*Абих*). На карте Басаргина, изданной в 1824 г., глубина моря на месте нового острова была показана в 6 футов. 20 июня остров возвышался над уровнем моря только на 12 фут., в конце июля — на 6 футов, в конце года — на 2 фут. Понижение продолжалось в течение 1862 года, но в январе 1863 г. он снова поднялся до 12—13 фут. и, наконец, совсем исчез. Абих, посетивший этот остров, произвел подробные геологические исследования его и нашел, что он по происхождению одинаков с другими соседними ему островами Санки-Мугаиь, Свиной и Булла; все эти острова обязаны своим возникновением скоплению грязи на дне моря.

Еще недавно, в апреле 1896 года, происходило новое подводное извержение к северу от Апшеронского полуострова. Был насыпан остров вышиной около 3 сажень и длиной около 25 сажень. Извержение сопровождалось легким землетрясением и выделением газов. — *Примеч. пер.*

Для выяснения истинной природы грязных вулканов, важное значение имеет исследование выбрасываемых ими продуктов. Мы уже указывали, что полужидкие массы, вытекающие из их кратеров, происходят из рыхлых пород, которые разрушаются действием газов и воды и выносятся на поверхность в виде грязи. Доказательством этого служат микроскопические исследования, посредством которых не удалось обнаружить в продуктах извержения грязных вулканов, даже следов вулканических образований, каковы пепел, пемза и т. п.; наоборот, в большинстве случаев были найдены скорлупки микроскопических морских животных, корненожек и радиолярий, которые в громадном числе встречаются в залегающих кругом третичных породах. «Вырывающаяся из-под земли грязь есть не что иное, как размягченные глинистые или глинисто-песчаные породы, извлекаемые из ближайших окрестностей на незначительной глубине и содержащие нередко остатки организмов» (*Гюмбель*).

Для появления грязного вулкана необходимо совпадение целого ряда разнообразных условий: поток газов, поднимающийся из недр земли, должен встретить на пути водную жилу, которая прокладывает свой путь между рыхлыми, легко поддающимися разрушению горными породами. Если же водная жила отсутствует, то происходят так называемые *сухие извержения* (trockene Exhalation); примером могут служить священные огни Баку и выделения углеводородов в Химере в Ликии, в местности, образованной серпентинами. Если газ встречает воду, но не находит легко разрушающихся глинистых пластов, то получается обыкно-

венный богатый газом ключ; примером может служить источник Ивонич в Галиции. Справедливость сказанного особенно ясно выступает на примере штата Пенсильвании, также богатого запасами нефти. Подобно тому, как мы видели это на Кавказе, и здесь происходят обильные выделения углеводородов; встречая водные жилы, они образуют ключи, содержащие в растворе газы, но грязи не получается, так как здесь отсутствуют рыхлые породы. Примером такого ключа, богатого газами, может служить мощный гейзер у города Кэн в Пенсильвании (см. рис. 280). Здесь было произведено бурение, достигшее глубины в 2000 футов и оконченное в 1879 году; из буровой скважины выбрасывается ныне приблизительно через каждые 13 минут струя воды и газов до 100—150 фут. в вышину; газ нередко воспламеняется и через несколько мгновений тухнет, с тем чтобы в следующий момент загореться опять. В Европе посредством бурения был также вызван периодически действующий ключ; он находится близ Кошиц (Kaschau) между Ранком и Херлейном, в местности, образованной андезитами и приблизительно три раза в день выбрасывает мощные столбы минеральной воды, которая поднимается до 30 метров в вышину. Газ, растворенный в водах этого ключа, состоит главным образом из углекислоты.

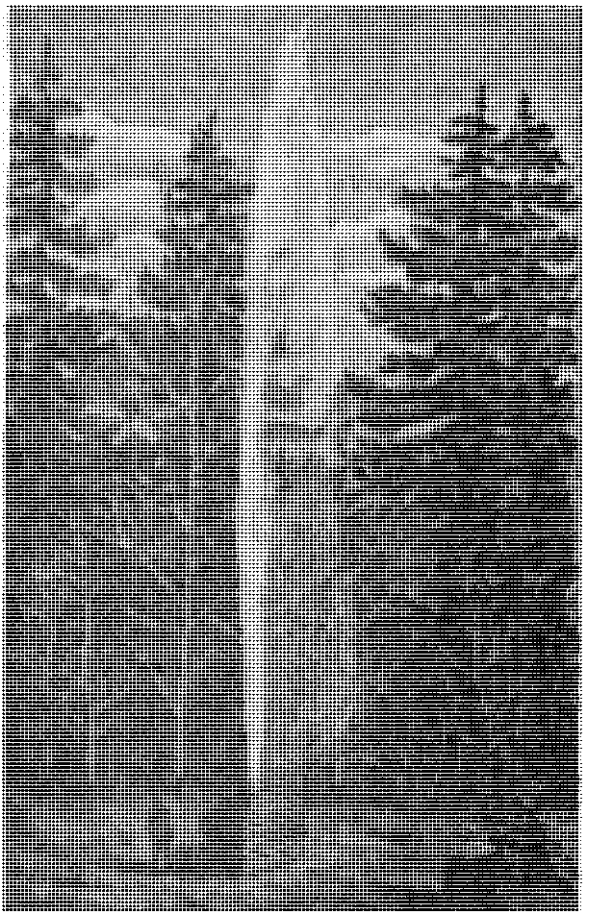


Рис. 280 **Богатый газами гейзер у Кэна в Пенсильвании** (по Дана)

## Химическое действие воды

Каждый источник выносит на земную поверхность большее или меньшее количество растворенных минеральных веществ. Последние извлекаются из тех горных пород, по которым подземная вода прокладывает свой путь. Все эти вещества рано или поздно откладываются опять в той или иной форме. Таким образом происходят изменения земной коры, составляющие один из важнейших предметов геологического исследования.

Разрушительная деятельность воды проявляется двояким способом: с одной стороны, она действует *химически*, растворяя те или иные составные части горных пород; с другой стороны, она производит чисто *механическое* действие, которое усиливается совокупной работой других деятелей разрушения. Многие минералы, входящие в состав горных пород, растворяются чистой водой очень легко. Прежде всего это следует сказать о *каменной соли* и о некоторых других солях, близких к ней по своему составу. Точно также *гипс* в большом количестве растворяется водой, хотя и не с такой легкостью. В тех местах, где залегают эти породы, действием подземных вод образуются часто обширные пустоты, причем вышележащие слои обрушиваются. Вследствие этого в местностях, богатых гипсом и каменной солью, мы находим следы сильных нарушений, происшедших вследствие указаниой причины.

Гораздо слабее действует вода на *известняки*, если только она не содержит в растворе углекислоту. Но даже в последнем случае вода может растворить углекислой извести гораздо мепьше, чем гипса или каменной соли. Однако ввиду огромпого раснространения известняков в нрироде, растворение их водой имеет важное знпчение в круговороте веществ, и в значительном большинстве рек углекислая известь является главпейшей минеральной частью. Правильное представление об этом нроцессе дает нриблизительное определение общего количества этого вещества, растворенного в реках. Так, напр., реки, текущие по склонам Тевтобургского леса и Хаара, ежегодио извлекают такое огромиое количество углекислой извести, что из нее можно было бы сложить куб, длина ребер которого больше 33 метров. В известковых горах процесс растворения происходит и под землей: огромпые пустоты, являющиеся вследствие этого, показывают, как велико химическое действие воды.

Нередко в известняках мы иаходим примесь углекислого магния; в таком случае эти нороды получают название *доломитов*; углекислый магний также растворим в воде, содержащей углекислоту, но в меньшей степени, чем чистый известняк. При действии воды па доломите будет переходить в раствор главным образом углекислый кальций, и порода будет ностененио обогащаться магнием, приобретая вместе с тем пористое строение.

Вода, содержащая углекислоту, действует растворяющим и разрушающим образом не только на известняки, по на огромпое большинство остальных горных нород и минералов. Так как кремнекислые соединения, так называемые *силикаты*, имеют чрезвычайно широкое распространенне в природе и нрипимают участие в составе большинства горных пород, то изучение их изменений представляет особенное значение и интерес. Силикаты, содержащие в своем составе известь, закись железа, окись калия и натрия, при действии углекислоты и воду дают так называемые карбоиаты или углекислые соединепия названных соединений. Если окиси соединялись неносредственно с кремнекислотой, то копечиым результатом нроцесса является полное превращение их в карбонаты и выделение кремнекислоты. Последняя немного растворима в воде, особенно если опа содержит в растворе щелочи; но в сравнении с процессом образования углекислых соединепий это растворение совершается слишком медленно и слабо, а потому наибольшая часть освободившейся кремнекислоты остается па месте.

В громадном большинстве случаев наряду с известью, закисью железа и окисями калия и натрия силикаты содержат в своем составе вещества, которые с большим трудом поддаются действию воды, содержащей углекислоту, и растворяются в ней в ничтожном количестве; таковы чрезвычайно распространенные в природе вещества,— *глинозем* и окись *магния*. Действуя на такие силикаты вода извлекает растворимые части их и конечным результатом процесса является образование водных минералов, содержащих кремнекислоту и глинозем,— каковы разные глины и каолин,— или же магнезиальных силикатов, каковы серпентин (змеевик) и тальк. Остановимся для примера на одном из самых распространенных минералов,— именно на ортоклазе, или калиевом полевом шпате; первоначальный состав его следующий: кремнекислоты — 64,6 процентов, глинозема — 18,5 процентов и окиси калия 16,9 процентов. При полном разрушении теряется 43 процента кремнекислоты и 16,9 процентов окиси калия, глинозем остается в прежнем количестве и прибавляется 6,5 процентов воды. Окончательно продукт разрушения, получающийся в количестве 46,6 частей из 100 частей ортоклаза, называется каолином и имеет следующий состав: кремнекислоты 21,6 частей, глинозема 18,5 частей и воды 6,5 частей или в процентах: кремнекислоты — 46,4, глинозема — 39,7, воды — 13,9.

Таким именно образом разрушается огромное множество полевошпатовых горных пород; окончательным продуктом является каолин, который уносится водой и, отлагаясь вновь, образует залежи, которые доставляют материал для приготовления фарфора. Если процесс разрушения совершается не с такой правильностью, как было описано выше, то конечный продукт может заключать в себе некоторые построения подмеси; в таком случае он носит название глины *.

Если для разрушения силикатов необходимо совместное действие углекислоты и воды, то другие минералы уже при простом присоединении воды испытывают чрезвычайно важные изменения. Так, напр., *ангидрит*, безводная сернокислая известь при соединении количества воды, равного четверти веса, превращается в *гипс*, т. е. в водную серноизвестковую соль. Происходящее при этом увеличение

---

* Химическая природа силикатов и до сих пор остается во многих отношениях неясной. Препятствием для изучения этих любопытных соединений служила неспособность их изменяться при тех условиях, при которых мы исследуем химические свойства других тел, т. е. при обыкновенном атмосферном давлении и при температуре не выше кипения воды. Профессор *И. Лемберг* в Дерпте (Юрьеве) целым рядом статей, представляющих результат его многолетних плодотворных исследований, показал, что при больших давлениях и высокой температуре (в папиновом котле) силикаты вступают в самые разнообразные реакции при действии на них воды и слабых растворов щелочей и карбонатов. Ученик *И. Лемберга доктор С. Тугут* пытался даже определить химическое строение каолина и некоторых других, родственных ему, кремнекислых соединений. Хотя все эти исследования находятся еще в зачатье, тем не менее они показывают, что сложнейшие соединения кремнезема способны испытывать чрезвычайно разнообразные изменения. Если исследования в направлении, указанном проф. Лембергом, продолжатся, то учение о силикатах может разрастись в самостоятельный отдел химии. Не лишено вероятности предположение, что многие из тех изменений, которые мы воспроизводим в лаборатории при исключительных условиях, чрезвычайно медленно совершаются в природе, благодаря действию огромных масс воды. Как показал проф. Лемберг, изучение химических свойств силикатов имеет важное значение для почвовыделения, так как главнейшие свойства почвы объясняются присутствием в ней известных кремнекислых соединений. Отсюда в технике сельского хозяйства зарождающаяся «химия силикатов» должна в будущем приобрести такое же значение, каким пользуется теперь в фабричном деле органическая химия. — *Примеч. пер.*

объема выражается образованием складок и трещин. В некоторых случаях изменение происходит чрезвычайно быстро: так, напр., глыбы ангидрита, извлеченные из соляных копей *Бекса* в кантоне Валлисе и нагроможденные на поверхности земли, через восемь дней превратились в гипс. Так как ангидрит, вследствие присоединения воды, увеличивает свой объем, то некоторые штольни этих копей с течением времени суживаются и делаются совсем непроходимыми: приходится прокладывать их заново. Но и без участия человека описанный процесс совершается в природе в самых широких размерах, как это и доказывается исследованием тех залежей ангидрита, которые принадлежат пермской, триасовой и третичной системам.

Чрезвычайно широко распространены в природе процессы разрушения углекислой соли закиси железа, так называемого *железного шпата*. В незначительных количествах этот минерал присутствует в большинстве осадочных горных пород и распределяется в их массе в виде очень мелких частиц. Углекислота железного шпата вытесняется водой, а закись железа, поглощая кислород, переходит в окись; так образуется минерал *лимонит*, или *бурый железняк*, т. е. водная окись железа, которая в просторечии называется просто «ржавчиной». Это превращение совершается в большинстве случаев очень быстро; под влиянием атмосферных явлений горные породы, содержащие железный шпат, приобретают буроватую окраску, а при бо́льшем содержании железа — желтый цвет бурого железняка. Разрушение распространяется постепенно на внутренние части породы и в то время, когда снаружи оно приобрело уже темно-бурый цвет, внутри наблюдаются только следы происшедшего изменения: наружная темная окраска постепенно светлеет и даже совсем исчезает. В особенно резкой форме наблюдается это явление у большинства песчаников, в цементе которых содержится много углекислого железа; превращение последнего в водную окись нередко влечет за собой полное растворение цементирующих соединений, и песчаники в относительно короткое время распадаются на отдельные зерна.

Мы зашли бы слишком далеко, если бы стали рассматривать действие воды на все минералы и горные породы. От разрушения наиболее распространенных силикатов получаются в результате глинистые продукты. Кварц, являющийся чрезвычайно важной составной частью многих горных пород, остается почти неизменным; после разрушения других минералов, входящих в состав породы, он образует песок. Таким образом, главнейшими продуктами разрушительной деятельности воды являются глина и песок, играющие большую роль в образовании слоистых горных пород.

Часть растворенных водой веществ уносится в океан и повышает количество содержащихся в его воде солей; другая более значительная часть выделяется в твердом виде во время движения воды по трещинам и по поверхности горных пород. Чрезвычайно важно следующее явление: вследствие молекулярного притяжения, вещества, выделяющиеся из воды, предпочтительно осаждаются там, где уже присутствуют твердые тела того же состава. Если в насыщенный раствор какой-либо соли мы положим кристалл того же вещества или повесим его на нитке, то при постепенном испарении жидкости выделяющиеся из раствора частицы будут главным образом осаждаться на готовом уже кристалле. То же самое наблюдается и в горных породах. Таким образом, отдельные вещества, растворенные в воде, откладываются около определенных точек и концентрируются в известных местах.

Внешние формы вновь отлагающихся минералов чрезвычайно разнообразны и определяются целым рядом условий: гипс, серный колчедан, а иногда известковый шпат и кварц образуют свободные, хорошо образованные кристаллы, находимые в глине, мергеле и песчаниках; но гораздо чаще встречаются более или менее шаровидные образования, так называемые *конкреции*, или *стяжения*; они состоят из углекислой извести, гипса, роговика, яшмы, серного колчедана, бурого железняка («бобовая» руда),— словом, из самых разнообразных минералов. Если массы, образовавшие ядро такой конкреции, подвергаются сокращению или высыхают, то внутри ее образуются пустоты; в последних нередко находится шарообразная конкреция меньших размеров, вследствие чего эти образования издают при сотрясении характерные звуки. Эти любопытные явления возбуждали в прежнее время большой интерес; точно так же особое внимание обращала и внешняя форма конкреций, которые и описывались под самыми разнообразными названиями (лаукаские камни, иматровские камни, очковые конкреции, марлекор, нёккерброд, кункурс и др.)*.

Все эти образования важны лишь постольку, поскольку их местонахождение характеризует известные горизонты. В этом отношении заслуживают внимание находимые в лессе своеобразные известковые конкреции; в России они носят название «журавчиков» (Lösskindchen, Lössmännchen, Lösspüpchen).

Иного рода явления наблюдаются в тех случаях, когда в горной породе присутствуют пустоты, заполненные вполне или отчасти кристаллическими или аморфными минералами, выделившимися из воды. Пустоты, стены которых покрыты кристаллами, обращенными вершиной к центру, носят название *жеод*, или *друз*. Особый вид представляют так называемые *миндалины*, находимые в породах вулканического происхождения; эти пустоты образованы пузырями паров, которые выделялись во время застывания расплавленной массы и сообщили последней шлаковидное строение; миндалины заполняются различными минералами: чаще всего находят здесь водные силикаты, так называемые цеолиты, известковый шпат и др. минералы. Особенного внимания заслуживают превосходные миндалины агата, минерала, представляющего смесь кристаллической и аморфной кремнекислоты.

Значительно важнее те выделения, которые заполняют трещины в горных породах и образуют так называемые *жилы*. Трещины, вдоль которых происходили массовые движения земной коры, в большинстве случаев «закрыты»: их края или крылья плотно прилегают друг к другу; но иногда образуются открытые, или зияющие, трещины, с течением времени заполняющиеся тем или иным способом.

---

* *Иматровские камни* – круглые, сплюснутые угле-известковые конкреции, содержащие песок и глину, обладают серым цветом, состоят из многих неделимых и на внешней поверхности обнаруживают часто параллельные борозды; находятся на водопаде Иматра в серых сланцеватых глинах; *лаукаские камни* (Laukasteine) — радиально лучистые шарообразные конкреции аргонита, находимые у Сухой Луки (Suchá Louka) в Моравии; описаны Рейхенбахом; *очковые конкреции* (Brillensteine, oder Augensteine) — круглые или сплюснутые почковидные образования с концентрическими кольцами на поверхности, находятся в Дендерах в Египте; *марлекор* (Marlekor), *или неккеброд* (Näkkebröd),— так называются в Швеции упоминаемые еще Линнеем („Tophus ludus") и описанные Эрдманном чечевицеобразные конкреции мергеля, сходные с иматровскими камнями; *кункурс* (Kunkurs) — большие известковые конкреции, находимые в аллювиальных почвах Индии и илистых отложениях р. Нила. — *Примеч. пер.*

Иногда заполнение производят расплавленные массы, поднимающиеся снизу; в таком случае образуются жильные вулканические породы, как это мы и наблюдаем ныне почти при всяком извержении. В других, относительно редких случаях, жилы заполняются твердыми продуктами размывания, каковы: глина, песок и гальки; к ним примешиваются нередко куски дерева, зубы и кости животных, а также раковины моллюсков. Третий способ заполнения трещин заключается в выделении кристаллических минералов из водных растворов. Наконец, газообразные и парообразные продукты вулканических извержений, поднимаясь по трещинам, могут сгуститься и также образовать жилу. Так, напр., известно, что в кратере Везувия «продуктами возгонки» являются различные соединения меди и свинца; очевидно, то же может происходить и на стенах трещин. Многие геологи приписывают такое именно происхождение большей части золотых, серебряных и свинцовых жил. Мы не можем здесь останавливаться подробно на этом вопросе, так как вернемся к нему в главе о полезных ископаемых (см. 2 часть).

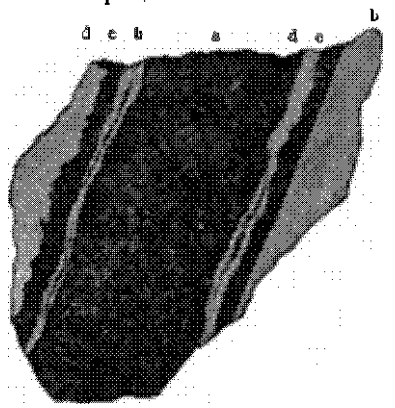



Рис. 281. **Разрез жилы „Spitaler Gang" у Шемница** (по Липольдту): **а) серный колчедан, свинцовый блеск, цинковая обманка и медный колчедан с кварцем, вв) белый кварц, сс) плотная руда, дд) трахит, в котором залегает жила**

Трещины, заполненные изверженными массами, дают происхождение так называемым жильным породам (Gesteinsgänge); к числу последних относятся: граниты, порфиры, базальты, трахиты и др. массивные породы вплоть до современных нам лав. Иной характер носят «минеральные» жилы (Mineralgänge). Здесь мы находим обычно кварц, известковый шпат, тяжелый шпат, плавиковый шпат, целый ряд других менее важных минералов и, наконец, различные руды.

Золото, серебро, медь, свинец, олово, цинк, железо и др. встречаются в жилах или в самородном состоянии, или в виде различных химических соединений; большинство металлов, извлекаемых на пользу человека из недр земли, получается из жил. Иногда вся жила состоит из одного минерала: кварца, известкового шпата, тяжелого шпата и др.; иногда она представляет смесь различных минералов; наконец, в жиле может преобладать один известный минерал, на ряду с которым встречаются в незначительном количестве другие минералы, игравшие подчиненную роль в заполнении трещины.

Иной характер носят симметрически образованные жилы, в которых минеральные массы распологаются «поясами», параллельными стенкам; при этом пояса повторяются в одинаковом порядке по обе стороны жилы. Такова, например, минеральная жила — «Spitaler Gang» у Шемница (Щавницы) в Венгрии. Состав ее следующий: в середине жилы залегают серный колчедан, свинцовый блеск, медный колчедан, образуя нояс в 1 метр мощностью; все эти минералы прорезываются многочисленными жилами и гнездами белого кварца; с обеих сторон этот пояс окаймляется белым кварцем, мощностью в несколько саитиметров; наконец, к последнему примыкает с той и другой стороны плотная руда; она непосредственно прилегает к трахиту, в котором залегает эта жила. Последовательность расположения минералов в жиле позволяет наглядно представить историю последней:

прежде всего на стенах новообразовавшейся трещины отложились пояса плотной руды; с течением времени приток материала, необходимого для ее образования, прекратился; его место заняли растворы кремнекислоты, которая и образовала пояса белого кварца; главные массы руды, расположенные в середине, образовались всего позже: они заполнили оставшееся пустым пространство (смотри рис. 281).

Эти явления, впервые подмеченные Вернером, бывают иногда значительно сложнее, как это и можно видеть на многих примерах, которые мы находим в Фрейбергском горном округе. Вернер описывает, между прочим, Григорьевскую жилу (Gregoriusgang), в которой по обоим сторонам разъединенной породы залегает белый кварц; далее следуют свинцовый блеск, железный шпат, опять свинцовый блеск, темная серебряная руда (пираргирит), и, наконец, серебряный блеск (аргентит); в самой середине жилы находится известковый шпат: это, очевидно, новейшее из всех образований, заполнивших трещину.

Однако подобная симметрия наблюдается не всегда: очень часто минералы, заполняющие трещину, развиты неодинаково с разных сторон, иногда даже происходит разрыв жильных образований, сопровождающийся повторным заполнением новой трещины; при этом образуются уже другие минералы, располагающиеся, в свою очередь, симметрично. В последнем случае история жилы носит сложный характер: сперва образовалась трещина, в которой отложились минералы и руды; когда последние совсем заполнили ее, повторились те тектонические движения, которым была обязана трещина своим первоначальным возникновением, произошел новый разрыв, и в раскрывшейся трещине стали опять отлагаться руды, которые, очевидно, не могли уже занять положения симметричного с прежними образованиями. Нередко в такие трещины извергаются обломки камней. В некоторых случаях они столь многочисленны, что вся жила приобретает строение брекчии: минералы и руды являются только как бы цементом, связывающим в одно целое отдельные осколки, иногда они располагают прекрасно выраженными концентрическими слоями (Ringelerze).

## Выветривание

При переходе в раствор одной из составных частей породы происходит разрыхление и распадение последней: порода, как говорят, *выветривается*. Процесс выветривания играет чрезвычайно важную роль в образовании форм земной поверхности: он происходит не только под влиянием химического действия чистой воды или воды, содержащей углекислоту, но является результатом целого ряда других условий, главным образом, следствием расширения воды при замерзании. Известно, что лед легче воды и плавает на поверхности; это уже показывает, что вода, переходя в твердое состояние, расширяется. Насколько велика развивающаяся при этом сила, можно судить на основании следующего опыта: возьмем чугунный шар (бомбу) и, наполнив его водой, плотно закроем отверстие; будучи поставлена на мороз, такая бомба разорвется. Точно так же разрушаются и горные породы: в поры и мельчайшие трещины их проникает вода и, замерзая, оказывает известное давление, вследствие которого порода раздробляется. Особенно

сильно выражается это действие в тех местностях, где наблюдаются резкие колебания температуры и случаются ночные морозы. В теплых странах, где температура никогда не падает до нуля, такое действие воды невозможно; но, по свидетельству путешественников, в Сахаре уже простое чередование охлаждения и нагревания вызывает разрушение горных масс. В течение дня палящие лучи нагревают породу, а после заката солнца происходит охлаждение, постепенно усиливающееся до наступления утра; как только солнце опять появляется на горизонте, начинается новое нагревание. Каждое охлаждение сопровождается сокращением, и каждое нагревание — расширением породы. Долговременное повторение этих изменений ведет к нарушению целости горных масс и заставляет огромные глыбы распадаться постепенно на мелкие обломки.

В некоторых местностях в разрушении горных пород принимают участие и растения. Корни последних попадают в тончайшие трещины и, вследствие постепенного роста, распирают и расширяют их. Корни мелких растений, водорослей и лишаев производят слабые действия, мощные же корни больших деревьев отрывают целые скалы. Если мы остановим наше внимание на лесистом ущелье с крутыми стенами, то встретим там не один пример таких разрушений: клинообразные глыбы отделяются от стен и висят в таком положении, что с полной несомненностью можно предсказать их падение через больший или меньший промежуток времени; из трещины, которая отделяет эти глыбы от главной массы гор, выдвигаются деревья; корни последних непрерывно, хотя и незаметно, работают над расширением трещины и подготавливают обвал.

С другой стороны, растения способствуют и химическому разрушению горных пород. Разлагаясь при свободном доступе воздуха, они образуют углекислоту и воду. Но если растительные остатки скапливаются в большом количестве, то быстрое разрушение их становится невозможным; происходит медленное гниение, сопровождающееся образованием не только углекислоты и воды, но и целого ряда органических соединений, каковы: гумин, геин, гуминовая и геиновая кислоты, а также кислоты жирного ряда, как, напр., муравьиная и др. Все эти вещества действуют в качестве сильных растворителей горных пород и способствуют разрушению и выветриванию последних; вместе с тем образуется слой *почвы*, состоящий из растительных остатков и продуктов разрушения горных пород. В некоторых местностях он достигает огромной мощности; примером могут служить известные темные почвы у Регенсбурга, чернозем южнорусских губерний и черная почва североамериканских прерий; впрочем, в большинстве случаев почва образует слои незначительной мощности.

Особенного внимания заслуживает следующий факт: в почве, не подвергавшейся даже обработке человека, попадаются в очень ничтожном количестве или даже совсем отсутствуют куски твердых пород. Это явление было объяснено *Дарвином*, который приписывает его деятельности дождевых червей. Он заметил, что камни, лежащие на поверхности почвы, с течением времени совсем погружаются в нее, или в большей или меньшей степени оседают. Дождевые черви прорезают почву множеством длинных ходов, глотают при этом землю и, пропустив ее через свой пищеварительный канал, выбрасывают на поверхность в виде овальных шариков. Кто внимательно рассматривал поверхность почвы в саду или поле, тот замечал эти нежные землистые образования:

они лежат всюду в огромном количестве, пока дождь не размоет их и не распределит по поверхности всего данного участка. Не вполне разложившиеся органические части поглощенной земли служат червям для питания и в их пищеварительном канале превращаются в гумус; выделяя последний наружу, черви увеличивают слой черной земли на поверхности; так как они черпают для этого материал из более глубоких частей почвы, то последняя должна постепенно оседать. Впрочем, эта теория Дарвина не дает полного объяснения явления: по крайней мере, в тех странах, где вовсе не существует дождевых червей, гумус тем не менее образуется.

В последнее время высказано предположение, что известная группа бактерий, так называемая *нитробактерии* (Nitromonas и другие), принимают также деятельное участие в разрушении горных пород. Если эта догадка подтвердится новыми данными, то мельчайшим организмам, которые играют вообще большую роль в экономии природы, придется приписать также и важное геологическое значение. Название упомянутых бактерий происходит вследствие предполагаемой их способности выделять азотную кислоту, соли которой носят название нитратов; необходимые для их жизни азот и углерод они поглощают прямо из атмосферы, а потому могут развиваться на совершенно скалистой бесплодной почве. Обладая ничтожными размерами, лежащими даже за пределами тех, какие мы можем наблюдать под микроскопом, эти организмы проникают в мельчайшие трещины горных пород и, размножаясь в них, производят то же действие, как лишаи и мхи; в настоящее время мы не можем еще сказать выделяют ли эти бактерии какой-нибудь особый секрет, или деятельность их является чисто механической. Распространение нитробактерий не ограничивается какой-либо определенной местностью, а потому разрушительная деятельность их может обнаруживаться на самых высочайших, недоступных вершинах гор. Так, напр., было указано, что Фаульхорн на Бернском нагорье постепенно разрушается этими микроорганизмами; поэтому все больше и больше распространяется убеждение, что распадение горных масс вообще должно быть в значительной степени приписано незаметной работе нитробактерий.

Там, где выветривание происходит без всяких нарушений, все растворимые части породы выщелачиваются, и на месте остаются глина и песок. Если местность обладает малым наклоном или вследствие каких-либо других причин продукты разрушения не могут быть унесены водой, то с течением времени здесь накапливаются мощные покровы рыхлых образований, прикрывающих те породы, из которых они произошли. Такие поверхностные отложения, происшедшие на месте, *Траутгиольд* весьма удачно называет *элювием*. Само собой разумеется, что эти рыхлые образования будут в разных местах различны, смотря по свойствам подстилающих их пород; впрочем, это различие не так резко, как можно было бы думать: многие породы, далеко несходные по своему петрографическому составу, дают весьма близкие продукты выветривания. Остановимся несколько подробнее на образованиях этого рода, свойственных Средней Европе (Gehängelehm), на рыхлых глинисто-песчаных породах Истрии и Далмации (terra rossa) и, наконец, на так называемом латерите, принадлежащем уже тропическим странам.

В умеренно влажном климате Европы, вследствие разрушения разных пород,

особенно кристаллических сланцев, изверженных масс и глинисто-песчаных образований, происходят рыхлые, желто-бурые массы элювия, который прикрывает все склоны и в низменных местах, куда он сносится действием дождевой воды, образует пласты огромной мощности. В глубоких частях этих отложений можно встретить неразрушенные куски первоначальных пород; с другой стороны, эти образования представляют некоторое различие в составе, смотря по тому, из каких пород они произошли; точно определить границы распространения этого вида элювия в настоящее время еще нет возможности; несомненно только, что он отсутствует в тропических странах, а также в области Средиземного моря, где господствует уже особый вид поверхностных глинистых отложений,—так называемая «красная земля» (terra rossa).

Название это приурочивается главным образом к отложенням карстовых прибрежных областей Адриатического моря. «Красная земля» обладает здесь широким распространением и залегает огромными массами в характерных для этой местности воронкообразных провалах,—так называемых *долинах*. Она состоит из глины, чрезвычайно богатой железом, и представляет, по-видимому, окончательный продукт разрушения известняков, остающийся на месте после полного растворения углекислых солей. На первый взгляд кажется, что белоснежные известняки окрестностей Карста не могут содержать в своем составе красную глину; но простой опыт доказывает противное: если мы возьмем большой кусок совершенно белого известняка этой местности и растворим его в уксусной кислоте, то получится незначительный осадок красной глины, которая содержит около 20 процентов окиси железа.

«Красная земля» не представляет образования, исключительно свойственного прибрежным областям Адриатического моря; она обладает также огромным распространением в Греции, вообще в области Эгейского моря и залегает в трещинах и воронкообразных углублениях швабско-франконской равнины, образованной породами юрского возраста. «Красная земля» встречается почти повсеместно в таких областях, где характер залегания известковых пород не допускает удаления образованных ими продуктов разрушения или где этот процесс делается невозможным ввиду сухости климата и отсутствия значительных дождей; примером последнего рода могут служить возвышенные коралловые известняки Багамских островов. Впрочем, «красная земля» встречается даже и в таких местностях, где нет налицо ни того, ни другого условия, напр. в известняковых Альпах; на склонах этих гор, бедных перегноем и покрытых скудной растительностью, находятся незначительные количества землистых образований с характерным красным цветом. Точно так же красная глина, которая скапливается на дне пещер и гротов, принадлежащих известковым горам, представляет ту же «красную землю», занесенную сюда водой.

Третий вид элювиальных образований—так называемый *латерит**: он обладает большим сходством с «красной землей» и покрывает огромные участки земной поверхности. Вот как описывает эту породу *Рихтгофен*: «Латерит пользуется большим распространением во влажных тропических областях Юго-Восточной Азии, Африки и Бразилии и представляет поверхностное глинисто-песчаное образование с богатым содержанием железа; он происходит вследствие выветри-

* От латинского слова later—кирпич.

вания самых разнообразных пород и обладает кирпично-красным или бурым цветом и губчато-пористым строением; пустоты заполнены более светлым, часто даже белым веществом; поэтому свежие разломы латерита представляют пятнистый вид. Обыкновенно эта порода обладает известной креностью, но все же легко поддается действию ножа. На открытом воздухе она затвердевает, приобретает темно-бурую окраску и строение, свойственное шлакам; при этом губчатая масса, заполняющая поры латерита, вымывается водой. В странах, где господствует высокая температура, выпадают обильные дожди и пышно разрастается лесная растительность, мощность рыхлого латеритового слоя увеличивается за счет разрушения подстилающих его пород, постепенно распространяющегося в глубину. Но рост этих отложений совершается и с поверхности: текучая вода и ветер заносят сюда твердые частицы, которые также превращаются в латерит. Различные горные породы, каковы гнейсы и разные кристаллические сланцы, осадочные образования и изверженные массы, как, напр., базальт и др., доставляют материал для образования латерита, но механические и химические процессы, создающие эту породу, в подробностях остаются неясными и по наше время*.

Глинисто-песчаные поверхностные образования Средней Европы, «красная земля» и латерит залегают часто не на тех местах, где они первоначально образовались. Во многих случаях они доставляли материал для образования пресноводных глинистых отложений дилювиальной эпохи и так называемого лёсса, о котором будет речь ниже. В настоящее время воды также смывают латерит с возвышенных мест и вместе с зернами унесенного песка откладывают его в глубоких долинах. Бразильские реки выносят в Атлантический океан такие огромные массы латерита, что морской ил на далеком протяжении от берега и в глубину приобретет кирничпо-красную окраску. Такие явления, наблюдаемые в настоящее время, невольно заставляют обратить внимание на красноцветные отложения минувших периодов. «Красный мертвый лежень» (пермского периода), часто обладающий трансгрессивным напластованием, представляет огромные скопления красноцветных осадков; появление их далеко не случайно; времени их образования предшествовал каменноугольный период с его большим развитием материков; по аналогии с явлениями настоящего времени мы должны допустить, что разрушение горных пород и тогда сопровождалось образованием красноцветных землистых продуктов. В пермский период эти продукты выветривания вошли в состав новообразовавшихся трансгрессирующих пластов. Так же объясняется происхождение триасовых красных песчаников, залегающих на Атлантическом берегу от Новой Шотландии до Южной Каролины и богатых окаменелостями красных глинистых известняков лейасового возраста, развитых в Восточных Альпах; эти так называемые гирлятцкие известняки заполняют неправильные углубления в подстилающих их мощных

* В России элювиальные образования развиты во многих местах. Так, напр., широким распространением обладают они в Волжском крае, где между устьем Ветлуги и г. Симбирском мы находим залежи бурых песчаных глин, глинистых или даже чистых песков, сцементированных в нижних горизонтах окислами железа, которые местами образует даже рудные скопления; эти элювиальные образования произошли из пестрых мергелей, юрской глины, а также глинистых и мергелистых отложений нижнемелового возраста. Вторым примером может служить Нижегородская губерния, где юрские мергели дают элювиальные буровато-желтые и красновато-бурые глины, а отложения ледникового периода — пески. То же наблюдается и в других местах России. — *Примеч. пер.*

пластах белого кровельного известняка. Вследствие значительного отрицательного перемещения береговой линии прибрежные известковые отложения оказались на суше, и на поверхности их образовалась «красная земля» совершенно таким же образом, как это происходит ныне на приподнятых коралловых известняках Багамы. После этого произошло обратное перемещение береговой линии,—известняки скрылись под морскими водами, и богатая прибрежная фауна заселила все углубления и трещины в этой породе; вследствие смешения красноцветной земли с остатками раковин образовались глинисто-песчаные лейясовые известняки, карманообразные залежи которых представляют чрезвычайно своеобразный вид.

Выветривание распространяется равномерно от поверхности в глубь породы только в тех случаях, когда последняя обладает одинаковым строением и свойствами. Последнее условие не всегда имеется налицо: вследствие некоторых причин, еще вполне не расследованных, одни части породы разрушаются быстрее, другие медленнее, а потому выветривание распространяется неравномерно*. Прекрасным примером может служить особый вид финляндского гранита,—так называемый раппакиви («гнилой камень»). Некоторые глыбы этой породы в течение целых тысячелетий упорно сопротивляются разрушительным силам, некоторые же действием мороза и дождя совершенно разрушаются в несколько десятков лет. Это свойство раппакиви представляет особенный интерес для жителей Петербурга, где огромное количество сооружений,—зданий и памятников,—построено из этого камня. В общем выбор материала был, кажется, удачен, но в некоторых случаях пользовались легко разрушающимися разновидностями этой породы. Таков, например, огромный монолит Александровской колонны против Зимнего Дворца; несмотря на тщательные заботы о сбережении этого памятника, он сильно пострадал и покрылся множеством трещин.

Своеобразные формы выветривания получаются в тех случаях, когда порода покрывается системой более или менее перпендикулярных трещин и обладает наклонностью к образованию так называемых плитообразных отдельностей. Последние свойственны некоторым древним массивным породам, каковы граниты, сиениты и порфиры, а также гнейсам и некоторым песчаникам. Воды, просачивающиеся по этим трещинам, производят выветривание, и горные массы распадаются мало-помалу на отдельные глыбы, образуя так называемые россыпи и «моря скал»; деятельность разрушительных сил продолжается, острые ребра каменных глыб сглаживаются, и обломки горной породы приобретают своеобразно округлые формы (wollsackähnliche oder wollsackartige Formen). Эти скопления закругленных глыб во многих местах привлекают толпы посетителей; в виде примера можно указать гранитное море скал у Ауернгейма в Одепвальде и более скромные по своим размерам россыпи пестрых песчаников на южном берегу Неккара у Гейдельберга. В других случаях слегка закругленные плитообразные отдельности пород фантастически нагромождаются друг на друга, образуя причудливые наконления каменных глыб, как это мы и видим в Саксонской и Чешской Швейцарии и в некото-

* Поэтому-то нижняя граница элювиального слоя представляет часто весьма неправильные очертания и имеет даже бахромчатый вид; выветрившаяся порода вклинивается в свежую породу в виде языков, воронок и т. п. Ван дер Брок, много занимавшийся выветриванием (особенно по Бельгии), называет такие вклинения «карманами» (les poches) и «колодцами» (les puits).—*Примеч. пер.*

рых гранитных областях*. Наконец, следует упомянуть здесь о так называемых «развалившихся» вершинах (Blockgipfel); этим словом обозначают беспорядочные скопления огромных глыб, происшедшие от разрушения вершин (отсюда название некоторых русских гор — «развалки»). Примером могут служить высоты Гарца, главным образом Брокена, многие из Сосновых гор (Фихтельгебирге), некоторые вершины Баварского леса и Судетов, а также сланцевых Центральных Альп.

## Размывание

Размельчая горные породы, выветривание подготавливает почву для другой деятельности воды, которая заключается в механическом разрушении, а также переносе материала и называется *размыванием* (эрозией). Вода, выпадающая на землю в форме дождя, отчасти испаряется или просачивается в почву, отчасти же течет по поверхности земли, образуя ручьи и реки, которые изливаются, наконец, в озера или в моря. При своем движении вода следует законам тяжести: она течет по направлению вниз и производит при этом значительное механическое действие на рыхлые мало прочные массы (см. рис. 282): песок и глину текущая вода непосредственно размывает и уносит; твердые же горные породы она может разрушать лишь в слабой степени. Здесь главная роль принадлежит уже выветриванию, последствием которого является раздробление породы в щебень. Эти-то обломки, попадая в воду, и сообщают ей способность размывать даже самые твердые породы. Каждая песчинка и галька, передвигаемая водой по поверхности горных масс, стирает и стачивает их; действие это распространяется постепенно на более глубокие части до тех пор, пока хватает сил потока уносить образующие твердые продукты разрушения. Если наклон русла уменьшается и течение воды становится более медленным, размывание прекращается, и все твердые частицы,— гальки, песок и ил, отлагаются мало-помалу на дне.

Легко разрушающиеся породы размываются и уносятся водой гораздо легче и скорее, чем породы стойкие и прочные; благодаря этому, в некоторых случаях происходят своеобразные явления. Часто действия химических и механических сил так тесно сливаются, что определить, какая роль принадлежит одному фактору, и какая — другому, нет никакой возможности. Иногда механическое действие воды сообщает поверхности прихотливые формы; примером могут служить так называемые «земляные столбы», или «земляные пирамиды», которые встречаются в разных местах; прекрасные образцы их наблюдались первоначально близ Боцена. В долинах Катценбаха и Финстербаха видны сотни плоских, в боль-

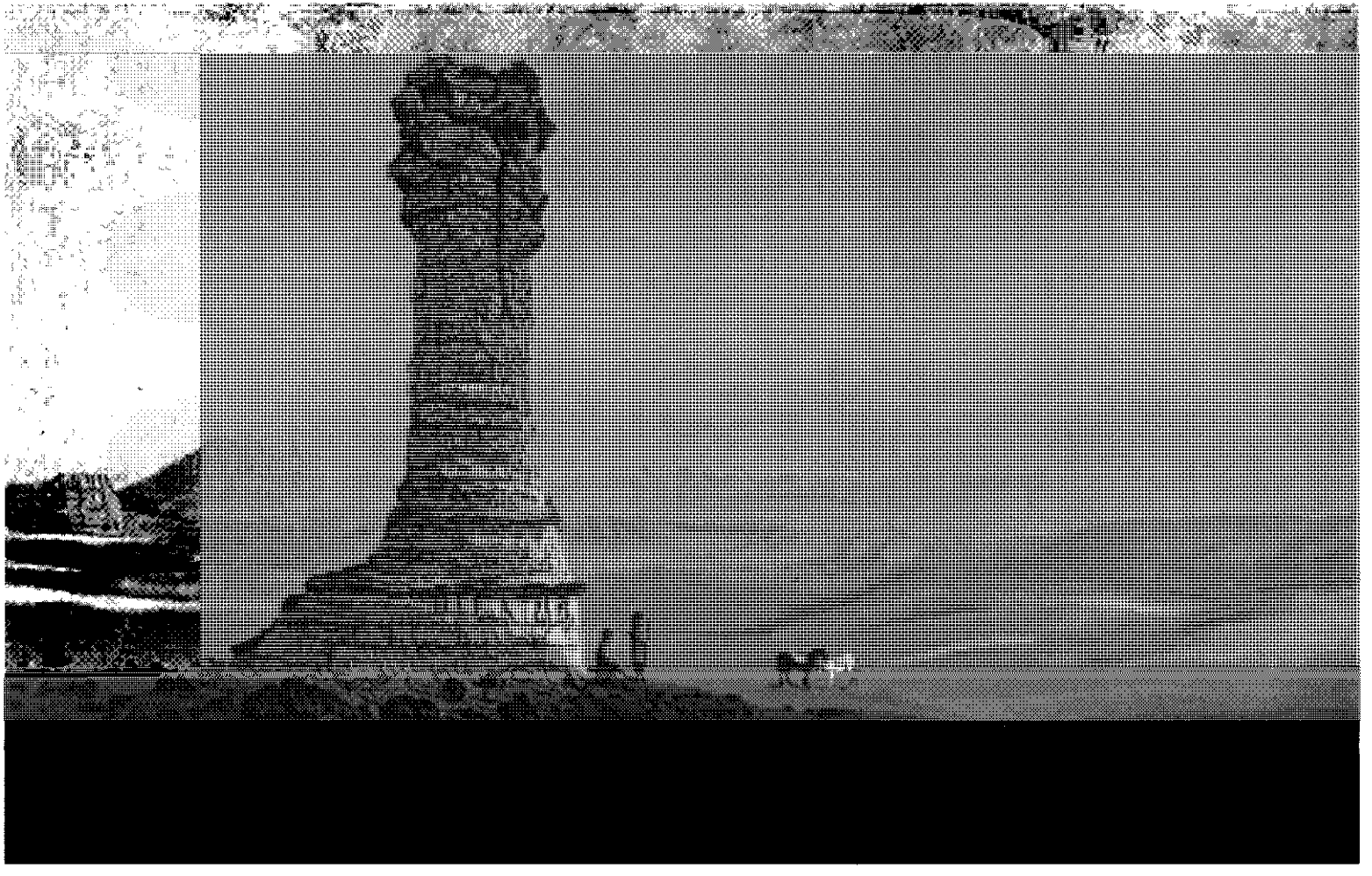
---

* В России можно было бы указать целый ряд подобных образований. Примером могут служить так называемые «гранитные палатки» на восточном склоне Южного Урала, близ станции Степной, представляющие ряд плитняковых отдельностей, прихотливо нагроможденных друг на друга. Еще своеобразнее формы так называемого «Чертова Городища» около г. Екатеринбурга. Это — массивные гранитные скалы, получившие от выветривания плитняковую (матрацовую) отдельность и разбитые вертикальными трещинами на неправильные столбы. Сюда же следует отнести целую свиту отдельных столбов на берегу Колыванского озера на Алтае и многие другие образования. — *Примеч. пер.*

шинстве случаев совершенно свободно стоящих столбов; они состоят из довольно твердой красноватой глины; на вершине каждого из них почти всегда лежит большая каменная глыба. Высота столбов достигает 30 м; у оснований они обладают пирамидальной формой и оканчиваются коническим заострением (см. рис. 283). Происхождение этих любопытных образований чрезвычайно просто; беглый осмотр долин показывает, что стены их образованы той же красной глиной; в последней наблюдаются многочисленные включения больших и неправильных глыб камней. Общее распределение материала, многочисленные царапины на камнях и следы их полировки заставляют считать эти образования остатком ледниковой морены. Сначала ручьи прорыли здесь узкие и глубокие каналы, которые были расширены действием дождевой воды, стекавшей по склонам и постепенно уносившей глину. Большие глыбы камней, которые лежали непосредственно на поверхности или выступили из глубины облеплявшей их и малопомалу разрушенной массы, защищали от дальнейшего размывания залегавшую под ними глину; в течение многих тысячелетий действием дождевой воды были унесены окололежащие рыхлые массы; остались неразрушенными только одинокие столбы, выдвигающиеся ныне в виде высоких башен и прикрытые сверху гранитными и порфировыми глыбами; множество мелких камней, вложенных тут и там в стены этих пирамид, сообщают последним своеобразную пестроту и прихотливые внешние формы.

Рис. 282. **Огромная рытвина, размытая дождем и впадающая в каньон Сольта Крик в Утахе в Сев. Америке** (по Кингу)

Глина, содержащая в своей массе большие и мелкие каменные глыбы, пользуется широким распространением в Альпах, а потому и земляные пирамиды



КАМЕННЫЙ СТОЛБ В ВИОМИНГЕ (Сев. Америка)
*(из U.S. Geological Survey)*

встречаются здесь в разных местах; красота этих образований в швейцарском кантоне Валлисе доставила им всемирную известность. Местонахождение земляных столбов не ограничивается глинистыми отложениями ледниковых морен; при благоприятных условиях они могут образоваться всюду, где в рыхлых, легко разрушающихся массах рассеяны в беспорядке глыбы более стойких пород; таковы, напр., рыхлые вулканические туфы с включенными в них вулканическими бом-

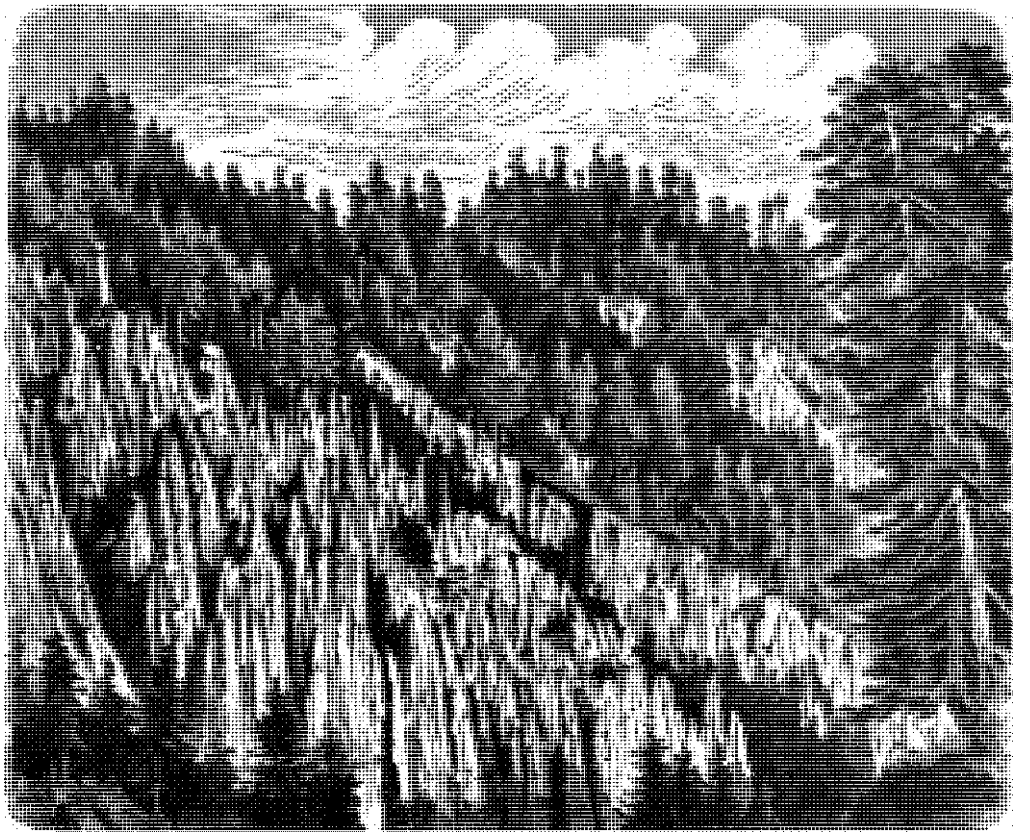


Рис. 283. **Земляные столбы близ Боцена**

бами. Наконец, рассматриваемые фантастические скалы встречаются всюду, где различные части породы не одинаково легко поддаются разрушению (см. рис. 284). Они выдвигаются то в виде колонн и обелисков, то в виде игол, иногда напоминают грибы и представляют множество других своеобразных форм (см. рис. 285). В некоторых случаях эти пирамиды достигают огромной величины, как напр., «Каменный собор» (Kathedralenklippe) на р. Колорадо, в западной части Северной Америки, иногда обладают скромными размерами. В сухих, бедных атмосферными осадками областях такие образования встречаются вообще чаще, чем в сырых дождливых местностях; огромное множество земляных и каменных пирамид мы встречаем в Великой котловине Северной Америки, между Сиеррой-Невадой и Скалистыми горами; благодаря обилию этих образований, здесь одна местность получила даже название «Парка памятников» (см. рис. 286 и картину

на особом листе «Каменный столб в Виоминге, в Северн. Америке»). Другая подобная же область, расположенная у восточного подножия Скалистых гор, носит название «Сада Богов» (Garden of the Gods; см. рис. 285). Твердые ярко-красные песчаники триасового периода выдвигаются здесь в чрезвычайно своеобразных формах; неудивительно, что индейцы считали эти продукты выветривания и размывания воплощением своих богов и совершали неред ними молитвы. Новый пример причудливых форм размывания представляет рис. 287, где изображена группа огромных естественных столбов мела в Скерми на Кавказе.

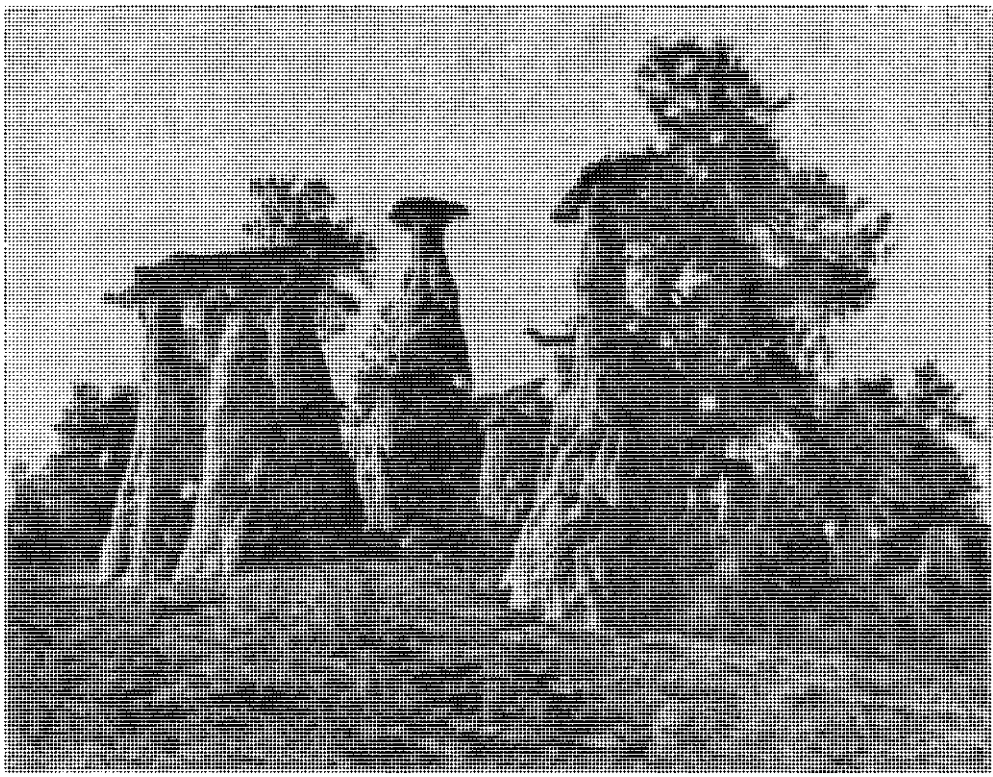


Рис. 284. **Каменные столбы в «Саду Памятников» в Северной Америке**

Различное отношение горных пород к выветриванию обнаруживается и в тех странах, где мы не встречаем вовсе своеобразных форм разрушения. Если среди малопрочных масс залегают местами породы, с трудом поддающиеся действию разрушительных сил, то вследствие размывания они образуют выступы или даже ряды холмов; наоборот: там, где залегали породы, слабо противостоящие разрушепию, получаются углубления или впадины. Внешние формы стоят в тесной связи со степенью прочности образующих ее пород. Благодаря этому, геолог получает чрезвычайно важные указания при составлении карты, где он должен отметить распространение известных групп и систем пластов. Существование стойких, трудно разрушающихся пород непосредственно отражается на формах рельефа, и опытный глаз при беглом осмотре местности с какого-нибудь возвышенного холма определяет на далеком расстоянии распределение систем.

Как бы своеобразны ни были формы выветривания и размывания,—они сводятся к действию чрезвычайно простой причины, именно к движению воды, которая по законам тяжести направляется книзу; она уносит твердые части пород или, подмывая последние, подготавливает обвал. Сила такого действия воды зависит не только от ее количества, а также от наклона русла и свойств размываемой породы. На утесистых склонах высоких гор размывание происходит особенно сильно и поддерживается рядом других разнообразных деятелей разрушения. В скалистых областях Альп, бедных растительностью, слышен почти непрерыв-

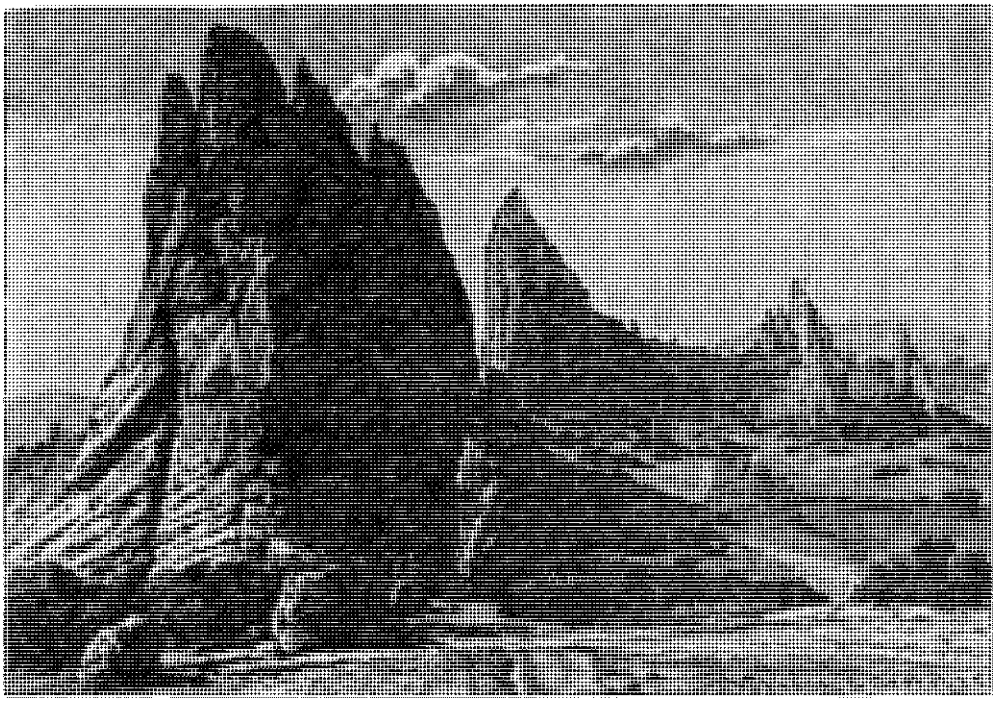


Рис. 285. **Пирамиды песчаника в «Саду Богов» в Северной Америке**

ный шум низвергающихся обломков. Покрываясь множеством трещин и разрыхляясь действием дождей, горные массы приходят, наконец, в такое состояние, что уже ничтожный толчок вызывает их падение. Когда пробегает по такому месту стадо диких коз, во все стороны устремляются потоки обломков; на некоторых склонах нельзя найти ни одного прочного выступа, за который можно было бы ухватиться при подъеме; приходится идти тяжелой поступью в особой обуви и с зазубренной на конце палкой; все время из-под ног соскальзывают камни, и вся гора колеблется и движется, точно живая. Само собой разумеется, что огромные массы подмытых и растрескавшихся камней обрываются и без всякого внешнего толчка, исключительно под влиянием своей тяжести; они с шумом скатываются вниз по глубоким рытвинам, изрезывающим склоны; нет никакой возможности пользоваться последними при подъеме на гору, и только подвергаясь страшной опасности, путешественник отваживается заглянуть в эти места.

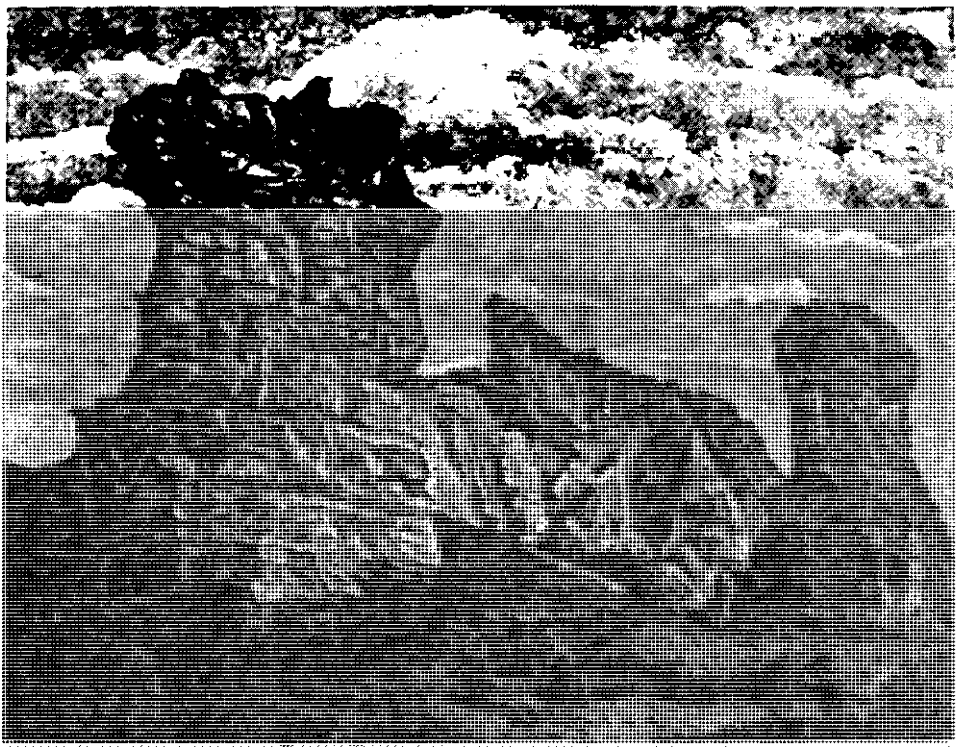


Рис. 286. **Размытые слои осадков в Вьюминге, в Сев. Америке**

**Рис. 287. Столбы мела в Скерми на Кавказе**

Без внешнего толчка сваливаются обычно одинокие глыбы; тем не менее количество обломков, низвергающихся таким образом к подножию, становится с течением времени огромным. Если рытвины или ущелья, по которым скатывались обломки, открываются в большую плоскую долину, то у их устьев скапливаются конусообразные кучи щебня: острием конус прислоняется к нижнему концу рытвины, а основанием расплывается по долине. Если по ущелью протекает также

ручей, то склоны конуса становятся отлогими, если же щебень падает только под влиянием своей тяжести, то он образует крутые склоны, достигающие предела, при котором может существовать коническая куча. Если у подножия горы лежит несколько таких конусов, то они могут слиться своими основаниями, образовав одну общую осыпь*. Чрезвычайно поучительно наблюдать эти правильные конусообразные скопления щебня с какой-нибудь выдающейся вершины. Поднявшись на вершину Зонниоха у Ахенского озера и окинув оттуда взором долину Фальцтурна, можно видеть огромное множество каменных потоков, которые спускаются со всех гор и усыпают обломками всю почву долины.

## Обвалы и оползни

Движение горных масс приобретает иногда угрожающие размеры и сопровождается катастрофами, которые производят опустошения в долинах. Эти грозные явления, происходящие вследствие обрыва и падения огромных скал, носят название *обвалов* (Bergstürze, Erdrutschungen). Люди, захваченные бедствием, склонны иногда думать, что на них обрушивается целая гора; хотя размеры падающих скал бывают чрезвычайно огромны, но в сравнении с общей массой горы они, во всяком случае, незначительны: обвалы производят незначительные изменения склонов, и когда обнаженные скалы снова покроются растительностью, влияние их на общую физиономию горы остается незаметным даже для хорошего знатока местности. Страшный обвал, происшедший в 1881 году у Эльма в кантоне Гларус, сопровождался падением в долину около 10 миллионов кубических метров обломков, но гора Чингель, с которой сорвались эти массы, почти не изменилась. «Катастрофа выразилась главным образом появлением серых обнажений; на форме горы она не отразилась; когда склоны опять оденутся лесом, то на некотором отдалении даже знаток местности не заметит следов обвала» (*Гейм*).

В редких случаях рушатся даже целые горы; такова, напр., страшная катастрофа в группе Брента в Юго-Западном Тироле, разразившаяся в мае 1882 г. Об этом грозном явлении почти в течение двух лет не получалось никаких

---

* Здесь кстати будет отметить различие между «*россыпями*» и «*осыпями*». Первым из этих терминов обозначаются скопления отдельных глыб, происшедшие от выветривания и оставшиеся на месте первоначального залегания. Они располагаются или на вершине горы, если она ровная и плоская, или чаще на склонах; в этом случае они образуют широкие полосы, спускающиеся часто до самой подошвы; таковы, напр., большие россыпи порфира на Бештау, Развалке и других горах этой же местности; здесь они приобретают такое огромное развитие, из-под их толщи в виде одиноких столбов. Старые россыпи зарастают, а новые представляют голые каменистые поля. В Урале на кварцитовых горах Таганая, Уренги, Иремеля, Уй-таша, Зигалги и др. россыпи достигают огромных размеров и делают вершину недоступной. Если обломки пород не остаются на месте первоначального залегания, а скатываются с вершин или крутых склонов гор и нагромождаются у подошвы, то получаются так называемые осыпи. Как видно из сказанного выше, образование последних происходит непрерывно: в некоторых местах обломки падают так часто, что проезжать там можно только с большой опасностью. После дождей на склонах, одетых травой, видны широкие полосы скатывающихся камней. Рассмотренные выше конусообразные скопления щебня представляют один из видов россыпей. Заросшие, а потом опять размытые осыпи дают нередко начало «земляным пирамидам». — *Примеч. пер.*

известий. Тем больший интерес представляет следующее сообщение *Рихтера*: «Живописная группа Брента образована многочисленными призматическими скалами, которые иногда стоят одиноко, иногда располагаются рядами друг возле друга и в общем напоминают знаменитые «Три Зуба» в Тироле у Шлудербаха (см. рис. на особом листе, стр. 12). Одна из таких скал оборвалась и низверглась в долину, которая тянется от Брента Альта к Бокка-ди-Брента. Все зубчатые столбы этой местности обнаруживают слоистое строение, причем пласты, их образующие, располагаются наклонно; можно думать, что обвалившаяся скала просто соскользнула по плоскости наслоения, а потому разрушительной деятельности воды в этом обвале должна быть приписана второстепенная роль.

Высота обвалившейся глыбы достигает, во всяком случае, нескольких сот метров, 400 или больше,—не берусь решать, поперечник же составляет четверть высоты. Эта огромная масса оборвалась с высоты около 200 метров и, ударившись о скалистый выступ, который ей встретился на пути, низверглась в долину: она образовала целые потоки известковых осколков, которые неслись в разных направлениях. Особенно замечательным в этом явлении было движение щебня, который, как можно думать, лился на далеком расстоянии подобно жидкости. Доказательством этого служит громадность площади, покрытой им; чтобы добраться до Бокка-ди-Брента, нужно более чем $1^1/_2$ часа идти по обломкам. Отсюда уже ясно, что слой принесенного обвалом материала не может быть очень мощным; как мне кажется, на окраинах засыпанной области он достигает только нескольких метров в толщину.

Эти потоки белого крепкого известняка, со страшным шумом низвергавшиеся по уступам и разбрасывавшие во все стороны град остроконечных обломков, представляли, должно быть, величественное зрелище. Но природа не позволила смертным увидеть его: черная дождливая ночь окутывала горы непроницаемым мраком, и только в Санта-Мариа-ди-Кампильо жители слышали страшный шум и были уверены, что настал конец мира».

Последний толчок, заставляющий низвергаться горные массы, бывает в разных случаях различен, причина же заключается обычно в разрушении тех пород, которые поддерживали обвалившуюся скалу в ее естественном положении. Простейший случай представляют пласты, круто падающие по направлению к долине. Если, напр., между известковыми пластами располагается легко разрушающийся слой глины или мергеля, то с течением времени он будет размыт водой: расположенные над ним пласты потеряют опору и станут скользить к долине по поверхности размытого слоя. Вследствие такого скольжения «лейясовых известняков» произошел тысячу лет назад страшный обвал у Ровередо в Южном Тироле; горные массы оборвались с Монте Цуна и устремились в долину р. Эча, завалив ее во всю ширину и запрудив реку. По сообщению одной хроники, этот обвал произошел в 883 г., во времена Карла Толстого. Данте упоминает в своей «Божественной комедии» («Ад», песнь 12, с. 4—9) об обвале Сане-Марко, засыпавшем город Лагарис:

Невдалеке от Тренто есть обвал:
Он сброшен был в Адидж землетрясением,
Иль сам собой, осунувшись, упал.
Там грозный след оставлен разрушением,
В долину так обрывист косогор,
Что сверху вниз нет схода по каменьям.

Еще грознее был обвал, произведенный землетрясением 25 января 1348 г. близ Добрача в Каринтии и засыпавший 19 деревень.

Среди многочисленных обвалов последнего времени заслуживает внимания страшная катастрофа, разразившаяся 2 сентября 1806 г. у *Гольдау* в Швейцарии. Огромные массы третичных конгломератов (так называемых «нагельфлю») соскользнули с поверхности размытых пластов мергеля; в долину низвергнулось 15 миллионов куб. сантиметров твердой породы; было убито 457 человек и разрушено 111 домов, 2 церкви и 220 хлевов и амбаров. Очевидец этого явления *Заим* описывает его следующим образом: «Нижние части склонов начали медленно скользить. Вверху от огромной скалы оборвалась мощная глыба, вслед за ней стали медленно отделяться и скатываться вниз другие обломки. Почва на склонах пришла в движение, и зеленый покров дерна обернулся нижней стороной, сообщив горам буро-черный цвет. Огромные сосны закачались из стороны в сторону. Птицы поднялись стаями и с громким криком полетели к горе Риги. Огромные камни катились по склонам гор, разрушали дома и хозяйственные строения и ломали деревья; мелкие быстро низвергались в долину и являлись как бы предвестниками падения огромных масс, которые вскоре затем сорвались с гор.

Вдруг лес задвигался сильнее; каменные глыбы, сорвавшиеся с гор, и высокие сосны, красовавшиеся прежде на вершинах отвесных скал, в беспорядке устремились вниз. Леса и земля, скалы и камни — все начало скользить, сначала медленно, а потом все быстрее и быстрее. Грохот и треск напоминали продолжительные раскаты грома и, усиливаясь многократным отражением в ущельях, достигали ужасающей силы. Огромные куски дерна, скалы величиной с дом и целые сосны взлетали на воздух. Красно-бурая пыль туманом поднялась над землей и окутала густым облаком картину разрушения. Горы и скалы дрожали, земля колебалась, люди с ужасом созерцали грозное явление. Птицы, задержанные в их полете, падали вниз; дома, люди и скот с быстротой пушечного ядра взлетали на воздух. Ловерцское озеро пришло в бурное движение, и стремительные волны его, ринувшись на землю, усилили опустошение. Разрушение охватывало не только долину, но распространилось и на крутое подножие Риги, где некоторые деревья и скалы высоко подпрыгивали в воздухе. Все явление, произведшее грозные опустошения, длилось не дольше, чем читаются эти строки, т. е. какие-нибудь 3—4 минуты».

Часто разрыв горных масс происходит не по плоскости напластования, а по произвольно расположенным трещинам. Размывание, производимое ручьями, усиливается действием подземных вод, а потому вырубание лесов часто служит ближайшей причиной обвала. Последним толчком, вызывающим движение горных масс, являются в большинстве случаев продолжительные дожди: в Альпах большинство обвалов происходит в апреле, во время таяния снегов, или в сентябре, когда льют сильные дожди.

Прекрасно выяснены причины большого Эльмского обвала, который разразился в долине Зернфа, в кантоне Гларусь, в Швейцарии и был подробно расследован *Геймом*. Над деревушкой Эльм возвышаются обрывистые склоны Чингеля, образованные круто падающими и изогнутыми пластами древнетретичных глинистых сланцев. Значительный наклон слоев, слабость поддерживающей опоры и сильные нарушения в их напластовании уже сами по себе представляли благоприятные условия для образования обвалов, которые в слабой степени происходили здесь с давних

времен. К несчастью обитателей этой местности, сланцы горы Чингель представляли прекрасный материал для приготовления аспидных досок. Началась разработка этих залежей, и скоро на горе была заложена обширная каменоломня, доставлявшая сланец на Нюренбергские фабрики, где из него приготавливались миллионы грифельных досок. Разработка велась без надлежащих технических предосторожностей и без всякого определенного плана; и без того опасные склоны горы были сильно подкованы; кроме того, широкое применение пороха и динамита для разъединения породы способствовало еще большему разрыхлению горных масс. В 1879 г. каменоломня охватывала пространство уже в 180 метров. Последствия не замедлили обнаружиться. Произошли слабые обвалы и образовались зловещие трещины, распространившиеся мало-помалу и на верхние части горы. Охотники рассказывали, что сотрясения, происходившие при взрывах, чувствовались даже у вершины. Здесь образовалась огромная главная трещина, имевшая такой вид, будто со склона был вырезан огромный кусок породы. В конце августа 1881 года трещина достигала 2—3 м в ширину, и почва опустилась на 4—5 метров. В лесах поверхность земли местами вспучилась, обвалы усилились; в начале сентября работы в каменоломне были уже прекращены: предвиделся огромный обвал, который должен был произойти во время таяния снега.

Так наступило 11 сентября. Около полудня оборвалось несколько каменных глыб, но главная катастрофа разыгралась вечером. Вот что сообщает о ней местный учитель *Вис*: «После обеда около 4 часов дня я стоял у открытого окна с часами в руках и старался точно отметить все движения горных масс. Непрерывно отделялись то выше, то ниже незначительные камни, и верхние ряды сосен стали опускаться в трещины.

Первый большой обвал произошел в 5 час. 15 минут вечера. С быстротой молнии устремились в долину огромные скалы; они засыпали каменоломню, товарные сараи с инструментами и с запасами сланца, постоялый двор и деревушку Аллъмейндли, жители которой уже два дня назад бежали. Ущелья, по которым текли ручьи Чингель и Рамин, были также загромождены обломками. Жители Унтерталя, местечка, расположенного в стороне от главной деревни и наиболее подвергавшегося опасности, бросились бежать вверх к подножию горы Дюни, где лежали земли Альнегли и Ягливейда и где, как казалось, они могли найти защиту. Из деревни же несколько людей бежало к Унтерталю, забыв оказать помощь пострадавшим. Второй еще более сильный обвал произошел через 17 минут (5 час. 32 мин.) и, пронесясь с невообразимой скоростью над низвергшимися ранее массами, ринулся на Унтерталь, засыпал много прекрасных полей и дом Якова Диша. Прошло еще 4 минуты, и затем последовал главный обвал. С высот донесся страшный треск и огромные массы скал стали скользить вниз. Земля дрожала; я поспешил выйти из дома на улицу. Не успел я сделать и 20 шагов, как позади раздался грохот разрушающихся домов в Мюсли. По моим расчетам, согласующимся с показаниями других очевидцев, главная масса щебня и обломков достигла того места, где она лежит и поныне, в 2—3 минуты*. Густое облако серой пыли окутало пострадавшую местность».

---

* В минуты смертельной опасности продолжительность явлений сильно преувеличивается. Гейм делал следующую поверку: он определял сколько требуется времени, чтобы быстрым бегом пройти те расстояния, которые были определены также очевидцами обвала. Зная, насколько в этих случаях был преувеличен расчет времени, он предполагает, что и все явление не могло длиться более 10—25 секунд.

Общее количество низвергнувшихся масс достигает 10 миллионов кубических метров. Во время главного обвала они неслись на подобие водопада, падали к каменоломне и под напором новых масс, двигавшихся сверху, с быстротой молнии устремлялись в долину, ударялись о склоны Дюни и, отскочив отсюда, засыпали поля, сокрушали и увлекали за собой дома. Путь, пройденный обломками в долине, достигает 1400 м. Вследствие стремительного движения горных масс возник страшный вихрь; он достигал такой ужасающей силы, что поднимал людей и отбрасывал их на значительное расстояние: многие из жителей спаслись, только благо-

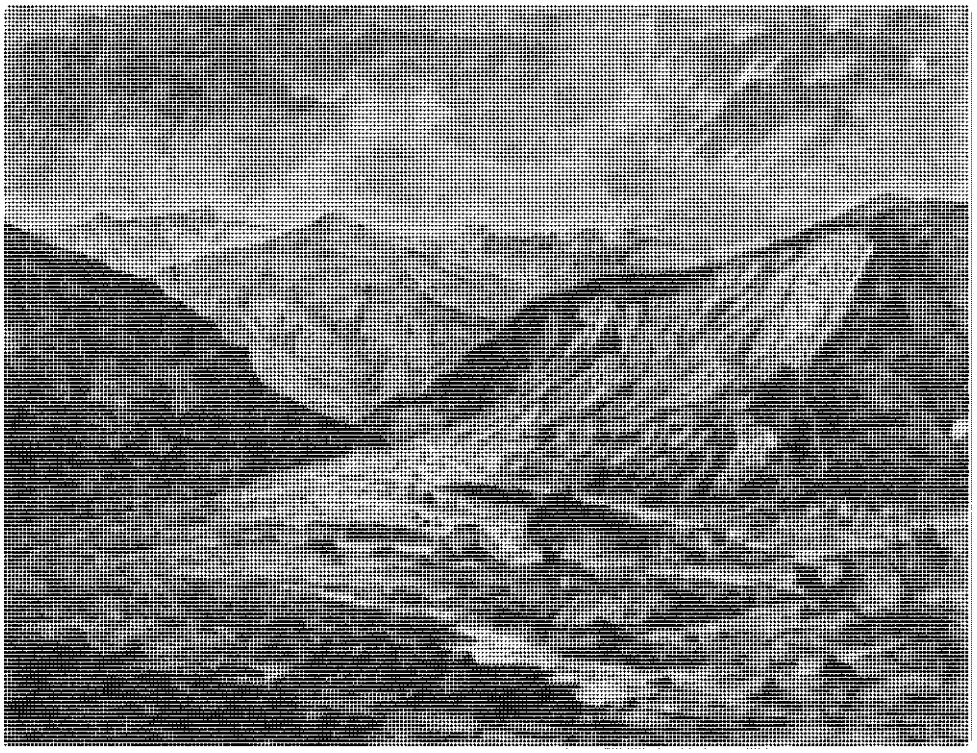


Рис. 288. **Обвал у Эльма 11 сентября 1881 года** (по Гейму)

даря такому воздушному путешествию. Убытки, причиненные этим обвалом, пастор Бус в Гларусе оценивает следующим образом: из 1000 людей 115 засыпано обломками и убито, разрушено 83 здания, уничтожена каменоломня, доставлявшая жителям главные средства к существованию, и навсегда опустошены плодороднейшие поля (см. рис. 288).

Заслуживает внимания обвал *Лангена* на восточной стороне *Арльберга,* но не столько количеством низвергнувшихся масс, сколько причиной, вызвавшей это явление. На северной стороне долины Клостер, лежащей на высоте 1080 м, возвышается крутой гребень Близадонны; отсюда то и сорвалась глыба, обладавшая мощностью приблизительно в 20 метров и ринувшаяся в долину с высоты около 2100 метров. Почтовая дорога и насыпь Арльбергского железнодорожного пути были засыпаны на протяжении 300 метров слоем в 3,3 метра толщиной. Ввиду значительной

высоты падения обвал отличался страшной силой; каменные глыбы пробили на своем пути глубокие рытвины и снесли все выступы. Гребень Близадонны образован слоями известняков и серых вакк, которые падают под углом в 85° по направлению к югу, т. е. к долине; эти пласты, стоящие почти вертикально, были разрушены размыванием. Уже в 1891 году в них наблюдалась глубокая трещина, проходившая по одной из плоскостей напластования; так как отдельные пласты не имели сбоку никакой подпоры, то они под влиянием собственной тяжести стали наклоняться в сторону долины, изогнулись и, наконец, отделились от горы.

В некоторых более редких случаях толчком, вызывающим обвал, служит землетрясение. Такие обвалы происходили, напр., во время страшных землетрясений 1870 года в Фокиде около Дельф, а также и у Добрача в Венгрии. Одним из грозных явлений этого рода был, по мнению Абиха, обвал Арарата в 1840 году, но, как мы видели выше (стр. 228—229), это явление можно рассматривать, как извержение камней и грязи, которое, быть может, было произведено водяными парами, образовавшимися из подземных озер. Самая большая из каменных глыб, низвергнувшихся в это время, достигала 90 метров в обхвате*.

В некоторых случаях удалось определить общую массу низвергнувшихся скал. Так, по расчетам Гейма, Эльмский обвал достигает в общем 10 миллионов куб. метров, а обвал у Гольдау — 15 миллионов. Масса низвергнувшегося материала при обвале у Диаблере в Валлисе определена приблизительно в 50 миллионов кубических метров, а объем обвала у Добрача в Венгрии и того больше. Но едва ли не самым величественным явлением этого рода был, по свидетельству Гейма, доисторический обвал, остатки которого мы находим у Флимса в Граубюндене: «Камни, принесенные этим обвалом, образуют сплошную гору около 600 м высотой; она занимает пространство от Майензессена у Флимса до Ферзама и Бонадуца, по ту сторону р. Рейна, и от окрестностей Иланца до Рейхенау; на поверхности этих огромных масс располагается восемь небольших озер. Рейн и его притоки промыли дикие ущелья в холмах, загромоздивших их равнину, а выше Иланца в террасах, образованных гравием и щебнем, видны и сейчас следы озера, происшедшего вследствие загромождения реки обвалом». Общее количество низвергнувшихся масс достигает, по Гейму, 15 куб. километров или 15 миллиардов кубич. метров, т. е. превосходит Эльмский обвал в 1500 раз и обвал у Гольдау (в 1806 году) в 1000 раз. Сильнейшие вулканические извержения, как, напр., извержение Кракатау в 1883 г., доставившее на поверхность около 18 куб. километров материала, а также извержения Темборо в 1815 г., Козегвины и излияние лавы вдоль трещины Скантар в Исландии превосходят все известные нам обвалы массой выброшенных ими продуктов; но из числа других изученных извержений мы найдем немного таких, которые могут сравниться в этом отношении с обвалом у Флимса.

Можно было бы привести огромное число обвалов, которые случались в разных странах, убивали людей и губили их имущество; но этот грустный перечень дал бы далеко не полное представление о распространенности явления. Можно сильно сомневаться, что даже при современном развитии геологических исследований

---

* К числу землетрясений, сопровождавшихся обвалами, относится, как мы видели выше, и землетрясение в Верном (см. стр. 330 и 335). — *Примеч. пер.*

и при громадном наплыве путешественников, которые со всех сторон ежегодно съезжаются в Альпы, мы имеем сведения не о всяком обвале; весьма вероятно, что грозные катастрофы, происходящие в отдаленных долинах, ускользают от внимания ученого мира. Что же касается тех известий, которые сообщает нам по этому предмету история, то они, без сомнения, отмечают только самые выдающиеся и сильные обвалы из числа происходивших в культурных странах.

При описании Эльмского обвала мы видели, как постепенно распространялась трещина, оседала почва, появлялись новые трещины и происходили незначительные обвалы и как на основании всех этих данных возможно было предсказать главную катастрофу. Точно так же и все другие обвалы имеют своих предшественников. Хотя все предостережения бесполезны и едва ли удастся преодолеть беспечность горных жителей, но изучение этих симптомов имеет огромное значение. Гейм занимался подробным исследованием явлений, предшествующих обвалу, и пришел к следующим выводам:

«Наблюдение показывает, что *каждый обвал имеет ряд предвестников:* катастрофа подготавливается долго, иногда в течение многих десятилетий. Внезапные обвалы не известны. Далее необходимо отличать явления, предшествующие незначительным падениям камней и большим обвалам, а также движение щебня и движения целых скал. Если ожидается отделение щебня, то в большинстве случаев можно наблюдать многочисленные длинные трещины, располагающиеся рядами; если же готовится опасный обвал больших масс, то в верхних частях горы образуется *одна неразрывная главная трещина.* Так, напр., у верхнего края горы Чингель близ Эльма такая трещина появилась уже летом 1879 года и в августе 1881 года достигала 400 метров в длину; внешняя часть ее опустилась вниз и вперед на несколько метров; все это предвещало грозный обвал. Подобные же явления предшествовали катастрофам у Гольдау и Плурса. Чем продолжительнее промежуток между появлением первых предвестников и наступлением обвала, тем сильнее последний. Незадолго до катастрофы трещины начинают сильно расширяться, и происходит падение отдельных небольших камней сначала сверху, а потом и с боков. С каждым следующим часом и днем эти каменные потоки усиливаются, большие обломки отделяются все ниже, и, наконец, огромные глыбы обрываются в нижних частях разрушающейся горы: это свидетельствует о расшатанности подножия и указывает на близкое наступление обвала. Незадолго до больших катастроф слышится на расстоянии нескольких километров треск и даже грохот внутри горы, хотя в эти моменты и не происходит падения камней, с которым можно было бы связать звуки; причина последних, кроется, очевидно, в тех движениях, которые происходят внутри горных масс, готовых низвергнутся. В Плурсе, Гольдау, у Диаблере и в Эльме эти явления наблюдались за 6—10 часов, а в Фордерглернише за 21 час до наступления обвала. В тихие же ночи шум в каменоломне Эльма слышался задолго до катастрофы. Целый ряд других предвестников, как, напр., падение камней у подножия Гольдау при копании почвы или вообще при каком-либо другом механическом действии, помутнение и иссякание ключей и т. п. носит менее общий характер. Очень часто животные относятся чувствительнее к разным предвестникам обвала, чем люди. У Монте Конто близ Плурса рои пчел покинули свои ульи уже за два дня до катастрофы; коровы, пасшиеся на лугах, были неспокойны, и часть их разбежалась. В Эльме,

певзирая на все признаки иаступающего бедствия, люди остались на своих местах, но птицы, кошки и одна корова своевременно бежали.

С полной уверенностью можно сказать, что нри обвалах в Плурсе, Диаблере, Гольдау, Эльме и других местах не погибло бы ни одного человека, если бы вовремя было обращено должное внимание на предвестников катастрофы. Следует удивляться, как люди могли оставаться спокойными, несмотря на возрастающий грохот, треск и падение камней. Обвал у Фордерглерниша из числа всех мне известных является единственным, когда жители бежали вовремя. Нельзя сказать, что при других катастрофах люди не замечали грозных предвестников; в большинстве случаев они были даже убеждены, что гора уже движется, и все-таки не считали своего положения опасным и ие принимали никаких мер для спасения жизни.

Для жителей равнин, более чувствительных к грозным явлениям природы, эта беспечность непонятна. Но человек легко привыкает к опасности, и впечатлительность его скоро понижается. Известная доля отваги необходима для горца, но крайности и в этом случае пагубны. Если жители и покидают иногда опасное место, то скоро, не взирая ни на что, возвращаются в родное гнездо. Жители Эльма прекрасно знали, как опасна занимаемая ими местиость; но между знанием и влечеиием к родине — большая разница: первое — дело ума, второе — предмет чувства. Гораздо приятнее быть поминутно настороже и ждать опасности, живя на собственном клочке земли и в своем доме, чем искать более спокойного существования на чужбине».

Рыхлые *накопления щебня* приходят в движеиие легче, чем целые скалы; однако в этом случае не происходит таких внезапных катастроф, каковы, напр., описаиные выше; рыхлые массы движутся медленнее и постепеннее, и хотя рушат своим напором здаиия, опустошают поля и сокрушают леса, но не представляют уже большой опасиости для людей. Такие сравнительно медлеиные движения горных масс иосят название *«оползней»* *. Особенно гибельно отражается это движенне осыпей на горных железных дорогах; известио, с какими трудноодолимыми препятствиями приходится здесь бороться: вследствие проложения выемок, или туннелей, равновесие рыхлых масс нарушается; они начинают скользить, сдвигая насыпи и разрушая туннели; много нужно времени и средств, чтобы восстановить понорченную линию. Перед образованием таких оползней в верхних частях осыпи появляются обычно трещины по вынуклым вверх линиям, у подножия же почва вздувается, образуя выступы и борозды. Смотря по силе оползня, наблюдаются далее разные явлеиия: иногда скользящие массы группируются в беспорядке и начинают скатываться вниз; иногда отдельные окалы и глыбы в большинстве случаев клинообразиой формы сползают к трещинам и образуют здесь ступенчатые уступы.

---

* *Гейм* группирует обвалы и оползни в следующне шесть категорий: 1) *Оползни осыпей* (Schuttrutschungen) 2) *Оползни скал* (Felsschlippe, напр. у Гольдау) 3) *Обвалы осыпей* (Schuttstürze, напр. у Зонненберга) 4) *Обвалы скал* (Felsstürze, напр. у Плурса и Эльма) 5) *Смешанные обвалы* (gemischte Bergsturze — одновременное падение осыпей и скал) 6) *Особенные обвалы* (besondere Einstürze), происходящие от подмыва берегов рекой или морем. При каждом обвале различают: a) *область отделения* от места первоначального залегания (Abrissgebiet) в) *путь обвала* (Sturzbahn) и c) *площадь отложения* обломков (Ablagerungsgebiet). — *Примеч. пер.*

Если оставить в стороне влияние текущих вод на склоны, то главную причину оползней следует искать в деятельности ключей, которые разрыхляют породу и лишают ее прочной опоры. При исследовании таких оползней, вообще причиняющих немало вреда, необходимо определить место залегания водных жил, прорезывающих рыхлые массы, и указать средства для отвода их в сторону.

Иногда оползни происходят вследствие искусственного отягощения малопрочных пород. Из целого ряда подобных примеров мы вкратце рассмотрим здесь только один. На берегу Цугского озера под слоем песка и гравия, мощностью в 2—4 метра, залегает пласт белого рыхлого песка, достигающий 20—30 метров в толщину. Вследствие тяжести построенных здесь домов этот слой был как бы вдавлен в озеро, и образованные им осадки можно было найти на значительном удалении от берега. Разрыхленная почва уже давно грозила обвалом, который и произошел, наконец, 5 июля 1887 года, по-видимому без всякой ближайшей причины. В двух местах в озеро сползло 150,000 куб. метров почвы со многими домами; погибло 11 человек. Такие же движения рыхлых пластов могут происходить и вследствие землетрясений, но об этом мы уже говорили выше (см. стр. 330).

Оползни в России представляют одно из распространенных геологических явлений и происходят по берегам многих рек, напр. по нагорному берегу Днепра, Волги, Дона, Миаса и др. Примером таких оползней может служить катастрофа в селе Федоровке Хвалынского уезда Саратовской губернии, происшедшая в 1839 году и сопровождавшаяся землетрясением. В ночь с 16 на 17 июня раздался страшный гул и послышался треск домов, разбудивший спавших крестьян. Не понимая причины явления, они выбежали на улицу и с ужасом увидели, что вся долина, в которой лежала большая часть их села, была отторгнута от подошвы горы, осела на значительную глубину и двинулась к Волге. Смятение жителей было неописуемо, когда движущаяся масса стала волноваться, в одних местах поднимая строения, в других — опуская их. В короткое время на всей осевшей площади образовались значительные выпуклости и углубления, и появились правильные трещины, которые представляли ряд террас, будто созданных человеческим искусством. Там, где были болота и небольшие озера, выросли холмы, а на возвышенных местах образовались провалы, которые, как и многие трещины, были наполнены водой. Заметные колебания и движения земли продолжались трое суток, потом мало-помалу все успокоилось, хотя почва продолжала местами оседать до 16 июля. В продолжение всего этого времени повреждено до 70 домов; некоторые были совершенно разрушены, многие разорваны на несколько частей; хозяйственные постройки были тоже поломаны или повреждены; разрушения всего больше свирепствовали на гумнах и в садах, прилегавших к горе и занимавших наиболее высокое положение; здесь было все низвергнуто и уничтожено. К счастью, никто из крестьян не сделался жертвой катастрофы. Долина осела, в длину на $1^1/_2$ версты, а в ширину на 250 саж.; что же касается величины самого сползания, то по некоторым данным можно предположить, что оно достигает нескольких десятков сажень. Село Федоровка находится близ большой дороги из Симбирска в Саратове, на 15 версте от Хвалынска. Здесь поднимаются невысокие горы, вершины которых состоят из известняка, а подошвы образованы железосодержащими глинами и песчаниками. Долина, где лежит Федоровка, примыкает к горам с восточной стороны, а с другой омывается водами р. Волги. Из множества предположений о причинах настоящей катастрофы нельзя не обратить внимания на следующее: против того места, где долина осела, Волга особенно сжата и, не находя, как кажется, своим обильным водам свободного стока, постепенно углубляла русло и подмывала берег, где расположено с. Федоровка; а так как этот берег образован глинами и песками, т. е. проницаемыми и непроницаемыми пластами, то здесь и возник настоящий оползень.

В 1884 г. 20 сентября у города Саратова на склоне Соколовой горы, где помещается предместье Затон, оползень произвел большие разрушения и совершенно изменил внешний вид берега. Оползень происходил настолько медленно, что жители успели спастись; подобно всем другим явлениям этого рода он имел предвестников. Задолго до его наступления на склонах Соколовой горы явились трещины. Оползень начался в 12 час. дня 20 сент. и продолжался до утра 21-го. Масса сползшей земли достигала $^1/_2$ версты в длину и 20 саженей в высоту. Подобные явления в Саратове происходили неоднократно. Причина их чрезвычайно проста: так, напр.,

Соколова гора состоит из нижнемеловых глин, прикрытых верхнемеловыми рыхлыми и, следовательно, водопроницаемыми песчаниками. Достигнув горизонта глиняных пластов, вода скатывается по ним и на склоне горы образует множество источников; последние, подмывая песчаники, и вызывают сдвиги и оползни. Вообще у берегов Волги оползни представляют весьма обычное явление, и известия о них имеются с давних времен. Древнейшее из таких сообщений мы находим в Новгородской летописи под 1596 годом: «Бысть знамение прежде преставления царя Федора Иоанновича в Нижнем-Новгороде, при архимандрите Трифоне, потрясеся земля под монастырем, монаси же бежаша и сташа на горах; монастырь же и церкви совсем погибоша, токмо остася столп един церковный. Архимандрит же и братия переселишася на ино место. В том же Нижнем Новгороде вверх по реце Оке, слобода 150 дворов погибе совсем сквозь землю, и ни един человек не остася. Сие все было знаком имущих быти смятений по смерти благочестивого царя Федора Иоанновича». Такие же явления, относящиеся уже к недавнему времени, известны и в других местах Волги, напр. близ г. Вольска и у Симбирска (1865 г.). Наконец, по свидетельству *Феофилактова*, многочисленные оползни происходят по берегам Днепра, где под водоносными пластами глины залегают валунные отложения (30 ф.) и лесс (70 фут.). Подмыванием верхних рыхлых образований и объясняется происхождение многочисленных оползней в этих местах. К рассматриваемой группе явлений относится также оползень, разрушивший в 1883 г. аул Сикух в Кайтаго-Табассаранском округе Дагестанской области. Число подобных примеров можно было бы значительно увеличить, но сказанного уже достаточно, чтобы дать общую характеристику явления, которое всюду протекает одинаковым образом и вызывается одними и теми же причинами,— подмыванием рыхлых водопроницаемых пластов, располагающихся поверх водоупорных пород.

Тот же характер носят и многочисленные оползни, происходящие на берегу Черного моря близ Одессы и давно уже обратившие на себя внимание. Здесь над водоносными глинистыми пластами залегают пески и известняки, сползающие вследствие подмывания их подземной водой. Оползнями и обусловливается наблюдаемая здесь в некоторых случаях крутая постановка пластов известняка.

В Крыму известны и настоящие обвалы. Здесь между деревнями Ласпи и Форос обрушившиеся и скатившиеся до самого моря скалы делают местность трудно проходимой. Обвал, происходивший около деревни Кучук-кой, по свидетельству *Палласа*, увлек за собой в море многие дома и сады. — *Примеч. пер.*

Своеобразные оползни, наблюдающиеся в характерной форме в новейших отложения Венской котловины, были описаны Фуксом. Слои глины, песка и валунных образований, залегавшие прежде горизонтально, обнаруживают разнообразные, но незначительные нарушения; они выражаются образованием складок, коленчатых изгибов, разрывов и многочисленных внедрений одной породы в другую. При этом здесь не видно даже и следов настоящих тектонических изменений, а потому и все неречисленные нарушения не могут быть приписаны действию горообразующих сил. Описанное явление особенно часто наблюдается в глинах, стоящих в связи с глинисто-валунными отложениями ледниковой эпохи. Эти своеобразные нарушения были первоначально отмечены английскими геологами, затем было доказано существование их и в Северной Германии. Во многих местах в породах, залегающих под толщей ледниковых валунных отложений, именно в дилювиальных глинах (Bänderthone) наблюдаются упомянутые выше своеобразные нарушения и складки (см. рис. 289). Присутствие этих нарушений в ледниковых отложениях заставляло приписывать их происхождение давлению масс движущегося

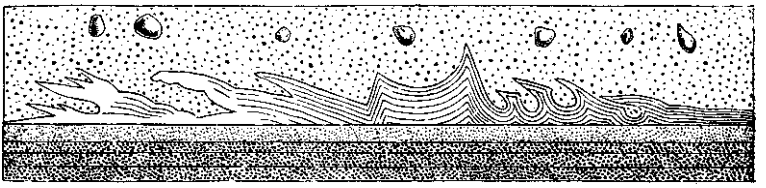


Рис. 289. **Нарушения в ледниковых отложениях близ Конневица** (по Креднеру)

льда. Объяснение это очень вероятно в тех случаях, когда связь указанных нарушений с ледниковыми образованиями несомненна, но его невозможно распространять на все явления этого рода. Так, наприм., Пенк отметил в баварских породах целый ряд нарушений, не обнаруживающих никакой связи с ледниковыми образованиями. Точно так же характерные явления в Венской котловине не могут быть приписаны влиянию движущегося льда.

Нет сомнения, что такие нарушения могут произойти вследствие разнообразных внешних причин. Для их образования необходимо долговременное и равномерное боковое давление. Оно может возникать под влиянием собственной тяжести пластов, которые, залегая на склонах и подвергаясь боковому разрыхлению, приходят в медленное движение и начинают сползать вниз.

## Внезапные потоки

В одних из рассмотренных до сих пор явлений действие воды играет подчиненную роль, в других случаях катастрофа производится при главном и несомненном ее участии. Обратимся теперь к другой группе явлений, именно к действию внезапно образующихся потоков воды и щебня (Wildbäche). Кому приходилось бывать в Альпах, тот встречал скопления огромных масс галек и валунов, которые, если судить по их внешнему виду и характеру залегания, нанесены водой, между тем нигде вблизи не имеется водного потока, которому можно было бы приписать образование этих скоплений. Из боковых ущелий, сходящихся в главной долине, выступают огромные конические наносы, и путешественник, не знакомый со стремительным действием внезапных горных ручьев, приписывает происхождение этих груд постепенному скатыванию щебня и обломков и удивляется их громадности. Но стоит только побывать здесь во время непогоды, и правильное объяснение этих накоплений является само собой. Вода со всех сторон стремится в ущелье, и если несколько часов назад здесь пробивался крошечный ручей или даже вовсе не было следов воды, теперь свирепо мчится мощный поток; в своих мутных водах он несет огромные количества ила, галек, валунов, обломков скал и поломанных деревьев. Такие же потоки образуются от внезапного таяния снега, напр. при появлении фена или при падении лавин, и в некоторых случаях несут такие огромные количества твердых частей, что воды их превращаются в густую быстро движущуюся тестообразную грязь, которая при замедлении течения отлагается мощным пластом. Всякому, кто путешествовал в Альпах, приходилось неоднократно встречать на своем пути такие потоки, и напрасно искал он средства и способы перебраться через них. В сравнительно слабой степени эти дикие ручьи образуются почти при всякой непогоде, во время сильных дождей. Иногда они достигают такой силы и размеров, что на огромных пространствах засыпают щебнем плодородные поля и деревни, загромождают русла рек и останавливают их течение. Швейцарский исследователь *Руфф* называет эти внезапные потоки камней и грязи *мурами* (Muren и Murbrüche); по аналогии с подобными же явлениями, наблюдавшимися во время знаменитого Верненского землетрясения, можно было бы называть их также *оплывинами*.

Условия образования мур, или оплывин, чрезвычайно просты; сильный наклон почвы, благоприятствующий быстрому стоку воды, и присутствие большого количества рыхлых накоплений, которые обыкновенными ручьями не могут быть унесены,—вот все, что необходимо для образования этих грозных илисто-каменных потоков. Где отсутствуют скопления рыхлых масс, могут также появляться после дождей внезапные ручьи, но они не произведут еще оплывин; с другой стороны, если воды не имеют быстрого стока, муры не образуются даже при наличности обоих отмеченных выше условий, напр., если склоны одеты богатой лесной растительностью.

В Альпах имеются чрезвычайно благоприятные условия для образования мощных мур: в большей части долин склоны гор покрыты ледниковыми валунными отложениями; отчасти—это морены, отчасти глинистые, песчаные и валунные паносы ледниковой эпохи; малая связь этих рыхлых отложений допускает легкий их перенос внезапными потоками воды, низвергающейся с высот.

В каждой муре следует различать три части. В верхних частях долины мы находим «область питания» муры, так называемую *воронку* (Trichter); это—котлообразное углубление, прорезанное множеством второстепенных борозд, которые сходятся к нижнему краю его и, слившись, образуют общий поток, так называемую *шею*, или *выводной канал* муры (Hals oder Tobel). Воронка располагается всегда ниже снеговой линии и выше границы распространения лесов. Если последние богато одевают склоны, то внезапные ручьи не могут образовать мощных потоков; наоборот, если лесная растительность отсутствует, воды разливаются на огромном расстоянии и производят страшные потопы. Вторая часть муры—шея, или выводной канал, представляет узкое и часто очень глубокое ущелье. Там, где последнее расширяется, происходит отложение рыхлых масс; они образуют третью часть муры,—*конический нанос*, иначе *щебневый*, или *илистый*, *конус* (Schutt oder Schwemmkegel).

«После обильного выпадения атмосферных осадков или при внезапном скоплении вод, образующихся вследствие таяния снега, рыхлый материал в области питания муры быстро пропитывается водой; он становится тяжелее, чем был раньше, и начинает соскальзывать вниз. Густая кашеобразная масса, состоящая приблизительно из двух третей грязи, щебня и каменных глыб и одной части воды, выливается из воронки в узкий отводной канал, или шею, и направляется вниз. В редких случаях вся грязь выходит зараз: обыкновенно она выделяется в несколько приемов, так как в узком отводном канале лавоподобная масса встречает препятствие свободному ее движению и иногда временно останавливается. Вырвавшись из воронки и направляясь по отводному каналу, поток пробивает глубокие ямы в своем ложе; по последние представляют менее опасности, чем одностороннее подмывание стен шеи, следствием которого являются огромные оползни и обвалы. Отводной канал муры лежит уже в области лесов и ограничивается часто высокими стенами прорезанных им ледниковых отложений; низвергающиеся тут и там или принесенные сверху деревья, корни и мощные глыбы скал загромождают шею и останавливают поток. Эта естественная плотина держится до тех пор, пока новые массы грязи и воды, непрерывно выливающиеся из воронки, не прорвут ее. С удвоенным бешенством, грохотом и треском устремляются тогда огромные волны грязи по узкому ущелью от-

водного канала и врываются в долины. Земля трясется, окна дрожат, как при землетрясении, ударяющиеся друг о друга каменные глыбы разбрасывают искры, и кругом распространяется запах гари. Наконец, масса разливается в виде веера и начинает отлагаться. В огромных конических наносах погребается все, что встречает поток на пути; только разве трубы домов выдвигаются из-под толщи обломков. Мрачные следы разрушения отмечают путь муры» (*Кох*).

Такой характер носят особенно сильные и гибельные муры. Разрушительные последствия становятся еще ужаснее, если поток изливается в большую долину и запруживает русло реки. Принесенные им массы щебня и грязи бывают так огромны, что река не может прорвать образованную ими плотину: воды скапливаются в огромное озеро, разливаются на поля, уносят жилища, губят людей. Иногда в таких случаях образуется постоянное озеро, как это наблюдалось в Альпах; но гораздо чаще река прорывает заграждающие ей путь массы, и озеро исчезает. Счастье, если это происходит медленно и постепенно, но нередко воды прорывают плотину вдруг, и скопившиеся воды устремляются в долину, все сокрушая на своем пути. Этими явлениями сопровождаются в большинстве случаев сильные и опустошительные муры, которые, впрочем, случаются неособенно часто. В ночь с 17 на 18 августа 1891 года по долине Гандербаха в Южном Тироле пронеслась грозная мура; она устремилась в долину Эйзака, разрушила 16 домов в деревне Кольман и погубило 43 человека. Река Эйзак была запружена огромным количеством низвергнувшихся в нее камней; насыпь же железной дороги повреждена на протяжении 700 м и завалена глыбами около 20 куб. м величиной. Все это было делом нескольких минут. Причиной этой грозной катастрофы были дожди, вызвавшие значительный оползень, который загромоздил долину в ее верхних частях и образовал озеро. Около полуночи ливень опять повторился; массы камней, загромождавших реку, не могли теперь выдержать усилившегося давления и с дикой яркостью устремились в злополучную долину.

Образование таких плотинных озер было причиной страшных потопов, которые опустошали Мартелльскую долину в Южном Тироле в 1887, 1888, 1889 и 1891-м г. всегда в июне месяце. В верхней части долины спускаются два ледника. Нижний из этих ледников пересек долину во всю ширину и отгородил верхнюю ее часть вместе с верхним ледником. Между обоими ледниками образовалось ледяное озеро, которое было, наконец, прорвано массами воды, выпавшей в виде дождя и образовавшейся от таяния льдов. Унесенные ею морены загромоздили всю Мартелльскую долину и достигли долины Эча.

В ночь на 12 июля 1892 года разразилась страшная катастрофа у купального заведения в Сен-Жерве и в местечке Бионнэ у подножия Монблана. Огромные массы льда, грязи и камней не только произвели большие опустошения, но и засыпали нескольких людей. Причина этого явления кроется также в движении ледников. У конца небольшого глетчера Tête rousse образовались два плотинных озера; заключающаяся в них вода, не имея дальнейшего выхода, прорвала, наконец, лед и моренные отложения. Огромные массы валунов, каменных глыб и грязи с ужасающей скоростью ринулись в долину, загромоздили ущелье Бионнэ, достигающее 35 м в высоту, погребли в своих массах злополучное местечко С.-Жерве и у Лефайе влились в Арву. О силе этого потопа можно судить по величине принесенных им глыб, которые достигали 200 куб. м; такова именно глыба

представленная на рис. 290 и обрушившаяся в середине купального заведения, где прежде помещалась обеденная зала. Общая масса принесенного потоком материала достигает 800.000 куб. м.

Если отдельные муры влекут за собой такие страшные последствия, то еще грознее бывают опустошения, когда вследствие обильного выпадения атмосферных осадков в какой-либо большой области одновременно образуется несколько внезапных потоков. Из всех ущелий и долин несутся огромные массы грязи и воды, реки разливаются, подмывают свои берега и загромождают обширные участки плодородной земли щебнем и обломками. Такова, напр., была страшная катастрофа,

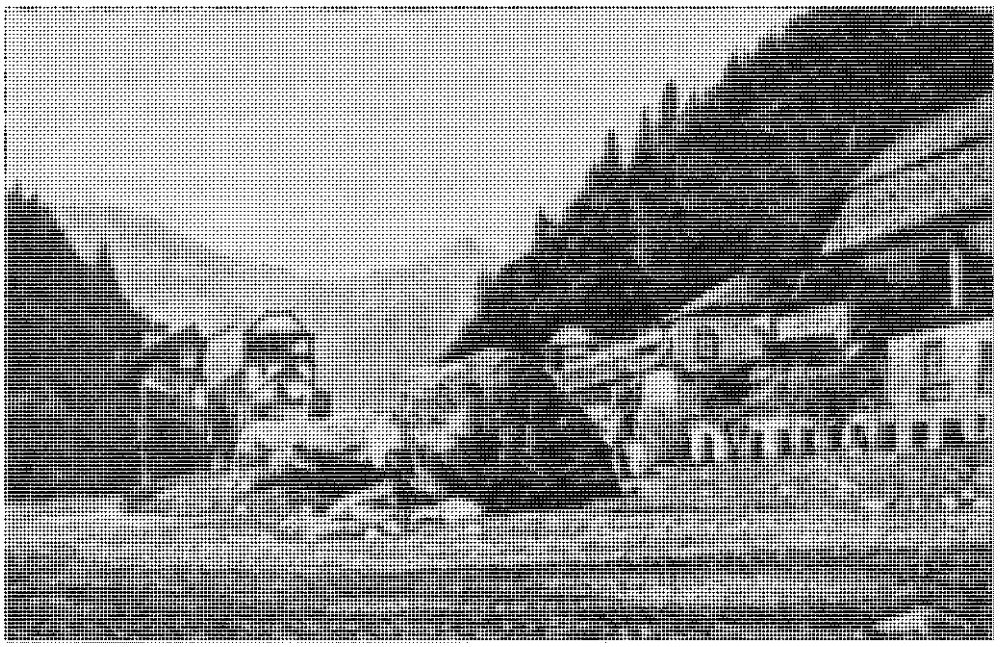


Рис. 290. **Купальное заведение в Сен-Жерве в Савойе после катастрофы 12 июля 1892 года**

случившаяся осенью 1882 года и охватившая южный Тироль, Каринтию и область венецианских Альп. В бассейне Дравы, Гайля, Ринца, Эйзака, Эча, Сарки, Бренты и Бойты произошли сильные опустошения; в Каринтии и Тироле в волнах грязи погибло 53 человека, а общие убытки, причиненные мурами, достигают 25 миллионов гульденов. В Италии опустошения были также значительны.

Сказанным мы и ограничим наше знакомство с гибельными последствиями рассматриваемых явлений. Нельзя не ужасаться тому огромному количеству человеческих жертв, которые уносятся грозными потоками, нельзя без сожаления говорить о страшных разрушениях домов и селений; но, с другой стороны, нельзя не отметить, что самым ужасным и гибельным последствием является загромождение щебнем и обломками плодородных полей, которые незадолго еще перед тем давали пропитание многочисленному населению, а теперь превратились в бесплодные пустыни. Деятелями этого уничтожения плодоносной почвы являются не только грозные муры, но процесс накопления щебня в долинах происходит и сам собой:

обломки низвергаются с высочайших областей гор и распространяются в культурных долинах. Бесплодные каменные осыпи все больше разрастаются, а пространства, дающие средства к существованию жителей, сужаются. Альпийские области, население которых сравнительно с производительностью почвы и без того велико, с каждым годом теряют значительные участки годной для обработки земли. Кто не знаком близко с этими местностями, не может себе и представить, каких огромных размеров достигают эти опустошения. Впрочем, не во всех частях Альп они проявляются с одинаковой силой. Всего больше страдает Франция, особенно департаменты Высоких, Низких и Приморских Альп; в Верхнем Провансе с XV по XVIII столетие потеряна половина годных для обработки земель. На основании одного почти невероятного сообщения в течение короткого времени с 1842—1852 г. безвозвратно погибло около четверти плодородной земли.

В опровержение этих фактов говорили, что все долины были бы уже загромождены щебнем, если бы внезапные потоки действовали и в самом деле в таких широких размерах. Но в прежнее время опустошения были не так значительны и не носили такого угрожающего характера, как теперь; они усилились вследствие неосторожного вырубания лесов. Если говорят, что исчезновение лесов является причиной появления внезапных потоков и мур, то эти слова нельзя понимать в буквальном смысле. На высоких горах между верхней границей распространения лесной растительности и линией вечных снегов всегда могут быть налицо области питания мур, и после сильных дождей, которые в некоторых местах Альп дают в сутки более 250 мм осадков, могут образоваться грязные потоки. Страшные ливни, вроде тех, которые происходили в Южных Альпах в 1882 г., во всяком случае влекут за собой гибельные последствия, и образованные ими ручьи покрывают поля и луга рыхлыми продуктами разрушения. Речь может идти только о силе, распространенности явлений, и в этом отношении леса имеют неоспоримо важное значение. Лес, так сказать, скрепляет почву и препятствует размыванию рыхлых масс; он уменьшает выветривание подстилающих его пород и препятствует быстрому стоку воды, которая в огромном количестве поглощается лесной почвой. Ввиду всего этого в области распространения лесов не существует благоприятных условий для образования мур; наоборот, если лес вырубается, сейчас же образуются обширные области питания грязно-каменных потоков, исчезает все то, что препятствовало бурному распространению вод; альпийские же травы представляют слишком слабую защиту. Но не только вырубание лесов влечет за собой такие неутешительные последствия: выше области распространения сосен склоны гор зарастают низкорослым кустарником горных сосен и густым покровом из альпийских роз и брусники, которые представляют прекрасную защиту против диких потоков. Количество воды, поглощаемой моховым покровом, обильно разрастающимся среди альпийских роз, чрезвычайно поразительно. Однако и этим видам растительности человек объявил войну: они должны пасть, чтобы открыть дорогу развитию альпийских пастбищ; но исчезновением этих мхов создаются условия для более широкого распространения мур.

Едва ли не самой главной причиной широкого и грозного развития внезапных потоков является легкомысленное уничтожение естественных преград и хищническое вырубание лесов. «Где падают леса,—говорит замечательный знаток занимающего нас вопроса,—там появляются и муры»; и действительно, во всех

областях Альп мы найдем многочисленные примеры, подтверждающие эту мысль. Бавария, где лесное хозяйство стоит на правильной почве и где против уничтожения лесов приняты самые заботливые меры, почти не знает тех опустошений, которые влекут за собой внезапные потоки. Наоборот, во Французских Альпах, где обезлесение идет вперед гигантскими шагами, муры причиняют такой страшный вред, что уже в 1853 г. профект Бувиль писал в официальном донесении следующее: «Если не будут приняты энергичные меры, то в самом непродолжительном времени в области Французских Альп будет расстилаться голая пустыня, и наша страна потеряет целый департамент».

Вредные последствия уничтожения лесов сознавались уже 500 лет назад: так, напр., бенедиктинские монахи наказывали отлучением от церкви хищническое вырубание леса. Но от сознания причин до принятия надлежащих мер еще слишком далеко, и правильная борьба с грозными явлениями природы особеино затрудняется в тех случаях, когда необходимо пожертвовать выгодами настоящего ради будущего, частным — ради общего, и когда приходится бороться с глубоко укоренившимися обычаями и привычками. Запирание долин, по которым пролагают свой путь муры, и новое разведение лесов взамен уничтоженных представляют меры, которые хотя и не искореняют вполне зла, но могут в значительной стенени его ослабить. Чтобы получилась польза, нужно, однако, и то, и другое вести по строгому плану и в самых широких размерах. Устройство запоров или особого рода плотин в долинах является мерой обоюдоострой и при неправильном ведении дела вместо ожидаемого блага только усиливает вред. *Гейм* совершенно правильно говорит: «Плохие плотины гораздо опаснее, чем полное отсутствие их». Если долина занирается не в надлежащем месте и недостаточно прочно, то плотины некоторое время сдерживают слабые потоки, но стремительные муры прорывают неудачное сооружение человеческого искусства, и потоки, некоторое время задержанные плотиной, с удвоеиной силой бросаются вииз. Так, напр., в прошлом столетии вследствие прорыва плотины в Тамине был засынан Рагац слоем щебня в 4—5 м мощностью. Но даже и в тех случаях, когда сооружения правильны и прочны, довольно рискованно полагаться на одну плотину. Доказательством этого служат сооружения в долиие Ферзины у Триента. Эта долина открывает пути для самой страшной муры во всем Тироле: открываясь с востока у самого Триента и соединяясь здесь с долиной Эча, она угрожает своими рыхлыми сконлениями городу и его плодородным окрестностям. Для защиты от этой муры уже в XVI столетии была сооружена огромная плотина у Понтальто, перестраивавшаяся затем несколько раз и достигающая теперь 35 м в высоту. Но хотя в 1883 году она была новышена на целый метр, массы щебня, отложившегося около нее, не достигают края только на $1^1/_2$ м. В прошлые столетия она была четыре раза разрушена, и в таких случаях катастрофы сопровождались огромными онустошениями.

В последнее время было придумано средство уничтожить зло в самом корне. Для этого предлагается устраивать плотины не только внизу в отводном канале муры, но начинать работы сверху, т. е. с области нитания внезапных потоков. Можно было бы здесь привести несколько нримеров подобных сооружений, относящихся к более раннему времени, но как по размерам, так и по способу постройки выдающееся место занимают плотины, сооруженные недавно во Француз-

ских Альпах и Пиринеях и служащие образцом для всех подобных построек (рис. 291). В верхних частях муры и во всех разветвлениях ее устраиваются каменные плотины, которые имеют цель остановить поток и задержать щебень. Между ними располагается множество мелких «живых» загородок: долина закладывается во всю ее ширину крепко сплетенными ветвями деревьев, которые затем пускают ростки и образуют густые стены кустарника. Такие же сооружения делаются и вдоль всего ручья; одновременно с тем на склонах гор правильно и постепенно разводятся леса.

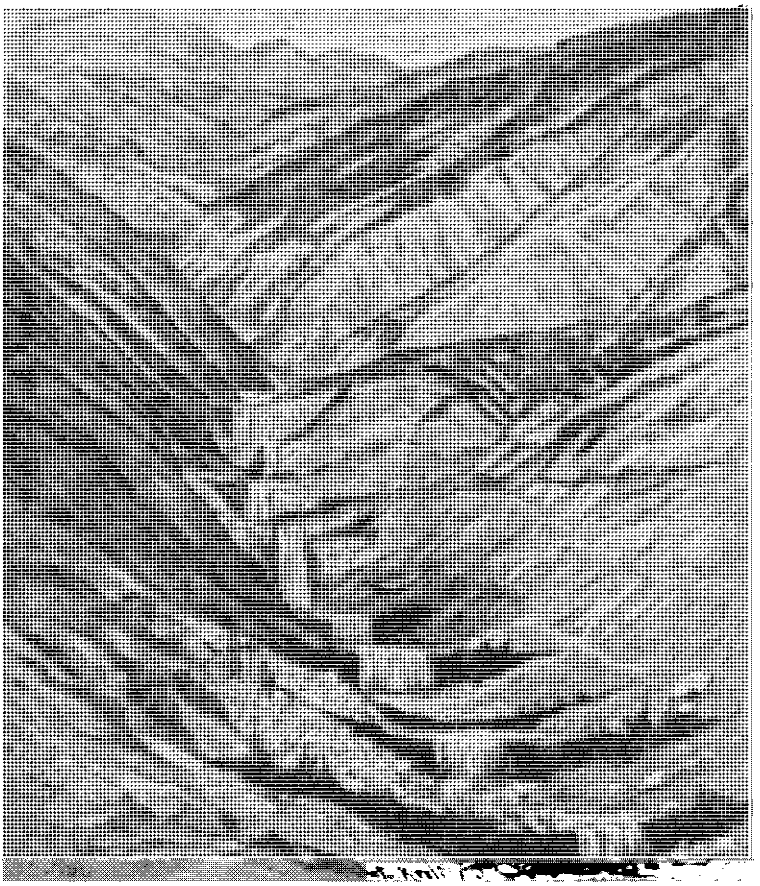


Рис. 291. **Загородки, устроенные во Французских Альпах** (по Зеккендорфу)

Страшные катастрофы 1882 г. нобудили и в других альпийских областях заняться устройством правильных плотин и разведением леса: такие меры были приняты в Южном Тироле и в Каринтии. Если начатое дело будет вестись с надлежащей энергией и по определенному плану, то можно надеяться, что число мур уменьшится и превращение плодородных полей в пустыни будет замедлено. Но было бы наивным обольщением думать, что все эти меры представляют какое то универсальное средство для полного уничтожения внезапных потоков: ливни не прекратятся, и воды их будут постоянно сносить рыхлые продукты разрушения в долины: не в наших силах уничтожить зло в корне,—мы можем только ослабить гибельные его последствия.

## Образование долин

Мы видели, что для образования мур необходим известный уклон почвы; точно также и река может производить значительное размывание только в том случае, если она протекает по наклонному руслу; при этом вода не только уносит твердые частицы, но, передвигая их с большой силой по поверхности омываемых ее пород, разрушает последние. Река, несущая в своих водах песок и гальки, глубоко врезается в те породы, по которым она течет; говоря образно, она действует как пила, зубцами которой служат унесенные твердые части. Напряженность процесса размывания чрезвычайно велика, и при благоприятных условиях углубление русла совершается очень быстро. Примером может служить известная река Симето в Сицилии: в 1603 г. в нее излился лавовый поток Этны и заградил ей путь; река промыла запрудившую ее лаву, и теперь ложе достигает в этом месте от 16 до 35 метров в глубину и 12—16 метров в ширину. Хотя время извержения определено, как кажется, не совсем верно, но во всяком случае мы имеем дело с лавой недавнего происхождения, которая не успела еще покрыться растительностью. Но еще поразительнее пример, приводимый Дуттопом из практики золотых россыпей в Калифорнии, где отделение золота производится при помощи проточной воды. Для отмучивания* золота, мельчайшие частицы которого распределены в массах песку и галек, отводят ручьи, берущие начало в возвышенных местах, и пользуются их силой для промывания золотоносного песку: находясь под сильным давлением, вода проходит толщу щебня, переворачивает и движет гальки, золото отмывается, а на месте, подвергнутом такой разработке, остается голая каменистая пустыня. Ручьи, стекающие после этой работы, несут гальки и песок и сильно размывают горные породы, по которым они пролагают путь: в некоторых местах в течение какого-нибудь года они прорыли в твердых базальтах борозды, глубиной в 3—6 метров. В 1714 году река Кандер, впадавшая в Аар ниже Тунского озера, была отведена посредством туннеля в это озеро, но уже через несколько недель туннель превратился в глубокое ущелье, и поток ежедневно выносил в озеро около 40,000 кубич. литров твердых пород. Конечно, эти исключительные случаи нельзя возводить в общее правило, но они показывают, какой силы достигает размывание при особенно благоприятных условиях: при менее значительном уклоне река еще может переносить твердые части, но она уже не про-

---

* Что разумеется под именем отмучивания, можно видеть из следующего простого опыта. Перемещаем горсть песку с мелкоистолченным мелом и взболтаем смесь в воде. Если мы оставим стакан на некоторое время в покое, песок быстро осядет на дно, частицы же мела останутся взвешенными в воде. Осторожно сольем воду, содержащую мел, стараясь, чтобы она не увлекла за собой крупинок песку. Повторим эту операцию несколько раз: в результате — мел будет совершенно отделен от песка. Описанный процесс отделения носит название *отмучивания*. Он имеет широкое применение в тех случаях, когда из механической смеси двух различных по удельному весу тел необходимо выделить одну составную часть. В случае значительного удельного веса при лабораторных работах пользуются не водой, а так называемыми тяжелыми жидкостями, каковы, напр., насыщенные растворы вольфрамово-кислого натрия (уд. вес = 3,02), двойной соли, иодистого калия и иодной ртути (уд. вес = 3,19), иодистого бария и иодной ртути (уд. вес = 3,58) и т.д. Способ отмучивания имеет применение как в лабораториях, напр., при разделении минералов, входящих в состав горной породы (для этого последняя толчется в порошок), так и в горнопромышленной практике, как, напр., при отделении золота от песка. — *Примеч. пер.*

изводить размывания. При дальнейшем замедлении течения происходит, наконец, отложение твердого материала, унесенного рекой.

Приблизительное представление о значении наклона русла и скорости течения можно всего лучше составить при помощи следующей таблицы *Стефенсона*:

| Путь, проходимый рекой в 1 секунду | Путь, проходимый рекой в 1 час | Переносная деятельность реки |
|---|---|---|
| 7,5 см | 0,27 км | Начинает уносить тончайший ил. |
| 15 » | 0,54 » | Несет мельчайший песок. |
| 20 » | 0,72 » | Несет песчаные зерна величиной с льняное семя. |
| 30 » | 1,08 » | Несет мелкий гравий. |
| 60 » | 2,16 » | Передвигает по дну гальки от 1,5 см в поперечнике. |
| 90 » | 3,24 » | Передвигает по дну угловатые камни велич. с курин. яйцо. |

Значение угла падения ясно видно из сопоставлений Эли де Бомона, которые показывают, как вообще невелик должен быть уклон, чтобы образовалась довольно быстрая река: при падении в $^1/_2$ см на 1 км, т.е. при наклоне в 10 секунд, вода уже начинает течь, но еще медленно и приводит в движение только очень мелкие тела; но уже при наклоне в 3,5 минуты или при падении в 10 см на 1 км река становится судоходной; при наклоне в 30 минут она несет валуны величиной в человеческую голову, при наклоне в $1^1/_2$ градуса — глыбы, достигающие $^2/_3$ метра в поперечнике; наконец, при паклоне в 5 градусов река или ручей образуют ряд больших и малых водопадов.

Если мы пожелаем воспользоваться приведениыми данными для дальнейших выводов, то должны будем принять еще в расчет, что в различных частях одиого и того же поперечного разреза реки скорость движения неодинакова. Значительное трение воды о берега и дно и слабое трение на месте соприкосновения ее с воздушной оболочкой обусловливают замедление течения. В наиболее глубоких своих частях река достигает наибольшей быстроты посредине, несколько ниже поверхности уровпя; отсюда скорость течения постепенно ослабевает как по направлению к краям и дну, так и по направлению вверх. Так как замедление, происходящее вследствие трения о воздух, весьма незначительно, но наиболее быстрая струя должна протекать очень близко к поверхности; в широких и мелких реках постепенное возрастание скорости с глубиной даже незаметно: в них течение прямо замедляется по направлению от поверхности ко дну. Для перепоса твердых частиц важна не наибольшая скорость течения, а быстрота движения воды па самом дне, так как тяжелые обломки не подымаются вверх, а катятся по дну реки.

*Нормальной рекой* можно назвать следующую: она берет начало в горах и быстро бежит здесь по наклонному ложу, затем вступает в попижеппую, обыкновенно холмистую местность и течет здесь медленнее, наконец, спускается в низменность и достигает устья. Такая река в верхпем течении производит значительное размывание и перенос, в средних частях ее перенос продолжается, по ложе не углубляется больше, и, наконец, в нижнем течении происходит отложение паносов и постепенное, но непрерывное повышение дна. Сказанное дает нам только схематическую картину деятельности реки, и деление потока на три резко разграни-

ченных части нельзя принимать в буквальном смысле. Было бы правильнее сказать, что в верхнем течении реки преобладает размывание, а в нижнем — отложение; в средних же частях существует известное равновесие между обоими процессами. Даже бешеные альнийские ручьи, производящие размывание в самых широких размерах и приносящие в долину огромное количество материала, отлагают часть несомых ими больших глыб и камней всюду; где наклон их русла временно уменьшается. Если река, уже начавшая отлагать твердые части, встречает в нижнем течении каменные массы, загораживающие ей дальнейший путь, то она образует пороги; здесь скорость течения увеличивается: спокойные до тех пор воды изливаются с шумом и ревом, и река снова проявляет размывающую деятельность. Так, напр., река Дунай между Бациасом в Банате и Турном-Северином в Румынии прорезывает пояс значительных гор и образует пороги, среди которых наиболее замечательны пороги у «Железных Ворот». Реки Нил, Конго, Замбези и Нигер в Африке, Ориноко в Южной Америке и др. представляют ряд таких примеров*.

Другие реки, и в числе их многие весьма значительные, вовсе не прорезывают на своем пути гор: примером могут служить Волга, Белый Нил, Конго и др. Наконец, иногда реки проходят через озера, что вызывает значительные изменения их деятельности: все твердые части отлагаются на дне озера, и поток выходит из него лишенным своего главного оружия разрушения. Впрочем, существование таких внутренних озер представляет лишь кратковременный (с геологической точки зрения) эпизод в истории речной долины; вливающиеся в них реки и ручьи скоро заполняют котловину осадками и вместо озера остается только плоское, иногда болотистое расширение ложа.

Во всяком случае мы находим целый ряд уклонений от воображаемой схемы нормальной реки. Необходимо помнить, что природа не допускает однообразия и что отдельные явления ее представляют бесконечное множество видоизменений. Но теоре-

---

* Пороги представляют обыкновенную принадлежность русских рек: в северной полосе Европейской России нет почти ни одной судоходной реки, которая не имела бы более или менее значительных порогов; они находятся на Сев. Двине, Сухоне, Свири, Неве, Волхове, Луге, Нарове, Великой, Мсте, Тверце, Чагодоще, Шексне, Волге (в Ярославск. губ. против г. Мышкина), Западной Двине, Немане. Из рек южной полосы России пороги существуют на Мокше, Днепре, Буге и Днестре.

В пределах распространения эрратических камней пороги являются нередко вследствие скопления валунов, вымытых рекой или принесенных льдом во время половодий; но в большинстве случаев они образуются в тех местах, где река пролагает свой путь через твердые породы, с трудом поддающиеся разрушению; иногда пороги представляют остатки размытых водопадов.

Днепровские пороги по своей величине занимают, бесспорно, первое место. Несколько выше Кременчуга, преимущественно на правом берегу, появляются выступы кристаллических пород; между Екатеринославлем и Александровском они становятся более сближенными; почти каждый выступ имеет здесь соответственное продолжение на противоположном берегу. Ниже Александровска до Никополя кристаллические породы обнаруживаются в самом русле реки, на берегах же совсем исчезают. Днепровские выходы кристаллических пород представляют, по-видимому, ряды груд или мелких кряжей, то сближенных, то удаленных друг от друга: в порожистой части Днепра обнаружены две складки, одна между Игнатьевкой и Федоровкой, другая между Лохонским порогом и Ямбургом.

В местах пересечения Днепром такие кряжи образуют пороги, или заборы. Пороги представляют гряды камней, проходящие по руслу реки и соответствующие простиранию кристаллических пород. Некоторые камни всегда возвышаются над водой, другие выставляются только

тическое дробление реки на три части, проявляющих разную деятельность, в общих чертах остается правильным и может быть положено в основание нашего знакомства с образованием долин. Результатом деятельности рекн является упичтожение различий в высоте ее, уровня в уравнении наклона русла и в образовапии равномерно падающей долины, которая не представляет резких нарушепий на своем пути и подымается от устья к истокам по слабо изогпутой параболической дуге. Но прежде чем такой именно результат будет достигнут, река все глубже размывает ложе в верхних частях, оставляет его неизменным в среднем течении и повышает дно в низовьях путем постепенного накопления наносов. Насколько энергичен последний процесс, обыкновенно оцепиваемый слишком низко, показывает присутствие валоподобных насыпей у берегов рек, протекающих среди совершенно плоской равнины. Известный пример этого рода представляет река По; мощные накоплепия приносимых ею галек высоко поднимаются над окрестностной низменностью, и самый уровень реки лежит на 1 метр выше улиц городка Феррары.

Признаком незаконченпого образования долины служит присутствие *водопадов*: последние указывают на существование в ложе реки неразмытых еще поперечных террас, с которых вода падает приблизительно вертикально. В этих местах ноток обладает наибольшей разрушительной силой: воды, несущие камни и песок, при своем падении углубляют дно реки и подмывают основание террасы: следствием этого является обвал передней ее части. Таким образом, водопад не остается на месте, а с течением времени *передвигается вверх*; при этом высота его уменьшается, и разность уровней реки до встречи террасы и дальше постененно сглаживается.

Один из наиболее известных и прекрасно исследованных примеров представляет знаменитый Ниагарский водопад: огромные массы воды, изливающиеся из Эри в Онтарио, падают с вертикальной террасы, достигающей ночти 50 м в высоту и образованной горизонтальными пластами верхнесилурийских отложений.

---

в межени, большинство скрывается в воде во всякое время. Заборами называют гряды камней, занимающих только часть русла; сравнительно с порогами они представляют места более полного разрушения каменных гряд. Между Кременчугом и Екатеринославом находятся только заборы, в числе 12; далее же до Александровска располагается еще девять порогов; заборы продолжаются на всем протяжении, где только мы находим выступы кристаллических пород. Днепровские пороги представляют весьма важное затруднение для судоходства: плоты и барки должны проходить по извилистому фарватеру между каменьями при быстроте течения, доходящей до 1,11 саж. в секунду. Устроенные в порогах каналы и взорванные камни не устраняют зла, и судоходство может совершаться только в кратковременный период высоких вод, да и то лишь в одном направлении.— сверху вниз.

Такие же выступы кристаллических пород являются причиной порогов на Буге и Днестре близ Ямполя.

Из сибирских рек наиболее порожисты р. Енисей и Ангара. Лена не имеет настоящих порогов, но ими изобилуют некоторые ее притоки, как, напр., Витим и др. Амур в местах пересечения им горных кряжей носит порожистый характер, и судоходство по этой реке до впадения Сунгари сопряжено с большими опасностями.

В местностях гористых, рекн вообще порожисты, так как здесь выступают породы, различно относящиеся к разрушению. Поэтому не только реки Кавказа, Тянь-Шаня и других высоких гор, но даже и те, которые текут по склонам небольших возвышенностей, напр. Уральские, имеют пороги. Из многочисленных рек Финляндии, Кольского полуострова и западных уездов Олонецкой губернии, можно сказать, нет ни одной, на которой не было бы порогов. — *Примеч. пер.*

Край водопада и верхние части обрыва состоят из твердых известняков, нижние же части сложены из менее прочных сланцев и песчаников: при таких условиях размывание террасы должно происходить легко и правильно. Водопад низвергается в глубокую пропасть, которая ограничивается вертикальными стенами и тянется на протяжении 12 км: она образовалась путем постепенного размывания ложа реки водопадом. Если допустить, что ежегодное отступание последнего достигает приблизительно 33 см и что размывание совершалось прежде с такой же силой, как и теперь, то можно будет приблизительно определить время, которое понадобилось для образования этой глубокой пропасти: оно равняется 36,000 лет, и если в общем условия не изменятся, то через 70.000 лет водопад отступит до выхода Ниагары из озера и, наконец, совершенно исчезнет. В самое последнее время (1890 г) были предприняты измерения водопада, и результаты их сопоставлены с цифрами, полученными в 1842 г; оказалось следующее: в течение 48 лет с американской стороны водопада исчезло 360 кв. м террасы, а с канадской — 25,610 куб. м*. Таким образом, ежегодное отступание в первом случае достигает 0,195 м, а во втором — 0,663 м. Предполагая, что размывание и прежде происходило с той же силой, мы найдем, что отступание водопада от места впадения Ниагары в Онтарио до его настоящего положения совершилось в течение 7000 лет.

Своеобразное явление, наблюдаемое у многих сильных водопадов, представляют так называемые *исполиновые котлы* (Riesenkessel, marmites de géants). Так называются цилиндрические углубления, находимые в твердых породах известняка, гранита т. п., а также и в рыхлых образованиях вроде глин; эти котловины достигают до 12 м в глубину и ограничиваются гладко отшлифованными стенами со следами спиральных борозд. Образовались они следующим образом: свободно падающая вода, встречая на пути обломки твердых пород, приводит их во вращательное движение и как бы сверлит ими дно; если такое вращение непрерывно продолжается на одном и том же месте, то котловина постепенно углубляется. Обыкновенно на дне последней находятся и те глыбы, которым она обязана своим возникновением и которые обыкновенно имеют вид пушечных ядер; в некоторых случаях, впрочем, они распались вследствие долговременного трения. В сухое лето 1857 года уровень Рейна у Шаффгаузена стоял чрезвычайно низко. В это время у подножья водопада было замечено множество исполиновых котлов. В теспинах Зальцаха у Голлинга мы встречаем так называемые «печи» (Ofen), расположенные не только на дне реки, но и в ее берегах на значительной высоте. Это те же исполиновые котлы; они образованы водопадом, который существовал здесь, когда река обладала более высоким уровнем.

Нередко находят исполиновые котлы, образованные несуществующими теперь реками. В огромном числе встречаются они в Швеции и Норвегии, но известны также и в северогерманской низменности, напр. в Рюдерсдорфе у Берлина, где они прорезают поверхность раковистого известняка. Прекрасные образцы испо-

* При падении река Ниагара разделяется Козьим островом (Goat Island) на два рукава: на Большой, или Канадский, водопад, достигающий около 600 м в вышину, и Малый, или Американский, шириной в 200 м. Далее Ниагара низвергается в упомянутое выше глубокое ущелье. — *Примеч. пер.*

линовых котлов находим мы в так называемом люцернском «Ледниковом саду» (Gletschergarten), где неровная новерхность пород покрыта множеством таких углублений (см. рис. 292). Они засынаны щебнем, песком, глиной, обломками камней, которые необходнмо удалить, чтобы котловины выступили перед исследователем во всей своей ненрикосновенности; тут же можно найти и закругленные ядра, которые легко узнаются по их форме. Большая часть таких котлов лежит в области распространения дилювиальных льдов, а потому происхождение их принисывали воде, образовавшейся нри таянии глетчеров. К этому вонросу мы еще вернемся в главе о ледниках.

В России можно указать несколько примеров отступания водопадов и образования нсполиновых котлов. В Северной Эстляндии большинство речек имеют водопады; все они протекают приблизительно с юга на север; достигая так называемого глинта, т. е. террасы, идущей вдоль берега Финского залива и образованной породами силурийской системы, эти речки прорывают в нем более или менее глубокое ложеущелье и ниспадают красивыми водопадами. В том месте, где глинт, огибая Ревель, подходит к берегу залива с восточной стороны от города, виднеется живописная долина, довольно глубоко врезающаяся в высокую террасу. Эта долина с пологими берегами, покрытыми богатой растительностью, получила название «Волчьего ущелья». Посреди нее пробивается ручей, а в конце ущелья низвергаются два водопада; один из них падает с 4 метров высоты; в сухое время ручей совершенно иссякает, и тем не менее вся долинка, достигающая сажень 15 в длину и сажени 3 в ширину, произошла благодаря размывающей силе его и постепенному отступанию водопада. Другой не менее интересный водопад находится на р. Ягговаль, верстах в 30 к востоку от Ревеля; с высоты 7 метров падает здесь широкая струя воды, окутанная массой водяной пыли и брызг. С западной стороны Ревеля, почти на том же расстоянии (25 в), находится третий водопад, образованный Фальским ручьем. Образуя изгибы и островки, ручей спокойно течет среди невысоких живописных берегов, покрытых запущенным парком. У замка Фаль он неожиданно низвергается водопадом с 6 м высоты и далее в виде бурного потока несется к заливу. Отступание этого водопада происходит, кажется, быстрее Ягговальского; явные следы его видны на обонх берегах: ниже водопада на высоте 25 фут. под нынешним уровнем ручья в наносе встречаются пресноводные раковины, тождественные с теми, которые встречаются в песках устья (Cyclas cornea и Cyclas lacustris); таким образом, раньше водопад протекал по глинту и не спадал с его края, но с течением времени значительно отодвинулся назад.

Среди всех Эстляндских водопадов самое выдающееся место занимает Нарвский водопад в 12 км от Финского залива на р. Нарове. Он значительно меньше Ниагарского, но представляет такой же прекрасный пример отступания и также образует два рукава, разделенных островом Кренгольмом. Высота падения в обоих рукавах почти одинакова — около 23 фут. (7 м). Сила Нарвского водопада, по приблизительному расчету, достигает 100,000 лошадиных сил (Ниагарский водопад = $6^1/_2$ миллионов лошадиных сил). Ударяя в ложе реки, водопад образовал здесь ямы глубиной от 1 до $1^1/_2$ м. Сила Нарвского водопада эксплуатируется в настоящее время построенными около него фабриками. Медленное, но непрерывное отступание его доказывается как наблюдениями самих жителей, так и научными данными: пресноводные раковины и речные наносы, находимые ниже водопада на значительной высоте и самый характер долины несомненно свидетельствует о происходившем ранее отступании. Таким образом по прошествии тысячелетий Нарвский водопад сравняется, ложе р. Наровы станет более пологим и будет все более и более углубляться. Когда это постепенное углубление достигнет самого Пейпуса, то отсюда будет изливаться через р. Нарову огромное количество воды. При дальнейшем течение процесса Чудское озеро должно осушиться, и р. Нарова соединится с р. Великой в одну реку, реки же Эмбах, Вай и др., удлинив свое течение, проложат более глубокие русла.

Недалеко от Петербурга находится другой знаменитый водопад Иматра на р. Вуоксе, которая до своего впадения в Ладожское озеро проходит ряд озер. По выходе из оз. Саймы, она начинает падать по уступам на протяжении 304 м с высоты около 15 м. Это и есть известный водопад. Иматра,— представляет узкое ущелье с суровыми стенами, вверху густо заросшими растительностью, которая пышно раскинулась на почве, пропитанной сырыми испарениями. Река, сдавленная в объятиях скал, прыгает и мчится, перекатываясь через камни, вспучиваясь шапками пены и швыряя брызгами вверх на целые сажени. Ложе реки образовано твердыми гнейсовыми породами. Ширина Вуоксы в настоящее время только 20 м. Непосредственно около правого берега поднимается значительная возвышенность; подобный же уступ виден и на другом берегу; это остаток старого ложа Иматры.

Пространство между берегом и обеими террасами покрыто лесом; громадные закругленные скалы высятся то тут, то там; большие валуны разбросаны всюду; сглаженность скал, обыкновенно вытянутых по направлению течения водопада, присутствие массы валунов и, наконец, самое главное — большое количество исполиновых котлов, встречающихся даже в валунах, все это дает указание на прежнее присутствие тут воды и на более высокий уровень Вуоксы в этом месте. Исполиновые котлы разной величины достигают до 7 фут. в глубину и до 3 фут. в поперечнике; они располагаются иногда группами около какой-нибудь скалы, по 7 и 8 вместе, и находятся в разных стадиях образования; иные только зачинаются — на скале видны неглубокие луночки, другие значительно углублены; иногда котлы, расположенные рядом, соединяются небольшими перемычками.

На реке Северном Выге, который берет начало в Олонецкой губернии и впадает в Белое море, мы находим три живописных водопада. Благодаря прекрасному стихотворению Державина огромной известностью пользуется водопад Кивач на р. Суне в Олонецкой губ Наконец пороги на р. Сяси, Волхове и др. представляют размытые остатки некогда существовавших водопадов. К сожалению, наши водопады гораздо более обращали на себя внимание поэтов, подаривших нас не одним прекрасным стихотворением; научных же исследований по вопросу об их отступании или совсем не имеется, или же они страдают неполностью; поэтому мы лишены возможности выразить напряженность этого процесса точными цифрами. — *Примеч. пер.*

Не только при падении с значительной высоты, но и при обычных условиях течения реки промывают глубокие котловины в их дне. Они образуются при встрече двух потоков, когда вода приходит в вихревое вращательное движение и как бы сверлит дно. Точно так же в тех местах, где скорость течения усиливается вследствие увеличения наклона русла или вследствие внезапного сужения ложа, на дне образуются глубокие промоины. Последние обратили на себя общее внимание при расчистке фарватера. Так, напр., на дне Дуная найдены котловины в 14 и 18 м, между тем как средняя глубина реки не превышает $2^1/_2$—3 м. В Рейне такие промоины достигают 20—30 м в глубину; в области знаменитого Грейнского водоворота на Дунае встречаются углубления в 30 м, а в «Железных воротах» они достигают 50 м.

Незаконченность долин и стремление текучих вод довершить их созидание всего яснее выступают в высочайших областях гор, где ложа рек обладают наиболее значительным уклоном. Если мы вообразим, что воды стекают по равномерно падающим склонам, то в верхних частях потоков размывающая деятельность будет выражаться слабо, так как здесь ручьи бегут в виде отдельных тонких нитей и несут в своих водах незначительное количество песку, галек и гравия, при посредстве которых главным образом и происходит углубление ложа. Только в более низких частях склонов, там, где отдельные ручьи сливаются в один общий поток и где сила их концентрируется на более ограниченном пространстве, размывание и прорытие долин выразится в более энергичной форме. Вследствие этого долина, верхняя половина которой обладает сравнительно со склонами более сильным падением, нижняя — более слабым, с течением времени развивается по направлению вверх, и туда же перемещается граница между более крутой и более пологой ее частями; наконец, она достигает гребня горной цепи и понижает его. При этом в верхней, сильнее наклонной части долины размыванию преимущественно подвергается дно, а в нижней пологой половине, главным образом, разрушаются стены: здесь долина расширяется, и на дне ее отлагается наиболее крупный материал, приносимый потоком с верхних областей. Таким образом, поперечный разрез верхних частей долины обладает V-образной, а разрез нижних частей — U-образной формой. Эти типичные

формы, продолжая развиваться в том же направлении, еще более удаляются друг от друга. Нижние части долин все более расширяются и понижаются, а верхние их области, где мощный поток сглаживает все неровности уровня, углубляются, суживаются и превращаются в ущелье, подобное трещине, с почти вертикальными стенами. Теснины Альп и других гор могут служить примерами таких образований, чаще всего встречающихся в известняках, сланцах и песчаниках (см. рис. 293).

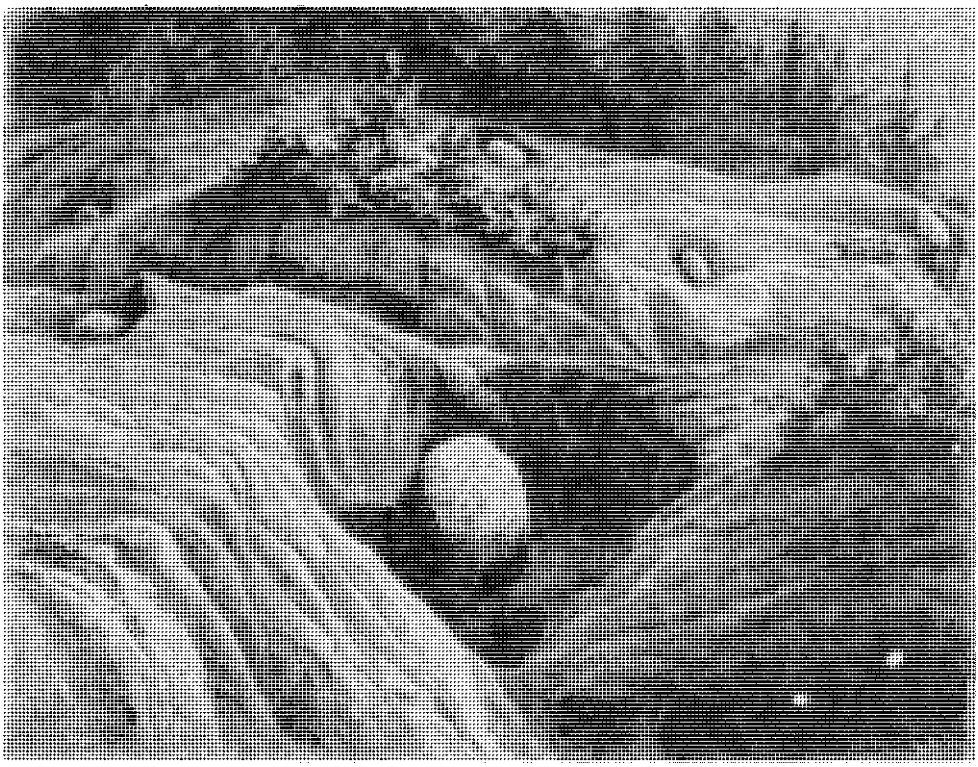


Рис. 292. **Исполинские котлы в люцернском «Ледниковом Саду»**

Таким образом, деятельность реки сводится к углублению и сглаживанию дна, к расширению долины в стороны и вверх и к понижению водораздела. О последней форме деятельности рек мы должны сказать здесь еще несколько слов. Когда развитие ложа достигнет водораздела, последний начинает разрушаться и понижаться. Это разрушение достигает особенной силы в том случае, когда река питается одним или несколькими значительными источниками, которые размывают внутренние части гребня и вызывают оседание прикрывающих их пород: одновременно с тем продукты разрушения сносятся с вершины и склонов к подножию. Таким образом, на месте водораздела образуются настоящие мульды, которые распространяются далее вверх, и реки работают над дальнейшим понижением гребня. Реки обнаруживают стремленье расширять их области во всех направлениях, и так как в горах мы находим множество расположенных друг подле друга трещин размытия, то между ними возникает борьба за

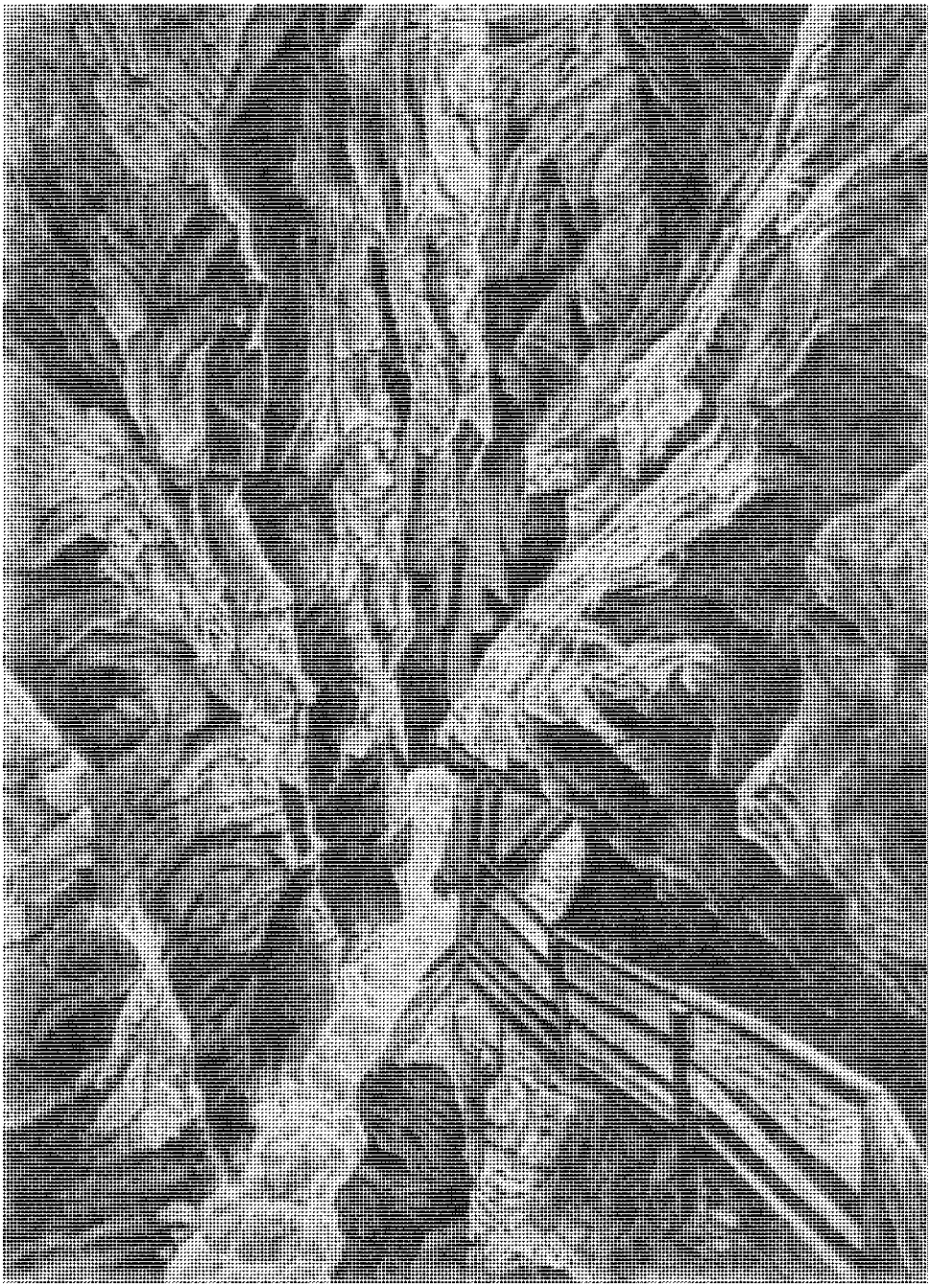


Рис. 293. **Ущелье Лихтенштейна вблизи Св. Иогана в Понгау**

почву и водораздел. Постепенное распространение разрушительной деятельности рек по направлению вверх, как бы оно медленно ни было, сообщает в конце концов гребню водораздела зигзагообразную форму. Многоводная река, обладающая сильным уклоном и встречающая на пути менее стойкие породы, быстро рас-

пространяет свою разрушительную деятельность, увеличивает свою область и иногда подходит так близко к соседним рекам, что присоединяет к себе их притоки. Прекрасный пример этого рода приводит *Гейм:* стекавшая с перевала Малоджья и направлявшаяся на юг река Мера мало-помалу подошла к долине Инна, которая протекала в северо-восточном направлении, врезалась в его русло и завладела его верхней частью. Источники в Валь-Брегалья, питавший первоначально последнюю реку, несут теперь свои воды в Меру. Этим объясняется, почему верхняя часть долины Инна обладает такой шириной, какую мы обыкновенно наблюдаем только в более низких частях рек.

Вследствие понижения водораздела могут происходить еще более любопытные явления. Пенк приводит следующий пример: Ахенское озеро, расположенное у самого Инна, не изливает в него своих вод, а образует стоки, направленные через известковые Альпы к Изару. Первоначально существовала речка, которая впадала в Ини; она была оторвана наносами и превратилась в озеро; с понижением же водораздельного гребня ее воды стали изливаться к Изару. Таким образом, вследствие постепенно распространяющегося вверх размывания сливаются системы разных рек, невзирая на разделявшие их первоначально высоты. Многие из рассматриваемых ниже долин имеют такую же историю.

Если на одном из горных склонов более обильно выпадают атмосферные осадки, то здесь развиваются многоводные реки, быстро и глубоко размывающие свои долины и уносящие вниз много продуктов разрушения; таким образом с этой стороны разрушение гор происходит быстрее, чем с противоположной. Последняя особенность имеет иногда чрезвычайно важное значение для оценки разрушительной деятельности рек.

Направление рек, форма и история их долин находятся в зависимости от строения гор: в этом не сомневается ни один географ и ни один геолог. Что же касается более подробного уяснения этой зависимости, то еще недавно взгляды чрезвычайно расходились, и только в самое последнее время удалось их примирить. В одной из предыдущих глав (см. стр. 353) мы уже познакомились с той теорией, которая приписывала появление гор внезапному акту. С точки зрения этой теории несомненно, что вся система рек данной области находится в полной зависимости от строения мгновенно явившихся гор. Гребень горной системы должен образовывать водораздел. Отдельные системы рек направятся в сторону меньшего сопротивления по готовым для них путям; он приурочивается к направлению главных трещин, протекают по впадинам синклиналей и по расчленеиным гребням антиклинальных складок. Эта старая теория уже давно рушилась, но строению гор все-таки приписывается огромное значение в образовании долин. Особенный интерес в этом отношении представляет теория *Добре*, основанная на чрезвычайно любопытных опытах. Он исследовал трещины, образовавшиеся вследствие вращения и давления в зеркальном стекле и других телах, и нашел, что они стоит в известном закономерном отношении к направлению вызвавшей их силы и образуют системы, пересекающиеся под постоянными углами. Далее ему удалось доказать, что некоторые горные породы обнаруживают трещины, которые с большой вероятностью могут быть приписаны подобной же причине. Было бы, конечно, весьма желательно свести к такой простой причине известные

формы выветривания, например, матрацовые отдельности в песчаниках Саксонской Швейцарии и Чехии; тем не менее широкое применение этих опытов к вопросу об образовании долин должны считать ошибочным. Хотя удалось доказать, что реки данной местности сводятся к немногим определенным направлениям, тем не менее нет прямого доказательства в пользу существования трещин, им соответствующих, и мы знаем только, что речные долины в большинстве случаев распределяются так же, как и искусственно вызванные трещины Добре; кроме того, мельчайшие разветвления наиболее сложных речных систем не согласуются с теорией. Но и в тех случаях, когда мы имеем дело с системой, сводящейся к немногим направлениям, нет надобности нодыскивать соответствующую ей систему трещин: в стране с однородным и простым строением главные направления рек определяются просто наклоном слоев, и происхождение рек объясняется без всякого посредства особой системы трещин.

Зависимость рек от тектонических особенностей и строения долин должно проявляться различно, смотря по тому, происходит ли размывание в плоской равнине, где нарушение их пластования выражено слабо, или в области складчатых гор. Тут и там возникают свои характерные типы долин, с особенностями которых мы и познакомимся ниже.

## Каньоны

Равнины с горизонтальными или слабо наклонными пластами представляют для развития долины сравнительно простые условия. Легкого наклона слоев, почти всюду наблюдаемого на земной поверхности, достаточно, чтобы определить направление рек. Пока вода проявляет еще слабую размывающую деятельность, она течет по широким плоским руслам. В тех местах, где равнина разрезается крутыми обрывами, течение рек усиливается, и их размывающая деятельность значительно повышается: потоки текущих вод глубоко врезаются здесь в почву и образуют узкое ущелье с крутыми и высокими стенами; далее область размывания распространяется постепенно к истокам. Поэтому края плоскогорий часто изрезаются глубокими рытвинами, между тем как выше на равнине реки текут по плоским долинам; такие явления наблюдаем мы, напр., в Саксонской Швейцарии, в скалистом Альбе и на краях южноафриканских Столовых гор.

Если размывание действует долговременно или равнину прорезает мощный поток, берущий свое начало в соседних богатых водами горах, то появляются глубокие и сильно разветвленные долины. Примером может служить ущелье Эльбы, прорезывающее саксонско-чешскую равнину. Долина Нила, проходящая между Ливийской и Аравийской пустынями, представляет еще более резкий пример этого рода, но крайнего развития достигают чрезвычайно глубокие теснины североамериканских рек, прорезывающих возвышения равнины Аризоны, Утаха и Колорадо. Эти ущелья испанцы называют *каньонами*; они врезаются в самые твердые скалы, иногда на несколько тысяч метров в глубину. Первое место в ряду этих образований должна занять долина реки Колорадо в равнинах Аризоны, вообще принадлежащая к числу самых замечательных во всем свете. Эти малодоступные области были исследованы Ивесом, Ньюберри и др., но, главным образом, мы

обязаны сочинению Дуттона, в котором даны не только описания этой замечательной местности, но приложены также рисунки, дающие отчетливое и наглядное представление о каньонах Северной Америки.

Большой Каньон р. Колорадо располагается преимущественно в Аризоне и, направляясь на север, заходит отчасти в Утах. Он прорезывает высокую равнину, которая распадается на целый ряд отдельных террас; последние местами представляют совершенно голую, лишенную растительности пустыню, местами одеты густыми лесами; поверхность этих плоскогорий иногда совершенно ровная, иногда имеет волнистый вид; равнина образована горизонтальными или слабо наклоненными пластами различных пород, начиная с древне-третичных и кончая силурийскими образованиями и даже подстилающими их гранитами. Третичные мезозойские и пермские отложения образуют ряд мощных террас, падающих крутыми уступами; под ними залегают каменноугольные известняки, иногда на 3000 м в высоту. В этих то породах и прорезала река своеобразный каньон; грозная пропасть, обязанная своим происхождением размыванию, достигает местами 2000 м высоты, и на стенах ее обнажаются не только каменноугольные известняки, но и все более древние породы этой местности.

Наибольшей грандиозности достигает это дикое сооружение природы в так называемом Кайбабском плоскогорье. Вот как описывает эту местность *Дуттон*: «Откуда бы путешественник ни подъезжал к каньону, всюду бездна последнего раскрывается вдруг: редко можно встретить признаки, указывающие на его близость: обыкновенно сосны растут на самом краю обрывов и роняют свои шишки в бездонную пропасть. Уже с берегов этого дикого ущелья раскрывается зрелище, не поддающееся никакому описанию, но оно становится еще величественнее, если изумленный путник заглянет в самые недра каньона. Картина, открывающаяся с самого высокого выступа, так называемого «Point sublime» (Возвышенная точка), особенно поразительна (см. рис. на особом листе).

«Большой Каньон» представляет совершенно своеобразный, неведомый европейцу вид: картина поражает своей новизной, красота же и грандиозность ее чувствуются не сразу: необходимо ближе познакомиться с этим дивным сооружением природы, надо привыкнуть к нему, чтобы понять прелесть и величие его. Естествоиспытатель, живший среди Альп, в Италии, в Германии, в Аппалахских горах и т. п., чувствует себя здесь ошеломленным, озадаченным; не встречая привычных видов, не видя пижнего и постепенного перехода красок, он боязливо осматривается кругом, и все ему кажется здесь слишком резким и уродливым. Но стоит только попривыкнуть к своеобразным особенностям местности, и впечатление меняется: то, что казалось сначала грубым и диким, становится могучим и величественным, и резкие краски преобретают выразительность. Чтобы дать понятие о грандиозности зрелища, достаточно отметить размеры каньона: он превосходит 200 английских миль в длину, достигает 5—12 миль в ширину и спускается на 5000—6000 фут. в глубину. Можно было бы указать более широкие и длинные долины и назвать даже несколько более глубоких, но в Большом Каньоне соединяется вместе все, что мы находим в других местах разрозненным, а потому во всем свете он занимает исключительное место.

От конца выступа «Point sublime до ближайшей точки противоположного берега — около 7 английских миль; но так как края каньона на всем протяжении

изрезаны глубокими и обширными ущельями, то в общем ширина его значительно больше. На далеком расстоянии вокруг, по крайней мере на 50 миль в длину и 12 миль в ширину, виднеется прорытая водой пропасть, столь огромная и величественная и столь разнообразная в своих подробностях, что озирающий ее путешественник долго не может разобраться в массе ощущений; овладевая ими постепенно, он глубоко поражается величием природы и чувствует себя обновленным свежестью неведомых до тех пор впечатлений. Но, без сомнения, самым величественным среди всего окружающего является противоположный берег каньона. Трудно даже представить себе эту огромную скалистую стену, расстилающуюся в 7 милях впереди и достигающую 1 мили в высоту. Она тянется без конца в обе стороны, и человек чувствует себя подавленным. Если бы это был гладкий, вертикально падающий обрыв, глаз нашел бы успокоение в однообразной форме его, но тут всюду встречаешь что-нибудь новое, неожиданное. Берег изрезан глубокими ущельями; между ними виднеются выступы, сообщающие стенам прихотливую пестроту формы. Только в противоположной части каньона взор достигает их крайней границы, но перспективное сокращение так поразительно, что составить понятие об истинных размерах невозможно. Отделившиеся от берега скалы теснятся у истоков и, несмотря на свою громадную величину, кажутся ничтожными в сравнении с противолежащей стеной (см. рис. 294). Но зато те каменные столбы, которые выдвигаются прямо перед путешественником у того же берега, где он стоит, производят величественное впечатление; красота их форм, прихотливая изрезанность очертаний и огромные размеры не поддаются никакому описанию».

Стены каньона падают не вдруг; только некоторые длинные выступы сразу спускаются на глубину 1500—1800 метров. Обыкновенно же отвесный обрыв достигает только 600—900 м; здесь располагается неровная, но сравнительно с крутизной стен плоская терраса; далее зияет более узкое внутреннее ущелье. Каждая такая терраса представляет как бы остановку в развитии каньона, которая, впрочем, восполняется затем образованием еще более глубоких теснин.

Своеобразные особенности рассматриваемой долины должны быть приписаны действию многоводной реки, которая вытекала из влажной, дождливой местности и, пролагая путь по сухой и однородной равнине, несла в своих водах обильные количества гальки и песка. Такие климатические условия наблюдаются в настоящую минуту, но они должны были оставаться неизменными в течении всего времени образования каньона: иначе бы с обеих сторон образовалось множество боковых долин, открывающихся в главную. На самом же деле можно указать не более двух или трех таких разветвлений, достигающих сколько-нибудь значительной величины. Отсюда необходимо допустить, что во все время развития каньона сохранялись теже климатические условия, какие наблюдаются в настоящее время. Впрочем, эта однообразная история долины была нарушена непродолжительным периодом более обильного выпадения осадков. Как показал Дуттон, образование каньона началось в конце третичного периода, в плиоценовую эпоху, когда в рассматриваемой местности господствовал тот же климат, что и в наше время; но вслед за плиоценовой эпохой наступила ледниковая; правда, в область Колорадо не заходили глетчеры, но климат во всяком случае должен был измениться, сделаться более холодным и более влажным, чем был прежде. Впрочем, последствия этого изменения весьма незначительны и выражаются образованием нескольких боковых каньо-

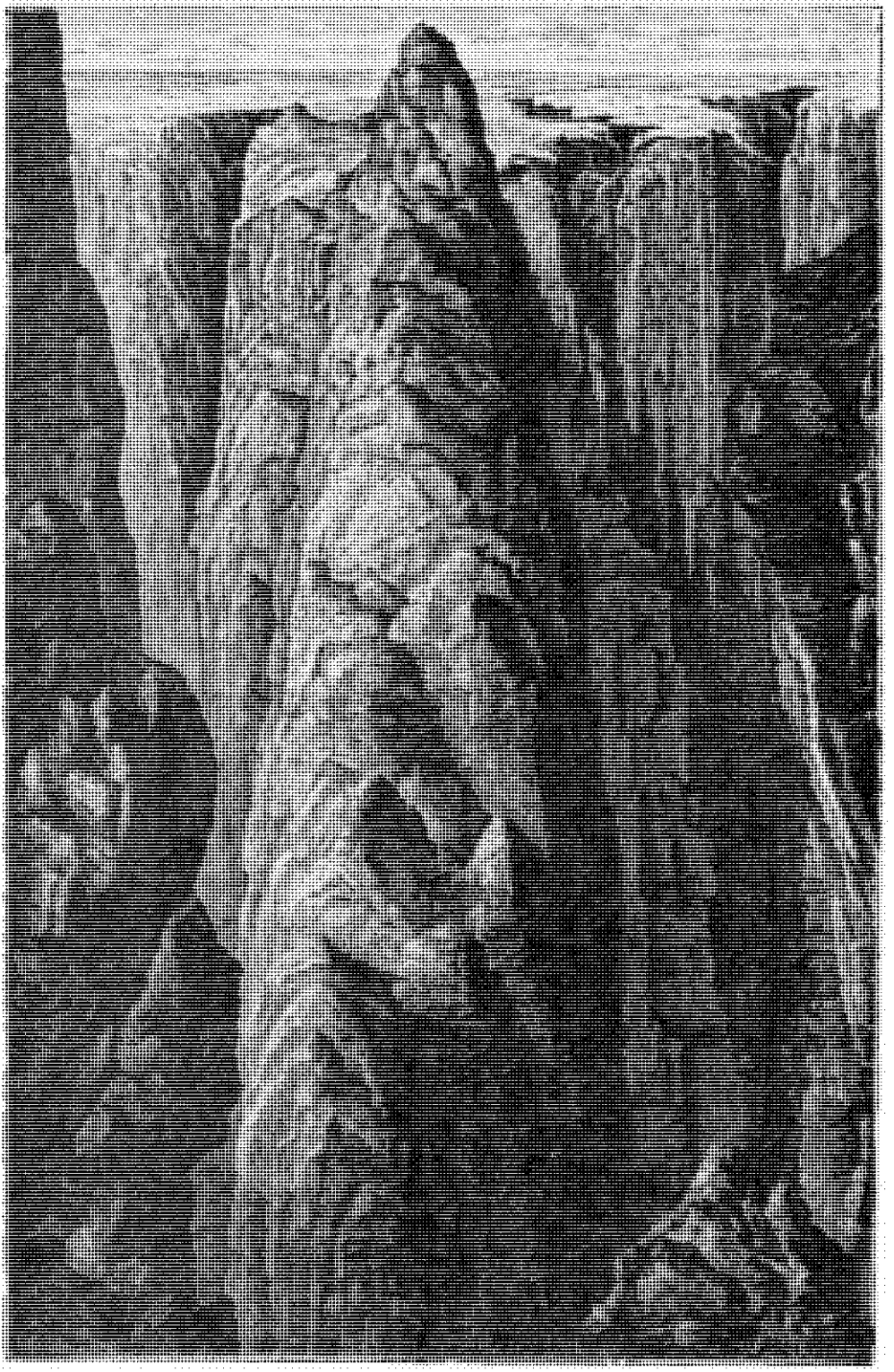


Рис 294. **Внутренность Большого Каньона р. Колорадо в Сев. Америке** (по Ивесу)

нов, которые начинаются высоко на склонах и, по-видимому, только в течение непродолжительного времени были заполнены водой.

Мы не будем подробнее входить в описание каньонов, представляющих интерес во многих отношениях. Они являются крайним примером размывания, производимого мощным потоком в возвышенной и сухой равнине. Но особенно любопытны и поучительны каньоны в том отношении, что они показывают как вообще велики геологические промежутки времени. Приблизительно с начала плиоценового периода река промыла в чрезвычайно твердых породах долину, достигающую в среднем 12 англ. миль в ширину, 200 англ. миль в длину и 2000 метров в глубину. Если бы размывание было сосредоточено на одном месте, другими словами — если бы река прорыла себе узкое ложе той же глубины, то и в таком случае произведенная работа была бы чрезвычайно велика. Для образования же широкого каньона в твердых породах необходимо еще более значительное время. С большой вероятностью можно допустить, что история этой долины охватывает несколько миллионов лет. Это огромное число лет протекло только с начала плиоценового периода и с геологической точки зрения составляет столь незначительный промежуток времени, что в течение его произошли лишь самые слабые изменения морских моллюсков, распространяющиеся не более, как на половину видов. Цифра казалась слишком огромной, а потому было предположено, что прежде в области Колорадо господствовал чрезвычайно влажный климат и река несла такие огромные массы воды, что размывание происходило очень быстро. Но эта гипотеза не имеет ни малейших прав на существование: наблюдения Дуттона над боковыми долинами, развитыми весьма слабо, решительным образом опровергают ее.

Каньоны представляют предельный случай размывающей деятельности воды. Менее значительные промоины носят название *оврагов* и представляют первую стадию в образовании речных долин. Овраги появляются в низменностях, состоящих из рыхлых пород и питающихся водой лишь периодически. Эти рытвины размытия, с течением времени преобразовывающиеся иногда в настоящие долины, представляют тем больший интерес, что Россия дает богатый материал для их изучения. Еще в сороковых годах нынешнего столетия Мурчисон во время своей поездки по Европейской России обратил внимание, что нигде овраги не образуются так быстро и в таком огромном количестве как у нас. Площадь, охваченная растущими оврагами, занимает Курскую, Орловскую, Рязанскую, Тамбовскую, Воронежскую, Симбирскую, Саратовскую, Пензенскую, Нижегородскую, Харьковскую, Черниговскую, Полтавскую, Волынскую, Подольскую, Киевскую, Бессарабскую, Херсонскую, Екатеринославскую губернии, а также Землю Войска Донского. Вся эта область обладает чрезвычайно благоприятными условиями для образования и развития оврагов. Почва здесь большей частью состоит из чернозема, который налегает на пласты песчанистой глины с примесью углекислой извести; эта глина, называемая у нас белоглазкой, на западе — лессом, легко размывается водой. Весной, когда начинают таять огромные массы снега, маленькие ручейки превращаются в бурные потоки; вода стремится в низины и, встречая образовавшиеся летом в черноземе трещины или пахотные борозды, или иногда — дорожную колею, направляется по ним и размывает рыхлую землю. Волнистый рельеф Южной России и климатические условия нашей страны,— знойное лето, холодная зима, большие половодья весной, неправильные ливни летом,— все это благоприятствует развитию оврагов, которые растут здесь с чрезвычайной быстротой. В черноземной полосе почти ежегодно приходится переносить дороги вследствие увеличения оврагов, быстро удлиняющих свои верховья. Овраги скоро могут достигнуть размеров небольших речных долин; в некоторых случаях они спускаются до 60 метров в глубину и больше.

В последнее время производятся тщательные наблюдения над ростом оврагов в Южной России. Приведем для примера два оврага, появившиеся недалеко от Харькова около линии Харьковско-Николаевской ж. д. вследствие выборки земли под насыпь на краю уже заросшей балки. Через 18 лет овраг, впадающий в балку с правой стороны, имел в длину уже 400 ф., при глубине до 50 ф. Таким образом, за все это время было вымыто 270 000 куб. ф.

земли, что составляет в год около 42 куб. сажен. Другой овраг, лежащий напротив первого достиг, в это же время 770 ф. длины при глубине 11—17 ф. и ширине 16—29 ф.; земли было вымыто 645000 куб. ф., т. е. ежегодно вымывалось около 108 куб. саж.

Одновременно с углублением и разростанием оврага русло его заполняется рыхлыми продуктами разрушения (овражный аллювий), а отвесные стены, вследствие осыпания, постепенно закругляются, становятся устойчивее и одеваются растительностью. Такие преобразованные овраги с пологими склонами и с широким, выровненным дном достигают иногда значительной длины и носят уже название *балок*, или же *суходолов*, в случае если они не достигают водоносных слоев. Таким образом, балка обладает более древним происхождением и представляет следующую стадию развития оврага. Можно допустить, что дальнейшая история этих рытвин размытия может при благоприятных условиях вести к превращению их в настоящие реки. Для этого необходимо, чтобы количество и распределение воды в балке было достаточно для поддержания постоянного потока. Но условий, благоприятных для превращения балки в реку, может и не быть налицо; в таком случае ее дальнейшее развитие как бы останавливается, замирает. Прекрасно развитые, но тем не менее сухие большую часть года балки южнорусских степей могут служить примерами.

Овраги, представляющие у нас целую сеть прихотливо разветвляющихся рытвин и с невообразимой скоростью завоевывающие все новые пространства, с каждым годом похищают плодородный чернозем и уменьшают участки возделываемой земли. Так, например, в четырех уездах Воронежской губернии, Задонском, Нижнедвинском, Коротоякском и Богучарском, за последние 25 лет в черте крестьянских владений перешло из разряда удобных земель в разряд неудобных 49635 десятин, т. е. площадь неудобных земель в одном крестьянском наделе увеличилась на 71%. Такое огромное разростание оврагов вызывается в значительной степени вырубкой и истреблением лесов, а также распахиванием склонов. При столь значительной быстроте роста овраги являются истинным бичом земледелия; с другой стороны, увеличивая поверхность страны, уменьшают ее орошение, так как влага, выпадающая на землю, быстро стекает в низины; кроме того зимой в оврагах набивается снег, что значительно уменьшает снежный покров и количество влаги, питающей пахотную землю. Все это заставляет думать о мерах против разростания оврагов, которые грозят превратить всю южную Россию в бесплодную пустыню. Поэтому нельзя не приветствовать начинания земств и Министерства земледелия, которые предпринимают в настоящее время деятельную борьбу с этим злом.

Овраги не представляют особого явления, исключительно свойственного Европейской части России. Значительного развития достигают они в Туркестане (в бассейне Анргена около г. Чимкета), в Фергане (в бассейне Келеса), в окрестностях Байсуна в Бухаре, в некоторых штатах Северной Америки, например в Георгии, Иллинойсе, Иове и Алабаме, где они были описаны Ляйэллем, в некоторых частях Испании и в других местах. Классическим примером размывания и образования оврагов считается окрестности Поруллены в Испании (к северо-западу от Сьерры-Невады).— *Примеч. пер.*

Любопытные особенности размывания наблюдаются в тех странах, где на поверхности древних пород со сложным и разнообразным строением залегает горизонтальный покров трансгрессированных отложений. Долины размытия такой местности, расположенные достаточно высоко над уровнем моря, постепенно углубляются и достигают породы, образующей основание или фундамент осадочных пластов. Раз образовавшиеся реки остаются на своих местах и начинают постепенно действовать на породу, образующую их дно. Таким образом, система долин размытия, образовавшаяся первоначально в горизонтальных пластах, распространяется на складчатую или вообще обладающую сложным строением породу. Создается сеть реки, которая в своих главных чертах не зависит от геологического строения местности и не обнаруживает наклонности к сколько-нибудь значительным дальнейшим изменениям.

Если размывание действует в течение долгого времени, то пласты новейших отложений сносятся совершенно или же сохраняются в виде незначительных остатков. Подстилающие их породы образуют рельеф страны: более твердые их части

выступают в виде горных массивов, более рыхлые составляют низменности, круто надающие слои становятся гребнями. Система рек, орошающих такую местность, также ие обиаруживает никакой связи с геологическим строением ее. Маленькие речки прорезают здесь в твердых нородах глубокие каньоны, в то время как вблизи выступают легче разрушающиеся рыхлые нороды и видимо более удобные для образования долины, но ночему-то обойденные нотоком. Многие загадочные случаи образования долин, которые рассматривались нрежде, как «долины трещин», находят, ввиду сказанного выше, весьма простое объяснение. Этот вид долин, известных под названием *эпигенетических*, повторяется и в складчатых горах, и соответствующие нримеры таких образований будут нриведены нами ниже.

В нлоских равнинах мы наблюдаем обыкновенно «пластические» долины, обязанные своим происхождением исключительно размыванию; однако и здесь уже известно немало нримеров, обнаруживающих влияние геологического строения, т. е. «тектонические» особенности равнины обусловливают часто нанравление и форму рытвин размытия. Там, где норода прорезана вертикальными трещинами, как, например, в Саксонской Швейцарии, образуются обыкновенно узкие долины, ограниченные отвесными стенами; крепость пород, образующих данную местность, влияет на наклон берегов и на образование уступов или террас. Но особенно назидательны в этом отношении тектонические котловины и главным образом сбросовые внадины (ср. стр. 343).

В то время, когда возник вонрос об относительной расиространенности долин, образовавшихся на месте трещин и долин, всецело обязанных размыванию, видное место в ряду доводов занимала долина Иордана с Мертвым морем; она считалась характерным примером долины, проложенной на месте дислокационной трещины. Однако такое объяснение нельзя считать вполне нравильным; справедливо только, что эта долина обязана своим возникновением не размываюнему действию воды, а дислокации, приведшей к образованию большой восточноафриканской сбросовой внадины, о которой мы говорили уже выше. Таким образом, главная роль в создании долины принадлежит в этом случае тектоническому нроцессу, размывание же имеет второстененное значение. Долины, образовавшиеся на месте сбросовых впадин, наблюдаются и во многих других местностях. Такова, напр., долина реки Лейны и Геттингена, отличающаяся от впадины реки Иордан только тем, что здесь воды имеют сток к Северному, или Немецкому морю, между тем как Мертвое море является замкнутым внутренним озером. Другой пример представляет верхняя часть долины р. Рейн, соответствующая сбросовой впадине между Шварцвальдом и Вогезами. В этом случае тектоническая впадина определила нанравление мощного потока вод, собирающихся с соседних богатых атмосферными осадками гор.

Если сбросовая впадина располагается в местности, где выпадает сравнительно мало дождей, то она становится ложем реки, которая часто не соответствует размерам долины. В некоторых случаях в сбросовой впадине возпикают вторичные водоразделы, обязапные своим происхождением или накоплению вулканических изверженных продуктов, или же мощным осадкам, которые отложились в период более значительного выпадения дождей. Это ведет к образованию ряда замкнутых, обыкновенно соленых озер, которые заполняют наиболее глубокие места впадины и питаются немногочисленными и слабыми притоками. Та-

кой пример и наблюдается в восточноафриканской сбросовой впадине. Но еще более любопытные особенности представляет впадина Центральной Африки, в которой мы находим ряд значительных озер, изливающих свои воды в трех различных направлениях: озеро Ниасса питает реку Шире, впадающую в Замбези, который несет свои воды в Индийский океан; Танганайка через посредство р. Конго изливается в Атлантический океан; наконец, озера Альберта и Альберта-Эдварда питают реку Нил, впадающую в Средиземное море.

## Образование долин в складчатых горах

Расположение долин в складчатых горах зависит от геологического строения в большой степени, чем в равнинах. Здесь сопротивление горных пород в разных направлениях неодинаково, и чередование разнородных то более, то менее твердых пластов вызывает целый ряд уклонений в формах и направлениях долин. Само собой разумеется, что все эти условия существуют и в случае горизонтального расположения пластов, но влияиие их несравненно значительнее в гористых местностях с сильным нарушением нанластования; здесь они вызывают чрезвычайно важные особенности в строении разного рода долин. Направление водных потоков определяется прежде всего наибольшим наклоном почвы; поэтому в гористой местности они должны пролагать свой нуть от гребня складчатой цени к подножию (от центра к наружному краю), т. е. в направлении, перпендикулярном к главпому простиранию хребта: здесь склоны обладают наиболее крутым надением, поток приобретает наибольшую силу и легче прорезывает себе ложе. Так как в большинстве горных цепей пласты простираются параллельно гребню, то долины рассматриваемого типа обыкновенно идут в направлении, приблизительно пернендикулярном к простиранию горных пород; отсюда они называются *поперечными долинами.*

Но реки не всегда следуют указанному нути; направляясь согласно естественному наклону почвы, они встречают горные породы в том положении, в котором они обнаруживают наибольшую сопротивляемость и труднее поддаются размыванию. Наоборот по простиранию пластов река легче может проявить свою разрушительную деятельность: размывание быстро проникает между отдельными слоями, и если в ряду твердых пород имеется слой относительно меньшей сопротивляемости, то он и определяет направление рытвин размытия. В действительности мы находим немало водных потоков, которые распространяются в продольном направлении, т. е. по простиранию пластов. Долины таких рек пазываются *продольными.*

Можно привести целый ряд примеров того и другого типа долин. Так в Альпах Циллер, Эц, Рейсса (выше Фирвальштетского озера) Эйзак, Эчь (ниже Боцена) и Пьява представляют характерные поперечные долины; наоборот Пустерталь, долина Гайля, Зальцах (Пинцгау) Инна (между Ландеком и Верглем) и др. могут служить прекрасными примерами продольных долин. Некоторые долины носят смешанный характер. Так, напр., р. Зальцах, берущая начало в Кримльском Тауэрне течет сначала на север по поперечной долине, несколько ниже Кримля круто поворачивает и течет на восток по продольной долине Пипцгау; далее у св. Иоаппа она опять изгибается на север и вступает в поперечную долину Понгау; это направление река сохраняет

и при выходе из Альп у Зальцбурга. Подобный же смешанный тип долины встречаем мы у Рейна, Инна, у Адды, Эча и у многих других рек.

Гораздо реже наблюдаются так называемые *диагональные* долины, направленные под углом к простиранию пластов; такое направление не представляет видимо никаких удобств, не усиливает уклона реки и не облегчает размывания породы. Очень часто при взгляде на карту можно подозревать существование такой долины; но при ближайшем ознакомлении с местностью оказывается, что в данном случае река очень часто и на коротких расстояниях меняет свое направление и протекает, то по продольной, то по поперечной долине. Деление долин на указанные два типа невозможно в странах, образованных горизонтально расположенными пластами, а также и в тех гористых местностях, где простирание слоев не совпадает с направлением гребня, а пересекает его под острым или даже под прямым углом, как это мы и видим в большей части гор, расположенных на западном берегу Греческого Архипелага. Если пласты простираются перпендикулярно к продольному направлению хребта, то все долины будут пересекать гребень под прямым углом; относительно всей цепи они будут поперечными, относительно же простирания слоев — продольными.

В большинстве продольных долин влияние геологического строения на направление рек выступает с полной очевидностью. Иногда ложе реки определяется направлением складок, как это мы и наблюдаем в Швейцарии и Восточной Франции в складчатых цепях Юры. Большинство рек следует направлению кряжей, образованных складками, и долины их соответствуют наиболее глубоким частям синклиналей. Впрочем, в отдельных случаях продольные долины врезаются и в седла антиклинальных складок: пример такого явления представлен на рис. 295.

В Альпах синклинальные долины встречаются реже, чем в Юре; широко распространены здесь продольные долины, прорезывающие свиты изоклинальных, т. е. одинаково поставленных пластов, причем менее упорные слои предпочтительно выбираются рекой для образования ложа. Так, напр., долина р. Инна между Ландекком и Шварцем следует вдоль границы известняков и легко выветривающихся серых вакк и кристаллических сланцев; такое же направление имеет на южной стороне долина р. Дравы. Явление это в больших или меньших размерах повторяется во всех складчатых горах; продольные долины соответствуют обыкновенно простиранию легко разрушающихся пород; от мощности последних зависит, превратятся ли они в главные долины, или будут иметь второстепенное значение.

Сбросы также оказывают влияние на направление долин. Так, напр., продольные долины нередко образуются между двумя так называемыми «чешуями» (стр. 347) и еще чаще по направлению продольных сбросов. Значительные долины последнего рода мы наблюдаем не только в новейших складчатых цепях, но и в древних сбросовых горах. Сдвиги благоприятствуют образованию поперечных долин; сбросовые впадины также играют в этом отношении известную роль.

Наряду с этими многочисленными случаями «тектонических долин» в областях с сильно нарушенным напластованием наблюдаются долины, обязанные своим происхождением исключительно размыванию — «пластические долины». Не следует упускать из виду, что первоначальная зависимость между направлением рек

и геологическим строением тем более затемняется, чем древнее горы и чем дольше они подлежат разрушительным процессам. Долины все более углубляются и достигают, наконец, пластов, которые существенно отличаются по своим свойствам от тех, в которых первоначально пролагала река свой путь. Долина, образовавшаяся вдоль наклонной трещины, по мере углубления все более удаляется от этой плоскости, и, наконец, между ней и сбросом можно отметить только самую отдаленную связь. Таким образом, благодаря продолжительному размыванию, происходят различные уклонения в форме долин; в самое последнее время исследованием этих сложных и запутанных случаев занимался Рихтгофен. Мы остановимся на одном из рассмотренных им примеров.

Углубление долины в более или менее вертикальном направлении продолжается до тех пор, пока крепость размываемых пород остается приблизительно одинаковой. Но если долина достигает, наконец, чрезвычайно твердых и наклоненных пластов, то ее дно начинает как бы скользить по поверхности этих пород; развиваясь соответственно падению твердых пластов, долина все более и более перемещается в сторону (см. рис. 296 фиг. 1). Предположим, что река (обозначенная на рис. 1 буквами a, b, c, d) протекает на границе между твердой и относительно рыхлой породой (такое явление вообще наблюдается довольно часто); допустим, что вследствие той или другой причины, напр.—присутствия трещин, эта река отклонилась на протяжении bc в сторону более твердой породы. По мере углубления ложа отрезки ab и cd будут скользить по плоскости напластования, т.е. передвинутся вправо. Вследствие этого часть потока, пролагающая свой путь в пластах h, будет все более удаляться от границы между рыхлыми и твердыми пластами и, так сказать, все глубже внедряться в область последних; отрезки же bb′ и cc′ будут постепенно удлиняться. Такое явление Рихтгофен наблюдал в широких размерах в Юго-Восточном Китае. Порода h образует здесь скалистые горы, а легко выветривающиеся пласты b представляют как бы предопределенный самой природой путь реки. Но вследствие указанных условий поток уклоняется от этого удобного для образования долины направления и промывает в крепкой породе дикое и порожистое ущелье.

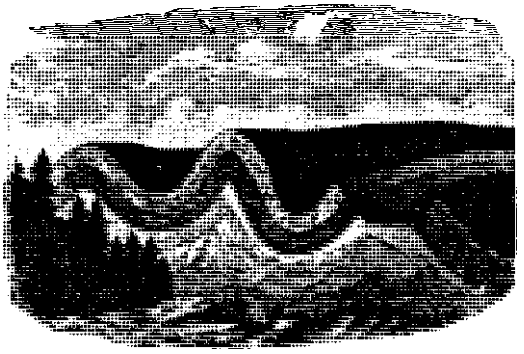


Рис. 295. **Образование долин в Юрской цепи**

Рассмотренный случай приводит нас к замечательной во многих отношениях группе «долин прорыва», объяснением которых занимались многие геологи и географы. Примеры таких прорывов мы находим во многих горных цепях: так напр., в Карпатах Попрад берет начало на южной стороне Высоких Татр и, отделяясь от Ваага низким водоразделом, течет по довольно плоской долине; обогнув восточный край Татр, он поворачивает на север и прорезывает Карпатские цепи, образуя здесь чрезвычайно сложную и извилистую долину. Алюта пробивается через Трансильванские Альпы, достигающие 2,000 м в высоту, хотя истоки этой реки располагаются только на 1,000 м выше. Точно так же и Искер

в Болгарии прорывает Балканские горы, образуя систему глубоких ущелий. Река Пеней или Саламврия в Фессалии протекает по живописному Темнейскому ущелью между огромными горами Оссой и Олимпом, между тем как по направлению к заливу Воло она бы встретила меньше сопротивления и должна была бы прорезать сравнительно меньшие возвышенности. В Персии можно указать целый ряд рек, которые прорезывают глубокими долинами мощные цепи Эльбруса. Индийские реки: Инд, Сетледж и Брамапутра берут начало между Гималаями и Каракорумом и, прорывая высочайшие горы земли, образуют поперечные долины, подобных которым по величию и глубине нет во всем мире. В Северной Америке Аллеганские горы прорезываются долинами рек Делаваре, Потомака и Сусквеганны, горы Сиерра-Невада и Каскадные — долинами Сокраменто и Калумбии. Целый ряд любопытных подробностей представляет течение Дуная: он берет начало на склонах Шварцвальда, на высоте 800 м и прорывает швабское плато юрских пород, поднимающееся на 1,000 м; далее он пролагает свой путь в твердом граните и направляется в теснины грейнского водоворота, где течет между возвышенностями до 500 м. Любопытно, что недалеко отсюда располагается в глинистых образованиях третичного периода Амштеттенская впадина, которой воспользовались для проведения железнодорожного пути между Эннсом и Иббсом, так как здесь поездам приходится подниматься лишь на 390 м. У Пехлярна Дунай опять вступает в узкое ущелье Вахау, прорезывая горы до 700 м высотой, хотя более удобный путь проходит мимо С. Пельтена, где реке пришлось бы прорезать высоты лишь в 290 м. В Венгрии река направляется между Матрой и Гранскими горами, достигающими 700 м в высоту, между тем как, направившись между Рабом и Канижей, она должна была бы прорезать высоты только в 250 м. Наконец, Дунай поворачивает в узкие ворота, направленные через Банатские горы, и минует более удобный для него путь, т. е. Темешскую долину. Можно было бы привести еще целый ряд других примеров, но сказанного уже достаточно, чтобы показать, что прорывы высоких гор представляют далеко нередкое явление.

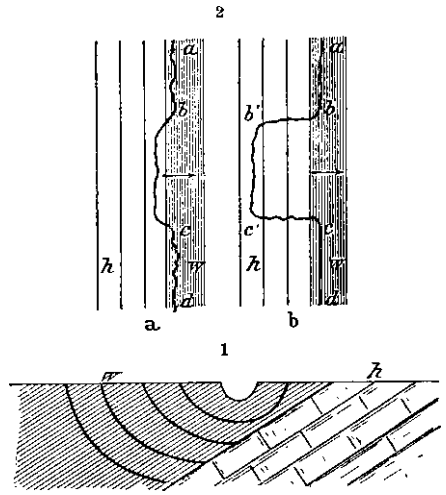



Рис. 296. **Отклонение русла реки 1) вследствие неодинаковой крепости размываемых слоев и 2) при встрече с более твердой породой. w — мягкие и h — твердые породы** (по Рихтгофену)

Для объяснения таких своеобразных долин можно было бы допустить, что воды их скоплялись в виде озер до тех пор, пока вытекающие отсюда реки не прорыли глубоких рытвин. Но в таком случае последние должны были прорезывать пониженные части гор, чего на самом деле не наблюдается: Попрад должен был бы направиться по долине Ваага, Алюта — по долине Маропа, Искер должен был бы изливаться в Марицу, а устье Пенея должно было бы лежать у залива Воло, наконец, Дунай миновал бы «Железные ворота» и направился бы мимо Вейсскирхена в Моравии к Одеру. Ввиду сказанного нельзя удивляться, что в 20 и 30-х годах нынешнего столетия теория постепенного образования долин путем размытия была оставлена; происхождение описанных выше проры-

вов, да и вообще поперечных долин приписывалось большим сбросам, которые сопровождали образование гор. Это учение долго царило в геологии, и только благодаря трудам Ляйэлля и Гоффа, ему был нанесен первый удар и подготовилась почва для развития правильного понимания явлений. О значении сбросовых трещин и сбросовых впадин для образования долин мы уже говорили выше. Но прежняя теория не имеет ничего общего с современными взглядами и предполагает существование широких открытых трещин, по которым и текли на известном протяжении водяные потоки. Нетрудно доказать, что те поперечные долины, которые своей глубиной, незначительным протяжением в ширину и крутым падением стен напоминают трещины, на самом деле не имеют ничего общего с сбросами и сдвигами. Стены таких долин часто покрыты сверху донизу исполиновыми котлами и указывают таким образом на несомненное их происхождение путем размывания. Что же касается глубоких «долин разрыва» в складчатых горах, то точные исследования показали, что обе стороны их вполне соответствуют друг другу, и породы, обнажающиеся на одном берегу, непосредственно продолжаются на другом, не испытывая никаких перемещений. Ввиду этого теория, сводившая долины к трещинам и сбросам, должна была пасть, и взамен ее в разных странах выступили новые учения, способствовавшие правильному объяснению этих замечательных явлений.

Когда рушилась теория мгновенного образования гор, естественно было допустить, что размывание действовало уже в самом начале выдвигания тех или других складчатых цепей. Это допущение служило основанием новой теории: речные долины могут быть при известных условиях древнее тех гор, которые они прорезывают; они представляют результат борьбы, длившейся целые миллионы лет: размывающие процессы стремились сохранить неизменным ложе реки и сокрушить все препятствия, которые она встречала на своем пути; наоборот, горообразующие силы стремились направить водные потоки по известным тектоническим линиям. Если в долине мощной и многоводной реки медленно поднимались горы, то она постепенно размывала и разрушала заграждавшие ей путь массы. Кругом выдвигались высокие горы, а ложе реки оставалось приблизительно на прежнем уровне, и глубокая долина ее прорезывала новообразовавшиеся цепи. Наоборот, слабые потоки не могли противостоять действию горообразующих сил: в одних случаях они изменили свое направление согласно тектоническим условиям местности, в других случаях превратились в озера. Таким образом, при образовании целых горных хребтов, реки, протекавшие в тех местах, могли углублять свое ложе по мере роста гор и сохранить свой прежний уровень неизменным.

Так, напр., найдено, что долины Гималаев в третичный период были таковы же, как теперь, и что реки, прорезывающие ныне у подножия гор третичные конгломераты глины и т. п., отлагали в то время эти породы. Все «долины прорыва» в Гималаях развивались по мере образования гор. Таким же образом следует объяснить и происхождение «Железных Ворот» Дуная.

Впрочем, «долины прорыва» могут образоваться и иными способами. Об одном из них мы уже упоминали, говоря о постепенном распространении размывания и о понижении им водораздела. Может случиться, что река, пролагающая путь по продольной долине, настолько загромоздит свое ложе галечными отложениями, что воды ее, перейдя пониженный водораздел, направятся по встретившейся им

поперечной долине. Таким именно образом произошли долина Попрада, прорезывающая Карпатские цепи. Протекая по южной и восточной стороне Высокого Татра, эта река следует тектонической впадине, которая простирается до так называемого «пояса утесов» (Klippenzone)* и невысоких песчаниковых гор в Северных Карпатах. Достигнп этого пояса, Попрад течет на некотором протяжении параллельно его простиранию; прежде он изливался, вероятно, к юго-востоку, делая поворот у Палоцалавца и следуя долине Тарчи, где теперь проходит железная дорога от

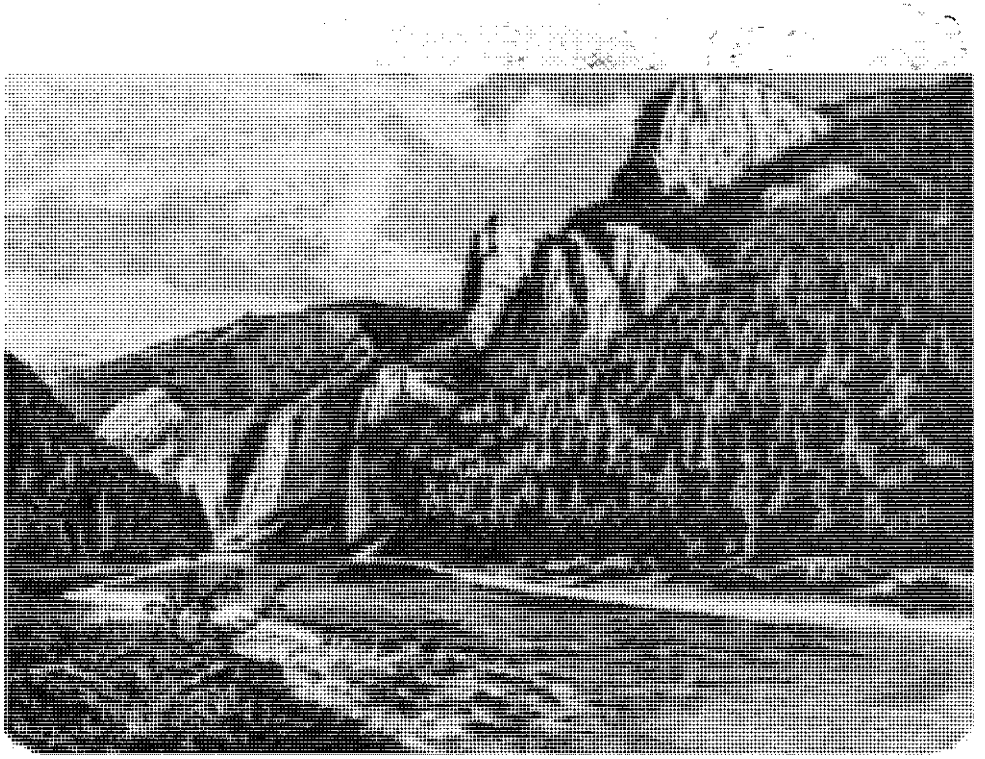


Рис. 297. **Дунаец, прорезывающий Пеннинские горы**

Эперье к Орло́. Когда лежащие к северу песчаниковые горы были проборождены постепенно распространявшимся вверх размыванием, то воды Попрада, задержанные в своем движении у Палоцы, направились на север в Карпатские цепи, которые и прорезываются ныне извилистой поперечной долиной этой реки.

Замечательная в гидрографическом отношении область Центральных Карпат представляет немало и других любопытных явлений. Так, напр., прорыв Дунайца может служить примером широко распространенных *эпигенетических долин*. Об этих образовапиях мы говорили уже выше, поскольку они наблюдаются в равнинах. Дунаец представляет пример эпигепетической долины в *складчатых горах*. К югу от Щавницы эта река прорезывает «пояс утесов»

* В северной части Центральных Карпат проходит дугообразно изогнутый пояс известняковых гор мезозойского возраста; эти горы, прикрытые верхнемеловыми и древнетретичными глинами и песчаниками, носят название «пояса утесов» (Klippenzone).

как раз в том месте, где громоздятся мощные Пенинские горы, образованные юрскими известняками и роговиками; здесь она образует глубокое и извилистое ущелье с отвесными стенами и минует более удобный для нее путь, открывающийся слева и справа, где залегают рыхлые песчаники и сланцевые глины верхнемелового и древнетретичного возраста (см. рис. 297). Последние образуют трангрессировавший покров на головах изогнутых в складки и покрытых многочисленными трещинами известняковых масс. Эти легко выветривающиеся породы в свою очередь образовали складки, но в общем сохранили характер покрова и были прорезаны целой сетью рек, которые направлялись согласно естественному наклону почвы. Постепенно углублявшееся ложе достигло, наконец, известняковых масс. Мало прочная оболочка песчаников и глинистых сланцев была уничтожена действием разрушительных про-

Рис. 298. **Каньон р. Ямпы в Колорадо в Сев. Америке. Темная полоса на склоне возвышенности представляет сам Каньон**

цессов, и более упорные юрские известияки выступили из-под ее толщиины. Таким образом и создались наблюдаемые ныне характерные черты этой местпости. В пользу такого объяснепия говорят любопытные явления, наблюдаемые в Яворках у Щавпицы; здесь можпо проследить все стадии подобного процесса, правда в менее зпачительных размерах; в одних местах долина проходит через толщу сланцев и песчаников и только на дне достигает известняков, в других местах последние выступают уже в стенах долины, но песчаники и сланцы еще прикрывают их, и наконец в третьих местах наблюдается конечная стадия процесса: твердые известняковые скалы, круто поднимающиеся над плоской или слегка волнистой окрестностью, прорезываются небольшим нотоком, который берет начало на невысоких холмах и обладает незначительным наклопом русла. Горные массы Колорадо, представленные на рис. 298 и прорезанные рекой Ямной, с внешней стороны не представляют никакого сходства с формами «пояса утесов», но и здесь, вероятпо, мы имеем дело с энигенетической долиной. Сюда же относятся долина Дуная у Грейна и у Кремса, долины Соляного Кряжа в Индии, вероятно, также ущелье Зеленой Реки в горах Уинта и многие другие долиины. По-видимому, эпигенетические долины играют видную роль не только в равнинах и сбросовых горах, но также и в складчатых ценях.

Наклонность рек сохранять свое ложе приводит и другим путем к образованию долин прорыва. Вода, стекающая с вершин антиклинальных складок, промывает на их склонах глубокие борозды. Как будет выяснено в следующей главе, на значительных высотах разрушительные процессы проявляются сильнее, чем в более низких частях гор. Вследствие этого ранее всего разрушаются седла антиклиналей, и породы, подстилающие поверхностный слой их, обнажаются. Если эти породы выветриваются легко, то вершина складки будет все более разрушаться и опустится ниже боков или бедер, состоящих из более твердой породы. Ложе реки сохранит неизменным свое направление и, начинаясь в глубине разрушенного седла, прорежет высоко поднимающиеся массы бедер. Таким именно образом произведен рекой Альтмюль прорыв франконской Юры; также образовались все долины в местности называемой Вельд к юго-востоку от Лондона.

Наконец, следует упомянуть здесь о своеобразном способе образования долин прорыва в карстовых областях. Они должны быть приписаны деятельности подземных рек, которые выступают на дневную поверхность *вследствие провала прикрывающей их породы.* Особенности карстовых областей будут рассмотрены нами в одной из дальнейших глав; здесь же мы заметим, что в местностях, образованных чистыми известняками, подземные реки представляют обычное явление. Они образуются благодаря химическому действию воды, которое выражается расширением трещин и размыванием породы по плоскостям ее напластования; в результате образуется сложная сеть подземных каналов и часто значительных пустот, по которым направляются потоки. Если кровля такой подземной реки обрушится, то произойдет короткая слепо оканчивающаяся долина; если же обвал распространится на весь поток, то подземная река превратится в нормальную и потечет среди известковых пород, образуя настоящую «долину прорыва». Некоторые долины в известняковых горах образовались таким именно способом.

Из сказанного видно, что целый ряд разнообразных процессов ведет к образованию долин прорыва, несколько лет назад сводившихся к готовым уже трещинам; но, как и все в природе, эти образования имеют свою историю и развиваются постепенно.

## Разрушение гор

Разрушительная деятельность воды достигает в горах грандиозных размеров. Если мы остановим наше внимание на Альпах, образование которых продолжалось еще в конце миоценовой эпохи, то увидим, что значительные массы их уже исчезли и что современные горы являются только развалинами прежних кряжей. Достаточно указать для примера на знаменитые «Три Зуба» у Шлудербаха в Тироле (см. стр. 12); эти столбообразные выступы представляют лишь остаток размытых горизонтальных пластов, распространявшихся равномерно во все стороны. Огромный конус Маттергорна в Швейцарии является остатком прежней складки (см. рис. 300). На высочайшей вершине Эгиль Руж (Aiguilles Rouges) у Шамони, против Монблана, лежит небольшая глыба горизонтальных верхнеюрских отложений; она не продолжается ни с той, ни с другой стороны и, видимо, представляет остаток связного покрова (см. рис. стр. 396).

Можно было бы привести огромное множество таких примеров; все они показывают нам, что разрушение Альп не ограничивается образованием долин и что огромные массы пород, мощностью в целые тысячи метров, уносятся с высочайших областей гор. Но эти примеры еще не дают нам верного представления об истинных размерах размывания. О громадности последнего свидетельствуют до известной степени вершины многочисленных гор, представляющие лишь нижнюю часть синклинальных складок (см. рис. 299). Те массы, которые венчают ныне высочайшие вершины, представляли прежде дно синклинальной долины

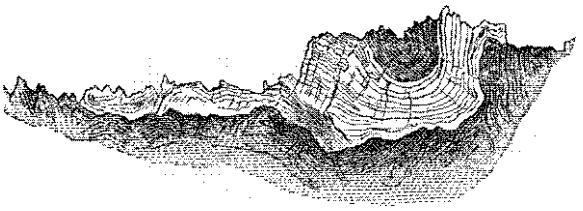


Рис. 299. **Вершина горы, представляющая мульду** (по Гейму)

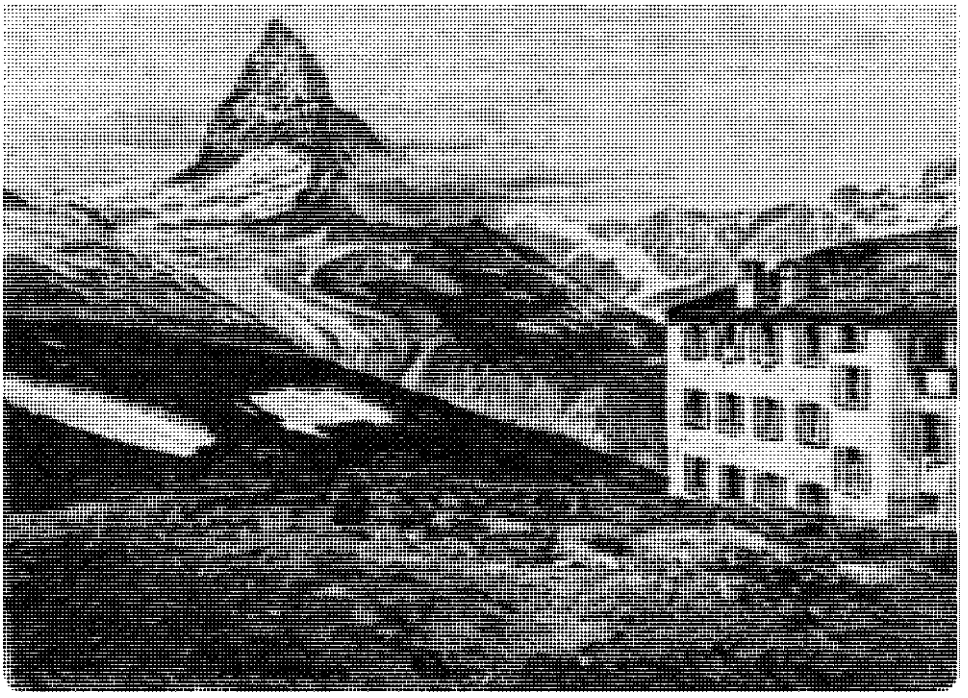


Рис. 300. **Маттерхорн со стороны Церматта в кантоне Валлис**

и по обеим сторонам их возвышались еще более высокие своды, но размывание не оставило от них и следа. Ввиду этого нельзя не согласиться с *Геймом*, который замечает, что Альны обязаны своим внешним видом главным образом размыванию, и если он утверждает, что объем современных гор немного только больше объема разрушенных масс, то такую оценку размывания надо считать скорее низкой и никоим образом не преувеличенной. Любопытно следующее замечание Гейма: если бы все низвергающиеся в Альнах камни были сосредоточены в одном месте, то произошел бы

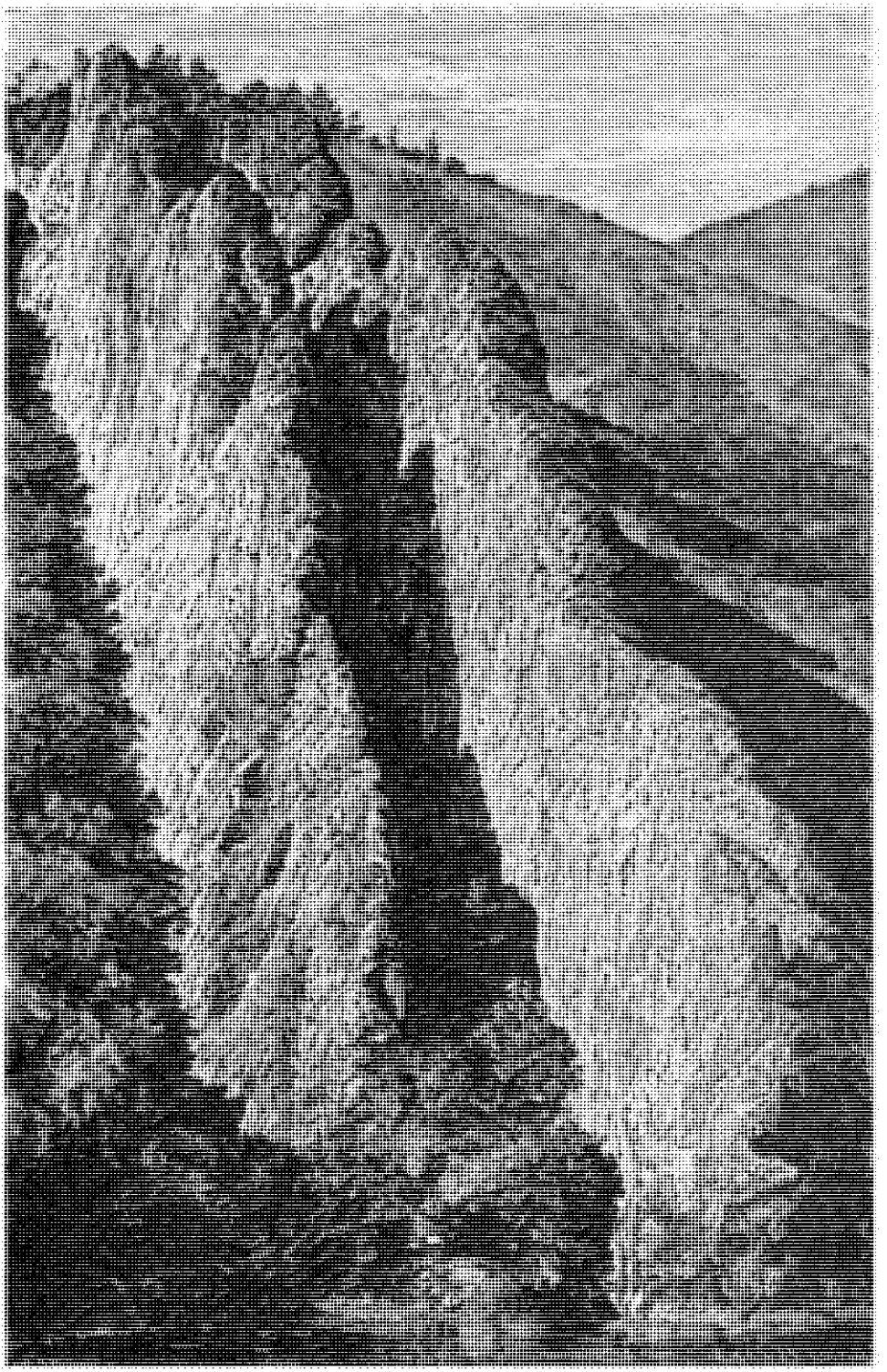


Рис. 301. **Чертово ущелье („The Devils slide“) в горах Утах в Сев. Америке** (по Кингу)

грозный обвал, который бы длился, не прерываясь, днем и ночью из года в год.

Однако не следует думать, что Альпы были некогда вдвое выше, чем теперь, и что Монблан своими размерами превосходил высочайшие вершины Гималаев, Гауризанкар и Кинчинджинга. В плиоценовую и ледниковую эпоху Альпы были сильно разрушены: денадуция действовала уже с первого момента их образования, и Альпы, как и всякие горы, уже в самом начале представляли развалины. Ввиду этого группы невысоких гор с закругленными вершинами и сильно нарушенным напластованием, образовавшиеся в более древние геологические периоды, мы должны рассматривать как сильно размытые остатки высоких кряжей; таковы, напр., баварско-чешские пограничные цепи.

Рис. 302 **Уцелевшие от размывания головы силурийских кварцитов** (по Мурчисону)

Если мы станем сравнивать высокие горы с более низкими, то сейчас же бросится в глаза следующее резкое различие: в горах первого типа наблюдается более резкая разъединенность гребней и вершин, крутые склоны в долинах и огромные скопления щебня; словом, все показывает, что здесь размывание происходит в значительно более широких размерах, чем в более низких горах. Это явление объясняется прежде всего тем, что в высоких горных цепях образование долин еще не закончено; верхние части их обладают более сильным наклоном и открывают широкий простор размывающей деятельности воды и другим денудационным процессам. Не следует упускать из виду и второго очень важного условия: вследствие значительного протяжения в высоту такие горы получают большее количество атмосферных осадков, и верхние части их подлежат более сильным колебаниям температуры и главным образом действию мороза,—одного из важнейших участников выветривания. В предальпийских областях пояс частой смены росы и мороза лежит на высоте приблизительно в 1,200 м, а в высочайших областях Альп—на высоте 1,450 м. При этом перемены температуры в наиболее высоких поясах происходят приблизительно вдвое быстрее, чем у подножия, а потому размывание усиливается не пропорционально относительной и абсолютной высоте гор, а в значительно сильнейшей степени. Размывающие процессы стремятся понизить все выступы земной коры до известного, всюду равномерного уровня. То, что сильнее выдвигается вверх, подлежит более сильному разрушению.

Само собой разумеется, что на быстроту разрушения влияет не только высота гор, но также твердость и постоянство горных пород: пластические глины, рыхлый песок и слапцы размываются сравнительно скоро, между тем как прочный кварцит не затрагивается разрушением и при крутой постановке пластов выдвигается

среди окрестности в виде огромиых скал (см. рис. 301 и 302). Вообще, опытный глаз геолога сразу определяет те выступы, террасы и т. д., которые обязаны своим происхождепием более легкой разрушаемости пекоторых пород.

Таким образом значительиые выступы земной коры прежде всего подлежат разрушению, и все высокие горы должпы со временем исчезнуть и превратиться в плоские, слегка волнистые равпины; если бы горообразующие процессы не выдвигали в других местах новых цепей, то па земле исчез бы всякий рельеф. Доказательством быстрого разрушепия гор служит уже то, что все зпачительные цепи, высоко поднимающиеся над окрестностью, прииадлежат к числу недавних геологических образований и продолжали выдвигаться еще в третичный период. Таковы, напр., Альпы, Апеннины, Карпаты, Пиренейские горы, альпийские цепи Балканского полуострова, Кавказский хребет, Гималаи, Анды и др. Наоборот, древние горные группы, уже давно замершие в своем развитии, подпимаются только на незначительную высоту, хотя замечаемые в них следы сильных нарушений заставляют ожидать противоноложпого. Опи не обнаруживают явственного линейного расположепия и обладают в большинстве случаев закругленпой формой. Эти так называемые «древние массивы» представляют только развалины высоко поднимавшихся ценей; примерами могут служить Чешский лес, Шварцвальд, Вогезы, центральное плоскогорье Франции и др.

## Карстовые образования

Своеобразные явления наблюдаются в тех областях, которые образовапы главным образом *известняками* и *доломитами*. Эти породы обладают двумя характерными свойствами: они прорезываются огромным количеством трещин и сравиительпо легко растворяются в воде, содержащей углекислоту. Вследствие этого вода легко просачивается в глубипу и циркулирует преимущественно *под землей*; поэтому здесь химическое разрушение горных масс происходит не только па поверхности, но и в глубинах и при известных благоприятных условиях значительно превосходит своей силой действие механических процессов.

Степень разрушения этих пород зависит от количества трещип, от расположения пластов и от внешних форм поверхпости. Где известняки обладают крутой постановкой и проявляют наклоипость к образованию горпых цепей с резко выраженными гребпями, там указаиные особенности выражаются в наиболее слабой степени. Сильный наклоп пластов заставляет воду стекать по поверхности и способствует механическому разрушению; с другой сторопы, быстро стекающая вода не может просачиваться в глубину, и степень химического действия ее сильно понижается. Но и здесь замечаются уже некоторые своеобразные особеиности, среди которых следует отметить образование так называемых *карров*, или *шраттов* (Karren, oder Schratten). Вода, выпадающая в виде атмосферных осадков, стекает по наклонным плоскостям напластования известняков, следуя при этом известным определенным линиям, наиболее удобным для стока. Часть известняков растворяется, и, благодаря этому, в следующий раз воды направляются по тем же путям и все более углубляют появившиеся каналы. Этот процесс широко развивается там, где вода распре-

деляется равномерно на большой площади, стекает медленно и где почва все время сохраняет влагу. Такие благоприятные условия преимущественно существуют в снежных полях, которые вблизи снеговой линии сохраняются бóльшую часть года. Здесь-то и образуются чрезвычайно узкие каналы с отвесными стенами, глубиной в 1—2 м, а в некоторых случаях даже 6—10 м. Отдельные борозды располагаются чрезвычайно тесно и спускаются к подножию параллельно друг другу, отделяясь узкими заостренными выступами, которые напоминают своей формой огромные ножи. Это дикие фантастические «шраттовые, или карровые поля», представляющие для горных путешественников одно из неприятнейших препятствий в их пути; они достигают широкого развития в меловых известняках форарльбергских и швейцарских Альп, но встречаются также и во многих других местах, где существуют благоприятные условия для их образования. Прежде думали, что для такого грандиозного размывания требуются большие количества воды, а потому происхождение карров относили к концу ледниковой эпохи, когда таяние глетчеров доставляло огромные массы воды. Но наблюдения *Фуггера* и *Кастнера* у Унтерсберга близ Зальцбурга показали, что для появления карров не требуется больших количеств воды; с тех пор выше приведенное объяснение было оставлено. В одной из каменоломен названной местности были замечены карры на свежеобнаженной поверхности известняков: они были образованы теми незначительными количествами воды, которая просачивалась между пластами; далее было точно установлено, что карры встречаются в местностях, бедных атмосферными осадками, и достигают значительного развития в областях Карста, в Ливанских горах, в Пелопоннесе, на Сицилии, в горах близ Тулона и т. д. Во всех названных местностях карры образуются на поверхности чистых плотных известняков и, наоборот, отсутствуют в битуминозных и мергелистых разновидностях этой породы; отсюда видно, что образование карр определяется не количеством атмосферных осадков, а химическими свойствами известняков.

В известняковых областях, где большая пологость не допускает уже быстрого стока воды, химическая деятельность последней достигает высшей силы и выражается образованием особого рода *воронок*, или *котловин*, и *подземных пустот*; широкого развития достигают здесь *подземные реки* и *озера*. Эти явления обнаруживаются также и в гористых местностях, которые не представляют резко выступающих гребней и вершин, а тянутся в виде ровного плато: такова большая часть известняковых массивов, которые идут от Каменного моря у Берхтесгадена до Раксальпа у Вены через Зальцкаммергут, а также Верхнюю и Нижнюю Австрию. В областях с горизонтально расположенными пластами известняков, каковы, напр., франконско-швабские возвышенности юрского возраста и силурийские известняки Прибалтийских губерний России, большая часть воды уходит в глубину. Для этого уже достаточно тех трещин, которыми обыкновенно прорезываются известняки. В тех же случаях, когда тектонические процессы нарушили связность породы на больших протяжениях и произвели сбросы, вода предпочтительно пользуется последними при прохождении в почву: оттого-то воронки, пустоты и т. п. характерные образования приурочиваются главным образом к линиям сбросов. Ближайшим следствием подземной деятельности воды является расширение ее ложа и, следовательно, увеличение трещин. В некоторых случаях размывание происходит так энергично, что образуются огромные подземные пустоты, часто встречающиеся во многих известня-

ковых местностях, напр. в окрестностях Муггендорфа, во Франконии в девонских известняках Моравии, в Севеннах и особенно в карстовых областях Крайны, Истрии и Далмации.

Пустоты эти носят весьма разнообразный характер. Некоторые из них возникли благодаря деятельности подземных рек и отличаются от обыкновенных долии только тем, что стены их вверху сходятся и образуют над рекой неразрывный свод. Прекрасным примером таких подземных долин может служить Иланинская пещера в Крайне, представляющая ложе реки Пойка. Другие подземные пустоты значительно более растягиваются в ширину и обладают меньшей длиной. Часто в них изливаются реки или водоносные жилы и, встречая препятствие для дальнейшего движения, образуют подземные озера. С другой стороны, поток, прорывший пещеру, направляется иногда по новым путям; в таком случае в подземной пустоте может даже и не быть следов воды. Если в пещеру просачиваются сверху растворы углекислого кальция, то образуются прекрасные сталактиты, о которых мы будем говорить подробнее в другом месте.

Некоторые из этих пещер служили логовищами диких зверей. Здесь находят огромные количества их костей, а также и остатки животных, которые служили им пищей. В пещерах селился и первобытный человек; о его пребывании здесь свидетельствуют грубые орудия, сделанные из кремня, рога, костей и т. п. материала, а также остатки пищи. За эти относительно удобные и достаточно защищенные жилища велась ожесточенная борьба между человеком, с одной стороны, и пещерными львами, гиенами и медведями — с другой. Раскапывая осторожно остатки костей, покрывающих дно пещеры, можно подметить, как именно менялись ее обитатели: иногда человек вытеснял гиен и медведей, иногда же перевес был на стороне хищных зверей.

Наиболее распространенным поверхностным образованием карстовых областей являются так называемые *доллины* (Dolinen, oder Karsttrichter). В большинстве случаев это — чашеобразные впадины, иногда — глубокие ямы в виде как бы колодцев; диаметр их колеблется между 10 и 1000 метра, а глубина — между 2 и 100 метр. Обыкновенно доллины сосредоточиваются на слабо наклоненных или даже горизонтальных площадях; в общем их группировка лишена всякой правильности, но в редких случаях можно подметить линейное расположение. Эти своеобразные впадины кладут сильный отпечаток на общий характер местности. Часто они до того скучены, что на протяжении какого-нибудь квадратного километра можно встретить до 40—50 доллин; вся местность в таких случаях кажется как бы рябой (см. карту на рис. 303). Каменистая пустыня с незначительными выступами горных масс, острокоечные трещиноватые скалы, покрытые каррами и неправильными вертикальными ямами, — вот что составляет особенности безотрадной картины, которая расстилается между доллинами; только эти чашеобразные и колодцеподобные впадины несколько нарушают ее однообразие (см. рис. 304).

Большинство доллин, особенно те из них, которые обладают формой чаши и достигают лишь незначительных размеров, образовались на поверхности: снизу они закрыты и дают внутреннее продолжение только в виде тонких трещин, которые можно непосредственно наблюдать в выемках железных дорог и в рудниках. Некоторые из колодцеобразных доллин с крутыми стенами ведут в слепо

оканчивающиеся пустоты и таким образом тоже представляют закрытые снизу ямы. Дно их усыпано обломками, оборвавшимися со стен или нанесенными водой. Только незначительное меньшинство доллин этого типа стоит в связи с подземными реками и пещерами: иногда соединяющим звеном служат узкие трещины, как это мы и видим в Требичской пещере у Триеста, иногда же доллина спускается до уровня реки в виде широкого открытого канала: примером может служить провал Мацоха (Мачиха) у Брюнна (Брно).

Рис. 303. **Карта покрытых доллинами окрестностей Сторье близ Триеста. Масштаб 1:25,000**

Открытые снизу доллины в большинстве случаев образовались вследствие провалов, как это и свидетельствуют мощные скопления обломков на их дне. Происхождение всех вообще доллин еще недавно приписывали разрыву кровли подземных пустот, и некоторые исследователи до сих нор придерживаются этого взгляда. Подтверждением последнего служили многочисленные провалы, сопровождавшиеся даже нередко местными землетрясениями; так, напр., сообщалось, что в Истрии и Крайне известен целый ряд случаев, когда дома вместе с их жителями внезапно проваливались под землю. Кроме того, большим авторитетом пользовалось следующее сообщение *Пилара*: «В некоторых местах (в Хорватии) изменения совершаются столь быстро, что жители, на несколько десятков лет покидавшие свою родину, не узнавали ее по возвращении; новообразовавшиеся воронки производили полный переворот: погибшие дома были покинуты их обитателями, фруктовые сады исчезали, и вместо нрежних нопорченных дорог

являлись новые на других местах». Однако новейшие исследования показали, что вышеприведенные сообщения о больших катастрофах в Истрии и Крайне не точны, а известие Пилара касается только тех доллин, которые образуются вследствие провала наносных образований, а не твердых пород (Schwemmlanddolinen). Если вследствие химического действия воды под пластами рыхлых наносов образуется трещина, то вышележащие массы потеряют опору и осядут. Такие явления должны происходить во время обильных дождей и таяния снега, а отсюда понятно, почему они совершаются так часто и пронзводят столь значительные измепепия. Само

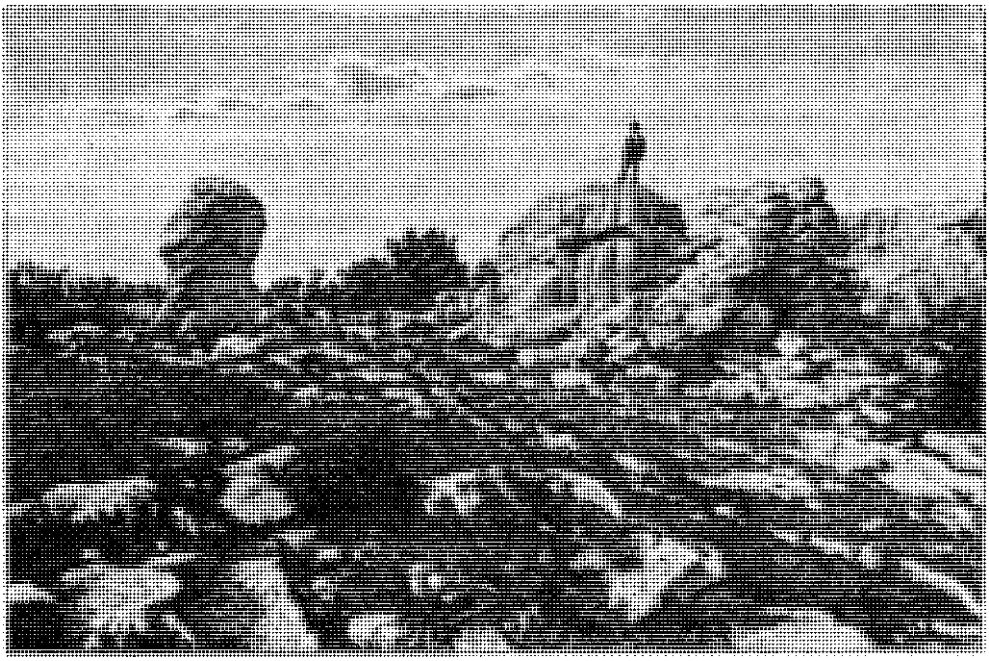


Рис. 304. **Карстовая область близ Св. Канцьяна**

собой разумеется, что провалы наносов не имеют ничего общего с образованием доллин в твердых породах (Felsdolinen).

В двух случаях удалось подметить связь между местонахождением обломков в пещерах и положением доллин на поверхности. При исследовании крайнских пещер были сделаны съемки их дна; сравнение последних с планом местности показало, что в Адельсбергском гроте глыбы обломков лежали как раз под доллинами, находившимися в лесу. Следовало бы ожидать, что все доллины, образующиеся вследствие провалов, должны иметь приблизительно отвесные стеиы и простираться на значительиую глубину. Но разрыхлепные обломки занимают бóльший объем, нежели сплошная масса породы; если нещера не особенно велика, то она вся загромождается обрушившимися массами, и часть нследних занолияет образовавшуюся при провале колодцеподобную яму; вследствие этого мы наблюдаем на поверхности только незначительные углубления. Подтверждением сказанного служат наблюдения над выработанными нространствами рудников, кровля которых не имеет надлежащей нодноры; происходящие здесь обвалы также выра-

жаются на поверхности образованием закругленных, воронкообразных впадин. При обвалах кровли в разработанных штреках каменноугольных копей было замечено, что обломки, загромождающие подземный ход, настолько увеличиваются в объеме, что делают невозможными дальнейшее оседание. Но впоследствии, под влиянием давления вышележащих масс, обломки раздвигаются, и кровля продолжает медленно опускаться, причем на поверхности образуется воронкообразное углубление — нечто вроде доллины. В рассматриваемых случаях мы имеем дело преимущественно с упругими породами, обладающими значительной степенью гибкости: рыхлые известняки карстовых областей могут обнаруживать иные явления, а потому не только воронкообразные, а также многие из колодцеобразных доллин происходят, вероятно, вследствие провала пород, составляющих кровлю пещеры или подземного ложа реки.

Однако описанным способом нельзя объяснить происхождение всех доллин, так как пещеры имеют далеко не такое широкое распространение, как эти поверхностные образования. С другой стороны, многие из доллин, которые были прорезаны при землекопательных работах, не обнаруживали никаких соединений с подземными пустотами. Ввиду этого большинство рассматриваемых образований следует приписать размыванию поверхности; своеобразные результаты этого процесса объясняются особенностями карстовых областей. Вследствие чередующегося нагревания и охлаждения, а также под влиянием тектонических процессов известняки прорезываются многочисленными вертикальными и горизонтальными трещинами; проникающая сверху вода растворяет бока последних и превращает их в закругленные каналы; мало-помалу трещины принимают вид настоящих котловин; стекающая сверху вода смывает их бока и сообщает им воронкообразную форму. Так как существование трещин является необходимым условием образования доллин, то этим и объясняется, почему последние сосредоточиваются иногда на местах дислокационных линий и обнаруживают рядовое (линейное) расположение.

Таким образом, доллины представляют много общего с теми цилиндрическими, карманообразными и воронкоподобными углублениями, которые мы находим в мергелистых известняках и в меле и которые обыкновенно бывают заполнены продуктами разрушения пород или новейшими рыхлыми наносами. Эти образования должны быть приписаны также растворяющей деятельности воды, которая проникает в трещины, но сравнительно с доллинами они обладают обыкновенно незначительными размерами. Последнее объясняется тем, что мергелисто-известковые образования растрескиваются меньше, чем чистые известняки карстовых областей, а потому и не допускают такого свободного просачивания воды; с другой стороны, обильные скопления обломков и песчано-глинистые наносы препятствуют дальнейшему развитию этих углублений.

В карстовых областях просачивание воды по трещинам происходит в широких размерах, и обыкновенные реки образуются сравнительно редко; вместо них мы находим сухие долины, оканчивающиеся слепо. Чаще всего воды просачиваются в тех местах, где в карстовую область вступает река, протекавшая по водонепроницаемой породе; но и в ложе обыкновенных рек мы находим здесь углубления, по которым вся вода уходит под землю; эти углубления, называемые в окрестностях Карста *понорами* (в Смол. губ.— *понырями*), а в Греции — *катавотрами*»

и ведут к образованию слепых долин. Так как все карстовые реки обнаруживают стремленне перемещать эти поглотительные воронки вверх по их течению, то нижние части слепооканчивающихся долин остаются сухими. При обвалах кровли нодземных ходов также образуются слепые долины; нримером может служить короткая долина Ракбаха у С. Канцьяна, где даже сохранились два естественных моста, свидетельствующих о несомненности нроисходившего здесь обвала. Если такой процесс распространяется на протяжении всего подземиого ложа, то происходит обыкповенная река с характерной «долипой прорыва» (см. предыд. главу).

В карстовых областях складчатых гор к описанным явлениям присоединяется еще группа замечательных образований. Это — котлообразные, со всех сторон замкнутые впадины, на языке славяпского населения Карста называемые *полями* (Polje); они обладают крутыми стенами, широким дном и располагаются своим длинным размером параллельно простиранию пластов. Размеры их различпы; иногда они не превосходят в этом отношении наиболее значительных доллин, иногда же занимают площадь до 300 кв. метров, как, например, «Ливанское Поле» в Западной Боснии. Большинство котловин периодически наполняется водой: во время таяния снегов, зиминх и осенних ливней и вообще при каждом сильном дожде на дне и стенах их начинают бить мощные ключи, питающиеся водой, которая просачивается в землю в более возвышенных местах; приток усиливается подземными и наземными ручьями, и «поля» превращаются в озера. Обыкновенно сток воды происходит при посредстве поглощающих отверстий, которые стоят в связи с чрезвычайно сложной и запутанной системой подземных трещин и пустот. Когда их поглощающая деятельность подавляется огромным притоком воды, котловина заполняется водой; быстрота этого процесса и продолжительпость существования времепных озер зависит от емкости поглотительных капалов, которые ипогда обладают весьма ничтожными размерами.

«Поля», располагающиеся па возвышенных местах, труднее заполняются водой и легко отдают последнюю нижележащим котловипам, ноэтому в большинстве случаев они сухи или только очень редко превращаются в озера. Наоборот «поля», расположенные в относительно низких местах, получают богатое питание и долго остаются заполнениыми водой; таково, например, озеро Врана на острове Херсо и озеро такого же наименования близ Зара Веккья. К числу периодических озер принадлежит также известное Циркницкое озеро, соединяющееся с вышележащими полями Лааса и расположенными пиже котловинами Планины; все они групнируются на линии одного и того же сброса. Во время сильных дождей Циркницкое озеро наполняется в 2—3 дня, а иногда в 24 часа; для удаления воды требуется 14—25 дней, причем наиболее глубокие части дна никогда не остаются сухими. На протяжении 2400 метров воды Циркницкого озера текут нод землей, и в Крайне у С. Канцьяна выступают на поверхность в виде реки Ракбаха с ее слепооканчивающейся долиной. Снова исчезающие воды Ракбаха отчасти изливаются в Планинскую котловину, отчасти в р. Пойке. Подобные же явления наблюдаются в Копаидском озере и в котловине Триполиса в Греции, а также в «полях» Ионических островов, Боснии, Герцоговины и др. Если вследствие усиленного выпадения атмосферных осадков или закупоривания отводных путей нарушается равновесие между притоком и стоком воды, то продолжитель-

ность существования временных озер увеличивается, и дальнейшее наполнение их может сопровождаться наводнениями. Так, например, в Циркницком озере, которое освобождается и заполняется обычно два-три раза в год, однажды вода стояла на высоком уровне в течение двух или трех лет. Такие явления печально отражаются на судьбе жителей Карста, и в Австрии принимаются все меры к предотвращению катастроф путем искусственного усиления стока; в Греции же сделаны попытки осушения периодических озер посредством каналов; благодаря этому болотистая почва их, являющаяся теперь гнездом лихорадки, превратится в плодородную землю.

Почти законченные работы в озере Копаис в Беотии позволяют сделать немало любопытных заключений, а потому не будет излишним сказать здесь о них несколько слов. Озеро существовало обыкновенно в дождливое время года, т. е. весной и осенью. Пять больших рек, и в числе их Мелас и Кефис, несли туда свои воды, которые удалялись посредством 25 значительных катавотров и множества мелких трещин. Воды Копаиса направлялись к востоку и у Скропонери и Ларимны изливались в море. С этим озером соединились посредством подземных каналов озера Ликери и Паралимни, на уровне которых и отражалось заполнение и освобождение озера Копаис. Уже во времена седой древности, племя миниев, а позднее Александр Македонский сделали попытку осушить эту местность и посредством системы капалов отвести воду в катавотры. Но так как последние иногда закупориваются, то в позднейшее время, точно не определяемое древними писателями, стали устраивать для удаления воды искусственные колодцы; следы последних, а также остатки сооружения миниев и были раскопаны во время производства современных работ.

Любопытно, что новейший способ осушения озера представляет комбинацию неизвестных до тех пор сооружений времен миниев и более поздних эпох классической древности. Он заключается в прорытии системы каналов и устройстве туннеля, посредством которых вода отводится в озера Ликери и Паралимни, а оттуда в море. Только одна река Мелас, как это было сделано и в древности, направлена в Большую Катавотру. Таким образом было отвоевано вновь около 25000 гектаров плодородной земли и болотистая местность сделалась вполне здоровой.

Что касается происхождения рассмотренных котловин, то по этому вопросу высказывались разнообразные мнения. Между прочим, их рассматривали, как долины, существовавшие в то время, когда процесс образования складок не был еще закончен. Своды, выдвинувшиеся на пути рек, задержали их течение и превратили в озера. Действительно в Боснии, Далмации и других местах мы находим в таких котловинах богатые моллюсками пресноводные отложения конца третичного периода. Существование следов дислокации в области таких котловин заставляет предположить, что благодаря образованию трещин открылись пути для стока воды из озер. Впрочем, к катавотрам Греции это объяснение неприменимо, так как они представляют типичные котлообразные сбросы, или провалы (Kesselbruche).

Известняковая область на северном и восточном берегах Адриатического моря представляет немало и других любопытных явлений. Исчезновение целых рек или потеря ими значительной части воды легко объясняется благодаря присутствию трещин и подземных пустот. Но одно из явлений, наблюдаемых в этой местности, остается и в настоящую минуту загадочным. Мы говорим о так на-

зываемых *морских мельницах* (Meermühlen), достигающих значительного развития около Аргостоли на Кефалонии, одном из группы Ионических островов, и в слабой степени повторяющихся в разных местах берега и, между прочим, близ Фиуме. На острове Кефалонии было замечено, что вблизи берега, но несколько ниже уровня океана, морская вода в изобилии просачивается через отверстия в известняковой почве. Одна из поглощающих трещин искусственно была превращена в обширный бассейн; вследствие этого количество устремляющейся сюда воды увеличилось настолько, что потоком ее оказалось возможным воспользоваться в двух местах для приведения в действие мельничных колес; общая масса воды, бесследно скрывающейся здесь в землю, достигает 200 миллионов кубических метров в год. Делалась попытка определить ее дальнейшую судьбу: одни исследователи предполагали, что эта вода проникает где-то в области питания вулканов и там превращается в пар; другие думали, что вследствие энергичного испарения подземных вод на Кефалонии, морские воды образуют на значительной глубине горизонт, откуда уже и происходит приток воды внутрь. Но ни одно из этих допущений нельзя признать удовлетворительным: всего вероятнее догадка Вибеля, который сводит явление к всасывающему действию подземного ключа.

Обычным спутником доллин является «красная земля» (terra rossa), о происхождении которой мы говорили выше. Она собирается всюду, где форма поверхности не позволяет проточным водам унести ее; поэтому обычным местом ее залегания являются углубления в почве — доллины, где она и скапливается в огромных массах. В некоторых каменистых и бесплодных областях на восточном берегу Адриатического моря красная земля является единственной плодородной почвой, которая с выгодой возделывается жителями: ценность ее так велика, что владелец неблагодарного поля выпрашивает у соседа воз плодоносной почвы, чтобы удобрить ею свою землю. Этот любопытный продукт выветривания чрезвычайно богат окислами железа; последние, выщелачиваясь водой, служат материалом для образования бобовой и дерновой руды, которая в Юрских горах и в Далмации разрабатывалась прежде в большом количестве и шла на выработку железа; вследствие увеличившейся конкуренции эта промышленность в последнее время сильно упала.

Местности, образованные известняками, и в частности окрестности Карста, отличаются нередко бесплодием; они крайне бедны растительностью и особенно лесом. Это явление неоднократно пытались поставить в связь с характерными особенностями карстовых областей и даже видели в них его причину. Но такая точка зрения неправильна. Известно, что в прежние времена пустынные области Карста были покрыты густыми и роскошными лесами; последние были уничтожены самым безжалостным образом в течение двух тысячелетий; эти леса доставили материал для миллионов свай, на которых держатся лагуны Венеции со всеми великолепными сооружениями города; из этих же областей получался строевой лес для галер этой морской республики. Истрия и Далмация с тех пор совершенно лишились растительности. Но недостаток воды, своеобразные доллины и исчезание ручьев и источников в подземных ходах и пещерах всегда составляли особенности этих стран. Доказательством сказанного может служить существование в Крайне и по настоящее время богатых лесом участков, которые по своему безводию и по развитию своеобразных форм размывания только немного уступают совершенно бесплодным и каменистым участкам.

Тем не менее между отсутствием лесов и свойствами карстовых областей существует известная причинная связь. Голая известняковая почва с трудом покрывается растительностью, если последняя была однажды уничтожена; плодородная почва, которая тонким слоем одевает скалы, быстро уносится водой. Разрушение же пород вследствие малого содержания в них силикатов и слабого действия механического размывания происходит очень медленно, и вновь образующаяся «красная земля» тоже не остается на месте. Таким образом, причина бесплодия

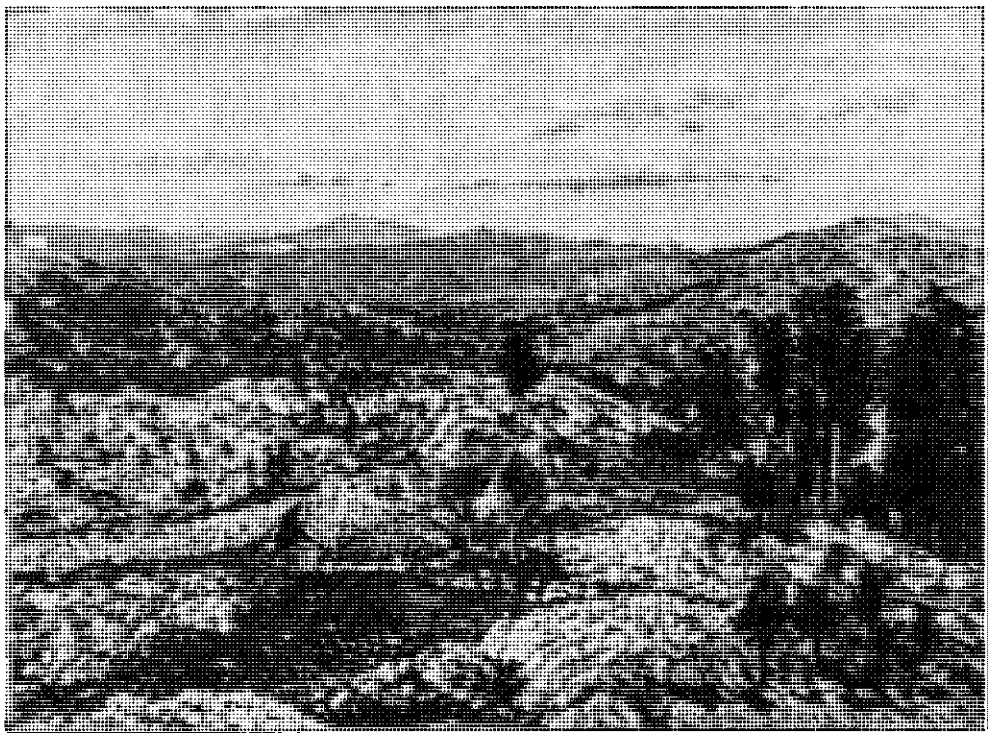


Рис 305. **Карстовая область близ перевала Дурга в Черногории**

карстовых областей кроется в том, что однажды уничтоженная растительность их не может восстановиться.

О безлесии известняковых областей можно уже судить по тем картинам, которые развертываются перед нами во Франконской и Швабской Юре, но даже самые дикие участки этой местности не дают правильного представления о пустынях, расстилающихся вдоль берегов Адриатического моря. Проезжая по железной дороге из Вены в Триест через Истрию и Крайну, можно до некоторой степени судить о безжизненности этих стран: тощая каменистая почва, огромное множество разбросанных тут и там глыб и обширные доллины попадаются всюду, хотя неусыпные заботы о разведении в этих местах леса несколько смягчили дикость и суровость картины. В типичных же карстовых областях на всем огромном протяжении, куда только проникает глаз, не видно ни былинки, и всюду расстилаются голые, изрезанные трещинами, каменистые поля. Только огромнейшие пустыни земли превосходят эти места своим бесплодием. Печально в этих стра-

нах существование жителей: свежую воду приходится вести за целые мили, а поэтому во многих случаях они довольствуются для питья грязными лужами; какой-нибудь клочок каменистой почвы со следами красной земли, где можно вырастить разве только одно оливковое дерево, составляет всю собственность здешнего земледельца.

Эти пустынные равнины — родина грозного северо-восточного ветра, уничтожающего все на своем пути и известного под названием *бора́*. Нередко его стремительные порывы сбрасывали с рельс целые поезда; даже у подножия гор, например, в Триесте он достигает такой силы, что при внезапном его наступлении люди, находящиеся на улицах, должны искать твердой опоры, за которую можно было бы крепко ухватиться, иначе ураган сбросит их и даже перенесет на другое место.

Неоднократно изыскивались средства к оживлению пустынных известняковых областей: единственный путь к достижению этой цели — разведение лесов в самых широких размерах. К сожалению, практическое решение этой задачи встречает немало трудностей, требует значительных издержек, а в некоторых областях оказывается даже вовсе неосуществимым. Начинать засаживание надо с простейших, малотребовательных растений, которые могли бы воспрепятствовать смыванию уже существующей и вновь образующейся почвы, и только через некоторое время после этого можно разводить деревья. Такой порядок культивирования известняковых пустынь уже применяется в некоторых местностях. При этом все новые попытки разведения растительности приурочивают к тем участкам, которые удалось уже кое-как засадить, так как здесь гибельное действие бора́ проявляется не в такой сильной степени. Но если даже обширные пространства покроются лесом, то это еще не устранит всех зол и, конечно, не сделает страны цветущей и плодородной. Последнего вовсе невозможно достигнуть, так как недостаток воды всегда будет существовать. Но и в этом отношении разведение лесов принесет значительную долю пользы: растительный покров будет препятствовать просачиванию воды в глубину, некоторые трещины закупорятся, и почва будет удерживать на поверхности известное количество влаги. Положительная сторона всех описанных мероприятий заключается в ослаблении опустошительных действий бора́ и в возможном устранении условий, которые иначе придавали бы стране все более дикий и безжизненный характер; благодаря этим мерам карстовые области становятся сколько-нибудь удобообитаемыми.

Итак, характерные особенности известняковых равнин заключаются в следующем: механическая деятельность воды выражена слабо, напротив химическое действие ее проявляется в сильной степени: вода просачивается в глубину, где и сосредоточивается ее размывающая деятельность; следствием является образование пустот под землей и воронкообразных углублений на поверхности; наконец, сюда же следует присоединить образование красной земли и пустынный характер рассматриваемых областей. Этим исчерпываются все существенные особенности известняковых равнин, в большей или меньшей степени обнаруживающиеся всюду. Они изменяются в том или ином направлении в зависимости от строения известняков, их залегания, степени и рода наблюдаемых в них нарушений. Но как бы различны ни были местные уклонения, они во всяком случае являются лишь видоизменением общего типа. Так как рассмотренные явления в наиболее характерной форме наблюдаются в окрестно-

стях Карста (Краса), то отсюда все подобные области совершенно основательно называют *карстовыми*. Это название должно быть также распространено и на франконско-швабскую Юру, где в слабой степени повторяются те же явления.

Несмотря на всю свою характерность, особенности карстовых областей — явления в общем недолговременные. Как показал Мойсисович, воды, циркулирующие под землей, вследствие обвала прикрывающих их пород, должны обнажиться, но вряд ли это случится прежде, чем будут вполне разрушены и унесены нижележащие массы известняков. С полным основанием можно допустить, что швабско-франконская Юра была гораздо обширнее и представляла мощное карстовое плато простиравшееся на север и северо-запад. Вследствие размывания, границы карстовой равнины суживались, и там, где когда-то лежали известняковые пустыни, ныне расстилаются цветущие слегка холмистые или совсем низменные страны.

## Лёссовые области

Процессы размывания в карстовых областях представляют немало сходства с теми же явлениями в области желтого леса в Северном Китае. Обстоятельными сведениями об особенностях этой страны мы обязаны *Рихтгофену*. Лесс, достигающий здесь мощного развития, представляет глину весьма равномерного зерна с подмесью неска и углекислой извести; на всем своем протяжении он прорезывается тонкими отвесными волосными трубочками и проявляет сильно выраженную наклонность к образованию вертикальных отдельностей и трещин (см. рис. 306). Характерной для осадочных пород слоистости не замечается; только на значительных расстояниях видны прослои известковых конкреций, так называемых «журавчиков» (Lössmännchen).

Несколько больших рек Китая прорезали в этих глинистых массах свои ложа, но в общем здесь чувствуется недостаток воды на поверхности: огромные массы ее по тонким волосным трубочкам просачиваются в глубину. Невзирая на это, вся местность прорезана глубокими ущельями; последние обязаны своим происхождением размыванию, которое действовало снизу и постепенно вело к обвалам кровли подземной реки. Если в массивах лесса отсутствовали прослои известняковых конкреций, то вследствие наклонности породы к образованию вертикальных отдельностей произошли ущелья с отвесными стенами. Каждый же прослой «журавчиков» обусловливает образование плоской горизонтальной ступени, над которой дальше опять возвышается степа; таким образом слагаются системы террасс, не имеющие ничего себе подобного во всем свете. Развитие этих ущелий в длину носит чрезвычайно своеобразный характер. Если мы возьмем на себя труд проследить одно из них до самого верховья, то найдем следующее: в некоторых местах кровля не успела еще обвалиться, и, благодаря этому, ущелье переходит в короткий закрытый сверху туннель; иногда породы, прикрывающие его, прорываются, и в таком случае в потолке образуется узкое отверстие вроде дымовой трубы — «лессовый колодец» (Lössbrunnen); через него виднеется клочок голубого неба. Огромное множество ущелий (см. рис. 307) и крутизна их стен придает лессовой области много причудливого и своеобразного. Вот что пишет *Рихтгофен*: «Когда я прибыл в область Пингиангфу, стояла страшная засуха, препятство-

вавшая всходу посевов. Вместо обычной цветущей долины предо мной расстилалась голая, однообразно желтая пустыня. Воздух был чист и прозрачен, и, по-видимому, на далеком расстоянии возможно было заметить всякую неровность почвы; если не считать расположенных вблизи ущелий, то вся поверхность равнины представлялась до того гладкой, что целый полк кавалерии мог бы промчаться здесь во весь опор. Но впечатление слишком обманчиво: трудно вообразить себе менее проходимую местность; здесь собьется с пути даже пешеход, если не будет держаться проторенной дороги; в лабиринте бесконечных ущелий пробираться несравненно труднее, чем

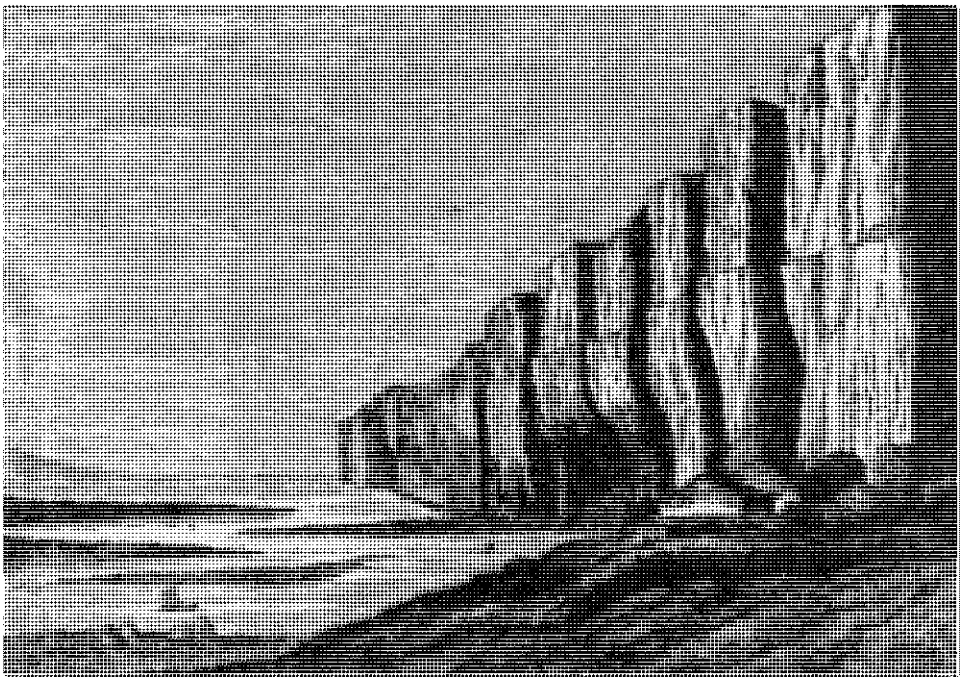


Рис. 306. **Стены лесса на берегу р. Хуан-хэ (Гоанго)** (по Рихтгофену)

среди скал и утесов. Если путешественник направит свой путь вдоль реки, прорезавшей в лессе глубокое ложе, то скоро встретит целую систему больших и малых теснин, которые слева и справа соединяются с главным ущельем. Направившись по любому из них, находишь опять целую сеть разветвлений, которые преграждают дальнейший путь; у самых верховьев эти бесчисленные пропасти зияют в виде трещин в 30—50 футов глубиной и 3—6 футов шириной. Если еще раз довериться обманчивой гладкости равнины и, оставив берег реки, искать дорогу в другом направлении, то и тут скоро очутишься на краю глубокой непроходимой рытвины; повернув в сторону, встречаешь опять разветвления и все более и более уклоняешься от намеченного пути. Сеть глубоких рытвин, кажется, не имеет конца, и если следовать дальше по ее бесчисленным ветвям, но нетрудно и совсем заблудиться в их лабиринте. Вернувшись на прежнее место, путешественник пробует, нельзя ли пройти вниз по реке, но здесь он скоро достигает скалистого выступа на месте встречи двух ущелий. С трудом

спускается он по террасам вниз, но, добравшись до последнего уступа, видит отвесную стену, которая падает на дно ущелья.

Если бы лесс обладал одинаковым строением на протяжении всей своей толщи, то образованные им местности были бы совершенно непроходимы, и стены ущелий падали бы сюда отвесными стенами до 1000 фут. вышиной. Но присутствие в лессе мергелистых конкреций умеряет резкие черты этой картины, и вертикальные стены рытвин распадаются на террасовидные уступы; над каждой из ступеней этой гигантской лестницы громоздится новая стена, и верхний край ее, благодаря новому известковому прослою, образует следующий уступ. Разрушение этих стен происходит весьма медленно, так как здесь нет благоприятных условий для стока воды; изредка падающие глыбы скапливаются у подножия уступов; дождь разрыхляет эти обломки, а земледелец распределяет их по поверхности всей террасы, которая покрывается слоем плодородной почвы. Если в летнее время года смотреть сюда сверху, то на всем пространстве видны зеленеющие поля, но стоит спуститься вниз, в глубину ущелья, и перед глазами изумленного зрителя выступают обнаженные стены желтого лесса, только на верхнем краю окаймленные полосой зеленой растительности.

Рис. 307. **Лессовое ущелье в Китае** (по Рихтгофену)

Благодаря этим особенностям, лессовая область носит чрезвычайно пестрый характер. С крутых берегов ущелий развертываются одни картины, на дне их — другие. Тысячи новых неожиданных комбинаций, полные очаровательной прелести и фантастической причудливости, тут и там открываются перед глазами пораженного путешественника. Особенно своеобразны виды на перекрестке нескольких ущелий, где громоздится множество лессовых столбов до 100 фут. высотой; с каждой стороны выступают террасы, и все заканчивается остроконечным ребром, с грудами обломков у его основания. Местами приходится идти по дороге, которую сама природа проложила между отвесными стенами лесса; пельзя не поражаться, находя в последних отверстия, устроенные для стока дождевой воды; в ущелье, ограниченном высокими стенами, которые вверху покрыты растительностью, такая излишняя предосторожность совсем лишена смысла. Идя далее, с удивлением замечаешь, что дорога идет по краю пронасти и одна из ее стен свободно стоит над глубоким обрывом: в ней пробито отверстие — что-то вроде окна; отсюда

виден весь хаос этой дикой местности, где тысячи остроконечных выступов желтого лесса отделяют друг от друга бесчисленное множество теснин. Направляясь дальше, путешественник достигает конца этой дороги; она круто падает вниз или подымается вверх, стены ее вдруг обрываются, и с обеих сторон раскрываются бескопечно разветвленные желтые пронасти.

«В северных областях Китая миллионы людей живут в пещерах, прорытых ими в лессе. Они устраиваются у подножия отвесных стен или на их террасах. По опыту жители легко паходят места, где лесс обладает достаточной крепостью. Пещера прокапывается в горизонтальном направлении у основания стены и открывается наружу шнрокнми воротами; отсюда ее расширяют в обе стороны, оставляя снаружи нетронутым слой лесса, который и образует внешнюю стену жилища. Большинство пещер состоит из нескольких комнат; наружная дверь ведет в одну из них, в тонких стенах других проделаны окна. Из известковых конкреций, находимых в лессе, приготовляется цемент, которым оштукатуриваются стены и смазываются бока окон и дверей. Этим сообщается жилищу прочность, сухость и уютность. Подобные сооружения нередко передаются из поколения в поколение и служат одной семье в течение нескольких столетий. Проезжая по границе Моиголии, ежедневно встречаешь целые селения, ютящиеся в лессе (см. рис. 308). Среди цветущих, хорошо обрабатываемых полей часто нельзя найти ни одного дома. Тщетно спрашивает себя путешественник, где живут люди, возделавшие эти нивы; но достигнув лессовой стены, которая ограничивает долину, ои нерестает недоумевать: здесь все копошится, точно в разрушенном муравейнике, и из желтых устунов лесса поминутпо выбегают люди».

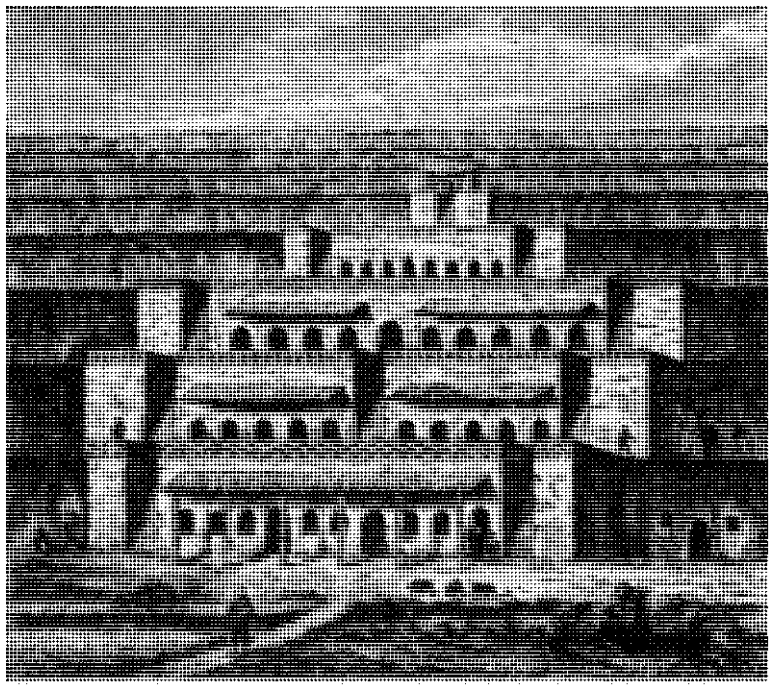


Рис. 308. **Лессовые жилища в Кятае** (по Рихтгофену)

Ни в одной из других страп лесс пе достигает такого мощного распространения, как в Китае; в области р. Рейна, в Дунайской низменности и других местах он развит гораздо слабее. Вместе с тем здесь отсутствуют и характерные особенности лессовых областей, хотя всюду остается наклонность к образованию отвесных стен и ущелий.

## Речные террасы

На ряде различных примеров мы познакомились с разрушительной деятельностью рек, рассмотрели способы происхождения долин и проследили, как распространяется размывание от основания к вершинам гор. Эта деятельность рек нротекает не всегда равномерно, и периоды быстрого разрушения сменяются про-

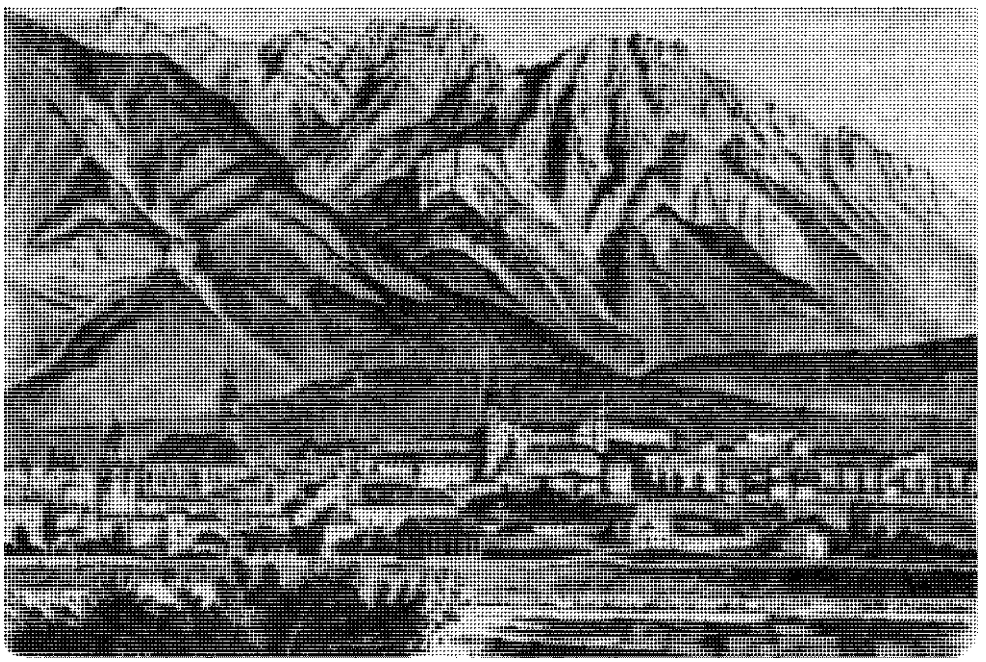


Рис. 309. **Долина в известняковых горах близ Галля в Тироле**

межутками более медленной работы; последнее доказывается существованием в речных долинах так называемых *террас*. Эти образования, наблюдаемые по обеим сторонам ложа реки, не могут быть приписаны размыванию; они не имеют ничего общего с теми террасами, которые мы находим на краях возвышенных равнин, например, в Швабско-Франкоиском Альбе, и с которыми мы встретимся еще при онисании Сахары.

Каждая терраса, говоря вообще, является *остатком прежнего дна* реки, которое было разрушено вследствие дальпейшего расиространения размывания в глубину. С поразительной ясностью выступают эти террасы в Альпах, в нижних частях долины Ипна и в ее боковых разветвлениях. Так, например, у Галля, ниже Инсбрука, возвышаются но обеим сторонам ложа довольпо крутые лесистые склоны; поднявшись на высоту до 350 метров, мы достигаем широкой ровной площадки, где располагается несколько местечек с окружающими их полями; только позади этой небольшой равнины возвышаются цепи древних пород (см.

рис. 309). Терраса состоит из валунных отложений, песка и глины, принесенных в ледниковую эпоху водами Инна и происходящих из морен, которые были размыты этой рекой. Ложе р. Инна лежало в то время на 350 метров выше, чем теперь, и долина его простиралась от сланцевых гор на юге до известняковых возвышенностей на севере. Позднее Ини углубил свою долину и спустился до современного уровня, по берегам же его остались террасы, свидетельствующие о высоте дна этой реки в дилювиальную эпоху.

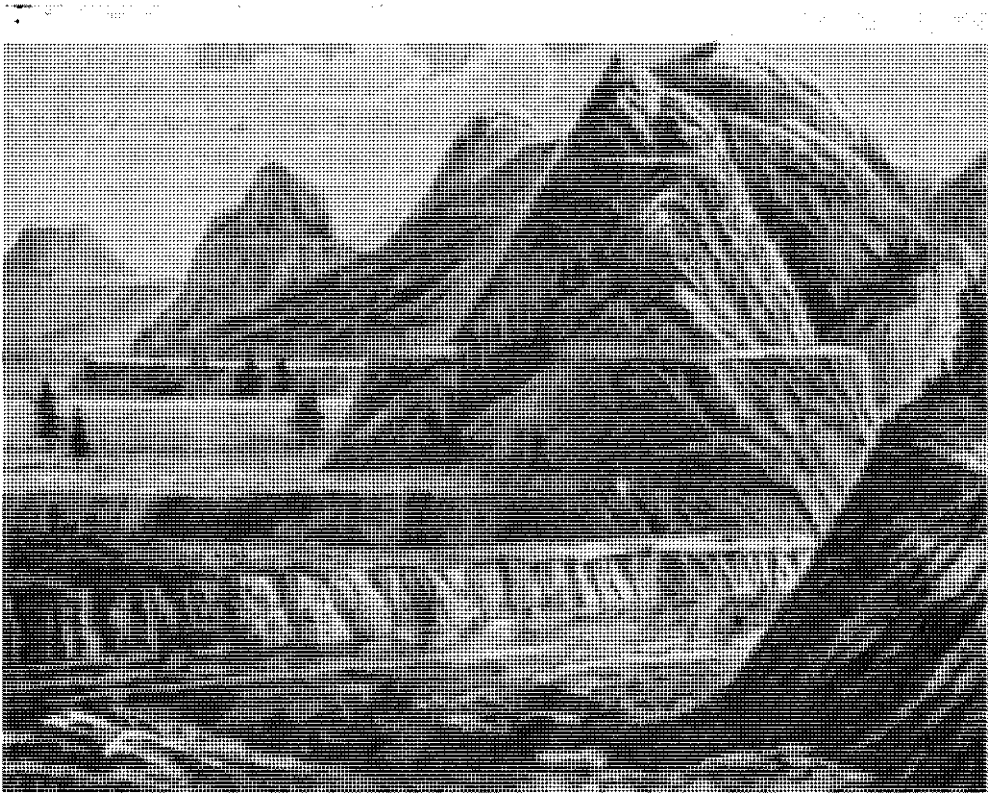


Рис. 310. **Террасы реки Фразер в Колумбии** (Сев. Америка)

Террасы не всегда состоят из древних речных отложений; нередко они образованы твердой породой, на поверхности которой только иногда лежит тонкий слой наносов. Часто громоздится несколько террас одна над другой, и все они представляют остатки древнего дна реки, понижавшегося в несколько приемов; каждая из таких террас свидетельствует о периоде ослабления размывающей деятельности, обе остановки углубления ложа. Наглядным примером таких повторных террас может служить рис. 310, где изображена часть реки Фразер в Колумбии. Само собой разумеется, что далеко не во всех местах террасы выражены так прекрасно; часто они представляют сравнительно низкие и несколько смытые уступы; но форма террас во всех случаях настолько характерна, что при некоторой внимательности позволяет легко отметить их присутствие. Даже в лабиринте улиц больших городов замечаются иногда внезапные уступы, проис-

хождения которых не могут объяснить местные жители; часто в них не трудно признать настоящие речные террасы*.

Особенно поучительны в этом отношении возвышенные долины Альп, где террасы достигают иногда значительного развития. Поднимаясь по такой долине, мы скоро находим ровную площадку, затем опять следует уступ, а за ним новая площадка; таким образом можно проследить целую систему террас, возвышающихся одна над другой. Эти террасы выступают не только в продольном профиле реки, но могут быть нодмечены и но берегам ее. Каждая отдельная ступень, обрываясь на дне долины, идет в виде продольной террасы и отчетливо выступает в нижних частях реки. Отсюда ясно, что каждая из отдельных площадок составляла некогда дно долины, которое было потом размыто рекой, углубившей свое ложе. Чрезвычайно любопытен следующий факт: в каждой системе сообщающихся долин число и высота террас всюду одни и те же, наоборот, в разных системах рек наблюдаются в этом отношении значительные различия. Впрочем, исследования по этому вопросу не настолько закончены, чтобы приведенному ноложению можно было придавать общий характер; но все сделанные до сих пор наблюдения вполне оправдывают его. Изучением террас занимались Бодмер, Гейм и Штапфф в Швейцарии; кроме того, целый ряд исследователей производил наблюдения в других местах Альп; все эти работы имеют огромное значение. Так, например, Гейм показал, что в различпых частях некоторых соседних долии террасы лежат на следующей высоте.

| ТЕРРАСЫ | Область Рейсса | Высота обрыва | Область Линта | Высота обрыва | Область Рейна | Высота обрыва |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | метры | метры | метры | метры | метры | метры |
| Первая терраса . . . . . | 450—550 | 350 | 600—800 | 450 | 700—1000 | 550 |
| Вторая терраса . . . . . | 600—700 | 450 | 1000—1300 | 750 | 1300—1500 | 450 |
| Третья терраса . . . . . | 1000—1200 | 350 | 1800—2000 | 550 | 1800—1900 | 200 |
| Четвертая терраса . . . . . | 1300—1600 | 500 | 2400—2500 | 450 | 2000—2100 | 350 |
| Пятая терраса . . . . . | 1900—2000 | | 2800—3000 | | 2400 | |

Существование террас у большинства рек резко бросается в глаза, но *происхождение их* во многих отношениях остается неясным. Вообще можно сказать, что терраса соответствует остановке в развитии долины или отмечает

* Прекрасный пример продольных террас представляет р. Арпачай у Киссилкилисса. Здесь наблюдаются на берегах три прекрасно выраженных уступа: нижний образован фонолитовой лавой, средний — песчаниковидным трахитовым туфом и верхний — пористой базальтовой лавой. Иногда террасы существуют только с одной стороны; примером может служить правый берег Волги к северу от Балахны; здесь мы находим три террасы первые две подымаются непосредственно над поймой, покрытой множеством стариц, озер, болот и песчаных «грив», и состоят из речных наносов; сама же верхняя терраса, на краю которой раскинулась деревня Афанасьевка, представляет древний берег, образованный коренными породами. Большинство наших рек (за исключением самых мелких) имеет так называемые «надлуговые» террасы; они представляют вторые берега и обыкновенно состоят из аллювиальных образований; все пространство, заключенное между этими террасами и называемое поймой, или лугом, заливается в половодье; в меженное время оно представляет низину, покрытую старыми руслами, озерами и болотами, размеры которых различны. К числу наиболее болотистых заливных долин принадлежат, например, днепровские плавни и донские займища.— *Примеч. пер.*

момент загромождения рыхлыми массами прорытого уже ложа. Но каковы были те силы, которые вызвали то и другое явление — в настоящее время решить очень трудно.

Конечно, нельзя и нытаться объяснить все террассы одним способом: они образуются вследствие периодических изменений силы потока; поэтому должно существовать столько же нричин их возникновения, сколько существует деятелей, производящих такие изменения.

Если поперек речной долины простирается свита твердых, трудно выветривающихся пластов, то размывающая деятельность потока понижается, а вместе с тем замедляется и образование террас. То же должно произойти, если река встретит на своем пути какое-либо другое препятствие, например, если она будет загромождена обвалом; в последнем случае создается естественная плотиина, и река, остановленная в своем движении, начинает отлагать выше ее гальки, гравий и песок; когда временная занруда будет прорваиа, эти отложения выступают в виде террасы. Примером описанного явления может служить обвал у Флимса в Граубюндене (стр. 466). Такое же действие может произвести многоводяый приток, несущий огромные массы твердых частей и отлагающий их при впадении в главную реку; излияние лавового потока ведет к тем же последствиям. Наконец, но одной из боковых долин может спуститься в реку глетчер и загромоздить ее массами льда и моренных отложений. Миогие террасы у берегов Гренландии и в фиордах Норвегии возникли таким именно способом; паконец, и так называемые «сетеры» (см. стр. 405) представляют замечательный пример образования террасс вследствие запруды долин, производимой массами глетчерпого льда. Горообразующие процессы — появлеиие складок и сбросов, простирающихся поперек промытой уже долины — также влекут за собой образование террас. Складка, выдвинувшаяся среди реки, задерживает движение потока; то же производит и сброс, если опустившееся крыло его соответствует верхней половине реки; и в том и в другом случае размывающая деятельиость потока ослабевает, и начинается отложение твердых частей. Иначе действует сброс, когда опустившееся крыло его соответствует ннжпим частям долины; в этом случае размывание усиливается, и ложе быстро углубляется; с течением времени прежнее дно образует самую высокую из речных террас.

Нет никакого сомнения, что описанные процессы могут вести к образованию террас и что последние во многих случаях, действительно, произошли одним из указанных путей. Но все до сих пор рассмотренные явления имеют ограниченное, местное распространение. Если мы расширим круг наших наблюденнй, то увидим, что террасы повторяются с известной правильностью не только в Средней Европе, но также в Азии, Северной Америке и других местах; это заставляет предположить, что и причины, их вызвавшие, носили общий характер и действовали на протяжении значительиой части земного шара. Эти причины можно было бы искать в вековых поднятиях и оседаниях материков и в колебании уровня океана. Если происходнт оседанне значительных пространств суши, уклон всех рек уменьшается, размывание сосредоточивается в верхних их частях, а в низовьях происходит накопление осадков и повышение ложа. При поднятии материка: должны произойти обратные явления в этом случае уклои всех рек увеличивается, и деятельность их всюду направляется па углубление долнн. Прекрасней-

ший пример такого рода был приведен выше, где мы говорили о древних береговых линиях Скандинавского полуострова, стоящих всвязи с речными террассами этой местности; весьма возможно, что целый ряд подобных образований должен быть объяснен тем же способом. Но было бы глубоким заблуждением думать, что в этих процессах и кроется общая причина образования террасс. Если бы Немецкое море подпялось в настоящую минуту на 50 метров, то это не отразилось бы вовсе на альпийских частях р. Рейна: выше порогов в сланцевых горах и выше города Базеля были бы заметны лишь самые слабые последствия этого явления, а по ту сторону Шаффгаузенского водопада и Боденского озера не нроизошло бы никаких изменений. Чтобы найти удовлетворительные объяснения террас, надо было бы донустить общее ноднятие Альн и даже всей Европы; но тут мы встречаем новое затруднение: в альпийских реках мы наблюдаем не только повышение и ослабление размывания, но можем отметить также периоды усилениого образования наносов, и для объяснения последних необходимо допустить периодическое оседание Альп. Пенк пишет: «Нередко наносные валунные отложения подымаются до самой террассы, другими словами, их мощность равна высоте террасы. Ввиду этого террасы не могут быть рассматриваемы нросто как остаток размытого ложа, отмечающий лишь остановку в размытии долины; они должны быть объяснены следующим образом: когда долина достигла нынешней ее глубины, река стала усиленно отлагать наносы, которые и загромоздили ее ложе до высоты наблюдаемых теперь террас; после этого поток снова углубил свою долину до прежнего уровня, а нромытые им галечные отложения образовали террасы». Эти слова относятся, между прочим, к долине р. Инна с ее огромными террасами, а потому всякая попытка связать происхождение последних с нроцессами поднятия альпнйской области должна быть признана неудовлетворительной.

Существенные изменения в жизни и деятельности рек происходят под влиянием *метеорологических причин.* Во время ливней, наводняющих реки, переносная деятельность последних возрастает не пропорционально увеличению количества воды, а значительно сильнее. Этим и объясняются те грозные катастрофы, которые происходят в горных областях (см. стр. 470). Ручьи несут огромные количества щебня и галек и низвергают их в долину; нужны целые тысячелетия, чтобы река, нротекающая здесь, промыла их мощные накопления. Если вследствие климатических изменений усилится выпадение атмосферных осадков, то все огромные занасы щебня и обломков, скопившиеся в горах в течение долгого времени, будут унесены в долины и загромоздят ложе реки. Таким образом и может произойти то накопление рыхлых отложений, которое во многих случаях является необходимым условием образования террас. Когда климат снова приобретет прежнюю сухость, реки промоют загроможлающие их путь массы и углубят русло до прежнего уровня.

Причину такого изменения климата можно искать в наступлении ледниковой эпохи (см. стр. 407). Еще недавно носледнюю считали энизодом, который только однажды нарушил нравильное течение жизни земли и на протяжении известного времени был непрерывным, но новейшие исследования показали, что периоды оледенения неоднократно сменялись более теплым климатом: вслед за развитием огромных глетчеров и усиленным выпадением атмосферных осадков наступали более теплые нериоды отступания ледников. Каждое оледепение сопровождалось образо-

ванием мощных ледниковых наносов в долинах рек, а в последовавшие затем периоды отступания ледников реки опять углубляли свои ложа. Если допустить, что такое изменение климата повторялось в Альпах два или — как думают специалисты этого вопроса — три раза, то существоваиие трех террас в областях смежиых с Альпами, найдет надлежащее объяснение.

Весьма важным доводом в нользу такого объяснения террас служат результаты исследований, произведенных в области замкнутых озер западной части Северной Америки. В возвышенной части Великой Котловины между горами Уасач на востоке, Сиерра-Невадой и Каскадными — на занаде лежит множество не имеющих стоков озер, среди которых наибольшей величины достигает Большое Соляное озеро. В ледниковую эпоху уровень этого озера стоял на целых 300 метров выше, чем теперь, и воды его сливались в одно целое с соседними озерами, образуя обширпое Бонневильское озеро. Многие из озер, располагающихся вблизи хребта Сиерра-Невады, также соединиялись в общий резервуар и составляли озеро, названное Лахонтанским. Существующие и теперь одинокие озера Моно и Оузна также обладали высоким уровнем вод. В многочисленных прекрасно сохранившихся береговых террасах этих озер видны следы прежнего уровня; исследуя эти линии, американские ученые пришли к заключению, что уровень всех названных выше озер поднимался два раза. Период первого повышения был продолжительнее, но соответствующий ему уровень воды был на 27,5 метров ниже, чем при втором повышении. В промежутке между этими двумя периодами господствовал пастолько теплый и сухой климат, что озера совершенно высохли. Морены трех глетчеров, спускавшихся с гор Уасач, достигали области Бонневильского озера; сюда же заходили языки ледников, припадлежавших горам Сиерра-Невады. Таким образом, между повышепием уровня вод в озерах и оледенением всего края существует зависимость и по времени и по месту.

Исследовапия показали, что пе только само течение ледниковой эпохи одинаково и в Европе и в Америке, но что в общем сходны и последствия, происшедшие в той и другой части света. Отсюда с большой вероятностью можно допустить, что происхождение речных террас стоит в связи с измепением климата во время ледниковой эпохи.

## Перемещение русла рек

Явлепия в нижней части реки, т.е. там, где происходит отложение осадков, существенно отличаются от до сих пор рассмотренных. Здесь река уже не углубляет своей долины, но продолжает еще действовать па берега — подмывает их, производит обвалы и расширяет свое ложе. Необходимо отличать ложе реки во время низкого стояния вод (меженя) от так называемого луга или займища (Inundations oder Uberschemmungsgebiet), заливаемого во время половодья. Такое расширение ложа является следствием перемещения русла в сторону, иногда очень значительного. Последнее может происходить под влиянием мощиого притока, несущего обильные массы осадков и вызывающего образовапие змеевидных искривлений в направлении главной реки. В других случаях указать причину таких иарушений весьма затруднительно, но размывание предпочтительно одного только берега,

который делается все более крутым, наблюдается весьма часто. Господствующие ветры, особенно во время весеннего половодья, играют в этом процессе, без сомнения, важную роль, но объяснять их действием все наблюдаемые случаи нет никакой возможности. Русский исследователь *Бэр* заметил, что сибирские реки, впадающие в Ледовитый океан, подмывают преимущественно правые берега их; причину явления он искал во вращении земли около ее оси. Чем ближе к экватору расположена данная точка, тем быстрее вращается она по направлению от запада к востоку; всякая река, протекающая в северном полушарии с юга, переходит в широты, где скорость вращения земли ослабевает; вследствие того избытка скорости, которая приобретена частицами воды в верхних частях течения, река должна испытывать отклонение к востоку и подмывать правый берег. Если в том же полушарии река протекает с севера на юг, то под влиянием указанной причины она будет уклоняться к западу, т.е. подмывать правый же берег. Наоборот в южном полушарии все реки будут отклоняться в противоположную сторону. Отсюда *закон Бэра* можно выразить следующим образом: реки, текущие в меридиональном направлении, в северном полушарии подмывают правые берега, в южном — левые. Закон этот, вполне правильный с теоретической стороны, подтверждается рядом многочисленных примеров. Но во всяком случае еще не решено, достаточно ли слабого влияния земного вращения для того, чтобы вызвать указанные нарушения в деятельности рек, и не уничтожается ли это влияние другими противодействующими силами; поэтому выводы Бера нельзя еще считать окончательными.

Резкое различие между размыванием правого и левого берегов было замечено еще Палласом; во время своих путешествий по Европейской и Азиатской России он обратил внимание что у Волги, Оби, Енисея и Лены,— в тех местах, где эти реки текут по меридиональному направлению,— правый берег — крутой (нагорный), левый — пологий (луговой); Паллас объяснял это явление предпочтительным размыванием правых берегов, но он не мог ответить на вопрос, почему именно с этой стороны разрушительное действие рек достигает наибольшей силы; недоразумение было устранено Бэром, который не только подтвердил показания Палласа целым рядом наблюдений, но также нашел и общее теоретическое основание их. Фактов, говорящих в пользу подмывания правого берега, чрезвычайно много. По словам старожилов, между деревнями Югом и Сологузовой разрушительное действие Волги на ее правый берег так сильно, что он умеьшился в течение пяти лет около 50 саж. в ширину. Размывание берега Ветлуги достигает 3 сажен в год; Сура у села Иванькова отрывает ежегодно полосу даже до 5 сажен шириной и заставляет крестьян переносить их постройки все дальше и дальше от берега; некоторые из них летом 1884 года уже наполовину висели над рекой. В нескольких верстах от города Горбатова, на правом берегу Оки, находится деревня Сосновка, прежнее место которой вследствие размыва лежит даже на левой стороне реки. На возвышенном правом берегу Волги, на протяжении ее от Казани до Сарепты, разрушились постепенно, дом за домом, до 23 селений. Город Черный Яр еще в 1625 году был перенесен на другое более безопасное место, вследствие происшедших в нем разрушений; но в настоящее время Волга снова подступила к нему.

Подобные же явления наблюдаются и на реке Аму-Дарье; правый берег ее заметно подмывается; на нем происходят постоянные обвалы и оползни. Разрушение идет особенно быстро в тех местах, где берег состоит из рыхлых песчано-глинистых пластов. По единогласному свидетельству туземцев около деревни Ак-Кум разрушены недавно многие поселения, отстоявшие от реки сажен на 100—200, и на их месте река имеет ныне большую глубину; другие деревни близки к разрушению: отдельные дома свесились над рекой. «Это передвижение Аму-Дарьи причиняет страшные бедствия туземному населению. Размывая правый берег, в особенности низменные его части — «туган», река не только разрушает дома, целые селения, пашни и проч., но она суживает и даже уничтожает культурную полосу, которая и без того нешироко протянулась вдоль реки и на которую туземцы потратили немало труда, чтобы сделать ее годной для жизни. Беда была бы еще не так велика, если бы туземцы, потеряв дома,

имели бы возможность выбрать тут же новое удобное место; но они лишены этой возможности; поэтому каждый уничтоженный клочок культурной земли ставит несколько десятков жителей в безвыходное положение: они должны сделаться нищими, если же совсем выселиться» (проф. *И. Левяковский*).

Размыв одного берега сопровождается отступлением речного русла с противоположной стороны; вследствие этого расположенные здесь поселения все более и более удаляются от реки. Казань, находившаяся некогда у самой Волги, ныне отстоит от нее на 3 версты, причем в городе сохранился старый берег. По показанням путешественника Ибн Фослана, древние Болгары находились в X столетии на самом берегу Волги и пользовались ее водой; в настоящее время они отодвинулись на 8 верст, и все пространство, отделяющее их от берега, покрыто теперь густым лесом.

Не менее интересен следующий факт: по свидетельству Дженкинсона, в XVI столетии был судоходен самый восточный рукав Волги — Болда. Олеарий в XVII столетии указывает на Иванчуг, как на рукав, судоходный в его время. В царствование Петра Великого судоходным является уже Ярковское устье, а в настоящее время Бахтемир, самый западный из всех перечисленных рукавов. Этот любопытный факт указывает тоже на постепенное уклонение Волги в правую сторону. Любопытно, что закон Бэра подтверждается также и железнодорожной практикой: оказывается, что в северном полушарии правый рельс стирается, портится быстрее, чем левый — подобно рекам, поезд при своем движении отклоняется вправо и с большей силой давит на находящийся с этой стороны рельс. По той же причине чаще всего железнодорожные поезда сходят в правую сторону.

Огромное значение имеет и другой процесс перемещения ложма, наблюдаемый у большинства русских рек. Одной из особенностей последних являются многочисленные змеевидные искривления (см. выше), которые обусловливаются в одних случаях самым рельефом местности, в других — различием прочности и стойкости пород, образующих долину. Таким именно змеевидным направлением характеризуются все небольшие реки южной России. Проследить дальнейшие последствия этого искривления представляет для нас особенный интерес. Вследствие отклонения от прямой линии сила потока изменяется неодинаково с правой и с левой стороны, и у выпуклого берега течение становится более замедленным, чем у вогнутого; это влечет за собой дальнейшие нарушения: в местах ускоренного течения река проявляет размывающую деятельность, и наоборот, где быстрота потока падает, происходит отложение; поэтому вогнутые берега становятся все круче (*яр*), а у выпуклых накопляются мели (*песок*). Подмывая первые, река уменьшает расстояние между двумя зигзагами и, наконец, при разливах прорывает совсем отделяющий их перешеек; русло выпрямляется: по новому кратчайшему пути река устремляется с большей силой, а старое русло замирает и образует рукав, так называемую *старицу*. Так как в старице течение сильно замедленно, то в том месте где она отделяется от реки, происходит накопление наносов, которые, наконец, совсем отгораживают слепой рукав: получая питание только в половодье, старицы превращаются в речные озера и даже болота. Следы этих местных изменений можно найти у всех рек, протекающих по низменностям, например, у Ветлуги, Волги, Десны, Дона, Оки и др. Отчетливо выражены они в долине Волги у Владимировки, где между невысокими, точно очерченными берегами мы находим чрезвычайно сложную сеть русел, стариц, озер, болот, островов и пр. То же самое наблюдается и у Енотаевска (см. любопытные карты проф. Богуславского в статье его «Волга, как путь сообщения». Сб. Инст. Инж. Пут. Сообщ. Имп. Александра I. Вып. IX, 1887).

Есть указания, что реки совершают неодиократно передвижения то в ту, то в другую сторону в одних и тех же местах. Обрывы на правом берегу Алатыри в нижней части ее течения свидетельствуют, что прежде река сильно размывала этот берег, теперь же она к нему почти никогда не подходит. По правую сторону Оби, между Барнаулом и Колыванью, тянется обширная песчаная равнина; местами она поросла густым ивняком, местами покрыта роскошными поемными лугами и множеством старых русел, доказывающих, что в прежние времена река постепенно подвигалась на запад. Нагорной стороной Обь является в этом месте левый берег; но ныне река отступила от него, и селения, приютившиеся у подошвы его обрывов, отстоят от реки версты на четыре.

Явления предпочтительного размывания то того, то другого берега имеют чрезвычайно большое значение: они объясняют происхождение чрезвычайно широких долин, которые иначе оставались бы совершенно непонятными.— *Примеч. пер.*

Значительные изменения претерпели реки Северной Германии со времен ледниковой эпохи; как показали Берендт и Жирард, они протекали тогда не в северном, а в западном или западо-северо-западном направлении и в области

нижней половины Эльбы соединялись в общий поток, который нес свои воды в Северное или Немецкое море. Древняя долина Вислы (Торно-Эберсвальдская долина) начинается в низовьях западного Буга; не доходя до Бромберга, нынешняя Висла круто изменяет прежнее направление и, прорезав прибалтийскую гряду, направляется по узкой долине к северу, древняя же долина тянется от Новогеоргиевска к Фордону, идет дальше через Накель и Кюстрин параллельно Нетце и Варте и достигает долины современного Одера; еще дальше долина направляется через Эберсвальд и посредством Финовского канала соединяется с Эльбой. К югу от нее лежит древняя долина Одера (Варшаво-Берлинская долина), еще южнее располагается Глогау-Барутская долина и, наконец, древняя долина Эльбы (см. карту 311). У Гавельберга все названные реки сливались вместе, и общий поток, образованный ими, направлялся к Северному морю. Подобно Висле, современный Одер также отклоняется от направления прежней долины его; прорезая ледниковые наносы, он течет к северу и у Штеттина изливается в Балтийское море. Долины ледниковых потоков заняты ныне небольшими реками; этим и объясняется, почему, например, долина Шпре у Берлина, прорытая на самом деле Одером, достигает таких огромных размеров. Одинаковое восточное направление рек Германии определялось тектоническими условиями, которых мы не можем здесь подробно описывать: заметим только, что ледниковые реки текли по сбросовым впадинам. Почему изменили они свое прежнее направление к северу,—в настоящее время еще неизвестно; можно только отметить, что эти изменения не носят исключительного характера и примыкают к целой группе таких же явлений; причины последних стоят, видимо, всвязи с наступлением ледниковой эпохи и во всяком случае совпадают с ней по времени.

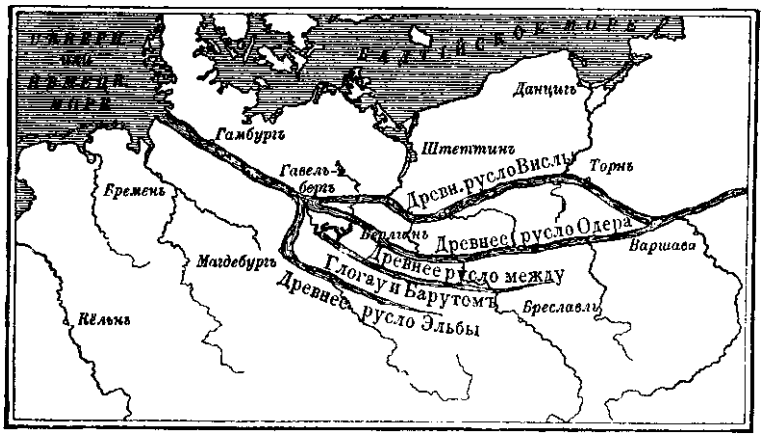



Рис. 311. **Древняя система рек в Северной Германии** (по Ваншаффе)

Другой характер носят перемещения русла в области наносов больших рек. Нередко в нижних своих частях река протекает по равнине, образованной ее же отложениями. Здесь она уже не может углублять своего русла, протекает вообще медленно и во время разливов отлагает по сторонам свои наносы; вблизи берега скапливается песок, далее—глинистые осадки; вообще по мере удаления от ложа реки и по мере приближения к ее устью отлагается все более мелкий материал; вместе с тем уменьшается постепенно и мощность наносов. Таким образом, равнина в низовьях реки является на самом деле конусом с весьма слабым наклоном его боков. Во время половодья воды реки разделяются здесь на рукава и текут соответственно естественному наклону почвы. То же происходит

и при береговых обвалах, которые загромождают ложе реки: последняя дробит и пролагает новые пути. Наиболее благоприятные условия для перемещения русла реки существуют у вершины ее конического насоса; так как накопление осадков заграждает потоку путь, то он огибает конус и направляется или в правую, или в левую сторону.

Грандиозный пример таких перемещений русла представляет *Хуан-хэ*, или *Желтая река*, в Китае, названная так, благодаря желтому цвету ее вод, богатых лессовым илом. К востоку от места впадения притока Ло-хо, эта мощная река выходит из гор и течет по густо заселенной низменности, которая представляет ее огромный конический нанос. У вершины последнего поток отклоняется иногда на юго-восток, иногда на северо-восток и изливается в Желтое море в местах, отдаленных друг от друга более, чем на 700 километров; такие перемещения русла сопровождаются сильными и опустошительными наводнениями, которые заставили назвать эту реку «горем Китая». В древнейший период о котором имеются известия, т. е. с 2300 г. до Р. Х., до начала 13 столетия носле Р. Х. река протекала в северо-восточном направлении по той низменпости, которую теперь прорезывает р. Вей-хо. Дробясь на несколько рукавов, она направлялась по склонам плато Шанси и, изгибаясь на восток, впадала в море в области Тянтсина. Начиная с 602 до Р. Х. ложе Хуан-хэ стало перемещаться к югу и в начале 13 столетия в области Кайфонга, где берега реки лежали выше окружающей низменности, поток прорвался к юго-востоку и стал изливаться в море несколько южнее Шантунга. В 1852 году река прорвала огромные плотины, устроенные Китайцами, и, производя страшные опустошения направилась опять к северу. До 1887 года Хуан-хэ удерживал неизменным новое ложе. В сентябре этого года произошло сильное наводнение, и в области Кайфопга поток опять прорвал свой правый берег, направившись к юго-востоку. Это была одна из самых страшнейших катастроф, произведенных когда-либо рекою: опа стоила многих миллионов человеческих жертв (по имеющимся известиям число погибших колеблется между 1 и 7 миллионами). Так как поток неоднократно прорывался к юго-востоку, то дробление на два рукава должно было бы считать естественным для этой реки; но китайское правительство решило заградить водам северо-восточный путь. Местным инженерам удалось соорудить огромнейшую плотину, но уже в Августе 1890 года поток снова ворвался в область Шантунга. Наряду с такими большими изменениями, сохраняющимися долгое время, происходят незначительные наводнения. В промежуток с 1872 г. по 1889 года плотина, сооруженная между прорывом 1852 г. и устьем реки, была настолько повреждена в 28 разных местах, что здесь понадобилось перестраивать ее заново. Если Китай обязан реке Хуан-хэ тем плодородием ночвы, которое доставляет пищу многочисленному населению ее паносов, то с другой стороны, нельзя не указать, что опустошения, производимые этой рекой, приносят стране страшный вред*.

---

* Некоторые из русских рек тоже не ограничиваются более или менее постепенными перемещениями в пределах своих долин, но сразу прокладывают новые русла. Примером может служить Терек. в 1863 году, в половине июля, вследствие сильного таяния снегов на горах, вода в реке стала быстро подниматься и в короткое время достигла вершины вала, отделявшего левый берег Терека от соседней низменности; напором воды этот вал был прорван, и река проложила себе новое русло от ст Дубовки прямо на север между р. Прор-

В периоды усиленного накопления галечных отложений, которые, как мы знаем, нарушают спокойное развитие реки (см. предыдущ. главу) может происходить дробление потока и перемещение его ложа в среднем и даже верхнем течении. Причина этих явлений та же, что и при грозных наводнениях Желтой реки в Китае: во время половодья река разливается до верхней границы ее террас и воды ее распространяются по окрестности в разных направлениях. Немногочисленные явления этого рода, происходившие между прочим в Германии, относятся к тому периоду усиленного отложения, который стоит в связи с наступлением ледниковой эпохи. Так напр., можно отметить разветвление долины Мульды у Гриммы в Саксонии; один рукав реки имел тоже направление, что и теперь, другие же два изливались по направлению к Лейпцигу в область Эльстера. В тот же период произошло раздробление Фрейбергской Мульды: один рукав соответствовал современному течению реки, а другой изливался от Дёбельна на север по направлению к р. Эльбе. Примерами перемещения ложа и нового разветвления реки в ледниковую эпоху особенно богаты страны, прилегающие к Альпам; здесь эти изменения распространялись на большую часть реки, начиная от Изеры и кончая Дунаем. Во всех случаях причиной перемены направления реки, служили обильные скопления наносов, загородивших прежние пути потока.

## Отложения текущих вод

Достигнув тех частей долины, где уклон значительно уменьшается, река замедляет свое течение, и твердые частицы, которые она несла в своих водах, начинают оседать на дно; здесь, как говорят, происходит *отложение речных наносов*. Если этот процесс протекает медленно и на значительных протяжениях, то образуются обширные, приблизительно горизонтальные слои ила, песка и галешника, часто чередующиеся между собой, но никогда не достигающие той равномерности, которая составляет особенности озерных и морских осадков. Вследствие частых изменений и нарушений процесса, характер залегания речных наносов становится неправильным; более значительные пласты ограничиваются сверху и снизу приблизительно горизонтальными плоскостями; между ними располагаются тонкие слои, которые идут параллельно друг другу только на небольшом протяжении и далее выклиниваются под самыми различными углами как по отношению друг к другу, так и по отношению к главным, наиболее значительным пластам. Это явление, наблюдаемое часто в песках и в образовавшихся из них песчаниках, известно под названием «ложной слоистости» (falsche Schichtung). Прекрасный пример представляет рисунок 312, где изображены песчаные отложения Навахо-Чёрч в западной части Северной Америки. Такое строение является характерным признаком речных наносов и во многих случаях позволяет установить правильную точку зрения на происхождение породы.

---

вою и Куру-Чуглубою. Этим путем Терек достиг ст. Колпичевой, а затем, разделившись на несколько рукавов, круто повернул на восток к морю.

Низовья Аму-Дарья отличаются особенным непостоянством; в годы сильных разливов река образует новые рукава, прежние лишаются более или менее значительной части воды, которую они получали, и вследствие этого мелеют или даже доходят до полного уничтожения.— *Примеч. пер.*

Если быстро текущий горный ручей достигает обширной равнины, образованной отложениями главной реки, или изливается в озеро, то у его устья образуются «конические наносы» (Schuttkegel), сходные в общем с описанными выше коническими осыпями и отличающиеся от последних слоистым расположением материала, а также большей пологостью склонов. Только очень быстрые ручьи, падающие в долину с крутых обрывов, образуют конус с наклоном боков в 5°; обыкновенно же последний столь незначителен, что характерная форма его

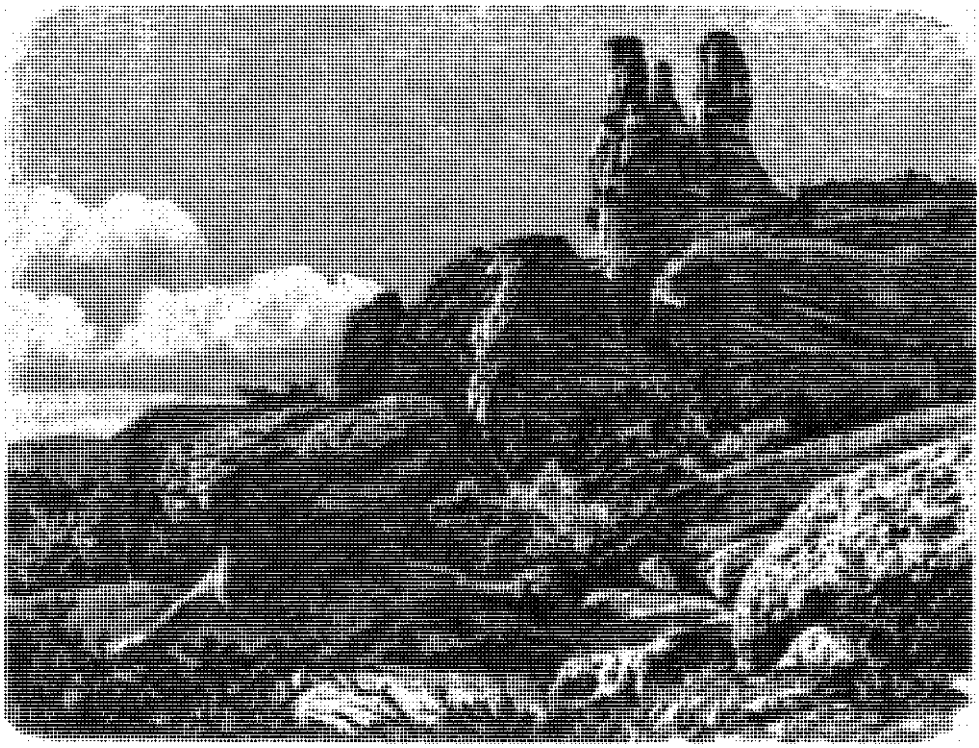


Рис. 312. **Песчаные отложения Навахо-Чёрч в западной части Северной Америки**

замечается только на некотором расстоянии или даже посредством точной нивелировки. Вдвигаясь в озера, конические наносы способствуют наростанию берега и уменьшают поверхность, занятую водой (см. рис. 313). Многие озера даже совсем заполнились осадками и превратились в болота, торфяные и травянистые степи, но по формам окружающей местности геолог точно отмечает их местоположение. В других озерах можно определить пространство, занятое наносами, и по быстроте роста последних предсказать, до какой именно черты распространятся они через известное время.

Часть озера или моря, заполненная наносами реки, называется *дельтой*. Примером может служить Нил. Выходя близ Каира из узкой долины, эта река разбивается на несколько рукавов, которые ограничивают треугольный наносный участок суши (см. карту на рис. 314). Вершина этого треугольника лежит у г. Каира, а основанием его служит морской берег. Греки сравнивали

эту область с четвертой буквой их алфавита,—дельтой, которая имеет начертание: Δ; отсюда произошло упомянутое выше название, перенесеиное впоследствие на все те области, которые располагаются у устья рек и, ограничиваясь рукавами последних, обладают треугольной формой. В настоящее время этим словом пазывают вообще область наносов реки у ее устья.

Дельты, образующиеся у берегов моря («морские и океаиические дельты»), значительно превосходят своими размерами речные наиосы у берегов внутренних

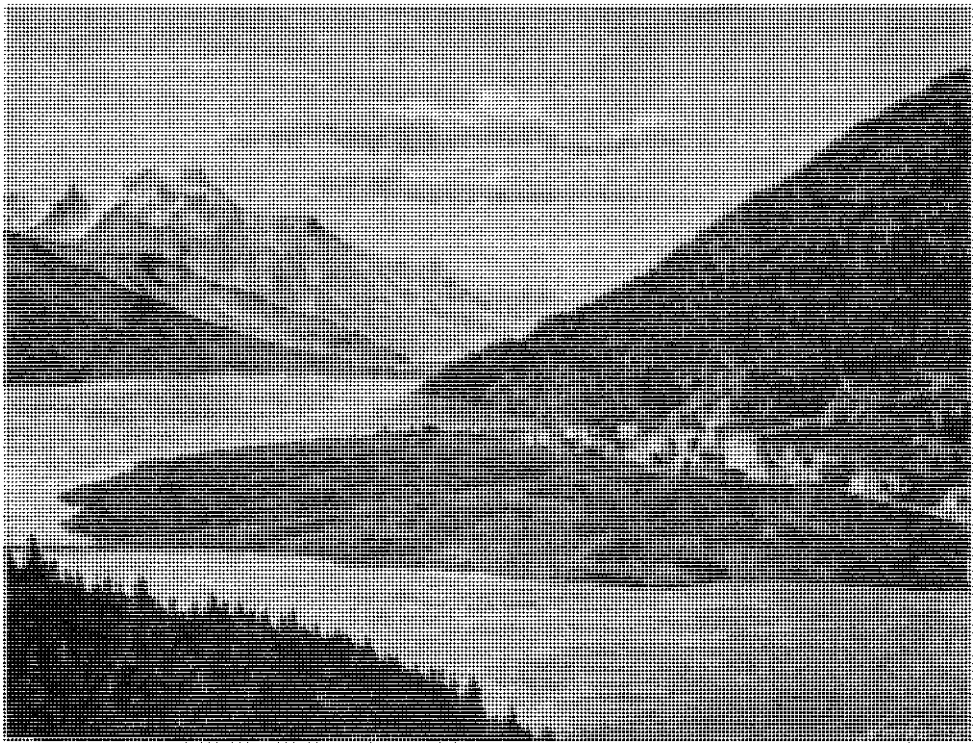


Рис. 313. **Конические наносы у Сильваплана в одном из озер Верхнего Энгадина**

озер («озерные, или пресноводные дельты»). Низменные, плодородные области в низовьях Нила, Евфрата, Ганга и Гоанго были местом древнейших поселений, тем ядром, откуда распространялась человеческая культура; многие из них принадлежат и теперь к числу наиболее плотно заселенных частей земной поверхности. Одни дельты, как, напр., у р. По и Миссисипи, выступают в море, другие лежат на одной линии с берегом, и, наконец, третьи образуют входящие углы. Эти три вида дельт представляют разные стадии одного процесса, который протекает следующим образом: первоначально у устья реки образуется воронкообразпая бухта, со слабо соленой водой, так называемый «эстуарий»; речные наносы постепенно заполняют эту бухту, дельта выравнивается с берегом и, наконец, образует вдающийся в море выстун. Не следует, однако, забывать, что этот процесс, прежде чем достигнуть полной закончепности, неоднократпо парушается противодействующими силами, напр. береговыми течениями.

Наносы повышают ложе реки и способствуют образованию валов по обеим сторонам его; первое время эти валы, не достигая еще значительной мощности, легко прорываются потоком и открывают нути для новых рукавов. Благодаря отложению осадков и прорывам берегового вала, река все более разветвляется и образует целую сеть рукавов, отделяющих друг от друга многочисленные острова; те ветви нотока, которые несут мало осадков, совершенно отрезаются от реки валами соседних рукавов и образуют замкнутые озера.

Образование дельт значительно ускоряется действием морского прилива и отлива. Волны несут к берегу песок и гальки, которые во время отлива увлекаются назад только отчасти. Вследствие этого происходит накопление принесенного морем материала, и у берега появляется вал; последний иногда совсем отделяет от моря мелководную бухту. Процесс значительно ускоряется, если в эту бухту изливается река, и в том месте, где прибойная волна встречает поток, наконление осадков усиливается. Таким способом образуются лиманы и гафы, отделенные от моря узкими косами с прорывами в одном или нескольких местах.

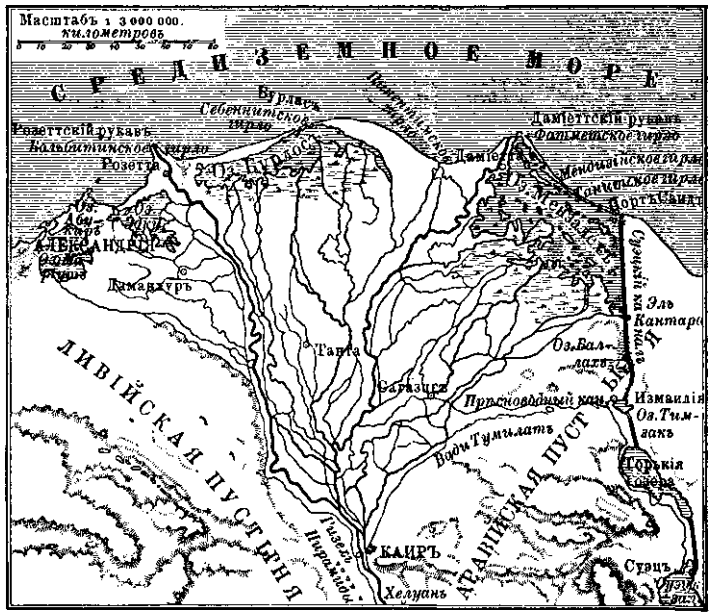



Рис. 314. **Дельта р. Нила**

Примерами могут служить «гафы» Балтийского моря, (см. карты 315—316), отделенные нерунгами (Nehrung), étangs у французских берегов, «лагуны» Венеции с отделяющими их «лидо» и, наконец, «лиманы» Черного моря, совершенно отрезанные от моря «пересыпями» или «стрелками».

Внутри отделенных лиманов и гафов происходит усиленное отложение осадков, и рост дельты идет здесь весьма быстро. Примером может служить огромная дельта р. Нила в Нижнем Египте, достигающая 2,200 квадратных километров и отделяющаяся от моря ясно выраженной стрелкой; вся лагуна заполнена осадками, за исключением лишь мелководных болотистых озер; дальнейшему вторжению наносов в область Средиземного моря препятствует отделяющая их пересыпь. Другой характерный представляют пример реки По и Эчь. Между лагунами Венеции и Кьодджьей на севере и лагунами Комаккьо на юге располагаются их дельты, заметно выступающая в море (см. карту на рис. 317); в ту и другую сторону от них тянутся цени древнего вала, образующего соединение между «лидо» (стрелками) Венеции и Комаккьо. Очевидно, прежде существовала в этом месте одна обширная лагуна; северная и южная

части ее сохранились, так как впадающие сюда небольшие реки несут немного осадков, а середина была заполнена наносами По и Эча, дельты которых быстро распространяются за пределы лагуны и отвоевывают у моря все новые пространства. С XIII по XVII столетия наносы По каждый год передвигались в море на 25 м, а в новейшее время даже на 70 метр.; ежегодный прирост дельты превышает 1 квадр. килом. Третий пример представляет Миссисипи, дельта которой увеличивается независимо от существования лагуны. Воды «отца рек» несут в море огромные количества твердых осадков, приблизительно около 28 миллионов куб. метров в год. Мощная и широкая дельта этой реки занимает около 3,200 квадр. килом. Множество мелких рукавов, так на-

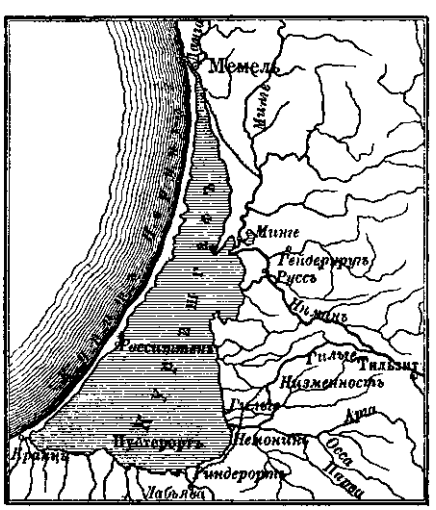



Рис. 315—316. **Куриш-гаф и Фриш-гаф**

зываемых «Bayou» отделяются от главного потока, который отлагает свои наносы в чрезвычайно своеобразной форме: по обеим сторонам он накопляет узкие валы и затем разделяется на три главных рукава (Pass), берега которых сопровождаются такими же валами; последнее постепенно повышаются и передвигаются вперед (см. карту на рис. 318).

Как ни огромны наносы Нила и Миссисипи, они все же уступают по своим размерам и массе дельтам больших азиатских рек; так, например, общая дельта Ганга и Брамануры превышает 8,000 километр.; еще грандиозные наносы китайской реки Гоанго, которая по богатству ее осадков занимает едва ли не первое место в мире; желтый цвет приносимого этой рекой ила сообщает своеобразную окраску всему морю, откуда и произошло его название.

Но не все реки, изливающиеся в море, образуют дельту, несмотря даже на огромное количество твердых частей, которые они несут в своих водах. Некоторые большие реки не только не отлагают в своем устье наносов, но даже расширяют русло и сообщают ему воронкообразную форму. Влияние прилива и отлива обнаруживается в этом случае на далеком расстоянии вверх по реке. Прекрасными примерами могут служить Эльба, Везер, Темза, Жиронда, Сена и Таго в Европе, р. Св. Лаврентия и Амазонская в Америке.

Почему в одних случаях образуется воронкообразное устье, а в других случаях происходит накопление дельтовых отложений,— нельзя еще решить окончательно. Было бы большой ошибкой думать, что причина этого кроется в неостижимости деятелей, производящих указанные уклонения. Обыкновенно хотят все однородные явления объяснить общей причиной, свести их к одному и тому же принципу; но в действительности одинаковые последствия вызываются разными причинами, и каждое данное явление служит результатом целого ряда процессов. Так, напр., отсутствие дельтовых отложений может объясняться быстротой течения реки, которая уносит свой ил далеко в море (Миссисипи). В других случаях причину явления следует искать в тех озерах, которые прорезывает река на своем пути и в которых она оставляет свои осадки (р. Св. Лаврентия). Рельеф морского дна у устья также не остается без влияния: у плоских, низменных берегов дельты образуются легче, чем у крутых; впрочем, при богатстве осадков и в последнем случае возможен быстрый рост дельты. Далее следует принимать в расчет приливы и отливы, которые противодействуют накоплению осадков и росту дельт: последние образуются гораздо быстрее во внутренних морях, чем у открытых берегов. С другой стороны, прилив может действовать и в обратном смысле; если, напр., река обладает слишком быстрым течением и не обнаруживает наклонности к образованию дельты, то приливные волны, задерживая поток, могут вызвать отложение осадков.

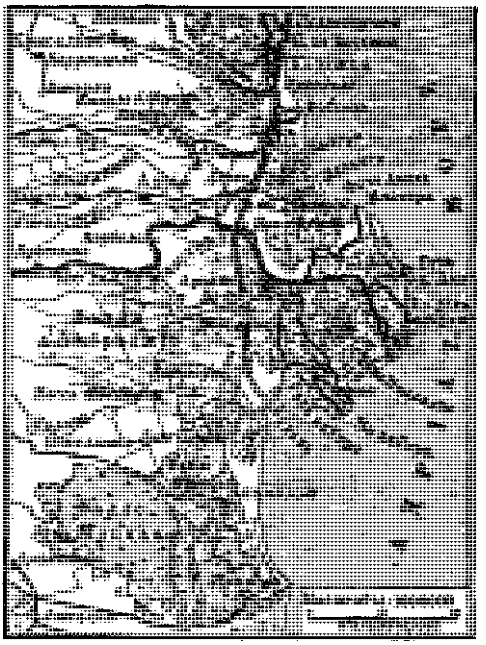


Рис 317 **Дельта р. По**

Наконец, поднятие и опускание суши имеют весьма важное значение в рассматриваемом вопросе: дельты должны образовываться преимущественно у тех берегов, которые постепенно и медленно приподнимаются; наоборот, даже при обилии речных наносов дельты остаются под водой («подводная дельта»), если берег постепенно опускается. Не может быть никаких сомнений, что отрицательное движение береговой линии способствует образованию дельт, а положительное противодействует этому процессу. Но и это положение следует принимать не без оговорок; при очень сильном количестве осадков влияние, производимое оседанием берега, парализуется, и наоборот, там, где происходит отрицательное движение береговой линии, дельта может отсутствовать в силу указанных выше причин. Доказательством того, что поднятие берега не является необходимым условием образования дельт, служит существование последних во внутренних морях.

Реки России представляют богатый и разнообразный материал для изучения дельт. Нева, Сев. Двина, Печора, Волга, Дон, Днепр, Днестр, Кубань, Рион, Терек, Обь, Енисей, Лена и множество других наших рек несут к морям обильные количества твердых частей и образуют дельты. Уже беглый взгляд на карты показывает, насколько разнообразны устьевые образования русских рек как по своим размерам, так и по величине и числу составляю-

щих их островов. Но ближайшее изучение дельт обнаруживает также любопытные особенности в их строении и в способах образования.

В одних случаях дельты представляют ряд островов с ясными и определенными очертаниями; эти острова отделяются более или менее значительными рукавами и переходят, наконец, в мели, которые на значительном протяжении образуют подводное продолжение дельты. Такой именно характер носит дельта Невы, на больших островах которой, украшенных дворцами, парками и садами, раскинулась значительная часть Петербурга. Надводная часть невских наносов состоит из островов Петербургского, Аптекарского, Каменного, Елагина, Крестовского, Петровского, Васильевского, Голодая, Вольного, Кашеварова, Жадимировского, Гугуевского, Резвого, Турухтанного и еще нескольких незначительных. С внешней стороны она ограничивается неровной, разорванной окраиной, которая вдоль северного и южного берега реки вдается в залив, в середине же образует впадину. Между этими островами Нева разделяется на пять главных рукавов и несколько небольших протоков, глубина которых постепенно уменьшается с приближением к заливу; каждый рукав заканчивается баром (мелью) из твердого песка. Подводным продолжением дельты служат обширные мели, простирающиеся от материка и островов; между оконечностью Елагина острова и Лахтою лежит отмель Собакина; далее к югу следуют Крестовская отмель Вольного острова, Галерной косы, Золотая, Синефлагская, Белая и Канонерская. Дно Невской губы до Кронштадта покрыто мелким песком; только около меридиана Петергофа и ближе к Кронштадту изредка встречается ил и местами крупный песок. Течение идет серединой губы; при береговых и тихих восточных ветрах со скоростью 0,42 фут. в секунду, а при свежих восточных — 2,52 фут.; при сильных западных оно почти совсем прекращается, и река, задержанная в своем движении, выступает из берегов и затопляет низменные части столицы. Примером таких наводнений может служить грозная катастрофа 1824 г., воспетая Пушкиным в его «Медном Всаднике».

Дельта р. Днепра, в общем принадлежащая к тому же типу, обладает, однако, многими любопытными особенностями. Острова, образующие ее, находятся в различных стадиях развития; так напр., Погорелый остров, расположенный между Днепром и его рукавом Конкою, представляет целый лабиринт многочисленных плавней, которые разделяются притоками, ериками и лиманами. В юго-восточной, более старой части острова, суша преобладает над водой, в северо-западной — наоборот; здесь мы находим множество озер с короткими и широкими проливами, места, занятые водой, выступают в виде узких прибрежных каемок, часто поросших камышем и едва поднимающихся над водой. Вследствии большого скопления озер и речек, суша в западной части острова не имеет определенного очертания и от засорения протоков меняет свою форму через небольшие промежутки времени. На других островах дельты также находятся многочисленные озера. Вследствие накопления наносов окраины островов растут, и когда они поднимаются выше уровня реки в половодье, внутренние озера перестают получать питание они мало-помалу затягиваются растительностью, превращаются в болота и наконец совсем пересыхают.

Несмотря на разнообразие очертаний, все острова и плавни вытянуты по направлению реки; в середине они более или менее расширены, и к концу суживаются и заостряются. Части их, обращенные против течения, древние, а потому и возвышеннее противоположных им. Крайние острова и плавни заканчиваются расширениями; как показали измерения, суженные части их находятся еще под водой. Мели простираются не далее как версты на три в глубь лимана: они постепенно понижаются и на 14-футовой глубине, находящейся иные на меридиане острова Солонца, совершенно сливаются с поверхностью лиманного русла.

Острова и плавни днепровской дельты имеют различный состав. Материалом, из которого образованы многие плавни у гирл и восточные части островов между главными рукавами реки, является песок; остальная довольно значительная часть Днепровской дельты состоит из растительных остатков, переслаивающихся с песком и илом; последние острова и плавни, обладающие более смутными очертаниями, тем более любопытны, что они резко отличают Днепровскую дельту от Невской и представляют как бы переход к дельтам другого типа: они растут в затишьях, отделенных песчаными отмелями или островками вливающиеся сюда притоки быстро отлагают землистые вещества и образуют отмель с иловатым грунтом; последняя одевается скоро осокой и камышем. Зимой и осенью отмершие части этих растений отчасти разлагаются, отчасти остаются в виде крупных обломков. С наступлением половодья и с увеличением скорости течения в притоке начинает отлагаться более грубый материал в виде песка. Летом появляется новое поколение растений и опять происходит отложение илистой мути. Камыш и осока, которые разрастаются на окраине развивающейся плавни, задерживают весь ил и загораживают от дальнейших наносов находящееся за ними пространство; последнее превращается в озеро или непроходимое болото; наконец, затягиваются отдельные протоки, и несколько плавней соединяются в один болотистый остров.

Подобные же процессы дельтообразования наблюдаются на Дону, Северной Двине, Волге, Урале, Печоре, Оби, Енисее, Лене, Яне, Колыме, Индигирке, Хатанге и др. Некоторые из этих дельт, как напр., у С. Двины, отличаются от других своей разорванностью, т.е. составляющие их острова разделены обширными плесами, которые достигают 8 верст в ширину; впрочем, разорванность Двинской дельты совершенно исчезает, если присоединить к ней значительные отмели, лежащие между отдельными рукавами. Среди устьевых образований главных сибирских рек особенное внимание обращают на себя дельты Оби и Лены по тому контрасту, который они представляют в своей величине. Дельта Оби помещается в огромной губе, простирающейся в ширину на 50 миль, а в длину от 67° до 73° с.ш.; несмотря на это, она очень незначительна и состоит всего лишь из 14 островов, между которыми 5 маленьких. Совершенно противоположна ей огромная дельта Лены, большая часть которой далеко вдается в океан; она состоит из безчисленного множества островов, средн которых насчитывается до 7 главных. Со стороны материка дельта ограничивается крутыми ущелистыми берегами, тогда как громадные острова ее низменны и песчанисты. Главные рукава имеют от 56 до 106 км в длину, а при устьях достигают до 10,5 километров в ширину. Между многочисленными островами выдаются по величине Боркая и Хангалатскнй: первый из них обладает размерами в 100 км в длину и 58 км в ширину. Чтобы судить о грандиозности этой дельты, достаточно сказать, что только с северной стороны она омывается океаном на протяжении 425 километров.

Гораздо реже наблюдаются дельты того типа, который характерно выражен у Кубани и Днестра. Это сплошные и болотистые равнины, прорезанные множеством мелких протоков, ериков, замкнутых заливов (внутренних лиманов) и озер; главная особенность их заключается в недостатке больших речных рукавов и в неопределенности очертаний отдельных островов. Так, Кубанская дельта, несмотря на многие частные особенности, в существенных чертах представляет сходство с теми частями Днепровской дельты, где отлагается ил; это сходство распространяется и на самый материал, из которого образуются осадки; Кубань приносит только самую нежную муть, и почва здешних плавней состоит исключительно из ила с растительным перегноем. Дельта рассматриваемой реки совершенно противоположна Невской.

Свойства образующейся дельты стоят в связи с формой залива, в которой изливает река свои воды. Днепр, Дон, Волга, Сев. Двина, Печора и др. реки, распадающиеся на достаточное число резко обозначенных рукавов, изливаются в постепенно расширающиеся залнвы. Наоборот, Днестр и Кубань, дельты которых прорезываются бесчисленными ериками, протоками и озерами, впадают в бассейны, сразу представляющие значительную ширину. В первом случае река действует равномерно на воду залива и сообщает движение всем ее точкам, за исключением тех мест, где вследствие неровностей дна, влияние ветров и других причин происходит отложение осадков; в виду этого общая струя распадается на отдельные рукава с более или менее правильным делением. Иные условия наблюдаются во втором случае: вступая в широкий залив, река приводит в движение только узкую полосу, находящуюся перед ней; вся остальная масса воды, располагающаяся между движущейся струей и берегом, не затрагивается речным течением, и на границе ее как с той, так и с другой стороны происходит отложение землистых частиц. Таким образом, полагается начало будущей дельты, которая в простейшем виде представляет две полосы наносов; струя, протекающая между ними, меняет свое направление от встречаемых ею препятствий; она легко прорывает сопровождающие ее берега и образует новые протоки, вдоль которых опять отлагаются по обеим сторонам наносы. Вследствие этого залив покрывается неправильной сетью плавней, которые отделяются друг от друга протоками разной величины и остатками открытых частей залива, находящимися в разных стадиях изменения (*И. Левяковский*).

Но описанные выше типы дельт не охватывают всего разнообразия их. Некоторые, как, напр., Терека и Куры, носят более сложный характер и соединяют в себе особенности того и другого типов. Двойственность замечается даже в дельте Днепра. Мы не имеем здесь возможности описывать все формы устьевых образований наших рек и вдаваться в подробную оценку классификаций, которые до сих пор были предложены; в вопросе о происхождении дельт многое остается еще неясным, а потому попытки свести их к определенным группам должны считаться преждевременными. Изучение дельт тем более осложняется, что в некоторых случаях они обладают крайне неопределенными границами. Эта неопределенность является следствием перемещений русла, которые, как мы знаем, часто происходят в низовьях рек (см. стр. 573). Пролагая путь по готовым уже площадям суши, реки не только затемняют границы дельт, но и усложняют строение последних: в составе их оказывается острова, по своему образованию не имеющие ничего общего с новейшими речными наносами; так, напр., среди низменной Аму-Дарьинской дельты выдвигаются отдельные возвышенности,—Бель-тау, Бурлы-тау, Кубе-тау и др., состоящие из пород более древних, чем окружающая равнина. То же наблю-

дается и в дельте Кубани: самый восточный из ее рукавов, Ангелинский ерик, не составляет границы плавней, а прорезывает своим руслом и возвышенную степь, которая таким образом не имеет никакого резкого разграничения с дельтой. Отсюда видно, что крайние рукава реки нельзя считать границами ее устьевых образований; эти границы могут быть определены только посредством тщательного геологического исследования местности.

В каждой дельте происходят непрерывные изменения, выражающиеся исчезновением одних частей и нарождением других. Некоторые из островов по временам подвергаются разрушению — главным образом под влиянием действия льда (см. ниже). В устье С. Двины островки Сяски с 1793 года стали уменьшаться; в 1832 году от Большого Сяска оставался клочек в 20 саж. шириной, а в 1834 г. его окончательно смыло льдом; тринадцать лет спустя вода достигала в этом месте 6 фут. глубины. Подобным же образом исчез и остров Марков, который имел прежде около 200 саж. в длину; еще в 1810 г. на нем стояла батарея о 12-ти орудиях, а в 1814 г. остров этот был совершенно уничтожен. В устье Б. Невы против Косой линии Васильевского острова существовал остров, имевший в 1800 г. 55 саж. в длину; на плане 1834 года он уже не показан, и на его месте отмечена мель, покрытая водой на 3—5 фут.

Но образовательные процессы преобладают над разрушительными, а потому дельты непрерывно возрастают. Некоторые древние города, прежде находящиеся при море, ныне отстоят от него на несколько верст; так, напр., на месте старой крепости Поти, построенной 300 лет назад у устья Риона на самом морском берегу, ныне разведен городской сад, находящиеся в двух верстах от моря. Ввиду таких фактов история развития дельт представляет не только научный, но и практический интерес. Средством для разъяснения этого вопроса должно служить сравнение карт и планов, снятых в разные времена; но, к сожалению, такие сравнения произведены только для немногих наших судоходных рек.

Так, напр., о возрастании Невской дельты известно следующее. На плане 1698 г. нет еще острова Вольного; на карте 1785 года он уже обозначен; на плане 1792 года этот остров разделен на 3 части, которые на карте, изданной в 1834 г., соединены уже вместе. Мели в устьях Невы также увеличились. С 1800 по 1834 г. Синефлагская мель удлинилась на 60 саж., а Золотая на 230. Вообще съемки Невской дельты, произведенные с 1718 по 1864 гг., показали, что острова и береговая полоса увеличились в этот период времени на 1,373,871 кв. саж. причем более быстрому возрастанию подлежали части дельты, ближайшие к заливу; отсюда ежегодный прирост оказывается равным 9410 кв. саж. Этот вывод важен в том отношении, что он позволяет определить время, когда будет занесена вся Маркизова лужа (так называют часть Финского залива от Кронштадта до устья Невы), а Нева будет вытекать в море около Кронштадта; оказывается, что для этого необходимо 3320 лет, и в это время должно отложиться около 351,100 куб. метр. осадка. Впрочем, такие вычисления слишком приблизительны, и в какой степени можно полагаться на них — будет выяснено ниже.

Весьма распространено мнение, что дельта р. Дона возрастает чрезвычайно медленно; исследования Бэра, Ленца, Гельмерстена, Стефани, Веселовского и Куника привели к заключению, что она в течение 2000 лет почти не изменялось. Заключение это основывалось главным образом на свидетельстве древнего географа Страбона, который указывал, что в 100 стадиях от устья Дона находился остров Алопекия, где собирались люди разных наций. По мнению названных ученых, «этот остров не иной какой, как тот, который лежит вблизи Таганрога и ныне именуется Черепахой»; он отстоит на 22 версты от северного рукава Дона, а это расстояние во всяком случае не меньше показанного Страбоном». Отсюда выходит, что дельта Дона не только не увеличилась, но даже несколько уменьшилась. Но Черепаха — низменный островок, по временам покрываемый водой; только в одной своей части он был несколько поднят искусственно по повелению Петра I; поэтому, как думает проф. Левяковский, невероятно признать Черепаху за Алопекию, которая была к тому же окружена еще многими другими островами. Наоборот, ряд несомненных фактов свидетельствует, что Донская дельта возрастает довольно быстро: так сличение съемок 1822 г. и 1851 г. показывают увеличение ее длины на 1030 саж. (около 37 саж. в год). По наблюдениям местных жителей дельта удлинилась в 40 лет на две, а в некоторых местах и на три версты. Кроме того, известен следующий факт: в 1855 г. при устьях Кутермы и Каланчи были построены батареи на самой окраине дельты, которая через 11 лет подвинулась на $^1/_2$ версты: следовательно, прирост ее совершался со скоростью 23 сажен в год.

Что касается других рек, то об них известно следующее: надводная часть днепровской дельты подвинулась в лиман с 1779 по 1867 год на 6 верст, а подводная часть ее с 1814 по 1836 г. возросла более, чем на $1^1/_2$ версты. Дельта Волги увеличилась в течение 70 лет на 13 верст (97 саж. в год); дельта Терека с 1841 по 1863 г. возрастала со скоростью 45 саж. в год. Сведения относительно других рек или совсем отсутствуют, или же страдают неполнотой.

Кроме дельтовых образований в жизни наших рек огромное значение имеют наносы, происходящие на всем их протяжении. Жалобы на обмеление естественных водных путей России раздаются со всех сторон и проникают даже в периодическую печать, а потому было бы непростительно обойти здесь молчанием этот вопрос.

Песчаные отмели,—перевалы и перекаты, и небольшие островки, осередки, обыкновенно поросшие «тальником», появляются всюду, где замедляется течение. Весьма обыкновенной причиной образования их служит впадение притоков, которые при встрече с главной рекой замедляют свое течение и вследствие этого отлагают осадки. В пределах Ярославской губернии между многочисленными мелями Волги две особенно затруднительные для судоходства — Балуевская и Копринская — располагаются против впадения довольно быстрой речки Стугны. В Нижегородской губернии, вслед за впадением Оки, Волга образует громадные отмели во всю ширину русла и вскоре затем покрывается рядом довольно больших островов. Против устья Камы она делится островами на два рукава. На Дону в Воронежской губ. немало мелей располагаются против устьев рек. То же наблюдается на Днепре, Свири и др. реках.

Другая причина образования мелей — змеевидные искривления реки; как мы уже знаем, у выпуклого берега, образуется полоса затишья. Отложение более крупных частей мути начинается на границе быстро текущей струи, что довольно близко соответствует направлению реки в предшествующем участке. Таким образом на этом месте возникает песчаная коса; при достаточном развитии ее у берега является вполне защищенный заливчик, в котором отлагаются и более нежные глинистые частицы; такая, напр., коса в $1\frac{1}{2}$ верст. длиной и 70 саж. шириной находится на Волге против Нижнего; она образовалась в течение каких-нибудь 30 лет. Если поворот крут, то увеличивающаяся коса направляется к противоположному берегу под значительным углом. Но речная вода, ударившись в один берег, тотчас же отражается к противоположному; поэтому у вогнутой стороны колена тоже возникает полоса затишья, и на границе последней образуется вторая коса. Влияние поворотов реки на появление мелей можно видеть, напр., на реке Дон; так, в пределах Воронежской губернии многие перекаты обязаны своим происхождением изгибам реки.

Наконец, причиной образования мелей, постепенно превращающихся в острова, служат отдельные, часто самые незначительные препятствия, производящие местное ослабление течения; так действуют подводные и надводные камни, затонувшие деревья, барки и т. п. На Днепре есть много гранитных островков, к которым примыкают спереди песчаные площадки, продолжающиеся далее в виде подводных кос. Во время Крымской войны в Днепре ниже Херсона затонула барка, и на этом месте образовался целый остров.

Во время половодий воды реки приносят огромные массы нового материала, и мели, а также острова в руслах их ежегодно увеличиваются в числе и размерах. Постепенно нарастая, они в то же время передвигаются по направлению течения; так, напр., остров Потемкина на Днепре прежде находился в $3\frac{1}{2}$ верстах от Херсона, а в 1861 году отстоял от него уже на $5\frac{1}{2}$ верст. Такое передвижение зависит от того, что «приверх» острова размывается, а «хвостье», т. е. нижний конец, продолжает нарастать.

Вследствие обильного отложения наносов, реки прогрессивно засоряются и дробятся на рукава и протоки; вместе с тем фарватер, а иногда и все судоходное русло претерпевает частые изменения.

Обмеление распространяется даже за пределы дельт; землистые вещества уносятся на далекое расстояние от устья, и озера и заливы наводняются осадками. Так воды Оби и Енисея образуют в Карском море мутные струи на значительном расстоянии от берега. Видимое распространение ила, доставляемого Северной Двиной, выражается грязно-желтоватым цветом воды в заливе до линии, идущей от Неноксы до Куи. Особенная мелководность северо-западной части Каспийского моря совпадает с распространением волжской воды, которая достигает Серебряковской пристани, лежащей в 100 слишком верстах от ее дельты, а при свежих северных ветрах — даже до Тюленьего острова (140 в.). Возрастающее накопление осадков оказывает ощутительное влияние на изменение глубины прибрежных частей. Северная часть Каспийского моря обмелела, так сказать, на наших глазах. Сравнение новейших карт с прежними показывает, что глубина в этой части моря за последние 50—60 лет уменьшилась на 2—7 футов. Точно так же в Азовском море (древнейшая карта его относится к XVII столетию) Таганрогский залив обмелел до Белосарайской косы. В этой части моря, прибрежья стали мельче, косы удлинились, и фарватер между ними сузился; глубина в разных местах уменьшилась на 1—4 и даже 10 фут.

Еще резче обнаруживаются следы наносной деятельности рек в озерах. Мы имеем ясные указания на то, что в России многие озера окончательно исчезли, а сохранившиеся до настоящего времени уменьшили покрываемые ими площади и понизили их прежние горизонты. Причинами, которые неизбежно ведут к уменьшению глубины и размеров озер, служит не

только образование осадков на дне их, а также и понижение питания, вследствие пересыхания впадающих в них рек. Убыль озер и рек сопровождается зарастанием, чем еще более усиливается и ускоряется уменьшение их глубины. Ближайшим следствием является превращение их в болота с так наз. «окнами». Ростовское озеро окружено в настоящее время низменными берегами, которые заросли по краям широкой полосой камышей; на поверхности его плавает множество островков, из которых, впрочем, самый большой уже неподвижен. В течение 72 лет озеро уменьшилось на 100 десятин и 215 квадр. саж. Карачуновское озеро в Романовском уезде, Ярославской губернии, представляет ныне болото, заросшее лесом. В Олонецкой губ. можно наблюдать всевозможные стадии развития торфяников, свидетельствующие о несомненном происхождении их из озер. То же наблюдается в степных частях России. Значительное число речек, изливающихся в оз. Ала-куль, растягиваются при своих устьях в ряде небольших озер, густо поросших тростником. Аму-Дарья в своих низовьях делится на многочисленные протоки, которые в свою очередь дробятся на постепенно уменьшающиеся струи, и, наконец все зарастает сплошными камышами. Значительные притоки Сыр-Дарьи и Аму-Дарьи (Чу, Сары-су, Зеравшан и др.), приносившие прежде огромные массы воды, теперь совершенно не доходят до них. Вследствие климатических условий, озера средне азиатских степей теряют огромные количества воды посредством испарения; при пониженном же питании их реками, расход не покрывается притоком извне, а потому усыхание идет гигантскими шагами.

Говоря об обмелении, нельзя не коснуться вопроса о значении лесов. Много писалось о влиянии последних на климат вообще и на количество ежегодно выпадающих осадков; но вопрос этот и по сию пору слишком мало разработан с научной точки зрения. Зато значение лесов, как регуляторов в расходовании воды, которую получает покрытая ими местность в виде снега и дождя, не подлежит никакому сомнению. Под защитой лесного покрова потеря воды через испарение уменьшается; таяние снега распределяется на более продолжительное время, снеговая и дождевая вода стекает медленнее и, задерживаясь многочисленными препятствиями, дробится на мельчайшие водяные жилы. Вследствие этого в почву успевает всасываться гораздо более влаги, чем на открытом месте, и питание источников усиливается. Наоборот, количество воды, непосредственно стекающей в реки, уменьшается и вместе с тем с поверхности увлекается меньше твердых частиц. Все эти благоприятные условия исчезают вместе с вырубанием лесов и заменяются противоположными. Доказательств не приходится подыскивать. В Рязанской губернии на возвышенной местности прежде был лес, и у подошвы ее вытекал ключ; в 1867 году началась хищническая порубка леса и в 1871 г. уже не было и самого источника. В Новгородской губернии в одном имении находился ручей, который даже в сухое время года приводил в движение мельницу; но после истребления окрестных лесов он иссяк. В окрестностях Иркутска вследствие той же причины исчезли многочисленные источники.

Быстрое и неразумное истребление лесов резко отражается на состоянии судоходных рек, размеры половодий тотчас же увеличиваются, но продолжительность их уменьшается; вместе с тем удлиняется меженное состояние, и уровень воды сильно падает. Так, напр., разность уровней в половодье и в межень на р. Оке прежде равнялась 4 арш., а теперь достигает 3 саж. То же замечено и на Волге.

Таким образом, для защиты наших рек от прогрессивного засорения необходима самая энергичная борьба с хищническим уничтожением лесов. Без этого все предлагаемые мероприятия по расчистке и углублению русел не приведут к желаемой цели, и, несмотря на огромные денежные затраты, обмеление рек будет продолжаться с угрожающей быстротой.— *Примеч. пер.*

## Разрушительная деятельность моря

Деятельность стоячих вод и, главным образом, моря существенно отличается от тех явлений, с которыми мы знакомились до сих пор; разрушительное действие морской воды ограничивается небольшим пространством: на значительных глубинах воды океана не способны производить размывание,— здесь происходит отложение осадков,— и только у самых берегов прибой волн (Brandung) во время прилива и бурь действует разрушающим образом на горные массы.

На этой узкой полосе разрушение достигает весьма значительных размеров. У берегов открытого океана прибойные волны обладают огромной силой и во

время больших бурь передвигают и катят каменные глыбы более, чем в 100 центнеров весом. При помощи динамометрических приборов удалось определить величину механичееого действия прибоя: у Бристольского канала волны производят давление в 137 килограммов в горизонтальном и в 11,500 килогр. в вертикальном направлении на 1 квадр. метр; у Чивитавекии давление достигает 16,000 килограмм., а у северных берегов Шотландии во время сильных бурь — даже 30,000 килогр. на 1 квадр. метр. Огромною силой морских волн объясняются страшные разрушения, которые происходят у бурных берегов: на Унсте, самом северном из группы Шетландских островов, волны нередко разбивают окна маяка, находящиеся на высоте 59 метр. над уровнем моря, а у Вика в Шотландии была однажды сброшена каменная глыба, объемом в 320 куб. метров и, несмотря на огромный вес (13,500 центнеров), передвинута волной на расстоянии 15 метров.

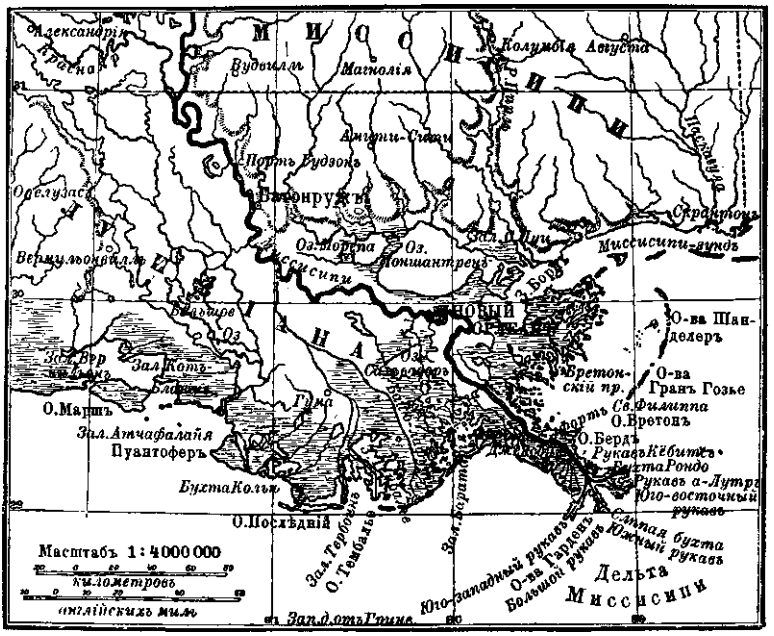



Рис. 318. **Дельта р. Миссисипи**

Целый ряд условий усиливает разрушительное действие волн. Соли, растворенные в морской воде, углекислота и кислород разъедают горные массы; камнеточцы, сверлящие черви, морские ежи и губкн разрыхляют породу и увеличивают поверхность соприкосновения ее с раствором. Ветвистые корни водорослей охватывают прибрежные утесы со всех сторон и проникают в их трещины; с каждым новым прибоем скалы разрыхляются и, наконец, во время сильных бурь обрушиваются вместе с одевающими их водорослями. У северных берегов к этому ряду деятелей присоединяется мороз; вода, заполняющая трещины скал, при переходе в лед расширяется и постепенно раздробляет породу на отдельные обломки. Каждая волпа несет огромные массы галек, песка и ила, и удары последних о берег можно сравнить с действием ружейного выстрела: таким образом, присутствие в морской воде твердых частиц значительно усиливает размывание.

В тех местах, где морские волны достигают такой огромной силы, должны произойти весьма важные геологические изменения. Так, напр., известно, что о-в Гельголанд обладал прежде более значительнымн размерами, нежели тенерь, н что действием прибоя берега его разрушались и оторванные глыбы скатывались в во-

ду; в настоящую минуту остров значительно меньше, чем был он 1000 лет назад, хотя нельзя не указать, что прежние описания страдают некоторым преувеличением. Точно также в прибрежных областях Англии и Нормандии ежегодно обрываются огромные глыбы, и в некоторых местах разрушение столь же значительно, как и на Гельголанде: так, напр., в период времени с 1824-го по 1829 год у берегов Суффолька унесено морем 16 м суши.

С такой же поразительной быстротой разрушаются берега у Нью-Джерси: пу-

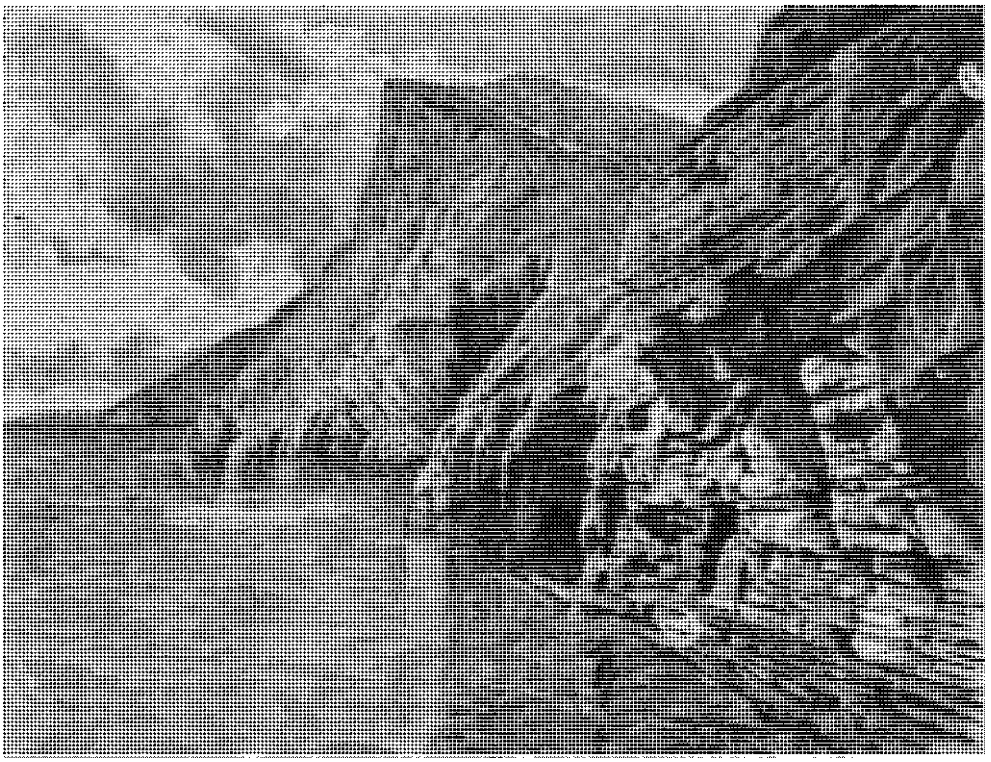


Рис. 319. **Морской берег у Порто Венере в Лигурии** (с фотографии)

тем сопоставления древних и новых съемок найдено, что у «Длинного берега» (Long Beach) суша отступает на 5 метр. в год, а у мыса Мая (Кар Мау)—на 3 метра. Особенно быстро падают под ударами волн новообразующиеся вулканические острова (см. стр. 196), а также песчаные участки суши. По одной из древних французских карт «Песчаный Остров» (Sable Island), лежащий к востоку от Новой Шотландии, достигал в длину 74 килом. и в ширину 4,16 килом., по английским оффициальным съемкам 1776 года длина этого острова определена в 18,5 килом. и ширина в 460 метр.; наконец, в 1890 г. остров приобрел форму полумесяца и достигал только 40,7 килом. в длину и 1,85 км. в ширину.

Впрочем, эти исключительные примеры, представляющие особенно благоприятные условия для проявления разрушительной деятельности моря, дают одностороннюю оценку последней. Не только рыхлые вулканические накопления и песчаные острова, но также и крутые скалистые берега подлежат действию прибоя, и многие случаи быст-

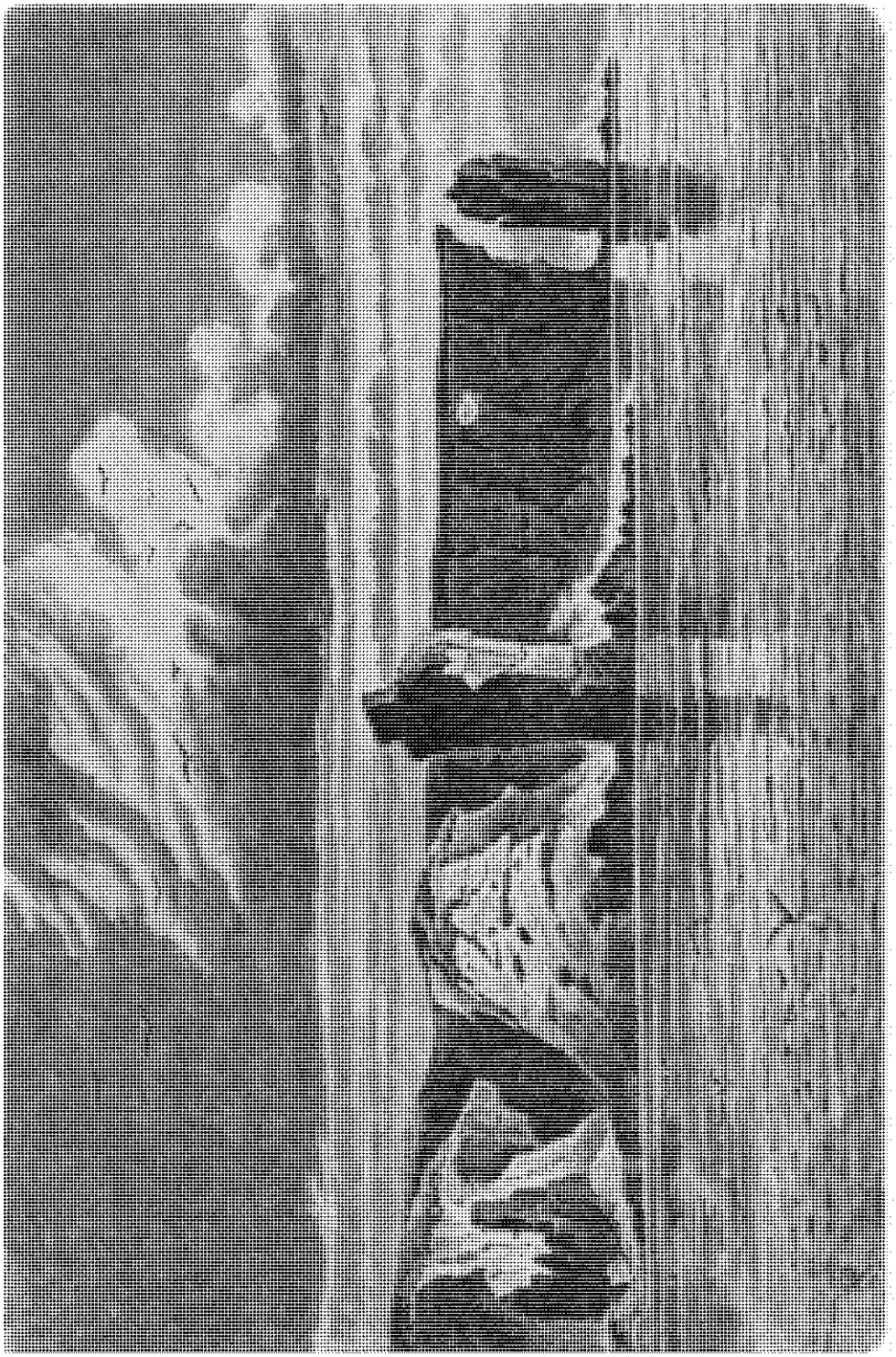


Рис. 320. Берег острова Ява Майена

рого отступания суши относятся к странам, образованным твердыми массами. Многочисленные трещины, разрыхляющие породу, подготовляют почву для разрушительного действия моря (см. рис. 319); с другой стороны, у крутых берегов легче чем где бы то ни было происходит подмывание.

Размывание прибрежных скал совершается на всем том пространстве, которое подлежит действию прибоя, т. е. между линией отлива и границей сильнейших волн; наибольшей же величины оно достигает между верхней границей этого пространства и половиной высоты приливных волн; вследствие разрушения твердых

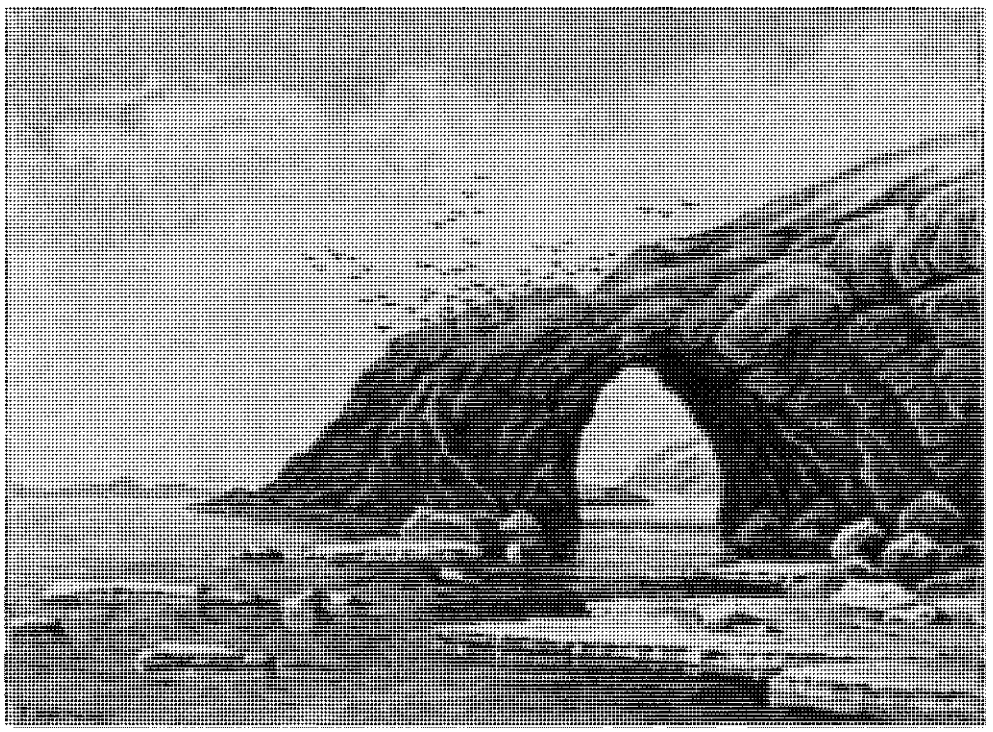


Рис 321. **Чайковые, или Железные. Ворота на Медвежьем острове** (по Норденшёльду)

масс здесь образуется вогнутая поверхность, вдающаяся в сушу. По мере проникания размывания в глубину, вышележащие массы теряют опору и, наконец, обрушиваются в воду. Таким образом море действует и на те части обрыва, которых не касаются его волны, и способствует образованию вертикальных утесов, обрамляющих берега (см. рис. 320). Нередко в подмытом береге наблюдаются настоящие навесы, гроты и отверстия в форме ворот. Примером может служить Лазурный Грот острова Капри и Чайковые, или Железные, Ворота на Медвежьем острове (рис. 321); типичные формы размывания в виде навесов наблюдаются у крутых берегов Англии и на острове Гельголанде.

При обвале таких гротов, навесов и ворот сразу теряются значительные участки суши, и в некотором расстоянии от нового берега появляются крутые выступы скал, которые, преломляя волны, защищают берег от непосредственного действия их. Некоторые утесы у крытых известняковых берегов образовались

таким именно способом. Простирание пластов и чередование пород, обладающих разной степенью сопротивляемости, имеет огромное влияние на быстроту разрушения. Если слои падают к морю, то сила береговой волны понижается как вследствие трения, которое она преодолевает, скользя по наклонной поверхности пластов, так и вследствие противодействия воды, обратно стекающей вниз. По той же причине размывание достигает слабых размеров у всех пологих и плоских берегов. Наоборот, если пласты пород падают по направлению к суше, то волны, обру-

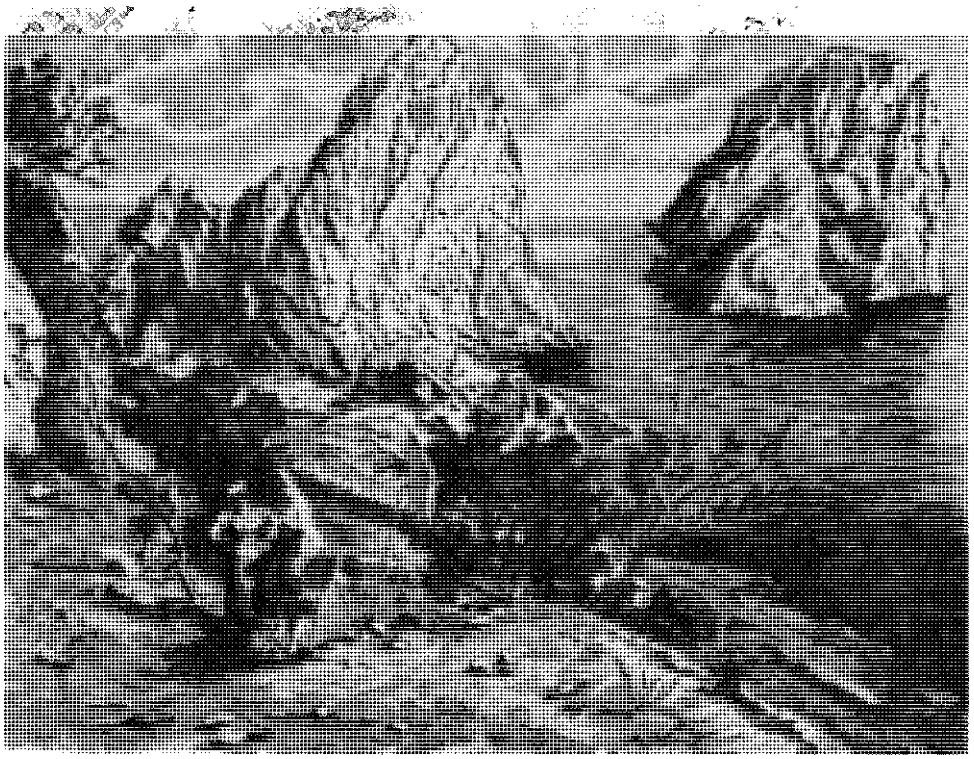


Рис. 322. **Морской берег на острове Капри**

шиваясь на их головы, встречают благоприятные условия для проявления своей разрушительной деятельности. Прекрасным примером может служить остров Гельголанд: на северо-восточном берегу, где пласты наклонены к морю, видны только слабые следы разрушения; наоборот, на юго-западной стороне острова, где крутые берега образованы слоями, падающими к суше, мы находим живописные столбы и гроты, наглядно свидетельствующие о силе происходящего здесь размывания.

Если пласты располагаются горизонтально и в ряду их находится порода малой сопротивляемости, то этим создаются особенно благоприятные условия для образования желобчатых углублений и навесов, которые при дальнейшем подмывании обрушиваются в воду (см. рис. 323). Первоначально этот процесс разрушения происходит в широких размерах, особенно если порода разбита трещинами (см. рис. 324), но далее образуются ступенчатые уступы, соответствующие

выходам более прочных пластов; сила прибойных волн после этого уменьшается, и разрушение происходит более медленно*.

Разрушительному действию морских волн подлежат сравнительно высокие части берегов: те части последних, которые всегда остаются покрытыми водой и бывают обнажены только при отливах, размываются в слабой степени; вследствие этого у подножия береговых утесов образуется обширная почти горизонтальная площадка, едва приподнимающаяся по направлению к суше; это, в свою очередь, влечет за собой изменения в деятельности прибойных волн и уменьшает размеры производимых ими разрушений. Подмытые и лишенные опоры массы надают

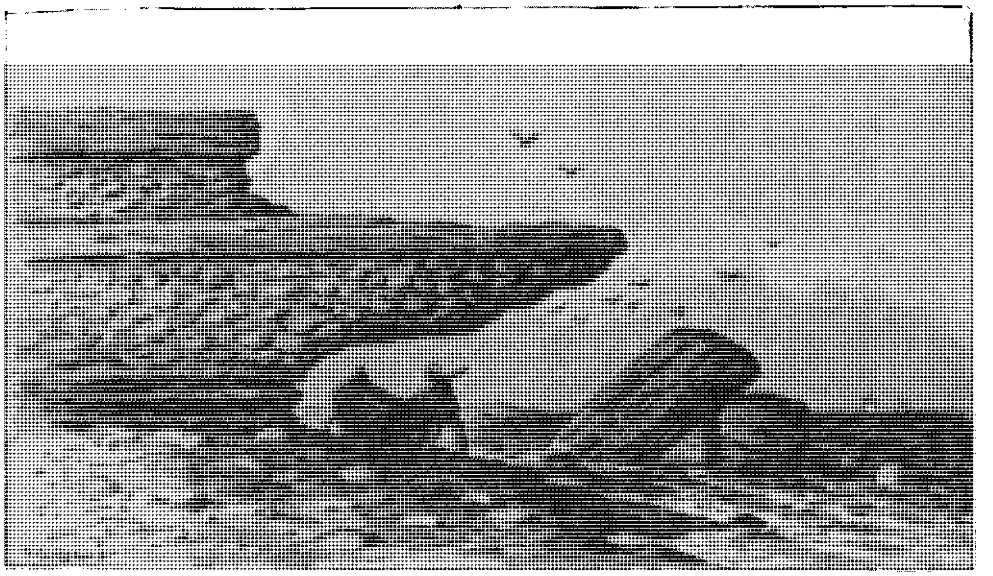


Рис. 323. **Морской берег Херревика на Готланде** (по Линдстрёму)

на эту площадь и, скопляясь здесь, защищают стоящие за ними берега (см. рис. 325); при таких условиях действие волн ограничивается передвижением обломков, обта-

---

* Образование навесов наблюдается у нас на берегу Крыма от м. Лукула до Херсонеса, а также между Феодосией и Керчью. В таких же условиях находится западный берег Каспийского моря от Дербента до Низовой пристани и восточный между мысами Урдюк и Сагандык, а также между Кендерлинским заливом и возвышенностями Тюльдюль-ата. В Финском заливе следы таких разрушений наблюдаются в некоторых частях берегов, состоящих из силурийских известняков, напр. на островах Эзель и Даго.

На оконечности Аюдага в Крыму, представляющего кристаллический массив, существует тем не менее целый ряд выбоин.

Резкие проявления разрушительной деятельности волн видны в Днепровском лимане между Кущурюбами и Очаковым; отвесно спускающийся берег состоит здесь из огромных толщ глины, подмываемая волнами, она отваливается от материка в виде гигантских стен. Особенно сильные разрушения представляет берговой обрыв в Очакове; в сравнительно короткое время некоторые мазанки здесь настолько приблизились к берегу, что обитание в них сделалось невозможным. Хижины, ближайшие к берегу, представляют различные степени разрушения: у одних передние стены находятся в уровень с обрывом, у других они уже совершенно обвалились; наконец, есть и такие постройки, от которых сохранились только остатки задних стен.— *Примеч. пер.*

чиванием и раздроблением их в мелкий песок: когда скопившиеся внизу массы будут разрушены и унесены, опять начнется подмывание берега. Это явление подало мысль об устройстве искусственной защиты от разрушительного действия моря. Так, напр., у утеса Шекспира близ Довера была взорвана порохом и низвергнута в море верхняя часть береговых скал; огромные массы обломков являются прекрасной защитой берега и на многие тысячелетия задержат разрушительную деятельность моря.

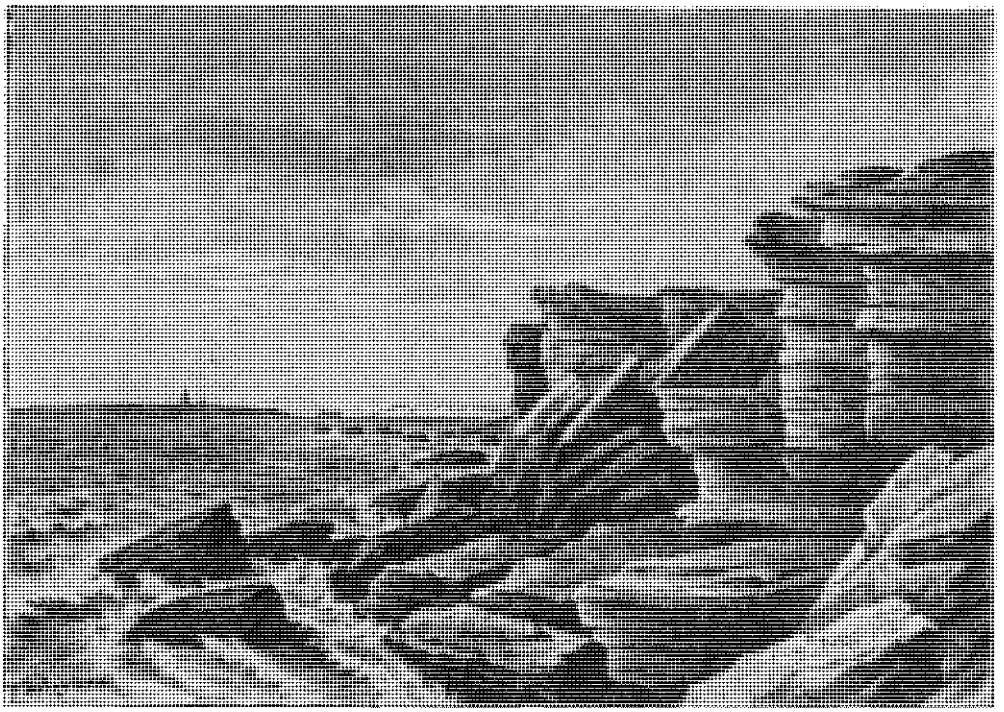


Рис 324. **Морской берег Азунда на Готланде** (по Натгорсту)

Но оставляя даже в стороне периодические обвалы, следует указать, что присутствие у берегов слабо наклоненной площадки уже само по себе уменьшает размывание: каждая волна, скользя по наклонной поверхности вверх, теряет часть своей силы и слабее ударяет о берег. Эта площадка продолжает постепенно расширяться, и, наконец, дальнейшее размывание становится невозможным. Отсюда ясно, что при неизменности уровня моря разрушительная деятельность волн должна рано или поздно совсем прекратиться; за пределы относительно узкой прибрежной полосы размывание может распространяться только благодаря перемещению самых материков и морей.

Движения береговой линии кладут сильный отпечаток на характер разрушительной деятельности моря. Если уровень моря медленно падает и вследствие этого берега становятся все выше, то постоянная береговая терраса не может образоваться: она появляется на короткое время и, по мере поднимания берега, разрушается. Впрочем, такое явление наблюдается лишь при равномерности движения и неизменности

условий размывания; если же процесс поднятия на некоторое время останавливается, то образуется значительная горизонтальная площадка и при дальнейшем движении сохраняется в виде так называемой береговой линии; примеры подобных образований были рассмотрены выше (стр. 442).

Гораздо важнее те явления, которые происходят при оседании суши и поднятии уровня моря. В этом случае береговая терраса не может образоваться, и размывание беспрепятственно распространяется в глубь материка. Если опускание суши

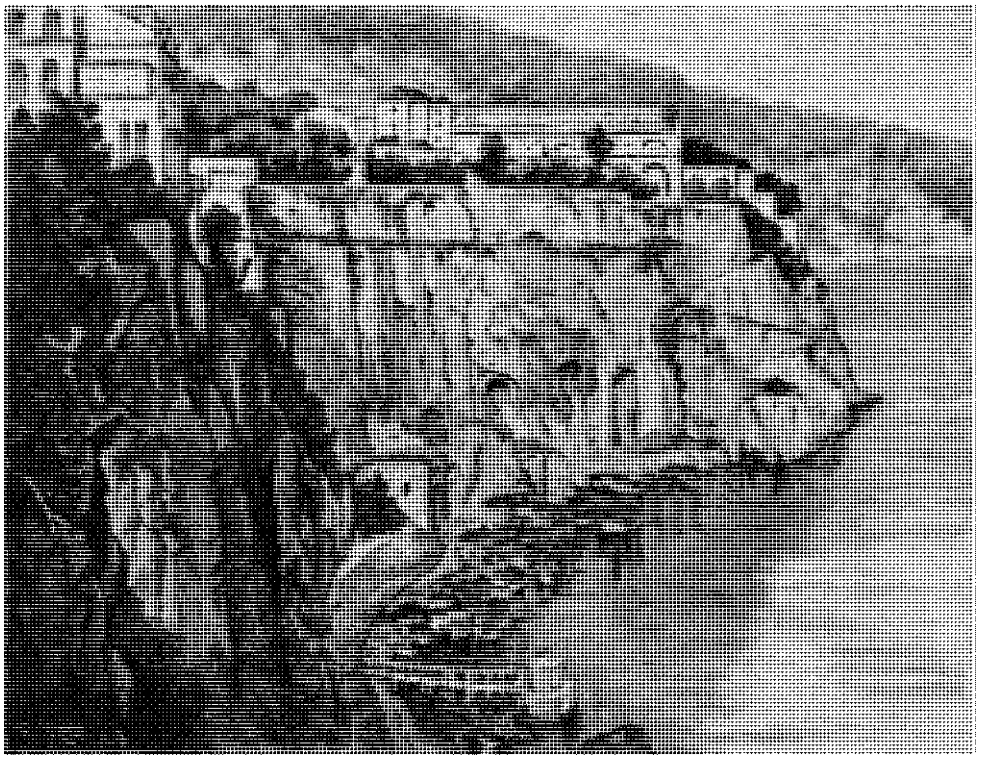


Рис. 325. **Морской берег у Сорренто**

происходит достаточно медленно, то наступающее море может сгладить все неровности, разрушить даже значительные горы и образовать слабо приподнимающуюся равнину. Но поверхности последней останется значительная часть продуктов разрушения, которые образуют несогласно нанластованные горизонтальные или почти горизонтальные слои. Одно время английские геологи приписывали деятельности прибоя происхождение почти всякого размытого выступа и располагающейся перед ним равнины. Позднее это объяснение было оставлено, но в самое последнее время *Рихмгофен* наблюдал в Китае явления, которые не допускают никаких других толкований, а потому действию морских волн пришлось опять отвести выдающуюся роль; значение этого процесса, получившего название *смыва*, или *абразии* (Abrasion), всего лучше охарактеризовать словами самого *Рихтгофена:*

«В ряду явлений, имевших важное значение в геологической истории Северного Китая, видное место следует отвести образованию трансгрессивно расположен-

ных пластов. В случае спокойного распространения моря на поверхность материка, повоотложившиеся породы должны были бы залегать на неровной почве, образованной более или менее значительиым выступами и глубокими долинами. Ничего подобного не наблюдается в Китае: пласты располагаются здесь на совершепно ровной плоской поверхности, которая лишь местами приобретает волнистый характер и иногда представляет террасовидные уступы. В редких случаях видны более или менее значительные твердые выступы, закрытые вполне или отчасти горизонтальными слоями; поверхность напластования последних пересекает древние породы независимо от характера их залегания; складки, образованные этими породами, и выходы круто надающих слоев выровнены и сглажены. Происходившее здесь размывание достигало огромных размеров. Отдельные сохранившиеся еще мульды представляют лишь остатки осадочных пластов, мощность которых достигала нескольких тысяч футов и которые волнообразно изгибались на поверхности, образуя многочисленные складки. Размывание уничтожило не только верхние слои этих складок, но также и захваченные им более древние породы.

Ясно, что эти размытые породы выдвинулись после их осаждения в виде гор и образовали материк. Таким образом, каждой трансгрессии моря предшествовал период, когда материк подвергался сглаживанию и превращался в равнину с более или менее волнообразным характером поверхности».

Нельзя сомневаться в справедливости этого объяснения; деятельность прибоя может привести к описанным результатам и, вероятно, во многих случаях ей именно и следует приписать происхождение рассматриваемых явлений. Но нужно с большой осторожностью относиться к обобщению выводов Рихтгофена и никоим образом не распространять их на все те местности, где наблюдаются описанные следы сглаживания и выравнивания. Мы уже указывали, что продукты разрушения, образовапные действием прибоя, остаются на месте и отлагаются в виде трансгрессирующих слоев; там, где последние присутствуют, все явления смывания должны быть приписаны деятельности моря. Иначе обстоит дело, если трапсгрессирующих пластов не наблюдается: в одних случаях они могли быть разрушены деятельностью проточных вод, а в других не существовали и вовсе. Примером местности, к которой безусловно не применимо объяснение Рихтгофена, является Чехия: здесь мы находим породы, напластованные несогласно и расположенные на головах архейских, силурийских и девонских образований; но, как показывают окаменелости, эти угленосные породы отлагались не на дне моря, а из вод пресноводного озера.

Отсюда неизбежно заключить, что поверхности смыва (абразии) могут образоваться и без участия моря: по крайней мере, такое объяснение наиболее вероятно в тех случаях, когда на них отсутствуют трансгрессирующие осадки моря. Является вопрос, как могли произойти эти сглаженные площади без участия морских волн? Выше уже было указано, что все горы, дальнейшее развитие которых остановилось, разрушаются действием проточных вод; целый ряд наблюдений показывает, что многие из тех стран, где некогда в широких размерах действовали горообразующие силы, постепенно выровнялись: горы были разрушены, и реки, направляясь по закопам падения к морю, образовали равномерно покатую поверхность, сходпую с той, которая создается действием наступающего океана. Полная независимость внешних форм такой поверхности от условий залегания образующих

ее пород возможна и в данном случае; результат оказывается одинаковым, независимо от того, являются ли деятелем смывания волны наступающего моря, или ручьи и реки, протекающие по поверхности.

Деятельность моря не ограничивается одним разрушением, но известная часть работы волн заключается и в созидании: в одно и то же время море заставляет отступать мысы внутрь материка и выдвигает берега бухт в море; там, где проявляется такая двоякая деятельность прибоя, профиль береговой линии постепенно изменяется и стремится приобрести форму слабо изогнутой кривой. Такое выравнивающее действие моря на берег приводит, между прочим, к образованию лиманов, отделенных намывными перемычками, и так как такие лиманы имеют широкое распространение на юге России, то будет небезынтересно остановиться подробнее на созидающей деятельности моря.

Продукты разрушения подвергаются в море известной сортировке; движение, производимое волнением и сопровождающееся перемещением твердых частиц, подлежит уменьшению как в горизонтальном, так и в вертикальном направлениях. Вследствие этого разнообразный обломочный материал распределяется сообразно с его крупностью на различных глубинах и в разном расстоянии от берега.

Более или менее значительные обломки горных пород, отделившиеся от скалистых берегов, не подлежат сколько-нибудь значительному перемещению и остаются приблизительно на местах их первоначального происхождения. Образовавши значительные скопления, препятствующие морским волнам достигать подножия утесов, они сами перемещаются лишь в самой ограниченной степени. Во время волнений обломки приходят в движение и вследствие этого постепенно округляются и растираются, доставляя материал для образования песка и мути, уносимых водой далее от берега. Скопление крупных обломков занимают небольшую полосу и скоро уступают место более мелкому материалу.

За каменистой полосой, а в местах ее отсутствия непосредственно у самого берега начинаются песчаные отложения; в зависимости от количества мелкого материала, доставляемого непосредственным разрушением берегов и вносимого реками, песчаная полоса обладает различной шириной и простирается на разную глубину. В тех местах, где правильность распределения осадков не нарушается действием побочных причин, за пределом песчаных отложений следует полоса ракуши сначала битой, а потом цельной; по свидетельству г. Гримма в Каспийском море ракушечник образует широкую и мощную ленту, достигающую ширины у восточного берега 50 морск. миль и у западного — 20. Наконец, за ракушечною полосой, а там, где она отсутствует, непосредственно за песчаными отложениями располагается ил, имеющий во всех морях самое обширное распространение: мельчайшие частицы его далеко разносятся водой и медленно осаждаются при совершенном прекращении движения. Илистый грунт везде занимает самые глубокие части моря и только в виде исключения подходит в некоторых местах к самому берегу.

В тех местах, где берег достаточно полог и где море уже не проявляет разрушительной деятельности, происходит непрерывное намывание песку, гравия и галек, которые скопляются в огромных количествах. Песчаные «намывные» берега давно уже привлекали внимание исследователей однообразной правильностью своих очертаний. При одном взгляде на тщательно исполненную карту можно почти безошибочно определить, где берег намыт волнами и где он этого характера не имеет. Так, напр., очертания намывного берега Курляндии с весьма слабо и плавно изогнутыми линиями резко отличается от круто извилистого, как бы изгрызенного берега Финляндии. Эту поразительно правильную и изящную кривую Эли де Бомон, а за ним и Реклю называют «кривой наибольшей устойчивости»; она представляет ряд незначительных вогнутостей и плоских выступов и по меткому выражению Ламбрарди может быть уподоблена слабо натянутой цепи, которая поддерживается лишь на больших расстояниях.

Чтобы составить приблизительное понятие о самом процессе намывания, необходимо наблюдать действие волн, когда они набегают на берег. Плоские песчаные берега во время бури представляют весьма характерное зрелище, не лишенное своеобразного величия: волна за волной набегает на сушу, вздымается все более и более по мере приближения к берегу и на некоторой определенной линии вспенивается и опрокидывается; масса воды, составляющей волну, приобретает поступательное движение и несется более или менее толстым слоем вперед и вверх, взбираясь на полого поднимающийся берег; при таком подъеме движение воды постепенно замедляется, и когда энергия наступающего слоя израсходуется вполне на сопротивление песчаного берега, на трение о его поверхность и на противодействие воздуха и собственной тяжести, волна на мгновение останавливается и затем, подчиняясь действию собственного веса, сначала тихо, потом все скорее и скорее сливается с пологого склона к подножию новой подвигающейся волны. Это «отливное течение» достигает иногда значительной силы. Песчинки,

составляющие склон берега, следуют за движением воды, т.е. катаются вверх и вниз. Намывание песка будет происходит только тогда, когда не весь материал, приносимый набегающей водой, будет увлекаем обратно отливным течением; а для этого необходимо, чтобы скорость наступающей волны превосходила в данной точке быстроту отливного течения; последнее имеет место только на крайне пологих берегах, склон которых образует с горизонтом угол не более 5°. При такой пологости берега приливная волна имеет еще ту характерную особенность, что в самой верхней части склона, куда доносится последний всплеск ее, происходит моментальное всасывание песком воды; таким образом отливное течение начинается не от той линии, до которой доходит вода при поступательном движении, а несколько отступя. Ширина полосы, на которой вода всасывается, весьма различны и находится в прямой зависимости от силы волнения и пологости склона; при наиболее благоприятных условиях она достигает на берегах Балтийского моря одной сажени и даже больше. Вот на этой-то полосе, не имеющей отливного течения, и происходит намывание песка. Более крупные зерна,. гравий и гальки могут осаждаться и ниже той линии, откуда начинается отливное течение, так как в начале оно имеет слишком незначительную скорость.

Результатом намывания, производимого прибоем волн, является слой из песка, галек или валунов, так называемый «*береговой вал*»; он постепенно утолщается кверху и имеет вид более или менее пологой, слегка вогнутой гряды. На склоне такого вала, образовавшегося во время бурь, налегают небольшими грядками слои песка, намытые во время слабых волнений, сообщают ему ступенчатый вид. Высота намывных отложенй вообще небольшая и зависит от высоты прибоя и крупности обломочного материала; на берегах Балтийского моря она не превосходит $1^1/_2$ метра над поверхностью берега и $2^1/_2$ метр. над уровнем моря; на берегах Атлантического океана валы, состоящие из галек и валунов, достигают 5 метр. Что касается общего количества намываемого песку, то при благоприятных условиях оно бывает весьма значительно. Иногда в одну бурю море выбрасывает на берег такие громадные массы песку, которые при обыкновенных условиях не намоются в продолжение целого года и даже в течении нескольких лет. Так, напр., во время сильной бури, бывшей в Кронштадском заливе 27 августа 1879 года и причинившей немалые опустошения во многих окрестностях Петербурга, плоский северный берег залива претерпел заметное изменение. Во многих местах на берегу, покрытом дерном, напр., между Лахтой и Лисьим Носом, на протяжении 9 верст образовался вал из песка галек и гравия; он обладал высотой около одного метра (над поверхностью берега) и у основания достигал от 5 до 15 метр. в ширину. В среднем можно считать, что на каждый метр берега было намыто до 8 куб. метр. песка, т.е. всего около 80,000 куб. метр. (*Н. А. Соколов*). На западном берегу Ютландии во время сильной бури 1825 г. близ Агеры был намыт береговой вал в 3 метр. высотой. По определению Лаваля на весь берег Гаскони намывается ежегодно около 6 миллионов куб. метр. песка и галек.

Переносная деятельность волн ограничивается обыкновенно довольно узкой прибрежной полосой; во время сильных бурь на мелководном прибрежье полоса, на которой движется песок, может иметь в ширину несколько верст. Доказательством этому служит образование песчаных отмелей-рифов, расположенных на некотором расстоянии от берега, иногда в несколько рядов; от суши они отделяются более или менее глубокими ложбинами. В Белом море по окраинам Двинского залива такие отмели весьма распространены; они называются здесь «*застругами*» и тянутся в расстоянии саженей 20-ти от берега. Подобные же песчаные гряды существуют и в Азовском море, где их называют «*забурунья*ми». Последние составляют довольно обычное явление и в Каспийском море. При благоприятных условиях такие отмели-рифы превращаются в подводные валы и мало-помалу соединяются с берегом. Так, напр., в Азовском море параллельно Ясенской косе проходила узкая песчаная отмель; во время низовой бури 1857 года она поднялась в виде вала значительно выше обыкновенного уровня моря; проток, оставшийся между этим валом и косой, впоследствии был окончательно засыпан песком. Таким образом, благодаря застругам и забурунья, намывная прибрежная полоса также постепенно увеличивается.

Другим проявлением созидающей деятельности морских волн является намывание кос; в одних случаях они образуют у берегов более и менее покойные заливы, в других отгораживают уже существующие бухты и превращают их в закрытые лиманы. Косы появляются только там, где глубина вблизи берегов незначительна; по этой причине Азовское море, как самое мелководное в России, наиболее богато ими. Характерная особенность кос заключается в том, что на протяжении одного и того же берега они располагаются в одном господствующем направлении, которое в свою очередь соответствует направлению течения в данном море. В этом отношении наибольшую правильность представляет Каспийское море. На западном берегу его косы вытягиваются на юг, на восточном — на север и на южном —

на запад. Этим же направлением следуют и существующие у различных берегов течения. Приведенные особенности кос позволяют объяснить и происхождение их.

Песок, гальки и валуны выносятся на берег только в том случае, когда волны идут в перпендикулярном к нему направлении. Наоборот, если в силу существующих течений и господствующих ветров волны пробегают параллельно берегу, то весь обломочный материал проносится мимо. Наконец, если угол удара волн косой, то сила их распадается на две слагающих; одна направляется к берегу, другая действует параллельно ему; весь песок, гравий и гальки распределяются двояким образом: одна часть их выбрасывается на берег, а другая проносится дальше и, достигая мест, где существуют условия, благоприятные для отложения, образует косы. Такие именно условия наблюдаются на границе бухт, глубоко врезывающихся в сушу; встречаясь с покойными водами их, волны теряют часть своей силы и отлагают несомые ими твердые тела; вследствие этого с одного или двух краев бухты выдвигаются низкие намывные косы, свободные концы которых постепенно сближаются. Сомкнувшись на полдороге, они превращают бухту в лиман, а сами получают название *пересыпей* или *стрелок*. Последние, таким образом, представляют образования, совершенно аналогичные береговым валам. Некоторые исследователи (Данилевский) приписывали их происхождение медленному действию речных течений и морских волн, но такое объяснение опровергается уже тем, что многие заливы вовсе не принимающие в себя речек, напр. Кара-Бугаз, тем не менее превратились в лиманы.

Среди русских лиманов, бесспорно, самыми любопытными являются лиманы Черного моря. Эти своеобразные водоемы, по своему положению и очертаниям представляющие как бы расширенные устья рек и балок, но наполенные соленой водой, обратили на себя внимание уже первых натуралистов-путешественников, посетивших степи Новороссии в конце прошлого и начале настоящего столетня. С тех пор лиманы подвергались самым разнообразным исследованиям, которые привели к довольно полному выяснению их физико-географических особениостей и характера населяющей их фауны. Что же касается происхождения лиманов, то этот вопрос затрагивался до сих пор весьма поверхностно, и только благодаря новейшей работы *Н. Соколова* (1895 г.), предстал в совершенно новом и чрезвычайно интересном освещении. Мы познакомимся с объяснением г. Соколова в самых общих чертах.

На северных берегах Черного и Азовского морей, от устья Дуная и до впадения Дона (исключая Крым), насчитывается до 20 более или менее значительных лиманов, из которых наибольший (Днепровский) имеет до 60 верст в длину и до 12 в ширину. Значительно больше количество мелких лиманов; многие из них наполняются водой только в весеннее половодье или после очень сильных дождей, в остальное же время года представляют солонцеватые, заболоченные ложбины (солонцы, засухи). Очертание лиманов весьма разнообразно: одни из них, как, напр., Миусский лиман, Тилигульский и в значительной части Бугский, узки и извилисты и напоминают своим видом реки; другие, как напр., лиман Днепровский, представляют удлиненные, но довольно широкие озера, некоторые раздваиваются или даже разветвляются на несколько отрогов.

Несмотря на разнообразне очертаний лиманов, сразу нельзя не заметить, что форма ложбин, ими занятых, вполне соответствует характеру долин, рек и балок, продолжением которых они являются. Некоторые лиманы, как, напр., Бугский, до такой степени незаметно переходят в реку, что основываясь на топографических признаках, невозможно решить, где кончается река и начинает лиман. Почти во всех лиманах глубина повышается по направлению к морю; фарватер в Бугском лимане ниже г. Николаева идет не по середине, но образует сильные изгибы и приближается то к одному, то к другому берегу. По своему очертанию и положению эти изгибы вполне соответствуют тому, как извивалась бы река среди образованной ею долины. По геологическому строенню берега лиманов представляют непосредственное продолжение склонов в соответствующих им долинах рек и балок. При этом слои, обнажающиеся на одном берегу лимана, являются прямым продолжением слоев противоположного берега и залегают на строго соответствующей высоте. Все это показывает что ложбины лиманов представляют *долины размыва* и что они не могли возникнуть вследствие каких-либо дислокационных явлений: происхождение их должно быть припнсано размывающей деятельности текущих вод.

Но если сопоставить физико-географические условия всех лиманов, как закрытых, так и открытых, то окажется, что эти водоемы по составу воды, характеру населяющей их фауны, отсутствию всяких следов речного течения и речного ледохода являются морскими заливами, глубоко вдающимися в сушу. Такие на первый взгляд трудно согласимые особенности лиманов прекрасно объясняются г. Соколовым; он допускает, что образование ложбин, занятых ими, происходило при более низком уровне моря; при последовавшем затем поднятии уровня, море затопило низовья долины рек и балок и образовало заливы, глубоко вдающиеся в материк

ГЛЕТЧЕРНЫЕ ВОРОТА РОНСКОГО ГЛЕТЧЕРА

*(писано с натуры Е. Гейном)*

и сохранившие очертания речных долин; вследствие отделения от моря при посредстве пересыпей эти заливы превратились впоследствии в лиманы.

Такое предположение подтверждается исследованием осадков на дне лимана; интересные, но, к сожалению, малочисленные данные свидетельствуют, что в лиманах раньше осаждения ила с морскими раковинами отлагались слои речного происхождения.

Образование ложбин-лиманов Н. Соколов относит к концу третичного или началу четвертичного периода; характер фауны, населяющей лиманы, показывает, что море проникло в долины рек в то время, когда оно имело уже современных обитателей; это заставляет принять, то положительное движение береговой линии произошло уже после соединения Черного моря со Средиземным.

Таким образом новейшие исследования г. Соколова показали, что происхождение лиманов никоим образом нельзя приписывать совместному размыванию морских волн и текучих вод, а также невозможно считать их ложбины частями моря и обыкновенными морскими заливами, как это принималось до сих пор многими учеными.— *Примеч. пер.*

## Деятельность льда

Наряду с водой рек и морей работает ряд других второстепенных деятелей разрушения, среди которых первое место следует отвести льду и снегу. Непосредственно снег принимает ничтожное участие в размельчении и переносе твердых пород: низвергаясь с высочайших вершин в форме так называемых лавин, он увлекает своими массами камни и землю; но этим и ограничивается вся прямая деятельность его. Зато посредственное участие снега в процессах разрушения чрезвычайно громадно: скопляясь зимою в продолжении многих недель и месяцев, он образует мощный покров, одевающий горы и долины; с наступлением теплого времени эти огромные скопления атмосферных осадков переходят в жидкое состояние, быстро стекают по сконам, и наводнившиеся реки и ручьи усиливают свою разрушительную деятельность.

Но еще значительнее работа льда. Ледяной покров, оковывающий зимой озера и мелководные части морей, в геологическом смысле имеет мало значений; но лед, который несут весной реки, во многих случаях являются деятелем важнейших изменений. Вначале ледяные глыбы движутся безпрепятственно, но мало-помалу в мелких местах, на мелях и т. п. они останавливаются и, скопляясь в огромном числе, образуют так называемые заторы или зажоры, загромождающие русло реки. С этого момента лед перестает двигаться, река «останавливается».

При этом льдины собираются не только на поверхности; они надвигаются друг на друга, скопляются под наружным покровом и препятствуют стоку воды. Известно, как грозны катастрофы, которые возникают благодаря таким заторам и выражаются сильнейшими наводнениями. Последним толчком, вызывающим их наступление, является нередко оттепель; впрочем, если теплая погода распространяется от низовьев к истокам или температура повышается постепенно и почти незаметно, то большой опасности не предвидится: лед начинает таять, скопившиеся глыбы раздробляются и уносятся течением. Но не то бывает, когда оттепель наступает вдруг и распространяется от верховьев к устью; огромные массы воды, получающейся от таяния снега, устремляются вниз и несут с собой новые льдины; последние скопляются у затора и увеличивают массу образующих его льдов. Под напором наводненной реки ледяной покров начинает лопаться, но не сразу на всем протяжении; льдины, оборвавшиеся вверху, уносятся вниз, и затор

все растет; в хаотическом беспорядке глыбы громоздятся здесь друг на друга и нередко образуют скопления высотой с дом. Река наводняется, и воды ее достигают вершин насыпей, которые служат единственной защитой прибрежных низменностей и сдерживают реку, поднявшуюся выше крыш домов; но вода быстро подмывает эти насыпи, и в разных местах уже скоро начинают пробиваться через их толщу тонкие струи. Единственное средство спасения — как можно скорее укреплять поврежденные места насыпей. Но, наконец, затор не выдерживает давление воды, огромные массы льда величественно устремляются вниз; опасность устранена, если только где-нибудь дальше не произойдет новой остановки.

Многие из европейских рек, — Рейн, Эльба, Висла, — обнаруживают наклонность к образованию заторов, но особенно часто это явление происходит на Дунае. После очистки и углубления русла этой реки, наводнения у Вены более не случались, но возможность их повторения не исключена; ниже названного города в западной части Венгрии встречаются обширные песчаные мели, способствующие образованию заторов; если русло реки и здесь будет очищено, то всякая опасность исчезнет, и жители будут спокойно встречать весеннее вскрытие реки.

Геологические последствия заторов разнообразны: как и при всяком наводнении, разлившаяся река отлагает на берегах осадки и повышает свою пойму; на ряду с этим наблюдаются и более крупные изменения: в реках, которые представляют у устья многочисленные разветвления, нередко один из рукавов заносится твердыми отложениями и пересыхает; движение вод концентрируется в других рукавах; если в последних образуются заторы, то воды реки всей своей массой направляются по пересохшему рукаву и быстро размывают загромождающие его осадки; таким образом происходит перемещение русла. Во всяком случае в описанных до сих пор процессах лед принимает только посредственное участие.

Иная роль принадлежит так называемому грунтовому льду (Grundeis), который образуется на дне рек и облекает лежащие там обломки твердых пород. Поднимаясь вверх и увлекая за собой камни, этот лед служит для переноса обломочного материала, который, действительно, нередко находят в таких местах, куда он не мог быть занесен потоком. Если облеченные льдом обломки не могли всплыть и двигались по каменистому дну реки, то они нередко покрываются такими же штрихами и царапинами, какие наблюдаем мы в ледниковых отложениях. Наконец, говоря о деятельности речного и озерного льда, необходимо упомянуть о появлении мелких складок в рыхлых прибрежных отложениях: эти складки образуются вследствие бокового давления заторов и скоплений льда на озерах*.

---

* По свидетельству *Лопашина*, весенний лед на р. Енисее в Сибири увлекает не только слои ила, песка и глины, но также мелкие камни и даже валуны до 0,36 куб. метр. в объеме; судя по единичным данным, общая масса переносимых пород должна быть весьма значительна; так, напр., небольшая льдина шириной около 3,2 метр. и длиной 5 метр., проходя мимо деревни Вершининой, несла на себе около 3 куб. метр. песка и галек; известняковые утесы среди р. Енисея усеяны диоритовыми валунами до 0,36 куб. метр., которые были сюда занесены льдом. Льдины со вмерзшими камнями и песком, проходя над утесами, шлифуют их и покрывают *царапинами* и *бороздами*; валуны с явными следами такого действия встречаются на плоских побережьях Енисея иногда в значительных количествах; около дер. Плахова виден утес с отполированными ребрами и углами; по своей форме он напоминает ледниковый купол. Проходя

## Ледники и их движение

Рассмотренные до сих пор явления имеют лишь второстепенное значение, и геологическая деятельность льда достигает наибольшей силы в так называемых *ледниках*, или *глетчерах*, которые обладают самостоятельным движением и спускаются с высочайших областей гор и из центральных частей полярных стран*. Альпы в Европе представляют многочисленные примеры этих ледяных рек, и хотя последние значительно уступают по своему развитию ледникам дилювиальной эпохи и современных полярных стран, но сами по себе достигают значительной мощности и дают богатый материал для изучения геологического действия их (см. рисунок 326).

Мы вступаем в область любопытнейших геологических явлений, изучение которых представляет тем больший интерес, что в эпоху, непосредственно предшествовавшуюся нашей, огромные массы льда сосредоточивались не только в высочайших областях гор и в полярных странах, но оковывали значительную часть Европы: ледники Альп спускались в соседние равнины, а ледники Скандинавии достигали Англии, Голландии, подножья среднегерманских гор и Карпат и покрывали большую часть России. Понимание широко распространенных явлений ледниковой эпохи сделалось возможным только благодаря изучению современных глетчеров; богатый фактический материал, доказавший полную несомненность оледенения Европы, позволил начертать картину этого времени, до того своеобразную в своих подробностях, что даже самая пылкая фантазия не могла бы предугадать и сотой доли того, что дали непосредственные наблюдения.

На известной высоте, даже под экватором, атмосферические осадки выпадают в форме снега, который в зимнее время спускается ниже, летом же поднимается до границы *снеговой линии*. Высота последней зависит не только от географического положения места и, следовательно, от теплоты климата, но также и от количеств атмосферных осадков; если массы выпадающего снега достигают огромных размеров, то для таяния их требуется больше теплоты, чем в противоположном случае. Прекрасным примером служат Гималаи: на южной, более умеренной, но и более богатой осадками стороне этих гор снежная линия лежит на высоте 4,940 метров, т.е. на 700 метров ниже, чем на северной более холодной и сухой стороне.

---

над берегом, образованном рыхлыми наносами, и двигая в своей массе большие валуны льдины Енисея пропахивают глубокие *полосы*, или *желоба*. В некоторых случаях последние тянутся на расстоянии около 40 метр., достигая в ширину 05—07 метр. и в глубину 8—13 см.

Кроме шлифовки, царапин и желобов лед производит еще по берегам рек любопытные *накопления*, которые называются в Сибири *кекурами*, или *коргами*. Во время заторов льдины Енисея заходят на 200 м от берега и, срезая деревья и кустарники, двигают перед собой значительные массы галек, ила, песка и т.п. Когда лед растает, сдвинутые им массы образуют на побережье вал, расположенный перпендикулярно к направлению напора льдин. При повторении заторов на одном и том же месте эти скопления обломочного материала растут и образуют так называемые *кекуры*; кроме валунов, иногда значительных, песка и галек, они заключают в себе стволы деревьев и достигают до 10 м в высоту. *Коргами* называют в Сибири подобные же скопления, но несколько иной формы; это косы, идущие от древнего берега к реке и подошвой спускающиеся в воду.

* Для русской терминологии не лишено интереса местное название ледников на Алтае, где их простой народ зовет «следовиками». — *Примеч. пер.*

В нижеследующей таблице приведена высота снеговой линии в различных местах (по Ханну).

| Название местности | Географич. положение | Высота снеговой линии | Название местности | Географич. положение | Высота снеговой линии |
|---|---|---|---|---|---|
| | Северн. шир. | Метры | | Северн. шир. | Метры |
| Шпицберген | 77° | 400 | Гималаи (северная сторона) | 27—34° | 5670 |
| Исландия | 65° | 936 | Каракорум | 28—35° | 5820 |
| Норвегия | 70° | 1021 * / 884 ** | Килиманджаро (Центральная Африка) | Южная шир. 3° | 5000 |
| Норвегия | 60° | 1680 * / 1360 ** | Южно-Американские Анды: | | |
| Западные Альпы | 45—47° | 2700 | Эквадор | 0° | 4820 |
| Восточные Альпы | 45—47° | 2800 | Боливия | 16° | 4850—5620 |
| Кавказские горы (восточная сторона) | 41—44° | 4300 | Чили | 33° | 4500 |
| Кавказские горы (западная сторона) | 41—44° | 3570 | Патагония | 42° | 1830 |
| Гималаи (южная сторона) | 27—34° | 4940 | Магелланов пролив | 52° | 1100 |
| | | | Южная Георгия | 54° | 0 |

* Внутри полуострова. ** На берегу.

Выше этой линии каждый год выпадает снега более, чем может его растаять, и в течение немногих тысячелетий здесь скопились бы необычайно огромные массы осадков, если бы они не спускались постепенно вниз. Отчасти снег соскальзывает под влиянием собственной тяжести, отчасти сухие, песчанообразные зерна его сгоняются вниз ветром; солнечные лучи и теплые ветры производят таяние снега на поверхности; образующаяся вода пронитывает снежиый покров и превращает его в так называемый фирновый лед или фирн, который скопляется в мульдах и на склоиах и начинает медленно двигаться вииз. Под влиянием возникающего давления строение фирна изменяется,—он превращается в сплошной и прозрачный *глетчерный* лед, который прорезывается множеством мельчайших трещин и в больших массах обладает прекрасным голубым цветом. Такое измеиение льда происходит постепенно: в высших областях сплоиные массы его лежат в глубине фирна, далее их количество увеличивается, и, накопец, весь лед становится глетчерным.

Не всякая гора, достигающая снеговой линии, представляет благоприятные условия для развития ледиików. На некоторых одиноко выступающих горах, даже на 1000 м выше снеговой липии, они отсутствуют. Причиной этого явления служит характер склонов таких гор,—именно отсутствие обширных котловин, в которых скоплялся бы фирновый лед и которые могли бы образовать область питания ледника. Наоборот, если долины и обшириые мульды поднимаются на несколько тысяч метров выше снеговой лииии, то весь избыток снега спускается с крутых обрывов и гребней в высокорасположенные котловины долин и образует скопление фирнового льда, так называемые снежники (фирновые бассейны); отсюда-то и течет мощный ледяной поток, следуя всем изгибам долины. В Альпах обыкновенно несколько источников питают один глетчер;

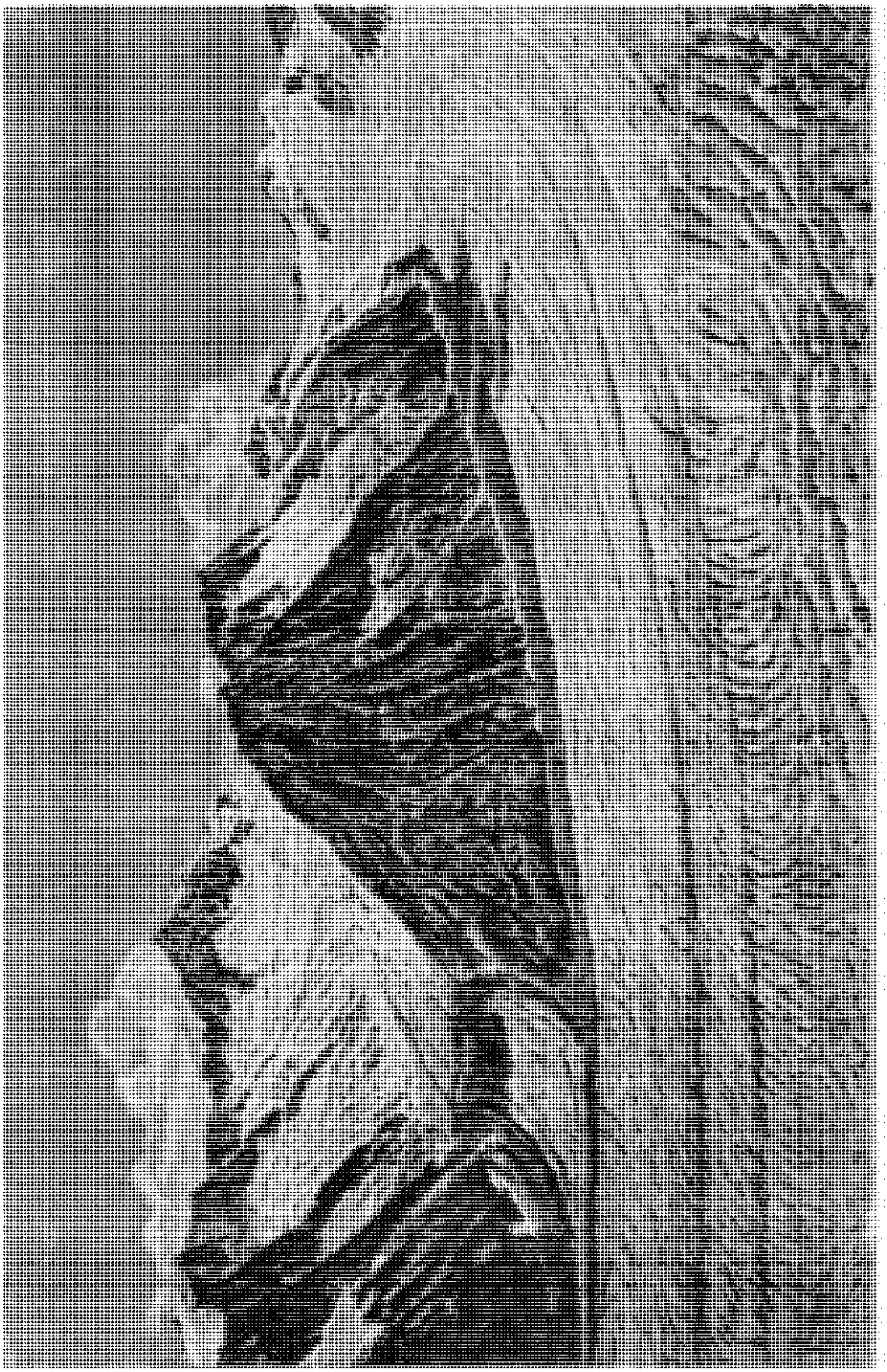


Рис. 326. Ледник Алеч в Бернском нагорье

крутые, часто совсем непроходимые гребни отделяют различные фирновые бассейны друг от друга. То же наблюдается на Кавказе, в Гималаях, на Новозеландских Альпах и в других складчатых горах.

Иной тип ледников находим мы на *Скандинавских* горах: волнообразно-холмистые склоны, редко разделенные гребнями скал, окружают здесь плоские фирновые котловины; лед их стекает не по отдельным долинам, а во всевозможных направлениях; у краев снежника массы глетчерного льда движутся всей массой и, достигая долин, обрываются здесь или образуют круто падающие небольшие ледники. Еще более удаляются от альпийского типа *гренландские ледники*: направление последних только в слабой степени определяется орографическими условиями; обширные фирновые поля пнтают здесь огромные ледники, которые покрывают весь остров и среди которых лишь изредка выступают одинокие вершины.

В Альпах, о которых мы будем подробно говорить пиже, по предложению Соссюра различают ледники *первого порядка*, заполняющие долины, от небольших ледников *второго порядка*, которые всей своей массой, так сказать, прикреплены к крутому склону и висят на нем. Число последних значительно превосходит число первых. В Альпах насчнтывают 249 ледников первого порядка и более 900 ледников второго порядка; среди 229 ледников Этцталя только 20 принадлежат к первой группе.

Наиболее значительные альпийские ледники превышают в длину 1 немецкую милю; ледник Алеч в Бернском нагорье (рис. 326) достигает 23 км, а ледник Монблана «Ледяное море» (Mer de glace)—12 км, Гепачский ледник в группе Этцталя немного уступает последнему и обладает длиной более чем в 11 км; огромны размеры и Пастерцского ледника, на Гросс Глокнере достигающего 10 км в длину. Ширина одного и того же ледника сильно меняется: опа то увеличивается, то уменьшается, смотря по размерам долины; в большинстве случаев она превосходит 1 км, но величине, которая в такой сильной степени зависит от форм поверхностн, нельзя придавать особенного значения; следует, однако, заметить, что ширина наиболее значительных ледников значительно уступает размерам фирновых котловип. Последние обладают грандиозными размерами: наиболее значительные снежники достигают 5 километров, а некоторые даже 40 км. В общем льды занимают в Альпах поверхность в 3,500 кв. километров.

Большая часть значительных и низкоспускающихся ледников принадлежит центральному поясу Альп. Унтергриндельвальдский ледник спускался в 1818 г. до 983 м над уровнем моря, а в 1870 году конец лежал на высоте 1,080 метр. Но такое положение глетчеров является исключительным, и в среднем ледники первого порядка спускаются в Центральных Альпах на 1,500 метр. ниже снеговой линии. В Восточных Альпах, где климат суше, большинство ледников кончается на высоте 1,800—2,300 метр., т. е. только на 800 метр. ниже границы фирнового льда.

Гораздо труднее привести данные о толщине или мощности ледников. Лучшим способом ее определения могли бы служить глубокие бурения, но требуя слишком много времени и больших денежных затрат, они никогда не могут иметь достаточного распространения. Агассис опускал бичевку в трещины Аарского ледника и на глубине 260 м ие достиг дна. Ввиду недостатка прямых

наблюдений, мощность ледников вычисляли по наклону их ложа; этим путем найдено, что наиболее значительные альпийские ледники должны достигать 400—500 метр. Все данные заставляют предположить, что наибольшая мощность ледников стоит не ниже 400 метр. На основании приведенных цифр можно вычислить объем глетчерного льда, который оказывается поразительно громадным. Так, напр., Гейм нашел, что Алечский ледник заключает около 10,800 миллионов кубических метров льда; если последний разместить кругом земли, то получилось бы кольцо в 250 кв. метр. в поперечнике.

Впрочем, толщина глетчерного льда в различных местах неодинакова. Кроме того, вследствие таяния нижнего конца, ледник становится постепенно менее мощным и приобретает форму клина или языка: верхняя поверхность его более наклонена, чем нижняя; угол, образуемый пересечением этих поверхностей, не подвергался точным измерениям, но весьма вероятно, что он не превышает 3°.

От этого «удельного уклона» ледника следует отличать «действительный уклон», т. е. угол, образованный массами глетчерного льда с горизонтальной плоскостью; угол этот определяется наклоном ложа и у больших глетчеров первого порядка обладает лишь незначительной величиной: в отдельных местах ледники спускаются иногда очень круто, но в общем уклон достигает едва только 10°. Иное наблюдается у глетчеров второго порядка, которые в некоторых случаях обладают уклоном в 50°; трудно даже понять, как они могут держаться в таком положении и почему они не падают вниз.

Особенного внимания заслуживает *движение ледников*, так как этим свойством объясняются все те замечательные явления, которые иначе были бы нам вовсе непонятными. Мы уже указывали, что глетчер представляет медленно текущий ледяной поток: движение его в восемь и даже десять миллионов раз медленнее течения реки, обладающей ложем того же наклона и тем же количеством воды. О движении ледников люди знали гораздо раньше, чем этот факт был подтвержден научно: «Ледники растут как трава» («die Gletscher wachsen wie das Kraut»),—говорит старая швейцарская поговорка.

Важным шагом в исследовании ледников было определение пути, проходимого ими в известное время. Первые данные по этому вопросу мы находим у Хуги, который построил в 1827 году каменную хижину на срединной морене Аарского глетчера, а в 1830 году нашел, что она передвинулась на 100 метров. По свидетельству Агассиса, в 1836 г. эта хижина находилась в 714 метрах от своего первоначального положения, а в 1840 году—не менее, чем в 1,428 метрах; таким образом ледник проходил ежегодно около 110 метр.; впрочем, как видно из приведенных цифр, движение его не было равномерным; в первый промежуток времени путь, проходимый им в год, достигает лишь 33 метров, во второй промежуток—102 метр., и, наконец, в третий—178 метр. В последнем случае ледник перемещался на 488 миллиметров в день или приблизительно на 2 см. в час; скорость эта, однако, принадлежит к числу наиболее значительных скоростей альпийских глетчеров.

Скорость движения ледников определялась неоднократно по перемещению предметов, оставленных исследователями в известных местах. Так, напр., Соссюр во время своего знаменитого путешествия по «Ледяному морю» Швейцарии в 1788 году, оставил здесь лестницу, а в 1832 году нашел ее обломки; оказалось, что ледник

проходил 114 метров в год или 321 миллиметр. в день. В 1845 году Жюль Мартин встретил те же обломки лестницы на 370 метров ниже, что показывает, что за этот промежуток времени движепие глетчера значительно замедлилось. В 1846 году на конце ледника Талефр был найден ранец одного туриста, нотерянный его проводиником десять лет назад в верхних частях глетчера; отсюда была определена скорость движения последнего, равная 131 метр. в год или 359 миллим. в день и $1^{1}/_{2}$ сант. в час. Ледник нриносит через десятки лет труны несчастных жертв, погибших при падении в трещины. Наибольшей известностью пользуется катастрофа, случившаяся на Монблане 20 августа 1820 года. Русский ученый Гамель и два английских исследователя совершали в это время свое восхождение на царя евронейских гор в сопровождении многочисленных проводников и носильщиков, которым были норучены измерительные приборы. Недалеко от вершины соскользнул рыхлый снег, прикрывавший лед, и низвергнувшая лавина ногребла в своей массе трех проводников. Спустя 41 год, на нижнем конце ледника Боссона были найдены куски платья погибших, узнанные оставшимися еще в живых снутниками Гамеля; через год ледник вынес целую руку и другие остатки несчастных жертв.

Найденная лестница Соссюра и сумка туриста дали возможность сделать весьма ценные выводы о движении ледников в значительные нромежутки времени; но наука не могла удовлетвориться этими случайными данными; необходимы были систематические и продолжительные наблюдения, которые и были произведеиы Агассисом, Форбсом, Тиндалем и целым рядом других ученых. Кроме того, в самое носледнее время эти исследования были повторены и дали очень точные выводы. Метод, применявшийся при этом, весьма нрост: с какого-нибудь определенного места у края ледника визируются при помощи точных приборов положенные на его поверхности камни или установленные здесь столбы (вехи); наблюдения повторяются через известные промежутки времени. Обстоятельные и точные работы этого рода ведутся в Ронском ледпике с 1874 года, когда они были начаты но инициативе Швейцарского альпийского клуба. В четырех различных местах на поверхности глетчера были положены ряды камней величиной в кулак, а между ними на расстоянии каждых 20 метров — более значительные глыбы с выбитыми на них нумерами. Положение четырех рядов камней, отличавшихся своим цветом, и каждой из 156 больших глыб определялось ежегодно тригонометрическим способом. В последнее время для этой цели пользуются фотограммометрическими нриемами.

Подобные измерения показали, что скорость движения ледников весьма разнообразна. Даже один и тот же ледник в разных местах и в разное время движется неравномерно. Величина пути, проходимого глетчером в год, колеблется между несколькими миллиметрами и 300 метр., в среднем же она равняется 40—100 метр.; отсюда скорость двнжения в сутки достигает 0,1—0,3 и даже 0,4 метра; она приблизительно равна скорости часовой стрелки. Найдено, что частица льда, располагающаяся на месте слияния двух главных ветвей нижнеаорского ледника, достигает конца носледнего только через 130 лет: она пройдет нри этом расстояние в 8,300 метров. Более значительной скоростью отличаются ледники Гималаев, и возможного нредела достигают глетчеры Гренландни. Там, где у гористых берегов раскрываются между возвышенностями широкие долины, лед быстро стремится к морю и в некоторых случаях проходит 14—20 метр.

в день, т.е. движется со скоростью улитки. В Альпах известен только один пример такого быстрого движения: это — Бернский ледник, прошедший 1 июня 1845 г. пространство в 12 метр.: течение ледяной массы можно было видеть здесь простым глазом.

Вследствие трения льда о края твердого ложа его, *движение боковых частей глетчера происходит более медленно, чем в середине.* Поэтому ряды камней или столбы, установленные на его поверхности, через несколько лет образуют дугу, направленную своей выпуклостью вниз. Огромное различие скоростей с бо-

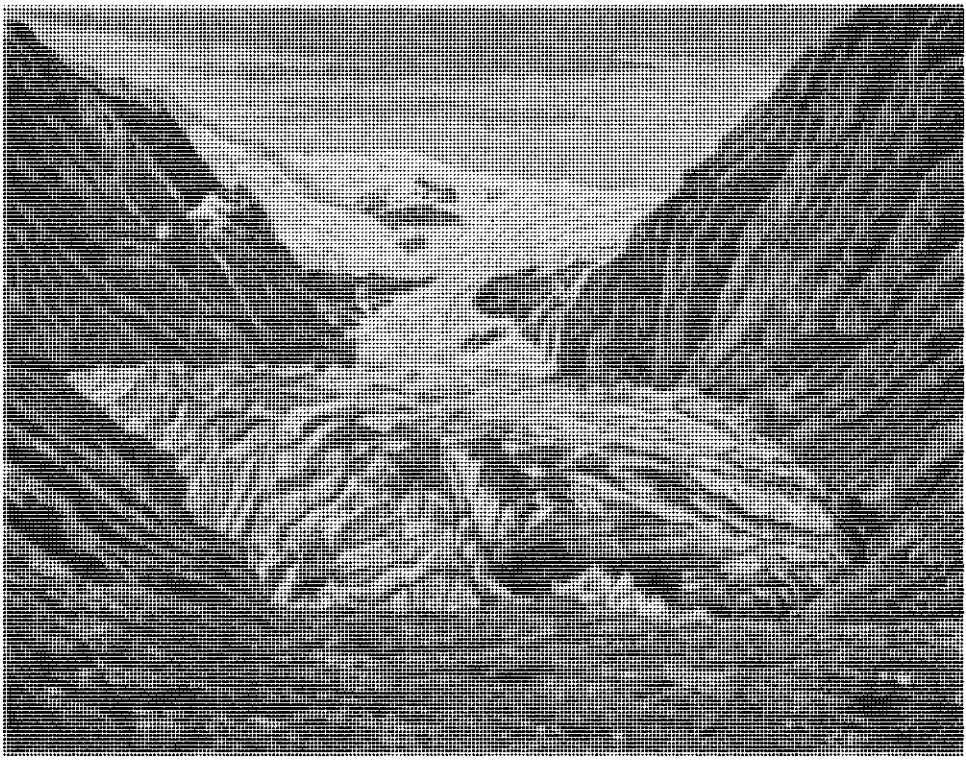


Рис. 327. **Один из ледников Норвегии**

ков и в середине было обнаружено на Ронском леднике: камень верхнего ряда, удаленный от края на 20 метр., прошел в 6 лет 55 метр., а камень, лежавший в середине—623 метра. Все наблюдения показывают, что сначала скорость быстро возрастает по направлению от краев к середине, а потом все медленнее и, наконец, становится почти постоянной. Треннем объясняется также и большая быстрота движения льда на поверхности, чем в глубине, где она соприкасается с подстилающей его породой.

На различных высотах скорость ледника также не одинакова: всего быстрее движется он ниже линии выхода из обширной фирновой мульды; начиная отсюда, *скорость убывает как вверх, так и вниз.* Только в таких местах, где ложе суживается, или где наклон его сильно увеличивается, или, наконец, где происходит сильный приток льда, указанное отношение изменяется или даже становится

обратным. В случае уменьшения наклона и усиливающегося при этом давления вышележащих масс или при выходе ледника из суженных частей долины в более широкие, лед начинает распространяться в стороны: подобно воде рек, он приноравливается к форме своего ложа; там, где последнее расширяется, поперечный размер глетчера увеличивается (см. рис. 327), массы льда расходятся в виде веера, и скорость движения их уменьшается; наоборот, при сужении ложа ледник начинает двигаться быстрее.

Наконец, и времена года не остаются без влияние на движение ледников: к лету скорость последних увеличивается и к зиме уменьшается; явление это следует, по-видимому, приписать теплоте и главным образом воде, циркулирующей в тончайших трещинах льда; с увеличением количества последней подвижность ледяных масс должна усиливаться и наоборот. Впрочем, чем значительнее мощность ледника, тем менее сказывается на нем влияние времен года.

Хотя движение ледников находится в зависимости от целого ряда внешних условий, но оно происходит постоянно и подчиняется тем же законам, которые управляют движением рек. Питаясь льдом, непрерывно спускающимся из фирновой котловины, глетчеры должны распространяться до тех пор, пока не достигнут области, где вся масса льда переходит в воду. Ледники спускаются значительно ниже полосы ржи и плодовых деревьев, где средняя годовая температура стоит выше нуля, а потому таяние льда должно происходить здесь весьма усиленно. Однако, было бы ошибочно думать, что оно происходит исключительно на нижнем конце глетчера; последний тает на всем своем протяжении, и нижних областей достигает далеко не вся та масса льда, которая спускается со снежника. Лед переходит в воду не только с поверхности, но и снизу; следствием внутреннего таяния являются морщины на поверхности ледника.

Таяние глетчерного льда происходит, прежде всего, под непосредственным влиянием солнечных лучей; оно усиливается действием дождя и теплотой воздуха, который даже весной и осенью нагрет более ледника; наконец, важным деятелем являются здесь и теплые ветры. «Ни всемогущий Бог, ни золотое солнце не одолеют снега, если нет фёна»,—гласит швейцарская поговорка. Под влиянием теплоты, отражающейся от стен ложа, ледник тает у краев сильнее; поэтому в середине его поверхность приобретает форму свода, а по бокам оказывается сдавленной; здесь даже нередко наблюдаются глубокие трещины, отделяющие лед от подстилающей его породы. Для определения быстроты таяния глетчера втыкают на его поверхности столбы и измеряют, насколько выдвигаются они из толщи льда, или же определяют уменьшение глубины буровых скважин, которые тщательно оберегаются от доступа к ним воды. Таким путем найдено, что в летнее время глетчер теряет ежедневно 3 сант., и всего в год 3—3,5 метр. Наконец, существует и еще один способ измерения убыли ледника: часть поверхности его покрывается дурными проводниками теплоты и таким образом защищается от действия солнечных лучей: вследствие таяния окололежащих масс прикрытые участки образуют выступы, высота которых наглядно свидетельствует о величине происшедшей убыли глетчера.

Сама природа указывает такой путь исследования: плоские глыбы кампей, прикрывающие местами ледник, поглощают теплоту и препятствуют солнцу, дождю и теплому воздуху действовать на поверхности льда; в то время как окружающая

пространства глетчера быстро тают, закрытая камнем часть остается почти неприкосновенной и образует мощный ледяной столб высотой в 2—3 метра, реже 4 метра и даже иногда—11 метр.; вместе с прикрывающим камнем столб этот напоминает своей формой стол и называется *ледниковым столом* (см. рис. 328). По прошествии немногих месяцев последний достигает значительной высоты, но в то же время начинает таять с южной стороны; наконец, каменная глыба перетягивает и обрушивается со своего ледяного пьедестала. Совершенно противоположное действие производят мелкие тела, лежащие на поверхности глетчера: они нагре-

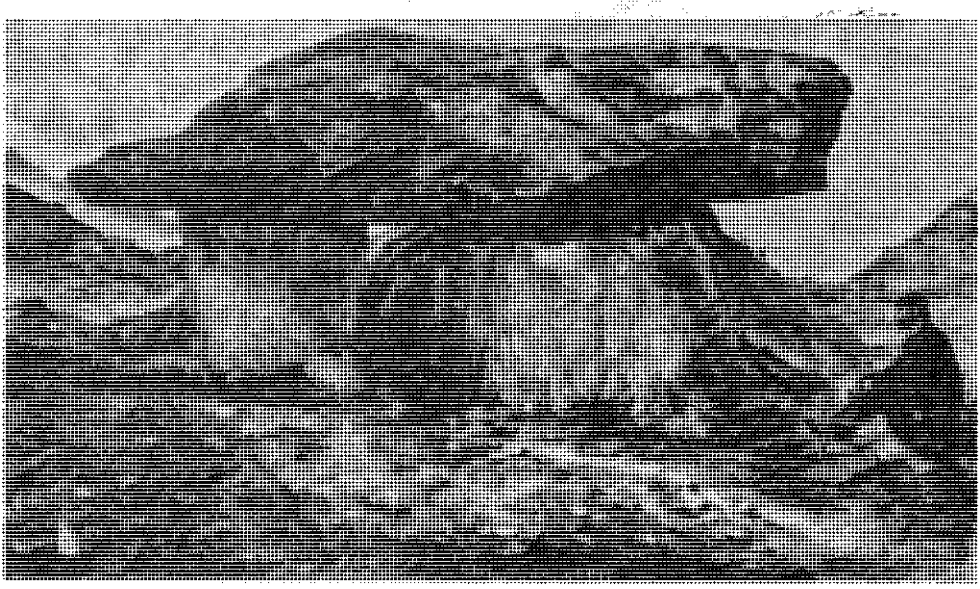


Рис. 328 **Ледниковый стол на Ронском глетчере**

ваются сильнее окружающих ледяных масс и, благодаря своему малому объему, тотчас же отдают теплоту подстилающему их льду; таяние последнего вследствие этого ускоряется. Частицы земли и песка, ветки, листья, насекомые лежат здесь в ямках, которые достигают 1—2 сантим. в глубину и с поразительной точностью передают форму находящегося в них предмета. Эти маленькие котловинки называются «ледниковыми стаканами». В связи с таянием глетчера стоит явление, которое заставляет горцев утверждать, что лед не терпит внутри себя инородных предметов и выбрасывает их наружу. Действительно, нельзя не заметить той резкой противоположности, которая существует между чистотой глетчерного льда и огромными массами обломков и щебня, лежащими на его поверхности. Наблюдения и опыт показывают, что предметы, упавшие в трещины или опущенные в ямы, через несколько времени выступают наружу в более низких частях ледника; поэтому прежде думали, что лед и в самом деле обладает выталкивающей

силой; однако все эти явления просто объясняются таянием ледников с поверхности.

Вода, образующаяся вследствие таяния глетчера, отчасти просачивается по мельчайшим трещинам, отчасти течет по поверхности многочисленными ручьями, которые тоже исчезают в трещинах, не достигая конца ледника. Если эти трещины обладают значительными размерами, то ручьи низвергаются туда водопадами и размывают их вершины; в случае закрытия трещины в этом месте остается широкое углубление, называемое *ледниковой мельницей*. Последние движутся вместе с ледником, и если рядом образуются новые ямы, открывающие сток воде, они мало-но-малу суживаются давлением вышележащих масс и, наконец, совсем исчезают. Исполиновые котлы, часто встречающиеся в тех местностях, которые были раньше покрыты льдом, ставили в связь с ледниковыми мельницами, предполагая, что ручьи, которые ниспадали туда, приводили во вращательное движение лежавшие на дне каменные глыбы. Однако Бальцер оспаривает такое объяснение: он указывает, что ледниковые мельницы, передвигаясь вниз, исключают возможность сверлящего действия воды в одном определенном месте; иное следует сказать о тех исполиновых котлах, которые относятся к ледниковому периоду и нередко встречаются в северо-германской равнине; форма поверхности в местах нахождения этих котловин не позволяет приписать их возникновение действию сильных водопадов. Но так как массы льда, сковывавшего северную Германию, лежали почти горизонтально и двигались во всяком случае очень медленно, то ледниковые мельницы оставались относительно долго на одном месте, а потому и могли способствовать образованию исполиновых котлов.

Вся вода, образующаяся вследствие таяния льда, собирается на дне глетчера и, следуя естественному наклону почвы, стекает одним или несколькими ручьями; сюда же присоединяется вода, стекающая со склонов долины, и таким образом получается весьма сложная ветвистая система потоков, которые пролагают свой путь в пустотах под массами глетчерного льда. Эти пустоты достигают иногда столь значительных размеров, что некоторые ледники на значительном протяжении совсем не касаются почвы, и опорой образующихся таким образом ледяных сводов служат только одинокие, тут и там уцелевшие глыбы. Под поверхностью Марселльского ледника Шлагинтвейт проник в подземную галлерею на протяжении более, чем 200 метр.; в одном случае доказано даже существование мощного канала, который тянется под ледником во всю его длину. Несколько лет тому назад один из местных жителей свалился в трещину Гриндельвальдского глетчера; он скользил в глубину на протяжении около 120 метров и достиг дна ледника с поломанной рукой, но в полном сознании. Пытаясь выбраться из своей ледяной темницы, он направился вверх по проходившей здесь ледниковой галлерее, и у подножья Веттергорна достиг дневной поверхности.

Выходя из-под ледяных масс, ручьи образуют нередко огромные арки в несколько метров высотой,—так называемые *ледниковые ворота*. Блистая неуловимыми оттенками голубого и красноватого цвета, эти ледяные сооружения производят чарующее впечатление. Рисунок на особом листе «Ледниковые ворота Ронского глетчера» представляет пример этих чудных образований. Но, к сожалению, в течение последних десятилетий, благодаря сильному отступанию ледников, они быстро разрушаются.

Через ледниковые ворота и трещины внутрь глетчера проникают потоки теплого воздуха и вместе с водой, которая стекает по склонам долины, способствуют таянию ледника снизу. Количество воды в ледниковых ручьях сильно колеблется в зависимости от смены времен года и даже дней и ночей; в теплые летние дни они несут огромные массы мутной молочно-белой или серой воды; утром количество последней значительно уменьшается и снова возрастает к полудню; зимой таяние останавливается, и нового притока воды не происходит. Если же в

Рис. 329. **Трещины на леднике** (с фотографии)

холодные дни на конце ледника выходят ручьи прозрачной воды, то происхождение последней следует приписать источникам, которые выходят на дно ледника.

Вследствие неровностей и ненравильностей ложа, в движущихся массах глетчерного льда является внутреннее напряжение, выражающееся образованием трещин (см. рис. 329). Появлению последних предшествует глухой треск или металлический звук, одновременно с которым целость ледяного покрова нарушается, и новая трещина с бóльшей или меньшей скоростью начинает раздвигаться и распространяться в обе стороны. Трещины, нредставляющие немало опасности неопытным и неосторожным путешественникам, достигают огромных размеров как в глубину, так н в ширину: в некоторых случаях нельзя достигнуть их дна даже на 200 м глубины. В тех местах, где ледник встречает выступы скал, на его поверхностн образуются так называемые *краевые трещины*, расходящиеся по большей частн лучеобразно; если же глетчер внезапно выходнт из суженных

частей ложа в широкие, то появляются *продольные трещины*, более или менее параллельные главному направлению ледника. Наконец, самые распространенные и наиболее важные *поперечные трещины* возникают, благодаря неровностям дна долины: если наклон последнего увеличивается, то лед движется скорее и отделяется от вышележащих масс трещинами. Чем резче и внезапнее изменяется уклон ложа, тем более происходит разрывов в леднике, и там, где последний падает с крутых уступов, образуя, как бы застывший водопад, наблюдаются огромные и многочисленные трещины; они раздробляют лед на отдельные башни, пирамиды, зубчатые стены, среди которых громоздятся бесформенные глыбы, низвергнувшиеся сверху; едва ли какое описание может дать представление об этом диком, хаотическом скоплении ледяных масс.

Можно было бы ожидать, что ниже таких обрывов весь ледяной поток превращается в беспорядочные кучи обломков. Но этого на самом деле не наблюдается: раздробленный лед снова соединяется в сплошной покров, срастается в однородную массу — и на расстоянии нескольких сот метров ниже обрыва нельзя уже видеть никаких следов нарушений, которые только что испытал глетчер. Эта способность льда срастаться в некоторых случаях прямо поразительна: небольшие ледники иногда совсем разрываются на месте крутых обрывов, и массы их с треском рушатся вниз; однако, у подножия уступа обломки сплачиваются снова и образуют неразрывный ледяной поток*.

---

* Чрезвычайно любопытны наблюдения И. В. Мушкетова над трещинами, валами и рубцами, которые прорезывали *оплывины*, явившиеся во время знаменитого Верненского землетрясения; расположение их наглядно объясняет происхождение некоторых особенностей в строении ледников. Эта аналогия в строении грязевых потоков (мур) и ледников замечалась уже раньше в Альпах, и на Верненских оплывинах она находит блестящее подтверждение. В оплывинах также, как и в ледниках при переходе порогов и вообще крутых мест долины образуется масса поперечных трещин, которые ниже по большей части закрываются, исчезают, иногда же заменяются боковыми трещинами; последние развиваются главным образом у неправильных скалистых выступов на склонах долины или на выпуклой стороне ее змеевидных изгибов; с особенной отчетливостью это явление наблюдалос на оплывине лога Джитым в долине Аксая. Трещины, очевидно, перемещались вместе с оплывиной и потому местами представляют такую же запутанную сеть, как боковые трещины глетчеров: в сужениях долины они сокращаются и по выходе в расширение снова появляются. Словом, как в ледниках, так и в оплывинах трещины являются следствием движения.

Обыкновенный *сапожный вар* может служить для устройства *искусственного ледника*. Первый такой ледник был устроен проф. А. А. Иностранцевым и находится в Геологическом Кабинете Императорского С.-Петербургского Университета. Из гипса была приготовлена горка, имеющая на вершине один или несколько цирков, от которых отходят тщательно пронивеллированные долины. Наполнив цирки кусочками вара, можно наблюдать, что через несколько дней они слежатся в плотную массу, которая выступит в форме потока по долинам. Правда, движение идет при обыкновенной комнатной температуре не скоро, но во всяком случае легко заметить, что и здесь середина движется быстрее краев, как и в настоящем леднике. Это видно по форме морщин и складок, образующихся во многих местах на поверхности вара: складки образуются дуги, выпуклая сторона которых направляется в сторону движения ледника; то же явление можно наблюдать при помощи прямых линий, проведенных краской поперек потока; через некоторое время эти линии становятся изогнутыми. Искусственный ледник наглядно обнаруживает влияние склона на движение. При переходе в крутые части долин вар движется некоторое время с прежней скоростью и, наоборот, вступая в пологие части, сохраняет сначала свою увеличенную скорость. Весьма интересен следующий опыт Томсона: он клал на дно стакана несколько пробок, на них лепешку вара, а на лепешку несколько свинцовых пуль; в стакан наливалась вода, и через несколько времени пули оказывались на дне, пробка наверху, а целая лепешка в середине: вар пропустил через себя пули и пробки, и отверстия снова затянулись.— *Примеч. пер.*

Любопытное свойство глетчерного льда, с которым мы сейчас познакомились, объясняет также, почему трещины в леднике закрываются, как только исчезает причина, их вызвавшая. Наконец, *способность ледяных масс смерзаться* или срастаться дает ключ для более или менее удовлетворительного объяснения явлений, представляемых ледниками; к сожалению, мы в настоящую минуту еще слишком далеки от полного понимания происходящих здесь процессов.

Первоначально предполагали, что в трещины ледника проникает вода, замерзает здесь и, расширяясь, вызывает движение ледяных масс. «Теория расширения», однако, не могла быть удержана, так как она не объясняла поступательного движения ледника, а скорее заставляла допустить расплывание его масс во все стороны. После этого были сделаны попытки других объяснений, которые искали причину движения в тяжести ледяных масс; эта теория, видимо, имеет под собой серьезную почву: ледники, как мы знаем, представляют в своем движении много сходства с течением рек; однако некоторые особенности, а именно восстановление целости ледника на месте прорезывавших его трещин не может быть объяснено действием тяжести.

Причина явления кроется в *зернистом строении глетчерного льда* и в *способности его смерзаться*, объясненной *Гельмгольцем, Томсоном* и *Тиндалем*. Лед при замерзании расширяется, а потому при повышении давления температура таяния его понижается. Если лед, температура которого 0°, подвергнуть давлению, то он начинает таять; переход же в жидкое состояние сопровождается поглощением теплоты, и, вследствие этого, температура образующейся воды спускается ниже 0°. Как только давление прекратится, вода замерзнет, и разъединенные части льда образуют одно целое. Так называемые «снежки» всего лучше удаются при начале оттепели, и этим временем молодежь спешит воспользоваться для своих игр. Снег обладает тогда температурой в 0° и представляет наиболее благоприятные условия для смерзания. При давлении рук он начинает таять, а когда давление прекращается, образует сплошной шар.

В глетчерном льде в зависимости от его количества и от наклона ложа существует в разных местах неодинаковое давление, и там, где оно достигает наибольшей величины, начинается таяние ледника. Вода, охлажденная ниже 0°, не остается на месте своего образования, а стекать по мельчайшим трещинам туда, где господствует меньшее давление; здесь она и замерзает. Непрерывно раздробляясь и смерзаясь, лед приобретает высшую степень подвижности. С другой стороны, как показал *А. Гейм*, последняя значительно усиливается, благодаря зернистому строению глетчерного льда: несмотря на кажущуюся однородность, он представляет как бы конгломерат отдельных шариков, отделенных тончайшими трещинами. Движение глетчера, происходящее под влиянием тяжести, приводит к раздроблению его масс; последнее должно предпочтительно происходит по направлению уже существующих тончайших трещин. Зернистое строение, облегчая движение ледника, в свою очередь, поддерживается им. С другой стороны, благодаря смерзанию, отдельные зерна не распадаются, а опять образуют связное целое. Совместным действием обоих процессов или, как говорят, «пластичность льда при высоком давлении» вполне объясняются главнейшие явления, наблюдаемые в ледниках,—способность их двигаться и в случае раздробления снова приобретать неразрывность; однако некоторые единичные факты остаются до сих пор необъясненными и требуют дальнейших наблюдений.

Исследования над жизнью ледников показывают, что росту их в длину препятствует непрерывное таяние и что нижний конец глетчера вообще сохраняет неизменным свое положение. Однако через более или менее значительные промежутки времени происходит наступание ледников: нижний конец их начинает опускаться на 15—20 и даже на 60—70 м ежегодно; он двигает перед собой свои старые морены, увлекает густые леса, ломает людские жилища и покрывает альпийские луга своим ледяным покровом. По прошествии нескольких лет нижний конец ледяного потока начинает таять, и глетчер отступает на 1,000, 1,500 и даже 2,000 м; и если бы через некоторой промежуток времени не происходило нового наступания, то ледник должен бы был исчезнуть.

Один из поразительных примеров этого рода явлений представляет Фернагтский ледник в Альпах Этцталя. Он питается двумя снежниками, потоки которых соединяются на высоте приблизительно в 2,700 м. Последний период наступания относится к 1840—1848 гг. В это время общая поверхность глетчера была на 158 гектаров больше, чем в 1883 г., и в 1845 г. конец ледника спускался на 2,092 м ниже, чем в 1883 г. При каждом новом наступании ледник возрастает на 2 км в длину, достигает долины и, загромождая ложе Рофенбаха, превращает его в озеро. Воды остановленной реки прорывают задерживающие их массы и, распространяясь в стороны, свирепствуют на протяжении всей долины Этца; весьма вероятно, что, только благодаря этим страшным опустошениям, сохранились известия о прежних наступаниях*, которые происходили в 1599—1601, 1676—1681, 1770—1772, 1820—1822 и 1840—1848 гг.

Колебания Оберзульцбахского ледника немного уступают рассмотренным. К сожалению, мы не имеем известий о древней истории этого глетчера, и только по присутствию старых кедров на границе последнего наступания можем заключить, что в течение последних тысячелетий оно было наиболее сильным; с 1850 г. Оберзульцбахский ледник непрерывно отступает, и к 1882 году он укоротился на 400 м; отношение площади, освободившейся от льда, к общей поверхности ледника показано на чертеже 330. В 1885 г. ледниковые ворота на конце глетчера отступили сравнительно с их положением в 1882 г. на 20 м, левые ледниковые ворота — на 90 м, а правая сторона на 240 м; в 1887 г. остроконечный язык ледника почти исчез; таким образом в течение двух лет растаяла полоса льда в 230 м длиной и 75 м шириной. Общее уменьшение массы ледника, начиная с 1887 г., достигает 70 миллионов куб. м, и освободившаяся от ледяного покрова поверхность занимает площадь в 60,25 гектаров.

Для правильной оценки этих замечательных явлений весьма важно указать здесь, что они происходят неодиноко, а распространяются на все альпийские ледники. Так, напр., *с 1856 г. отступание происходит в Альпах повсеместно*, и если величина его не везде одинакова, то это объясняется влиянием местных условий,— более значительным наклоном или более сильным развитием моренных накоплений; кроме того, некоторые уклонения оказываются мнимыми. Так, напр., нередко приходится слышать, что Аарский ледник укоротился только на 40 м, в то время как Ронский ледник отступил на 900 м; но этот факт объясняется

* О явлениях, связанных с прорывами ледниковых озер, мы уже говорили выше.

чрезвычайно просто: Ронский ледник у своего нижнего конца распространяется на большую площадь и обладает малой толщиной; наоборот, Аарский глетчер достигает на конце значительной мощности; нет ничего удивительного, что последний сократился в длину менее Ронского ледника; весьма возможно, что общая масса льда, потерянного каждым из глетчеров, приблизительно одинакова.

Общность и одновременность рассматриваемых явлений заставляет думать, что причина их кроется в изменениях климата. Каждое увеличение атмосферных осадков и падение средней годовой температуры повышает питание ледников и уменьшает их таяние. Отсюда следует ожидать, что общему наступанию ледников должно предшествовать более или менее продолжительное ухудшение климата. Само собой разумеется, что влияние последнего условия не может быть непосредственным, и движение ледника в том или ином направлении обнаружится позже изменения климатических условий. Что касается периодов наступания в нынешнем столетии, то вышеприведенное положение можно было проверить, так как мы имеем за это время ряд метеорологических данных. Оказывается, что периоду наступания 1820 г. предшествовал ряд холодных и сырых годов; с 1818-го до 1835 г. стояла теплая, сухая погода, и ледники в это время отступают. 1835—1855 гг. ознаменованы дождями и отчасти довольно холодной погодой, что опять отозвалось на состоянии глетчеров: в 1840 г. началось общее наступание альпийских ледников; изменение метеорологических условий в обратном направлении происходило медленно; такой же характер носило и отступание ледников, и только в 1860 г. наблюдалось общее и быстрое сокращение последних. Отсюда видно, что между климатическими колебаниями и размерами ледников существует чрезвычайно близкая связь, а потому и нельзя сомневаться в существовании причинной зависимости между теми и другими явлениями.

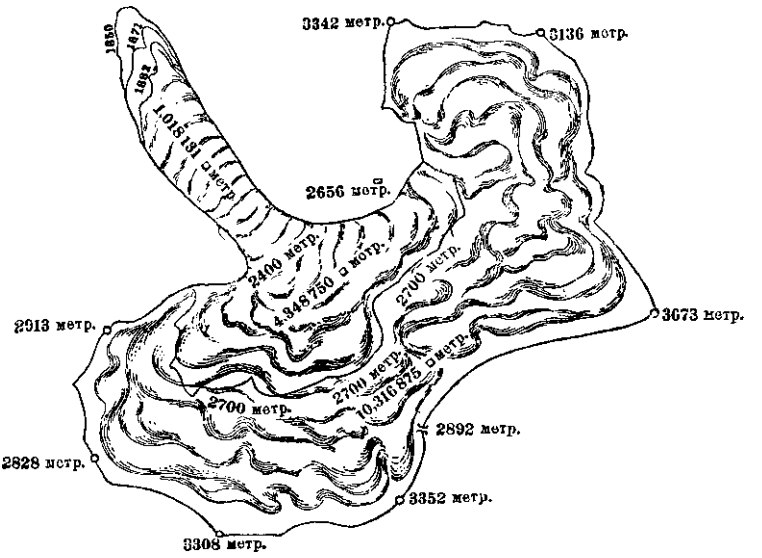



Рис. 330. **Карта Оберзульцбахского ледника и его фирновой котловины**

*Брюкнер* пытался доказать, что, начиная с 1700 г., климатические изменения происходят приблизительно через каждые 35 лет. Ввиду указанной выше связи, для проверки этого положения могут служить многочисленные известия о колебании ледников в минувшие века. В действительности оказывается, что изменения глетчеров за последние три столетия соответствуют выводам *Брюкнера*, хотя в некоторых случаях периоды отступания и наступания выражены так слабо, что их нетрудно проглядеть.

Еще многочисленные известия о движениях ледников в высших областях Альп, где многие теснины сделались непроходимыми и где лед распространился в леса и покрыл луга; целый ряд сообщений указывает, что, начиная со средних веков, происходит общее расширение ледников. Хотя некоторые из этих известий напоминают распространенные в Альпах легенды и сказки, но их нельзя целиком относить к области вымысла. Обстоятельные исследования показали, что некоторые из этих явлений могут быть объяснены естественными причинами, другие же совсем лишены вероятия. Во всяком случае эти гадательные известия никоим образом не позволяют предположить существование вековых климатических колебаний.

Мы занимались до сих пор альпийскими ледниками. В большем или меньшем развитии глетчеры наблюдаются и на других высоких горах; в Европе Пиренеи обладают незначительными ледниками, мощного же развития достигают последние в Норвегии: наоборот, Карпаты и все горы Южной Европы лишены глетчеров, так как все они поднимаются не выше 3,000 м. В Азии ледники достигают значительного распространения на Кавказе, в Гималаях, на Каракоруме, на Куэнь-Луне, в Тянь-Шане и др. Среди них огромной мощностью выделяются Каракорумские глетчеры; наоборот, на Алтае, несмотря на его географическое положение (50° с. ш.) и холодный климат, ледники спускаются только с горы Белухи, что объясняется незначительным количеством выпадающих здесь атмосферных осадков. В Северной Америке мы находим незначительные ледники, и, если не считать полярных областей, их распространение ограничивается Каскадными горами. Поразительно слабо развиты глетчеры в высших областях южноамериканских Андов, причиной чего является крайняя сухость климата; только на южном конце материка, где горы подымаются на сравнительно небольшую высоту, но орошаются обильными дождями, ледники приобретают широкое распространение; то же находим мы и на островах, прилегающих к западному берегу; в этой местности, отстоящей от экватора на такое же расстояние, как и Берлин, мощные глетчеры спускаются к самому морю. Среди пышных вечнозеленых лесов Огненной Земли текут ледяные реки и достигают моря, где встречаются некоторые тропические виды раковин. То же представляет и южный остров Новой Зеландии, отстоящий от экватора не более Ломбардской низменности и обладающий средней годовой температурой Вены и даже выше; ледники ползут здесь среди тропических лесов с древовидными папоротниками. Острова Фальклэндские и Южная Георгия, лежащие к востоку от Огненной Земли приблизительно на 50° южн. широты, на всем их протяжении скованы вечным льдом.

В полярных странах также встречаются альпийские ледники; но особенно широкого распространения достигают здесь глетчеры *гренландского типа*, которые образуют сплошной ледяной покров, раскинувшийся на огромные пространства и называемый *внутренним, или материковым, льдом*, (Binneneis, Inlandeis) или, по-гренландски, *сермерсооком* (большой лед). Изучение последнего имеет огромное значение для понимания ледниковой эпохи, а потому на этом типе мы остановимся несколько подробнее. Внутренний или материковый лед распространен главным образом у южного полюса, на Гренландии, Шпицбергене, Новой Земле и на Земле Франца-Иосифа; наоборот, обширные полярные области Северной Америки и тундры Азии лишены настоящих ледников.

Особенности гренландскнх льдов сделались известными, благодаря скандинавским и датским полярным экспедициям. Материковый лед простирается здесь от одного до другого берега, запимает площадь более, чем в 30,000 квадратных миль, н достигает мощности в 1,700—2,000 метр.; обладая плоской, слегка выпуклой поверхностью, он сглаживает все неровности почвы. Долгое время думали, что среди острова выступает, быть может, обнаженная от льда поверхность земли, но с тех пор, как знаменитые Нансен и Пири (Peary) прошли весь остров, первый — в южной его части, второй — в северной, стало несомненным, что снег и лед покрывают всю Гренландию. Высшая точка острова в его южной части

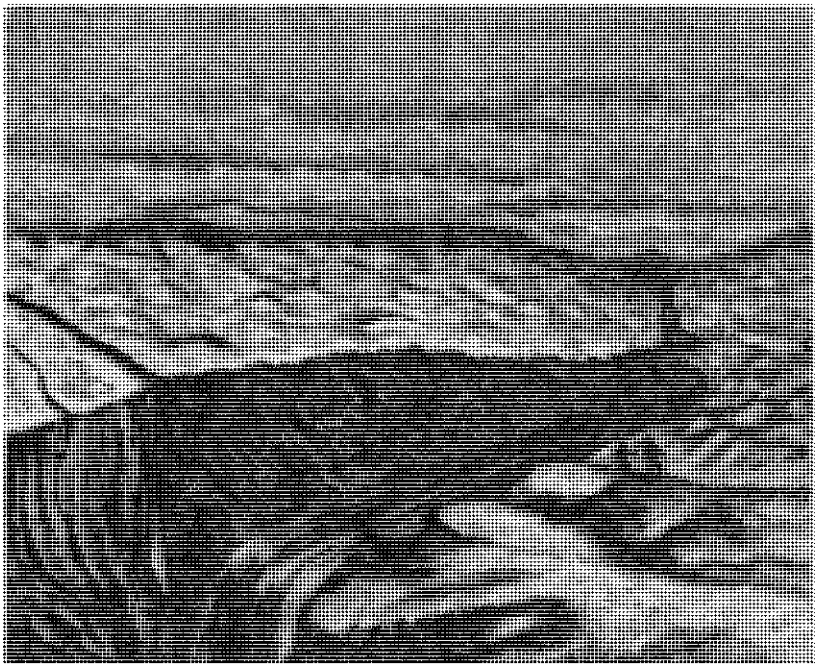


Рис. 331. **Гренландский материковый лед** (по Норденшельду)

поднимается на 2,718 метра над уровнем моря; она удалена от края ледяного покрова с восточной стороиы на 180 килом. и с западной — на 270 килом. Изрезанная множеством фиордов узкая прибрежпая полоса свободна от льда. Она отделяется от внутренних частей острова покрытой трещинами ледяпой степой. Далее довольно круто поднимается ледяной покров, прорезапный множеством трещин: поверхность его неровна, что в известной степепи зависит от форм подстилающей его почвы. В этом краевом поясе материкового льда выдвигаются тут и там крутые скалы, называемые на языке эскимосов «нунатаки»; это единственные выступы земли, погребенной под ледяным саваном. Массы, теснимые сверху, встречают в этих утесах препятствие и падвигаются на их скалистые стены. Только в случае очень быстрого движения поверхиость льда склоняется к «нунатаки».

За этими скалистыми выступами горных масс, мы находим пологую, слегка волпистую поверхность сермерсоока, нрерываемую иногда плоскими мульдами. В последних собирается вода, образующаяся при таянии льдов; она льется шумными

потоками и исчезает в огромных ледниковых мельницах или в бездонных трещинах (см. рис. 331). По свидетельству Норденшельда, в других местах эта вода, перемешанная с воздухом, снова выходит на поверхность в виде мощных перемежающихся фонтанов (см. рис. 332). Огромные трещины, располагающиеся часто параллельно друг другу, пугают путешественников своей глубиной: прорезывая вверху лазурно-голубые массы льда, они пропадают в ужасающем мраке.

Далее внутрь острова исчезают нунатаки и трещины; однообразная поверхность

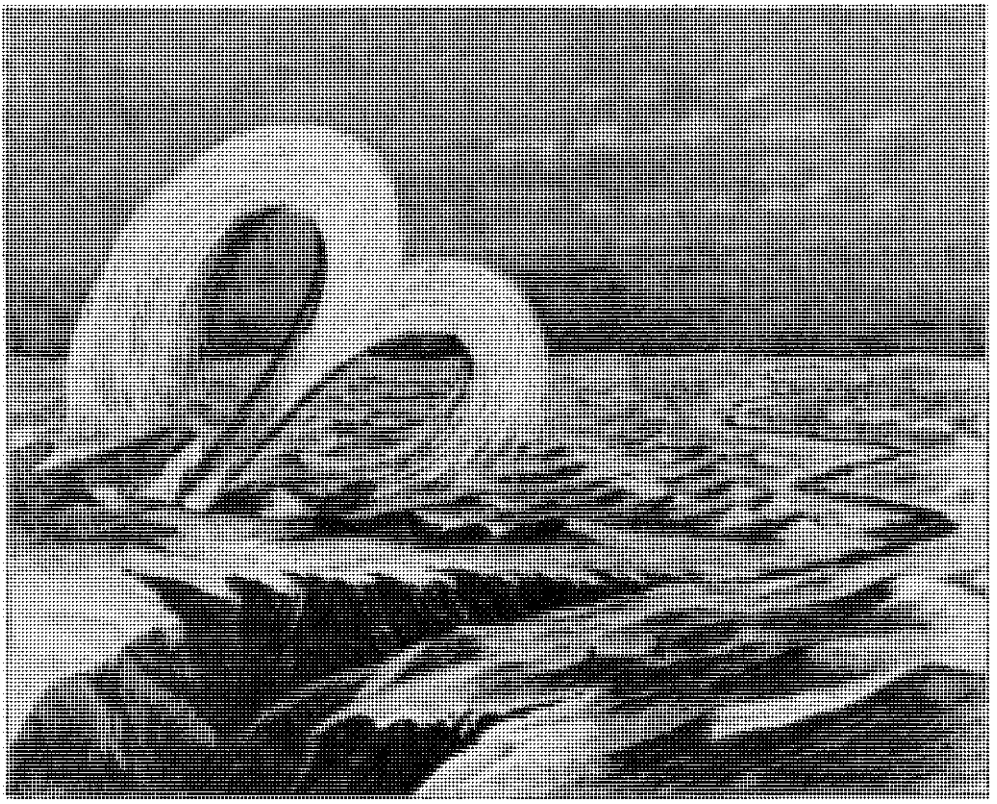


Рис. 332. **Перемежающийся фонтан на поверхности гренландского материкового льда** (по Норденшельду)

материкового льда даже в летнее время покрыта здесь снегом, который под влиянием собственного давления превращается в лед; это же давление, достигающее более, чем 100 атмосфер, заставляет раздвигаться в стороны нижележащие массы льда.

Несмотря на громадность давления, лед движется чрезвычайно медленно и вследствие таяния передних частей не может достигнуть моря. Поэтому-то прибрежная полоса остается свободной от льда, несмотря на то, что мощные скопления его внутри страны дают обильное питание глетчерам. Хотя местами лед доходит до берега, но не спускается в море, и посредн западного берега лишенная льдов полоса достигает значительной ширины.

Иное наблюдается в тех случаях, когда гористый берег представляет пренятствие свободному движению льда и когда последний проталкивается через уз-

кие ущелья. Здесь ледники приобретают огромную скорость, проходят по 20 метров в день и на поверхности покрываются многочисленными трещинами; «быстро втискиваясь в суженные, круто падающие долины, лед с сильным треском раздробляется; отдельные глыбы громоздятся друг на друга и дают начало огромным айсбергам, которые сотнями и тысячами спускаются в море» (Норденшельд). Горы прибрежной полосы обрамляют ледниковые фиорды; «нунатаки» же ограничивают спускающиеся сюда ледники; каждый из последних представляет известиую самостоятельную часть материкового льда и движется с той или иной скоростью в зависимости от своей величины, наклона и формы ложа. Насколько известно, существует лишь 25—30 ледников, спускающихся до самого моря и дающих начало плавающим ледяным горам; о последних мы будем говорить ниже.

Вода, образующаяся от таяния материкового льда, так же, как и в альпийских глетчерах, стекает вниз и выходит наружу через большие ледниковые ворота; ледниковые ручьи несут огромные количества ила и мелких камней, а потому вода их обладает молочно-белым цветом; это показывает, что гренландские ледники действуют так же разрушительно на подстилающие их породы, как и ледники Альп. Различие между теми и другими обнаруживается в следующем: как мы узнаем ниже, поверхность альпийских ледников обильно усеяна множеством обломков; наоборот, носледние ночти отсутствуют на гренландских глетчерах: только в краевой полосе их, близ скалистых «нунатаки», видны незначительные скопления щебня.

## Деятельность ледников и перенос ими продуктов разрушения

До сих пор мы знакомились со свойствами глетчерного льда, оставляя в стороне его геологическую деятельность, которая выражается разрушением горных пород и переносом обломков. Ледники несут огромиые количества продуктов разрушения, начиная с больших валунов и кончая тончайшими частицами глины. Кому приходилось видеть настоящий ледник, тот не мог не заметить так называемых *морен*, т. е. сконлений обломочного материала, переносимого ледником и отлагаемого им у своего конца; особенно бросаются в глаза поверхностные морены, т. е. каменные валы на наружной стороие ледника.

О происхождении этих продуктов разрушения не приходится много говорить: они низвергались со склонов и крутых обрывов гор и надали в фирновый бассейн, где и были захвачены движущимся ледиiком. Так как новерхности льда достигали и крупные и мелкие обломки и так как ледник ие проявляет сортирующей деятельности, которая свойственна текущей и отчасти морской воде, то все продукты разрушения ложатся на его наружной стороне без всякого порядка. Различают несколько видов морен, смотря по их расположению: *боковые морены* (Seitenmoränen) образуют длинные валы, расноложенные или на самом краю ледника или рядом с ним на склонах долины: оии сопровождают глетчер на всем его протяжении сверху донизу. Образование боковых морен едва ли требует особенных объяснений: это обломки камней, непосредственно низвергавшиеся со склонов. Также просто нроисхождение огромпых валов на переднем конце ледника или так называемых *конечных морен* (Endmoränen, Stirnmoränen). Это — обломки, подхваченные

глетчером во время его пути и скопившиеся в течение многих лет на его нижнем конце, где происходит непрерывное таяние льда. Этим видам морен противоположны *срединные морены* (Mittelmoränen oder Gufferlinien), которые наблюдаются не у всех ледников, иногда же выступают в большом числе. В некоторых случаях они представляют ряд одиноких валунов, но часто образуют мощные валы, параллельные простиранию ледника. На Горнском леднике у Церматта в Валлисе существует не менее 7—8 резко выраженных срединных морен. На Аарском леднике известна огромная морена, разделяющая его на две главных части: Лаутераарский и Финстераарский ледники; первый из этих глетчеров имеет в свою очередь 7 небольших срединных морен, а второй — 8. Наиболее значительные из рассматриваемых морен выступают в виде огромных валов; так, напр., на Аарском леднике срединная морена достигает 42 метров в высоту и 200 метр. в ширину. Глядя на эти огромные скопления камней, неопытный путешественник удивляется величию переносной деятельности ледника; но ближайшее исследование показывает, что эти валы почти целиком состоят изо льда и только снаружи прикрываются слоем щебня и обломков; нет никакого сомнения, что эти громадные выступы льда представляют явление, вполне аналогичное так называемым ледниковым столам; последние, как мы знаем, образуются в тех случаях, когда каменная глыба, поглощая теплоту, защищает от таяния подстилающий ее лед; такое же действие производят и скопления щебня; прикрытый ими лед тает медленнее и выступает в виде огромного вала.

Чтобы судить о происхождении срединных морен, необходимо обратиться к верхним частям ледника: эти морены не достигают фирнового бассейна, а прерываются у скалистых выступов на месте встречи двух ледников; они образуются вследствие соединения боковых морен обоих глетчеров и движутся далее по направлению линии их слияния (см. рис. 333).

Отсюда видно, что два ледяных потока, сливаясь вместе, не смешивают несущего ими материала. Подобные явления наблюдаются и в реках: если воды их окрашены в различный цвет, то на некотором расстоянии после их соединения можно проследить резкую их границу; но в сравнении с ледниками, которые не смешивают своего льда в течение многих лет, это явление выражено слишком слабо. Срединные морены продолжаются даже за теми многочисленными трещинами, которые образуются там, где лед падает с крутых склонов. В диком хаосе ледяного каскада их, конечно, нельзя проследить, но как только глетчер принимает свою обычную физиономию, на его поверхности снова выступают многочисленные обломки в форме неразрывных морен. Только у нижнего конца ледника отчетливость срединных морен теряется: вследствие распространения льда в ширину и усиленного его таяния отдельные глыбы низвергаются со своих ледяных пьедесталов и, распределяясь в беспорядке по всей поверхности глетчера, сливаются с конечной мореной.

Кроме этих непосредственно наблюдаемых скоплений обломочного материала, в леднике существуют еще так называемые *поддонные*, или *основные морены* (Grundmoräne), резко отличающиеся от поверхностных. Существование их долгое время не подозревалось вовсе. Впервые *Агассис* обратил на них внимание, а *Мартин* ввел в употребление их современный термин. В новейших теориях ледников основные морены играют чрезвычайно важную роль, а потому

мы позволим себе описать их словами Мартина: «Воспользовавшись многочисленными пустотами, открывающимися на конце ледника, нетрудно достигнуть его дна; здесь мы находим огромные массы галек и мелкого, пропитанного водой, песка. Удалив этот обломочный материал, мы увидим, что подстилающая его порода сглажена, отполирована и покрыта прямолинейными тонкими царапинами, которые начертаны будто иглой. Природа пользовалась здесь теми же приемами, которые применяем мы в технике при отделке металлов и камней: поверхность последних натирается шлифовальным порошком и приобретает гладкость и блеск, благодаря отражению света от многочисленных, невидимых глазу, царапин. Скопление галек, песка и ила на дне ледника представляет такой шлифовальный порошок, подстилающая их порода заменяет поверхность металла, а ледник, двигающий камни и песок и давящий на них, является как бы рукой полировальщика. Поэтому-то все штрихи и царанины направлены параллельно движению ледника; если же они иногда пересекаются между собой, образуя острые углы, то причиной этого является незначительное боковое движение глетчера.

Рис. 333. **Срединные морены** (по фотографии)

Края ледника не соприкасаются со стенами долины: между теми и другими остается некоторое свободное пространство. Сюда падают многочисленные обломки горных пород: одни из них остаются как бы вмурованными в этой трещине, другие достигают дна и образуют основную морену. К ним присоединяется громадное множество камней, которые падают в трещины, ледниковые колодцы и стаканы. Все обломки, попадающие на дно глетчера, подвергаются сильному давлению, раздробля-

ются и размельчаются: они не сохраняют размеров, которыми обладали, отделяясь от скалы. Большая часть их растирается в мельчайшую муку, которая пропитывается водой и образует нежный ил (ледниковую муку). Некоторые обломки сохраняют явные следы давления, которому они были подвергнуты: острые углы их срезаются, ребра сглаживаются,—они приобретают форму округленных галек или обладают неравномерно развитыми гранями, которые образовались вследствие долговременного трепия. Если порода обладает незначительной твердостью, как известняк, то образованные ею гальки не только закругляются, по покрываются множеством царапин, пересекающихся в разных направлениях (см. рис. 334). Эти исцарапанные гальки имеют огромное значение в вопросе о распространении древних ледников: присутствие их в том или ином месте указывает на несомненное существование ледника, который отполировал и покрыл штрихами эти гальки». Последнее заключение неправильно: такой же характер носят гальки, передвигаемые внезапными ручьями; такое же действие производит лед, образующийся на дне рек и заключающий в своей массе твердые обломки.

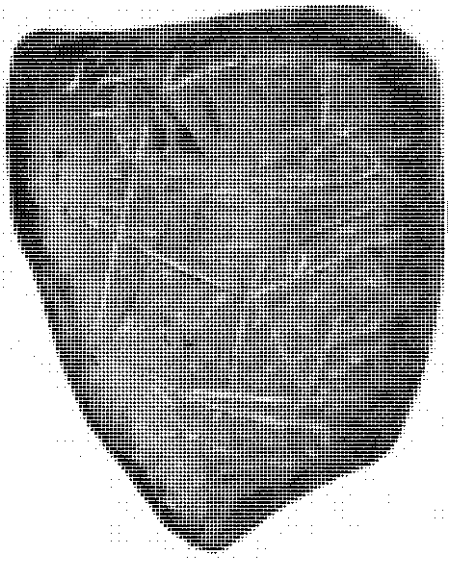


Рис. 334. **Валун из поддонной морены, исцарапанный ледником**

Внешний вид морен и отношение их к массе глетчера бывают различны, смотря по тому, находится ли последний в периоде роста или убыли, или сохраняет известное равновесие. У мощных, скоро движущихся ледников боковые и конечные морены обладают огромным развитием. Первые в некоторых случаях поднимаются в высоту па 60 м, а конечная морепа, где собирается весь переносимый ледником материал, достигает даже 100 м. Боковые морены плотно примыкают к краям глетчера, а конечная морена образует выпуклую вперед дугу с прорывом в середине, сквозь который вытекает ледниковый ручей; с левой и с правой стороны она незаметно переходит в боковые морены. Если ледник вступает в период равновесия, то приносимый ими щебень скапливается у старых морен и увеличивает их; если ледник отступает, убывая как в длину, так и в толщину, то его прежние морены остаются на своем месте; так как приносимый ледником материал в течение года не может образовать сколько-нибудь значительный вал, то щебень конечной морены покрывает только то пространство, которое освободилось ото льда. Так, напр., современные ледники Альп, отступающие, по крайней мере, уже 30 лет, не имеют больших конечных морен; зато ниже окончания ледника мы находим огромные скопления нанесенного и обломочного материала, который в большинстве случаев позволяет весьма просто определить, насколько укоротился ледник в период последнего отступания. Точно также боковые морены убывающего ледника сохраняются на прежнем месте, и по высоте их над поверхностью льда возможно определить, насколько уменьшилась мощность глетчера.

Если ледпик начинает наступать, то очень скоро образуется копечная морена значительных размеров: настунающий глетчер двигает перед собой весь обломочный материал который он отлагал во время своей убыли, и древние конечные морены, которых он успел достигнуть. Поэтому исследуя морены ледника, можно сделать важные заключения о его прошлом и современном состоянии: крайняя конечная морена обозначает ту границу, которой достигал ледник в периоды наивысшего своего развития; сама же внутренняя из конечных морен указывает, до какой черты распространялся глетчер во время последнего наступания. Если в данный момент ледник достигает этой морены, то он находится в состоянии равновесия или медлепно наступает; наоборот, отступающий ледник не имеет явственно выраженной копечпой морены и переходит в беспорядочные скопления щебня, расположенные между самой внутренней из древних морен н его концом.

На обширных пространствах, которые освободились ото льда в течение последних десятилетий, можно прекрасно наблюдать разрушительное действие глетчера на подстилающие породы; как мы уже указывали, ночва в этих местах сглажена и покрыта царапинами, которые идут параллельно длиниому размеру ледника; впрочем эти штрихи очень часто пересекаются друг с другом, под более или менее острыми углами; некоторые исследователи выводят отсюда, что в данном месте проходили в разное время два ледника; но такое объяснение нельзя признать удовлетворительным, и причину явления следует искать в неправильностях движения ледпика.

Сглаживая все уступы и срезая углы их, ледник придает скалам вид яйцевидных бугров; благодаря своей форме, последние получили название *бараньих лбов* (Rundhöcker, roches moutonnées); целые же группы таких бугров Кропоткин называет *курчавыми скалами*. Иногда бараньи лбы обладают совершенной полировкой и обнаруживают слабые и тонкие штрихи; в других случаях они сглажены весьма слабо и покрыты глубокими бороздами. Но даже выветрившиеся курчавые скалы сохраняют свою характерную форму: в некоторых альпийских долинах, которые в ледниковую эпоху были заняты огромными глетчерами, напр., в нижней части долины Инна и в области Мерана в Тироле или в Энгадине, по присутствию таких бугров можно онределить высоту, которой достигали льды. На рис. 335 представлены окрестности С.-Морица в Энгадине; расположенные внизу бараньи лбы резко отличаются от угловатых и крутых вершин этой местности.

Таким образом, ледники не только покрывают подстилающую их нороду штрихами и царапинами, но также придают ей известную характерную форму; это заставляет признать за ними важную роль в разрушении горных пород. Глетчерный лед уже сам по себе может шлифовать и нолировать дно ложа, но как мы видели выше, обломки скал, гравий и песок, сканлнвающиеся в ноддонных моренах, усилнвают геологическую деятельность глетчеров, которые, подобно гигантской пиле, работают над разрушением подстилающих нх пород. Одни исследователи, с Тиндалем н Рамзаем во главе, приписывают ледникам чрезвычайно важную роль в разрушении твердых масс: но их мнению, глетчерный лед при участии ноддонных морен глубоко выпахивает свое ложе. Наоборот, другие ученые ограпичивают деятельность глетчеров переносом щебня, заполнившего древние долины, шлифовкой неглубоких мульд и сглаживанием выступов. По последнему воззренню, ледник

только расширяет уже существующие долины, по мнению же Тиндаля и Рамзая ему принадлежит важная и самостоятельная роль в изменении рельефа. Если в дне долины образуются местами глубокие впадины, то после отступания ледников они заполняются водой и образуют *озера*. Точно так же и глубоко врезающиеся фиорды могли образоваться благодаря выпахивающему действию ледников. Действительно, во всех областях, которые некогда были покрыты мощными глетчерами, мы находим многочисленные озера; точно также и фиорды сосредоточиваются в местах преж-

Рис. 335. **Курчавые скалы в окрестностях С.-Морица в Энгадине**

него оледенения. По мнению тех исследователей, которые приписывают ледникам глубокое влияние на рельеф, образование озер является наиболее полным выражением их деятельности. Отсюда вопрос о происхождении озер в областях, которые были прежде окованы льдом, отождествляется с вопросом о размерах разрушительной деятельности глетчеров. К этим вопросам мы вернемся еще ниже, теперь же остановим наше внимание на некоторых явлениях, которые имеют чрезвычайно важное значение для оценки геологического действия ледников.

Предлагались различные пути для установления правильного взгляда на разрушительную деятельность глетчеров. С одной стороны, решающих фактов искали в исследовании тех частей ледникового ложа, которые местами освобождаются ото льда; с другой стороны изучали мощные отложения ледниковой эпохи, и, наконец, пытались осветить вопрос с чисто физической точки зрения. По мнению физиков, разрушительное действие льда должно сильно понижаться, благодаря его пластичности.

Но если даже это предположение и справедливо, то его во всяком случае следовало бы согласовать с несомненно доказанным фактом, что ледник значительно разрушает свое ложе и главным образом вследствие частой смены оттепели и мороза. Таким образом, физика не дает еще определенной точки зрения на вопрос; с другой же стороны, и непосредственные наблюдения допускают различные объяснения. Неоднократно указывалось, что наступающие ледники не производят существенных изменений даже в местностях, образованных рыхлыми песками и одетых травой; но в данном случае речь может идти только о нижних частях глетчера, где мощность ледяного потока сильно убывает и где присутствуют огромные количества воды, образующейся вследствие таяния льда; в высших областях, где ледник обладает большей мощностью и непосредственно примыкает ко дну ложа, разрушительная деятельность его должна выражаться сильнее. Целый ряд фактов позволяет поставить вопрос иначе: известно немало случаев, когда наступающий ледник нередвигал и сокрушал встречающиеся ему на пути скопления рыхлых масс, морены, луга, леса и дома. Выпахивания и разламывания горных пород до сих пор не наблюдалось на современных ледниках, а потому последним нельзя, по-видимому, приписывать глубокого и решающего влияния на рельеф: в тех областях Альп, которые в течение последних десятилетий освободились от ледникового покрова, замечались только относительно слабые следы разрушения.

Иную картину представляют внутренние льды Гренландии. Ледники этой местности богаты тончайшими продуктами разрушения и несут мощные поддонные морены. Ввиду почти полного отсутствия поверхностных морен, происхождение этого обильного обломочного материала должно быть приписано энергичному разрушению подстилающих пород. Причина последнего кроется в огромной мощности материкового льда, а потому нельзя оспаривать важного геологического действия дилювиальных ледников, которые своей громадностью во много раз превосходили современные.

В долинах до самого края горных областей и на далеком протяжении в соседних равнинах видны следы оледенения дилювиальной эпохи. На склонах гор, в долинах и внутренних водоемах, не имеющих никакой связи с кристаллическим поясом Альп, встречаются огромные обломки кристаллических горных пород, которые не могли быть занесены сюда водой; они попадаются не только в долинах, далеко от места первоначального залегания, но и на равнине; в Швейцарии «эрратические камни» альпийских пород находят в горах Юры на довольно значительных высотах. Всякие попытки объяснить их перенос большими наводнениями и деятельностью айсбергов древнего внутреннего озера должны быть оставлены; эти валуны могли попасть сюда только благодаря ледникам. Встречаются также и моренные отложения древних глетчеров: они представляют огромные скопления неслоистого песчано-глинистого или галечного материала со включенными в него валунами и обладают мощностью до 100 метров; валуны, находящиеся в них закруглены, отполированы и покрыты характерными ледниковыми штрихами. Эти моренные отложения имеют широкое распространение в альпийских долинах и смежных равнинах. Удалив галечные и песчаные массы, мы достигаем твердой породы, также отполированной и покрытой царапинами. Скопления моренных отложений до того громадны, что на обширном пространстве в областях, смежных с Альпами, прямо определяют характер местности. Большие конечные морены образуют многочисленные ряды возвышенностей, за которыми «располагается

живописная, холмистая местность; средняя высота этих бугров незначительна; они мало отличаются друг от друга своей высотой и располагаются обыкновенно без всякого порядка,—иногда представляют длинные дугообразные ряды, иногда выделяются в виде одиноких конических холмов. В больших впадинах располагаются значительные озера, а в мелких котловинах—озера, богатые рыбой; последние встречаются весьма часто в областях моренных отложений. Некоторые впадины заняты торфяниками и болотистыми лугами. Долины располагаются в таком же беспорядке, как и холмы; по одним из них текут ручьи, другие представляют прихотливую сеть сухих оврагов» (*Циттель*). Такой своеобразный характер моренных областей не может быть приписан размывающему действию проточных вод; он объясняется первоначальным беспорядочным расположением материала, что, как мы знаем, свойственно вообще моренам больших ледников.

Северные части Германии тоже носят явные следы оледенения. Глетчеры Скандинавии заполняли все Балтийское море, покрывали германскую низменность до среднегерманских гор и простирались от Голландии до подножия галицких Карпат; ледяные пустыни охватывали также и значительную часть России. Мощные поддонные морены отлагали в равнине принесенный ими материал и образовали валунные глины, богатые горными породами Скандинавии; сходство их с подобными же отложениями Шотландии, Скандинавии и с основными моренами современных ледников является поразительным. Найдены также и конечные морены отступавшего внутреннего льда. Острова древнейших пород, тут и там выступающие среди равнины, покрыты характерными ледниковыми штрихами. Огромная мощность морен и обширность охваченных льдом областей свидетельствуют, что материковые льды дилювиальной эпохи превосходили своей мощностью современный ледниковый покров Гренландии. Количество валунного материала, занесенного с севера, было так громадно, что его отложения сравняли прежние неровности почвы и придали всей местности новый характер, который почти целиком является продуктом ледниковой эпохи. Полные глубокого значения озера, волнистые холмы, расположенные между болотами и торфяниками и отделенные водами спокойных ручьев, сыпучие пески и плодородные глинистые почвы,—все это стоит в связи с ледниковой эпохой.

Обстоятельное исследование подобных явлений в Шотландии, на Скандинавском полуострове и Северной Америке доставило новые материалы для оценки разрушительной деятельности ледников. Так, напр., было сделано наблюдение, что поддонные морены вдавливаются в трещины подстилающей их породы, разрывают их и заполняют их своими массами. Далее было установлено, что состав основных морен в известной степени зависит от характера дна. Так, напр., в Северных Альпах, где подстилающая порода является доломитом, поддонные морены несут почти исключительно доломитовый щебень, а там, где дно образовано сланцеватыми глинами, в моренах преобладают глинистые составные части и т. д. Так как на составе морен отражается характер подстилающих пород, то отсюда возможно заключить, что ледник пропахивает дно и черпает отсюда материал для так называемых *местных* морен. Впрочем, это явление допускает и другое объяснение: поддонная морена образуется отчасти из тех обломков и щебня, которые ледник встречает на своем пути, последние же представляют в большинстве случаев продукты разрушения подстилающей их породы. Однако можно указать другие явления, которые уже несомненно свидетельствуют о разрушительном

действии ледника на дно его ложа; мы говорим об огромной мощности поддонных морен Скандинавии и Северной Германии; возникших в странах, где из-под ледяного покрова выступали только немногочисленные скалы, они не могли черпать этот обильный материал с поверхности. Таким образом, явления, относящиеся к ледниковой эпохе, заставляют приписать глетчерам того времени глубокое разрушительное действие на подстилавшие их породы: они показывают, что с увеличением мощности ледников, усиливается и их геологическая деятельность.

## Ледники Кавказа и других русских гор

### (Дополнительная глава)

В России ледники развиты в большом количестве и достигают огромной мощности, особенно на Кавказе и в Тянь-Шане; но удаленность их от культурных центров, к сожалению, препятствует постановке таких же систематических наблюдений, какие ведутся в Швейцарии. Однако в последнее время сведения о наших ледниках значительно расширились и накопление новых данных идет чрезвычайно быстро; несмотря на это, многое остается неисследованным, и сведения в некоторых случаях до чрезвычайности противоречивы и неполны. Наиболее изучены ледники Кавказа, с которых мы и начнем наш обзор.

Огромный Кавказский хребет представляет непрерывную цепь, простирающуюся от Черного моря до Каспийского, на протяжении 1420 верст. Самая высокая часть его лежит между Эльбрусом и Казбеком, где нет ни одного перевала ниже 3000 метр. (9840 ф.). Что касается высоты снеговой линии, то она различна в восточной и западной части хребта, а также на северном и южном склонах его. Причиной этого является неодинаковое количество атмосферных осадков. Часть Кавказа, лежащая к западу от Сурамского или Грузино-Имеретинского хребта, составляющего водораздел между бассейнами Риона и Куры, отличается обилием влаги и богатой, чисто тропической растительностью, какой нет нигде в Европе. «Громадные вековые стволы дуба, бука, тополя, каштана, ореха, фиги совершенно завиты здесь виноградом, хмелем, плющом и лианами, которые своими зелеными пасмами перекидываются с одного дерева на другое и покрывают все, а внизу сочные стволы травянистых растений путаются между колючими изгородями дерезы и клематисов, которые не позволяют человеку проникнуть сюда без помощи топора... Каждая заброшенная, даже каменная постройка в несколько лет наглухо охватывается вьющимися растениями, как зеленым панцырем, а виноградная лоза раскидывается по десяткам огромнейших деревьев» (*Торопов*). Чайное дерево и бамбук могут расти здесь без искусственного орошения, как в средней части Китая. В Кутаисе выпадает в год 179 сант. дождя, в Даховском поселе (Сочи) — 206 сант., в Поти и Редут-Кале — 164 с и т.д.; по мнению Воейкова, в некоторых местностях, где не производились наблюдения, общее количество осадков может доходить до 300 сант., а в горах Мингрелии и Имеретии даже до 500 сант. В верховьях Риона зимой снег засыпает в некоторых ущельях леса до самых верхушек деревьев. В Сванетии во время зимы местами прекращается всякое сообщение, и снег выпадает иногда в селениях слоем в 5 арш. толщиной, причем угрожает раздавить даже прочную постройку.

Совершенно иное находим мы по другую сторону Сурамского хребта. Так, напр., в Тифлисе, выпадает только 49 сант. влаги, в Баку — 24 с, в Александрополе — 33 сант. и т.д. В большей части долины р. Куры ничто не может расти без искусственного орошения. Точно также и в северном Кавказе различие в количестве осадков, выпадающих в западной и восточной частях, должно быть довольно значительно.

Склоны Кавказских гор также получают неодинаковое количество влаги. Главный хребет на значительном протяжении тянется вдоль Черного моря, причем к берегу обращен его южный склон; по этой причине последний получает огромное количество влаги в виде дождя и снега, приносимых западными ветрами. Сказанное относится главным образом к западной половине хребта; но надо заметить, что вся Кавказская цепь гор тянется не с востока на запад, а с северо-запада на юго-восток; поэтому южный склон ее, строго говоря, будет юго-западным, а западные ветры, приносящие влагу для всей Европы, будут первоначально встречать этот склон и на нем выделять значительную часть своей влаги.

Совокупностью всех перечисленных причин определяется положение снеговой линии. По свидетельству Стебницкого, в западной части южного склона (до верховьев Риона) она лежит

на высоте 9600 фут., в центральной (до Барбало) — 10 000 фут., в восточной (до Шах-дага) — 12,200 фут. На северном склоне она подымается средним числом на 400 метр или на 1300 фут. выше, чем на южном. На Оштене (в 40 в. от Черного моря) она лежит не выше 9000 фут. (Абих), а на южном склоне спускается даже до 8899 фут. Наконец, в Малом Кавказе на Арарате она поднимается по Абиху до 13,172 фут., а по Парроту даже до 14 432 (в среднем из нескольких определений — 12,466 фут.).

Еще недавно господствовала всеобщая уверенность, что по количеству ледников и даже по их величине Кавказ значительно уступает Альпам, но новейшие данные заставляют признать это мнение ошибочным. К сожалению, несмотря на очевидные успехи в деле изучения Кавказских ледников, количество их не может быть точно определено; по приблизительным расчетам общее число ледников 1-го порядка достигает здесь 250, а второго разряда — во всяком случае не менее 1000 (В. Г. Михайловский). Таким образом по общему числу ледников Кавказ равен Альпам (где Гейм насчитывает 249 ледников 1-го порядка и 906 — 2-го); по количеству же перворазрядных глетчеров он уступает только Гималаям и Каракоруму. Центральная часть хребта (от Эльбруса до Барбало) по обилию ледников и величине поверхности, занятой ими, даже превосходит Центральные Альпы; западный Кавказ, надо думать, немного уступает западным Альпам, а Дагестан, как кажется, стоит гораздо ниже Тирольских Альп; в целом же, ни числом, ни величиной Кавказские ледники не уступают Альпийским. Это явление вполне понятно: хотя снежная линия лежит на Кавказе выше, чем в Альпах, но ввиду большей высоты этого хребта вертикальная область его снегов не меньше Альпийской.

Если мы будем подвигаться вдоль главного Кавказского хребта от его начала у Черного моря, все дальше и дальше к востоку, то первые ледники, хотя и небольшие, встретим там же, где начинаются вечные снега, именно, на северной стороне на склонах Оштена (в верховьях Пшехи и Белой), а на южной значительно дальше, вероятно в верховьях Кодора. У истоков Маруха, впадающего в Мал. Зеленгут (приток Кубани), лежит первый значительный глетчер. Отсюда ледники тянутся непрерывно и в центральной части достигают наибольшей величины, где они убывают в своем числе от запада к востоку. В восточной части за перевалом Военно-Грузинской дороги или Крестовым (7957), Кавказские горы спускаются на 1200 фут. ниже линии вечных снегов, и на протяжении 125 верст здесь нет ни ледников, ни снежных полей. Далее, между Бегюлем и Баба-Дагом (на пространстве 80 верст) горы снова повышаются (средн. числом до 12,664 ф.) и здесь опять появляются незначительные ледники. За Баба-Дагом, отстоящим от Каспийского моря всего лишь на 70 верст. (по прямой линии) хребет постепенно понижается и, наконец, сливается с низменным берегом: здесь ледники вовсе отсутствуют.

Таким образом главнейшие глетчеры сосредоточиваются в Центральном Кавказе между Эльбрусом и Казбеком, т.е. в тех частях хребта, которые В. Г. Михайловский называет Сванетскими, Дигорскими и Осетинскими Альпами. Количество ледников, расположенных на северном склоне, а также и величина их гораздо значительнее, чем на южном. В среднем глетчеры центральной части спускаются в настоящее время до 2554 метров: при этом нижняя граница их на северном склоне понижается до 2674 м, а на южном достигает только 2514 метр. Отдельные, наиболее значительные ледники переходят далеко за этот предел. Так Карагом спускается до 1764 м, Бизинги — до 1993 м, Девдоракский — до 2296 м, Цаниер — 2084 м и Чалаат — 1579 м.

Познакомившись с общим распределением ледников Кавказа, остановимся на более выдающихся из них. Начнем с «двуглавого колоса» Эльбруса или Минги-тау. Этот «юный приемыш Кавказа» является высочайшей и величественнейшей горой всего хребта и стоит совершенно изолированно, не смешиваясь с пиками центрального гребня. Вулкан по происхождению, некогда потрясавший весь Кавказ со своим меньшим братом Казбеком, он в настоящее время находится в оцепенелом состоянии и стоит покрытый большим саваном вечного снега и льда. Эльбрус представляет огромный, очень правильный и широкий конус, составленный из гранитов, гнейсов и кристаллических сланцев. Громадная масса трахитов и обширные потоки лавы, разлившейся по долинам Баксана и Малки, покрывают сверху эти породы. Между двумя вершинами Эльбруса находятся остатки древнего кратера, но, кроме того, на склонах горы заметны еще следы многих второстепенных конусов извержения, изливавших лаву в более поздние времена. Пологая, широкая, вроде шатра, форма Эльбруса способствует огромному накоплению снегов на его вершине и склонах; такой массы их мы не встречаем ни на одной из гор Кавказа. По новейшим съемкам поверхность снегов Эльбруса равняется 200—210 кв. км. Но несмотря на такую обширность фирновых полей, многочисленные ледники Эльбруса по своим размерам далеко уступают глетчерам Сванетских и Дигорских Альп (особенно Бизинги и Дых-су). Всего на Эльбрусе 15 ледников 1-го разряда и 62 — 2-го.

Самый большой из Эльбрусских ледников *Ирик* спускается с восточного склона в долину Баксана и достигает 8 км в длину. По южному склону ползет ледник *Азау*, когда-то считавшийся самым значительным из всех кавказских глетчеров; на самом деле он уступает Ирику и обладает длиной только в $6^{18}/_{2}$ км. Лет 15 назад Азау состоял из 4 ветвей; но в настоящее время три из них не доходят до главного потока и обратились в самостоятельные глетчеры. На западном склоне находится трудно доступный ледник *Кугуртлю* (Кюкуртлы), длиной в 5,1 км. Верхняя часть этого ледника почти со всех сторон окружена высокими остроконечными разорванными скалами,—вероятно, краями древнего кратера Эльбруса. В конечной морене его попадаются часто куски серы, перемешанной с зернами белого кварца, кусочками трахита и др. минералов; они достигают весом до двух пудов; без сомнения эта сера отлагалась на стенках кратера Эльбруса, когда вулканическая деятельность его не прекратилась еще совершенно; присутствие названного минерала в моренах ледника сообщило ему и название (кугурт — сера).

Огромнейшие ледники Сванетских Альп принадлежат бассейну р. Черека. Здесь мы находим величайшие из глетчеров Кавказа—Бизинги и Дых-су. Несколько восточнее верховьев Чегема от главного хребта, идущего здесь в юго-восточном направлении, отделяется тот страшно высокий отрог, на котором возвышаются величественные пики Дых-тау и Коштантау. Этот отрог тянетс почти от запада к востоку. В углах, образовавшихся от пересечения его с главным хребтом, и находятся упомянутые выше ледники: на западной стороне располагается Бизинги, а на восточной Дых-су.

*Бизинги* или Улу-тау-чиран, без сомнения, самый замечательный и самый огромный из всех ледников Кавказа. По своей длине, равняющейся 17 верстам (не считая снежных полей), он не уступает величайшему из глетчеров Альп, именно Алегскому леднику, по величине же поверхности должен быть поставлен наряду с Гернером, Нижнеаарским ледником и «Ледяным морем» Швейцарии; только в самой нижней части он довольно узок (250 саж.), выше же ширина его доходит до версты и более. «Начинается Бизинги двумя ветвями, из которых восточная длиннее западной; от соединения их по прямому направлению идет полоса льда длиной верст в 10 и шириной в среднем более 400 саж. Громадные боковые морены его тянутся в несколько параллельных рядов и достигают высоты 15 и даже 20 сажен. Не менее замечательна и поверхность глетчера. В средней и верхней частях она довольна чиста,—в особенности середина ее, представляющая огромную, почти совершенно белую продольную выпуклость, образовавшуюся вследствие бокового давления на лед. Глубокие трещины пересекают ее по различным направлениям: в одном месте они представляют такую густую сеть, что эта часть ледника превращается в бесчисленное множество ледяных столбов и пирамид, пробраться через которые нет никакой возможности; многие из трещин имеют футов 15—20 ширины, и вероятно, не менее полсотни, а то и целой сотни сажен в глубину. Некоторые ямы и трещины между ледяными выступами наполнены водой и напоминают небольшие озерца. Здесь же находятся узкие, но очень глубокие колодцы, также наполненные водой, которая кажется окрашенной в необыкновенно приятный для глаза голубовато-зеленый цвет, зависящий от цвета ледяных стенок колодца. Бесчисленное множество водопадов, мельниц и столов украшают поверхность этого громадного глетчера. Некоторые из столов имеют огромную величину; так, один из них представляет гранитную глыбу тысяч в пять пудов весом, покоющуюся на ледяной подставке, саженн в $1^{1}/_{2}$ высотой. Менее крупных столов здесь целые сотни. Особенно замечательны и красивы песчаные бугры. В некоторых местах глетчера находятся высокие, сажен в 10 или 20, ледяные конусы и пирамиды, покрытые тонким слоем серого щебня, через который всюду просвечивает прозрачный, голубовато-зеленый лед. По поверхности глетчера, течет множество ручьев с бесчисленными водопадами. Особенно красивы и многоводны они в жаркий солнечный день.

Место, где лежит ледник Бизинги, представляет глубочайшее ущелье, окруженное почти со всех сторон гигантскими горами, из которых четыре подиимаются выше Казбека. По красоте и грозному величию на Кавказе нет ущелья, подобного этому. Грове и его спутники, исходившие вдоль и поперек всю Швейцарию, говорят, что им не приходилось видеть в Альпах ничего, что могло бы сравниться с этим местом» (*Н. Динник*).

Рядом с Бизинги, по другую сторону Дых-Тау, лежит громадный ледник *Дых-су*, спускающийся несколькими рукавами с пиков Шхарского массива и занимающий по своей длине (10,1 км без фирна) 4-е место на Кавказе. Вот как описывает этот ледник Н. Динник, посетивший его летом 1887 года:

«Подойдя к леднику, я прежде всего занялся осмотром нижнего конца его. Он оказался довольно узким, приблизительно шагов около двухсот, но поднимался весьма высокой стеной, которая, несмотря на свою крутизну, была совершенно завалена щебнем. Дых-су вытекает здесь из-под льда двумя главными истоками. Над одним находится широкий ледяной грот,

но своды его сильно потрескались и осели, так что он не отличается ни красотой, ни величиной.

Когда мы, осмотрев нижний конец ледника, стали взбираться по левой боковой морене, то заметили, что склоны, окружающие ледник, покрыты сравнительно богатой растительностью. На левой его стороне, обращенной к югу, растут сосны в несколько сажен высоты и почти в обхват толщиной, кроме них — много различных кустарников и трава, высотой в пояс человека. С правой стороны, обращенной к северу, растительность, конечно, беднее, но и здесь версты на две вдоль ледника тянется сплошной, густой березовый лес, который у своей верхней границы окаймляется еще зарослями рододендронов.

В то время, когда мы подходили к нижнему концу глетчера и взбирались на морены его, дождь шел не переставая. Пройдя еще версты две с половиной по левой боковой морене, мы остановились, чтобы приготовить себе ночлег.

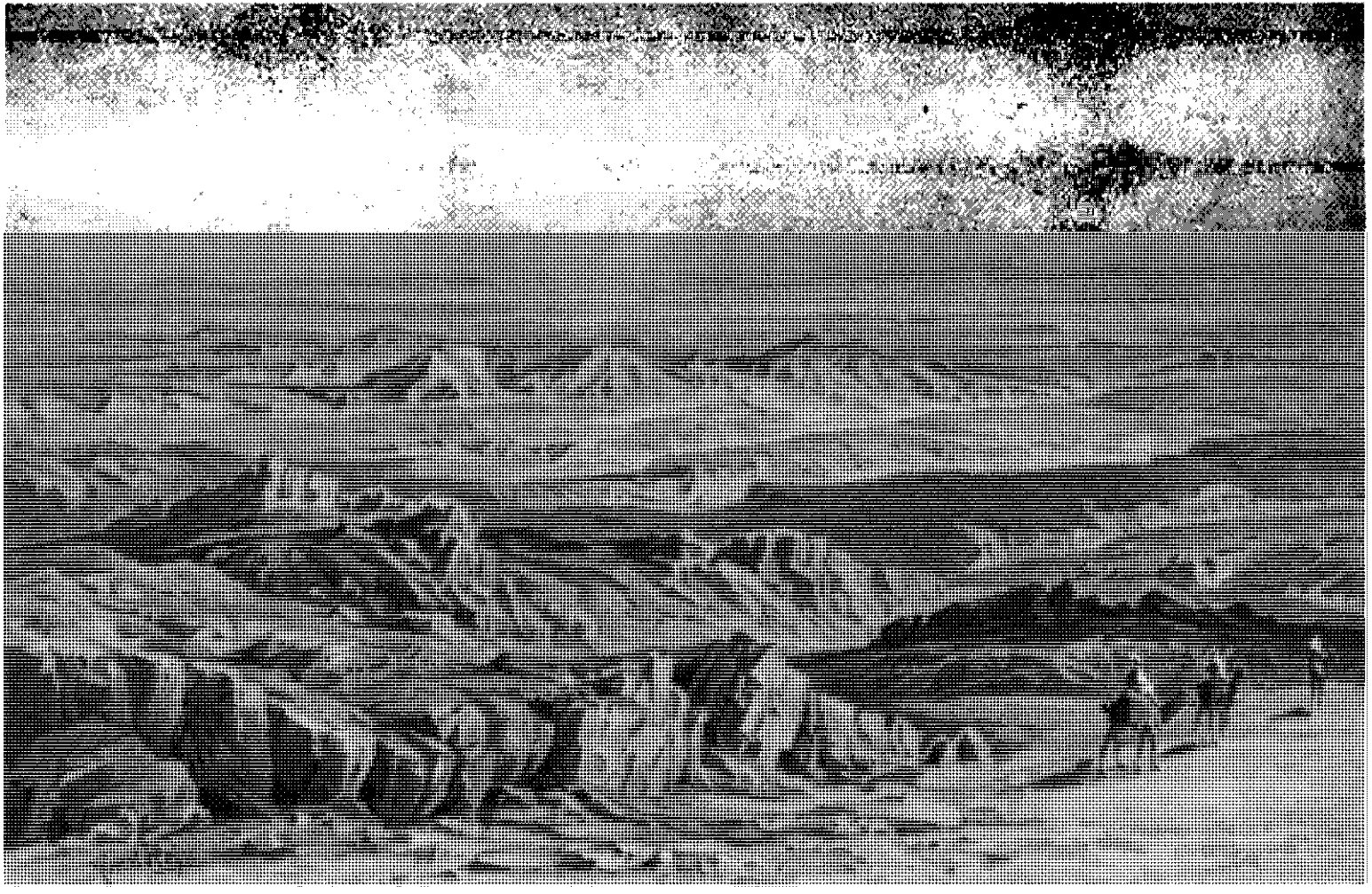
С нашей стоянки открывался прекрасный вид на весь ледник. Жаль только, что туман, закрывавший то ту, то другую часть ущелья, не позволял сразу окинуть взором всю окружающую нам местность. Впрочем, по временам он рассеивался на более или менее обширном пространстве, и мы могли видеть значительную часть ледника. Последний представлял такой дикий и суровый вид, как немногие из глетчеров: всюду на поверхности его торчат огромные ледяные бугры, разделенные глубокими трещинами; кроме того, большая часть поверхности завалена громадными кучами камней, а около боковых морен зияют на каждом шагу глубокие пропасти. Внизу, как уже было сказано, глетчер очень узок, несколько выше он начинает быстро расширяться и в расстоянии версты от нижнего конца своего имеет, вероятно, не менее трехсот сажен в ширину; еще дальше вверх она, наверное, превышает версту. Левая сторона глетчера, начиная от нежнего конца и более чем до половины длины его, так сильно завалена грудами щебня и камней, что за ними лед почти не виден, правая же сторона значительно чище. На половине длины ледника только посередине тянется неширокая полоса чистого льда, вся же остальная поверхность также покрыта камнем и щебнем; наконец, в верхней части на всем пространстве ледник более или менее чист. Тянется глетчер Дых-су почти прямо с востока на запад, образуя лишь небольшие изгибы то в ту, то в другую сторону. В верховьях ледника горы очень высоки; вершины их образуют целую систему остроконечных зубчатых скал, а склоны — несколько огромных котловин или цирков, занятых снежными полями. По-своему суровому виду, по труднодоступности, по дикости окружающих гор Дых-су подобен Адылу, находящемуся вблизи Эльбруса, по красоте же значительно уступает ледникам Бизинги и Карагому. На нем нет ни таких красивых столов, ни колодцев, ни ледяных столбов, ни песчаных бугров, как на упомянутых двух ледниках.

Морены ледника Дых-су не особенно велики. Это происходит, вероятно, главным образом оттого, что склоны ущелья, занятого ледником, так круты, что морены на них почти не могут удержаться. Особенно трудно уцелеть поперечным моренам, так как они, не встречая никаких препятствий, сваливаются со склонов ущелья на узкое дно его и тут более или менее скоро размываются водой. В некоторых местах глетчер непосредственно примыкает к высоким отвесным скалам; здесь сбоку его старых морен совсем не существует, а есть только груды камней и щебня на самом льду. В других местах морены достигают сажен 10 в высоту и уже успели покрыться растительностью». (*Сокращено.*)

В Дигорских Альпах, на северном склоне которых известно до 30 перворазрядных глетчеров обращают на себя внимание ледники Агштан, Штулу (иначе Кара-су, или Гезевцик), Цейский ледник и особенно Карагом.

Агштан начинается в обширной котловине между горами Шаривцик и Фостнаргын и по своей величине не принадлежит к числу выдающихся; вся длина его равняется 10,1 км, причем на долю собственно ледяного потока приходится не более половины этой величины. Агштан имеет небольшие морены и чистотой льда превосходит, вероятно, все кавказские глетчеры. На его поверхности нет почти нигде ни камней, ни щебня, и поэтому вид на глетчер необыкновенно живописен. «Высокие, остроконечные зелено-голубые столбы льда, громоздящиеся на уступе скалы, где оканчивается этот ледник, имеют столь необыкновенный и оригинальный вид, что человек, видавший мало глетчеров, никогда не примет их за лед» (*И. Динник*).

К востоку от Агштана, в бассейне Черека, с гор главного хребта спускаются еще 3 ледника, среди которых самый большой Штулу: длина его без фирна 2,8 км, а полная 5,6 км. Нижняя часть его сплошь засыпана грудами камней и щебня; несколько выше выступает пять более или менее явственных продольных гряд: это морены ледника,— две краевых и три срединных. Присутствие последних указывает на то, что глетчер образовался из четырех самостоятельных потоков. Очень интересен ледяной грот, находящийся там, где из-под ледника вытекает речка Кара-су. Он очень красив и так велик, что в него можно было бы поместить порядочный двухэтажный дом.



ВОСТОЧНАЯ САХАРА

*(с натуры)*

Карагом занимает по общей длине (15,5 км) второе место среди Кавказских ледников и спускается ниже всех глетчеров северного склона. Нижняя часть его на пространстве целых верст окружена склонами, покрытыми березовыми и сосновыми лесами и отстоит всего лишь на 5 верст от жилых мест (от аула Ноакау). Самая нижняя часть глетчера суживается клинообразно (до 400 м) и имеет довольно ровную поверхность; далее следует часть пересеченная множеством поперечных трещин, и, наконец, целый лабиринт пропастей, которые тянутся до самых вершин хребта. На конце Карогома находятся также живописные, ледниковые ворота», из которых с оглушительным ревом вырывается речка того же имени.

В последнем ущелье Дигорских Альп находится Цейский ледник, состоящий из двух кристаллических рек: одна из них спускается с Адай-Хоха и Чанчахи, другая — с востоки. Чанчахи и Мамисон-хоха; длина ледника = 9,6 км. На высоте 2511 м стены долины, в которой он движется сближаются; ущелье образует здесь порог, вследствие чего вся масса глетчера превращается в хаос трещин, зубцов и пирамид. Выше за ним и этого места снова тянется довольно ровная часть ледника, потом следует второй ледопад, и наконец третий. Далее начинаются фирновые поля, над которыми возвышаются дикие скалы, окованные льдом. Еще дальше выступает стройный раздвоенный наверху пик Адай-Хоха.

В Осетинских Альпах обращают внимание ледники Казбека. Подобно Эльбрусу и этот великан Кавказа принадлежит к числу потухших вулканов. Трахитовый конус его имеет гораздо меньшее основание, чем конус Эльбруса, и потому склоны его несравненно круче. По этой причине и поверхность вечных снегов и льдов здесь гораздо меньше: по Абиху она равняется приблизительно $^1/_8$ части снежно-ледяной поверхности Эльбруса. Огромные массы трахитовой лавы, вылившейся из этого вулкана находятся в большей части идущих от него ущелий. Из 9 более или менее значительных перворазрядных глетчеров Казбека наибольшей известностью пользуется Девдоракский ледник. Длина его, однако, невелика,— с фирном — 5,7, а без фирна — только 3,4 км. Он получает начало из обширного снежного поля, расположенного к северу от вершины Казбека (на высоте 12,500 фут.), и составляется здесь из трех рукавов, отделенных друг от друга торчащими из снега грядами скал; ниже к нему присоединяются еще четыре ветви, получающие начала на правом склоне Девдоракского ущелья. Морены ледника состоят главным образом из черного трахита и темного аспидного сланца; реже попадаются обломки других пород. Поверхность глетчера страшно крута и на пространстве последних 2-х верст имеет падение в 800 фут. на 1 версту или почти 25°; в верхних частях она становиться еще круче, достигая 50° и еще большей величины. Оканчивается Девдоракский ледник узким и крутым языком в 5 верстах от Военно-Грузинской дороги. Вся нижняя поверхность его скрыта под грудами камней и щебня, которые постоянно низвергаются вниз; в средней и верхней частях глетчер представляет бесчисленное множество пропастей, ям, трещин и ледопадов; здесь он совершенно недоступен. Периодически Девдоракский ледник производит завалы Военно-Грузинской дороги, наибольшие из которых случались в 1776, 1785, 1808, 1817 и 1832 гг. Причина их, по всей вероятности, заключается во временном увеличении размеров глетчера в длину, ширину и толщину (*Хатисян*).

Скажем теперь вкратце о ледниках южного склона центрального Кавказа. Начнем с Казбека: на южной стороне его находятся 4 ледника, между которыми самый значительный Степан Цминда; это в то же время и наибольшой глетчер Осетинских Альп. Наиболее значительные ледники южного склона находятся в Сванетских Альпах. Выдающееся место занимают *Цаннер*, берущий начало в огромной котловине между Тетнульдом на юге и Тихтенгеном на севере. Он состоит из нескольких рукавов и оканчивается на высоте 2084 м; по величине своей поверхности (60—70 кв. км) он занимает на Кавказе 1-е место, а по длине — 5-е. В Местийской долине находятся 4 ледника, из которых *Лекзыр* и *Чалаат* принадлежат к замечательнейшим; по длине (15,1 км) Лекзыр 3-й ледник на Кавказе; по величине же поверхностей он уступает только Бизинги и Цаннеру. Его нижний конец лежит на высоте 1735 м; таким образом Лекзыр спускается ниже всех ледников Кавказа, за исключением Чалаата, который достигает 1579 м; общая длина последнего ледника равна $10^1/_2$ км.

В Малом Кавказе ледники находятся на древних вулканах Алагезе и Арарате. Стены Алагеза разорваны многочисленными баранкосами, из которых один ведет в более или менее крутую кальдеру; последняя представляет три террассы, расположенные амфитеатром. Вершины Алагеза окружают верхнюю из террасс четырьмя правильными пирамидами; вследствие своей крутизны они лишены снегового покрова, но у подножия их лежат огромные массы снега. Отсюда спускаются два коротких глетчера, разделенные скалистым гребнем. Малый Арарат, как мы знаем, не доходит до снежной линии; на вершине же большого Арарата снега занимают область, простирающуюся в вертикальном направлении почти

на 3000 фут. Вследствие такого значительного скопления снегов в большей части ущелий Арарата образуются глетчеры. Самый знаменитый из них тот ледник, который спускается с северо-западной стороны горы в долину св. Иакова или Аргури. По Абиху это — единственный перворазрядный ледник Армянской возвышенности.

В ледниковый период глетчеры Кавказа достигали мощного развития. Поперечные морены и полированные скалы в конце Девдоракского ущелья, валунные скопления в долине Терека и целый ряд других данных заставили Абиха предположить существование огромного ледника, двигавшегося по теперешней Военно-Грузинской дороге; он спускался с Казбека, доходил до Редантского мыса (7 верст от Владикавказа) и, свернув отсюда к северо-востоку, направлялся далее по Тереку и по долине Камбилеи. Следы полировки и валунные скопления, найденные в других местах позволяют думать, что древние ледники Кавказа вообще были весьма велики и заполняли все пространство между Главным хребтом и параллельным ему Передовым, переползая даже иногда через седловины последнего (Абих). Новейшие исследования раскрывают все новые данные, свидетельствующие о грандиозном обледенении Кавказа в дилювиальную эпоху, и по имеющимся теперь в нашем распоряжении фактам можно думать, что древнейшие кавказские ледники спускались до высоты в 250 м над уровнем моря. Любопытно, что ледниковый период на Кавказе совпадает с усиленной деятельностью громадных вулканов этой области — Казбека и Эльбруса; последнее доказывается, напр., присутствием пемзы, прикрывающей некоторые старые морены. Вследствие борьбы вулканических сил с громадными массами льдов, сковывавшими тогда Кавказ, должны были образоваться бурные водяные потоки, способные уносить с гор скалы в десятки и сотни тысяч пудов. Во время этих грозных наводнений были занесены огромные трахитовые валуны, находящиеся, напр., около станицы Змейской, в 50 верст. от Главного хребта. Вообще, валуны Кавказа поражают своей величиной и превосходят в этом отношении альпийские; так, напр., «Ермоловский камень», лежащий в русле Терека при выходе его из Дарьяльского ущелья, достигает 95 фут. в длину и 55 фут. в ширину.

Подобно альпийским ледникам глетчеры Кавказа периодически возрастают и убывают. Так, в 1849 году замечалось, по словам Абиха, усиленное наступание их. В это время Бакcанский ледник двигал перед собой конечную и боковую морены, покрытые огромными соснами; он спустился так низко, как не спускался перед этим целые сотни лет; доказательством последнего служат вековые деревья, сломанные и увлеченные массами наступающего льда. Подобные же признаки возрастания Абих заметил и на леднике Адыл, лежащем в нескольких верстах к востоку от Эльбруса. После 1849 года ледники Кавказа долго не наблюдались, но в 60-х годах Абихом был отмечен обратный процесс т. е. уменьшение их. Целый ряд данных, собранных разными исследователями показывает, что в последнее время кавказские глетчеры отступают. Так, напр., Н. Динник наблюдал явные следы недавнего уменьшения на ледниках Бизинги, Азау, Хорвесе, Дых-су и Кара-су, что доказывается существованием старых морен, не успевших еще покрыться растительностью; с этим согласуются и показания местных жителей, сохранивших еще воспоминания о миновавшем периоде наступания ледников. Хотя нам ничего неизвестно об изменениях кавказских ледников в прошедшем столетии, но на основании имеющихся данных можно думать, что периоды возрастания и убыли их совпадают с теми же периодами в Альпах. Этим мы закончим наше знакомство с глетчерами Кавказа и перейдем к краткому обзору других ледников России.

На Алтае высота снежной линии колеблется между 2250 и 2700 м (7380—8856 фут.); высочайшая же вершина его, гора Белуха, поднимается до 3350 м (10988 фут.). На ней находится небольшой ледник первого разряда, имеющий в длину около 3 верст и в ширину 400 сажен. Из него вытекает Катунь, составляющая вместе с Бией реку Обь.

Горы Центральной Азии гораздо богаче ледниками. На Тянь-Шаньской системе находятся очень большие глетчеры. Некоторые вершины Алай-тага поднимаются на 2000 м (6560 фут.) выше снежной линии. Ледники находятся здесь в западной стороне, обращенной к Памиру; они питают истоки Аму-Дарьи. В верховьях Сыр-Дарьи также известно много глетчеров; многочисленные группы их существуют также и на восточной окраине Памира. На Хан-Тенгри (Небесный хан), высочайшей вершине Тянь-Шаня, поднимающейся, вероятно, до высоты 24000 фут. и на расположенном рядом с ней Музарте находятся многочисленные глетчеры. В центральной части Тянь-Шаня, именно на Ак-Шийряке, известен Петров ледник. Он достигает 20 верст длины и несет 5 срединных морен, указывающих на его происхождение из 6-ти незначительных ветвей. Он питает истоки Сыр-Дарьи. Здесь же располагается значительный ледник Ирташ. Но надо заметить, что глетчеры восточной части Тянь-Шаня, по-своему числу и размерам, не соответствуют огромной высоте этого хребта. Юго-западная часть Тянь-Шанской системы значительно богаче ледниками. На Алайском хребте находится

ледник Шуровского (ледник Исфары). Но самый замечательный глетчер Тянь-Шаньской системы — Зеравшанский, находящийся в долине, составленной Гиссарским и Туркестанским хребтами. Своей величиной этот ледник превосходит любой из альпийских, имеет в длину около 30 верст и состоит из главной ветви и многих боковых. С последних переходит на главную множество срединных морен. По Мушкетону, число их около 30; не имея возможности разместиться на полутораверстовой ширине ледника, они спутались, покрыли всю поверхность льда и нагромоздили на ней целые горы. Зеравшан, по выходе из льда, сразу становится могучей рекой, которую нельзя переехать верхом. Она прорывает конечную морену, а выше ее, на пространстве полуверсты, течет, окруженная ледяными берегами. Заревшанский ледник оканчивается на высоте 9000 фут. Вместе с ледником Зардаль он образует один переметный ледник в 35 верст длины. Сам Зардаль тянется на протяжении 6 верст и оканчивается на высоте 11 600 фут. В верховьях Сурух-аба находится еще ледник Федченка.

На Камчатке, под 56° с. ш., вечные снега спускаются до высоты 1600 м (5248 фут.) и многочисленные высокие вулканы ее поднимаются выше снежной линии; но коническая форма и изолированное положение их не благоприятны для образования глетчеров. Нечто вроде ледника существует, впрочем, на Ключевой сопке. Ледяной покров достигает здесь 13 м толщины и пронизывается во многих местах шлаками и пеплом. Поверхность его гладкая и почти лишена трещин. Никаких признаков движения, свойственного всем глетчерам, на нем незаметно. Таким образом, вопрос о существовании настоящих глетчеров на Камчатке должен быть, как кажется, решен в отрицательном смысле (*Н. Динник*).

## Происхождение озер

Области, которые в дилювиальную эпоху были окованы льдом, характеризуются относительным *богатством озер*. Само собой разумеется, что и за пределами этих областей существуют озера, так как котловины, заполненные водой, возникают весьма разнообразными путями; таким образом по распространению озер нельзя судить о распространении древних ледников; но всюду, куда заходили дилювиальные глетчеры, существуют и озера, хотя происхождение некоторых из них стоит и здесь вне зависимости с явлениями оледенения. Чтобы установить правильную точку зрения не занимающий нас вопрос, мы должны вообще познакомиться со способами образования озер.

Чрезвычайно просто объясняется происхождение внутренних озер, которые лежат посреди низменностей, окруженных горами. Здесь мы имеем дело не с явлениями размывания, а с тектоническими процессами, которые положили отпечаток на строение всей местности. Аральское озеро, Каспийское море, Байкальское озеро, озеро Тсад (Чаад) и водоемы Центральной Африки допускают только такое объяснение. Представляли ли они первоначально морские бухты, которые, вследствие тех или иных причин, отделились от океана, или с самого начала были внутренними озерами,— должны особо решить в каждом отдельном случае. Для уяснения этого вопроса важное значение имеют животные, населяющие то или другое озеро: мы должны определить, нет ли среди них таких видов, которые вообще не живут в пресной воде и обыкновенно являются обитателями моря. Так, напр., в Каспийском море встречаются тюлени, морские рыбы и некоторые морские моллюски, каковы Cardium edule, Venus gallina и др.; в Байкальском озере мы находим также тюленей и множество ракообразных, среди которых известно немало морских видов; эта «реликтовая фауна» позволяет с несомненностью заключить, что упомянутые озера некогда были частью моря и что население их является остатком первоначальной морской фауны. Такие озера носят, в свою очередь, название *реликтовых*, или *остаточных*.

Морские виды встречаются не только в больших внутренних водоемах, в роде названных выше, но также и в некоторых мелких озерах. Так, напр., в Гардском озере водятся некоторые морские рыбы и раки (Blennius, Gobius, Palaemon); таких же раков находим мы в озерах Венер и Веттер в Швеции; наконец, немало подобных же примеров известно в России, в Северной, Центральной и Южной Америке, на Гренландии, на острове Борнео и др. В тех случаях, когда значительное число больших форм принадлежит к морскому типу, озера несомненно должны быть признаны реликтовыми, таковы, напр., оз. Веттер и Венер. Но если мы встречаем в озере один мелкий вид, живущий обыкновенно в море, то присутствие его вероятнее объяснить какими-нибудь случайными причинами, например переносом яичек или уже развившихся организмов на перьях и на ногах водяных птиц; ввиду этих соображений Женевское озеро, где известны именно такие единичные представители морской фауны, вряд ли можно считать реликтовым.

Тектонические процессы, способствующие образованию озер, могут быть весьма различны. Чаще всего последние сосредоточиваются в областях опускания, в котлообразных провалах и в сбросовых впадинах; вода со всех сторон устремляется в такие углубления почвы и вполне или отчасти заполняет их. Примерами подобных озер могут служить Мертвое море и восточноафриканские озера, располагающиеся среди равнин, Платтенское оз. (Блатенское, или Балатон), Гардское оз. и небольшие Лапизинийские озера в Венецианских Альпах, лежащие в области складчатых гор. Гораздо малочисленнее озера, происхождение которых стоит в связи с образованием складок; причина эта кроется в том, что в гористых местностях размывающие процессы проявляются с особенной силой, и первоначальные котловины прорезываются реками, превращаясь в их долины. Кроме того, углубления, заполняемые водой, происходят иногда вследствие обвалов, вызванных действием подземных потоков; наконец, впадины озер могут образоваться благодаря размыванию.

Гораздо проще происхождение так называемых *плотинных* озер, которые образуются вследствие запруд. Сюда относятся мелководные прибрежные озера с слабо соленой водой, отрезанные от моря дюнами или наносами рек; таковы, напр., гафы Балтийского моря, лиманы Черного моря, озера среди дельтовых отложений рек и многие другие аналогичные образования; происхождение их настолько ясно, что мы можем вовсе не останавливаться на разъяснении этого вопроса. В близком родстве с рассмотренным типом озер стоят глубокие водоемы северного полушария, также расположенные вблизи берегов моря и образовавшиеся вследствие запруды фиордов, т. е. тех своеобразных бухт, которые мы встречаем в Швеции и Норвегии. В горных странах реки, загроможденные обвалами, коническими осыпями и льдинами, превращаются иногда в озера. Мы рассмотрим здесь один точно исследованный пример этого рода из области Карпатских гор. В восточной части Седмиградия, в одном из диких уголков гор, расположенных на границе Молдавии, лежит в угрюмой котловине небольшое озеро Фёрёсто; оно окружено холмами, одетыми девственным лесом и одиноко выступающими скалами. Уже при первом взгляде на это озеро чувствуешь, что здесь происходило что-то необыкновенное: из темно-зеленых вод его подобно гигантским тростникам выдвигаются серые засохшие стволы огромных сосен (сообщение относится к 1889 году). Озеро располагается на том месте, где еще недавно красовались густые леса. Оно

образовалось вследствие обвала, который 40 лет назад низвергся в долину и запрудил ее своими массами.

В Альпах известный пример представляет Антхольцское озеро, образовавшееся вследствие загромождения долины коническими наносами мур. Главная долина может быть загорожена наносами боковой долины и наоборот. Примером последнего рода является упоминавшаяся выше Ахенское озеро в северном Тироле, отгороженное мощными наносами Инна и изливающее свои воды на север к Изару. Наконец, долины могут быть загромождены ледниками и их моренами; в таком случае образуются так называемые ледниковые озера: примером может служить Фернагтское озеро, с историей которого мы познакомились уже выше.

Весьма легко объясняется образование и так называемых *«кратерных озер»*, которые произошли вследствие заполнения водой кольцеобразных углублений потухших вулканов. Примеры таких образований весьма многочисленны. Кратеры Эйфеля (маары), начиная с Лахерского озера и кончая чрезвычайно мелкими кольцевыми углублениями, представляют в настоящее время многочисленные водоемы. Сюда же относятся многие из живописных озер Италии в Тоскане, Альбанских горах и в окрестностях Неаполя.

Обращаясь к озерам древних ледниковых областей, мы должны прежде всего остановиться на Альпах, так как найдем здесь немало хорошо изученных примеров. Вокруг Альп на границе распространения дилювиальных ледников располагается целый пояс больших озер. В тех местах, где глетчеры заходили в смежные страны и покрывали их на значительном протяжении, озера лежат вне горной области. Наоборот, в местах более слабого развития ледников мы находим их или на самой границе гор (озера на южном склоне Альп), или внутри горной цепи, по близко к их краю (озера Зальцкаммергута), или наконец, в самой середине горной области (озера Каринтии). Наконец, известно не одно ложе древних ледников, где вовсе не существует озер; таковы, напр., долины Леха, Инна, Зальцаха, Штейра, Эннса и Мура; отсутствие здесь озер можно приписать загромождению впадин валунными образованиями.

Нельзя не удивляться громадиому действию ледников, которые, выйдя из гор и потеряв значительную долю своей мощности, могли образовать впадины «краевых» озер. Но этому, на первый взгляд поразительному факту можно дать очень простое объяснение. Выходя из круто наклоненных боковых долин в равнину или в более пологие и широкие главные долины, ледники внезапно изгибаются; ввиду своей малой подвижности, они обнаруживают стремление удержать прежнее направление и, сильно надавливая на дно, усиленно разрушают и выталкивают его. Такое объяснение подтверждается еще следующим наблюдением: в тех местах Альп, куда снускались ледники со значительным наклоном ложа, именно в Ломбардской низменности мы находим и самые глубокие озера, достигающие 300—400 м. У устьев больших долин Швейцарии озера обладают глубиной в 200—330 м, а у устьев баварских и австрийских долин — только 100—200 м. Эти цифры могут на первый взгляд показаться слишком большими, но в сравнении с длиной озер они вовсе не так значительны; так, напр., глубина Комского озера составляет $^1/_{130}$, Штарнбергского озера — $^1/_{180}$, Женевского озера — $^1/_{230}$ их длины; таким образом, впадины краевых озер представляют довольно плоские мульды.

Известные геологические данные также заставляют приписать происхождение краевых озер выпахивающему действию ледников. Таковы, например, наблюдения Пенка, произведенные у Штарнбергского озера к югу от Мюнхена. Это озеро лежит вне горного хребта в верхне-баварской возвышенной равнине; под моренами древнего Изарского ледника, в области которого оно находится, залегает слой твердых конгломератов, вообще распространенных в равнине и носящих название «нагельфлю». У Штарнбергского озера под этой породой распологаются повейшие третичные образования, не обнаруживающие никаких нарушений в их наслоении, и пласты нагельфлю слабо и постепенно падают к северу. Озеро заполнило впадину, вышаханную в этой породе; холмы, замыкающне котловину с севера и прорезанные ложем Вюрма, состоят из третичных образований. Нагельфлю нредставляет связный покров не только у северного конца озера, но выступает также на восточном и занадном его берегу; отсюда можно заключить, что эта порода прикрывала некогда всю местность, занятую озером илн, по крайней мере, северной его половиной; следовательно, котловина была выпахана вполне или отчасти только после отложения нагельфлю. Так как последний образовался в начале ледниковой эпохи, то возникновение озера должно быть отнесено к более позднему времени. На основании известных данных, которых мы не станем здесь приводить, думают, что котловина существовала здесь гораздо раньше, но была загроможденa щебнем; в середине илн в конце ледниковой эпохи последний был снова вынахан.

Что касается Аммерского и Химского краевых озер, а также Тегернского озера, то к ним вполне применимо сказанное о Штарнбергском озере. Наоборот, нельзя указать большого глетчера, который бы выпахал озеро Шлир, расположенное к востоку от Тегернского и представляющее с ним много сходства. Величина области, питающей это озеро, весьма незначительна, и если бы льды, спускавшиеся со склонов Ягеркамма, Брехершпица н со склонов, поднимающихся к озеру Шпитцинг, могли бы перейти низкий водораздел Аурахской долины, то и в этом случае получился бы чрезвычайно небольшой ледник, не более 100 м мощностью. Приписать ему выпахивание Шлирской впадины невозможно. Таким образом ледниковый характер краевых озер может быть доказан только в известной степенн, н если в пользу их выпахивания глетчерами говорят факты, наблюдаемые в Штарнбергском озере, то, с другой стороны, применить эту гинотезу к озеру Шлир представляется затруднительным. Ниже мы увндим, что и некоторые другне краевые озера не позволяют приписать им такое происхождение. Мы не будем здесь долее останавливаться на этом вопросе н перейдем к рассмотрению озер, встречающихся внутри горных цепей.

Следовало бы ожидать появления озер и во внутренних частях главных долин, где ледники также могли производить выпахнвание. На самом же деле мы здесь вовсе не находим их или находим очень редко, и только в самых верхних частях долии опять встречаем небольшие водоемы, так называемые «верщинные озера» (Hochseen). Впрочем, такое нротиворечие с теорией существует только прн первом взгляде. Озера существовали на всем протяжепии долин, но были уничтожены деятельностью рек, которые занолнили их илом и валунными отложениями, на нижнем же конце прорыли ложе, открывшее воде сток. На месте нрежних озер во многих альнийских долинах находят илн совершенно высохшие котловины, или торфяники; для уяснения их прошлого громадный ин-

терес представляют некоторые долины Норвегии, где мы находим, вместо рек, множество озер, соединяющихся посредством коротких порожистых ручьев или водопадов. Насколько быстро идет процесс уничтожения древних озер, показывает следующий факт, невольно бросающийся в глаза при сопоставлении старых карт с новыми: только в области Тирольских Альп в течение последнего столетия совершенно исчезло 118 озер, и многие значительно уменьшились.

Исчезновение «долинных» озер (Thalseen) объясняется чрезвычайно просто: краевые озера ввиду их значительной величины не могли быть заполнены в тот короткий промежуток времени, который прошел со времени отступания дилювиальных ледников; точно также вода не могла уничтожить и вершинных озер; нижние части ледникового ложа освобождаются от льда прежде верхних, а потому и озера, лежащие в нижних частях долины, должны исчезнуть раньше вершинных озер. Последние встречаются всего чаще или в непосредственной близости с глетчером, или же в верхних окончаниях долин у подножия гребня, как это мы и видим в Татрах. В областях, которые никогда не были окованы льдом, почти совсем не существует вершинных озер; но связь последних с ледниками нигде не выступает с такой очевидностью, как в Татрах: в долинах, имеющих хотя бы самые незначительные озера, всегда присутствуют и ледниковые морены; наоборот, там, где нет озер, не видно также ни малейших следов морен.

В долинах, которые были некогда покрыты ледникамн, мы находим оригинальные образования, которые называются в Пиринеях *цирками* (Circusthäler), в Швеции — *ботнер* (Botner) и в немецких Альпах — *каре* (Kare). Верхние окончания таких долин обладают своеобразной формой котловин; крутые обрывы гор образуют их стены и обрамляют чашеобразное дно, запятое одним или несколькими озерами. Иногда несколько цирков или каре нагромождаются в одном месте, располагаясь друг за другом или один на другом; дно каждой из таких котловин отделяется от нижележащей впадины крутыми обрывами (см. рис. 336). Настоящие каре возникают только там, где существовали некогда глетчеры; в верховьях же долин, которые никогда не были покрыты льдом, мы находим воронкообразные углубления без крутого чашеобразного дна, свойственного циркам или каре. Противоположность между мульдообразными основаниями и круто падающими стенами цирков резко бросается в глаза, но и те и другие произошли, благодаря выпахивающему действию ледников. Ниспадая с обрыва, ледник срезает и сглаживает его верхний край; по мере опускания вниз наклон ложа увеличивается, и выпахивающая деятельность глетчера повышается; наибольшей силы последняя достигает у подножия уступа, где ледник вступает в слабо наклоненную часть долины: здесь образуется настоящая котловина (ср. стр. 480); потому-то вершинные озера, заполняющие котловины выпахивания, обладают сравнительно с их размерами значительной глубиной и превосходят в этом отношении краевые озера; они несут на себе явные следы действия ледников и нередко обрамляются «курчавыми скалами»; иногда такие озера образуются просто вследствие заполнения водой мульдообразных впадин между отдельными бараньими лбами. Прекрасный пример этого рода нредставляет одно из небольших озер, расположенных под Фельбским Тауэрном вблизи дороги, которая ведет к Миттерсиллю в Пинцгау; такой же пример в Шотландии описал *Гейки* (см. рис. 337).

Однако не все вершинные озера образовались нутем выпахивания; некоторые произошли вследствие занруды рек обвалами, коническими осыпями и *моренами.* Так, нанр., озеро Рыбий Став (Fischsee) в Татрах, принадлежащее к группе живописных водоемов этой местности, окружено дугообразными конечными моренами (см. рис. 336). Другие вершинные озера заполняют углубления, образовавшиеся вследствие неравномерного отложения поддонных морен; так как выпахивающая деятельность ледника проявляется в разных местах далеко неодинаково, то и

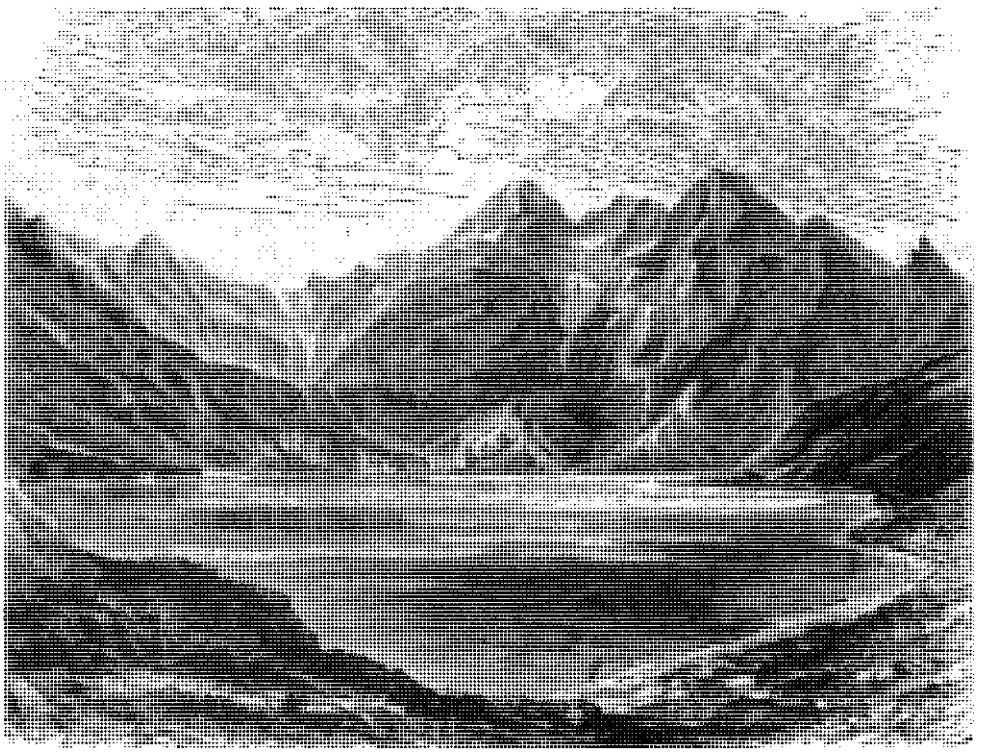


Рис. 336. **Озеро Рыбий Став в Высоких Татрах**

моренный материал накопляется неравномерно. Озера этого рода распространены в Северной Германии, где они заполняют углубления в древнем основании внутреннего льда; последнее сохранило свой неправильный волнообразный характер до наших дней; только все первоначальные впадины его заполнились водой, которая произошла из атмосферных осадков; таким образом и возникли эти замкнутые озера, не принимающие в себя ручьев и никуда не изливающие своих вод. Некоторые из озер этой местности образовались вследствие запруды конечными моренами и некоторые произошли, вероятно, благодаря сверлящему действию воды, которая во время таяния льдов стекала к югу.

Явления, которые встречаем мы в Альпах и в Северной Германии, повторяются и в других местах: на Скандинавском полуострове, в Шотландии, в Пиренеях, в Северной Америке, Патагонии, Новой Зеландии и др.; рельеф этих стран носит характерный отпечаток: вершинные озера или каре в горах, крае-

вые озера у подножия их и фиорды на берегу составляют типичные черты названных местностей. Эти явления найдут надлежащее объяснение, если мы допустим что геологическое действие ледников всюду проявляется одинаково. Оно резко отличается от размывающей деятельности проточных вод: глетчер пропахивает дно долина во всю ширину и увеличивает поперечный размер ее, река же действует по определенной линии и только углубляет свое ложе. Ледник стремится усилить ступенчатый характер верхних частей долины, проточные же воды сглаживают все неровности дна и создают равномерный уклон. Глетчер не может образовать

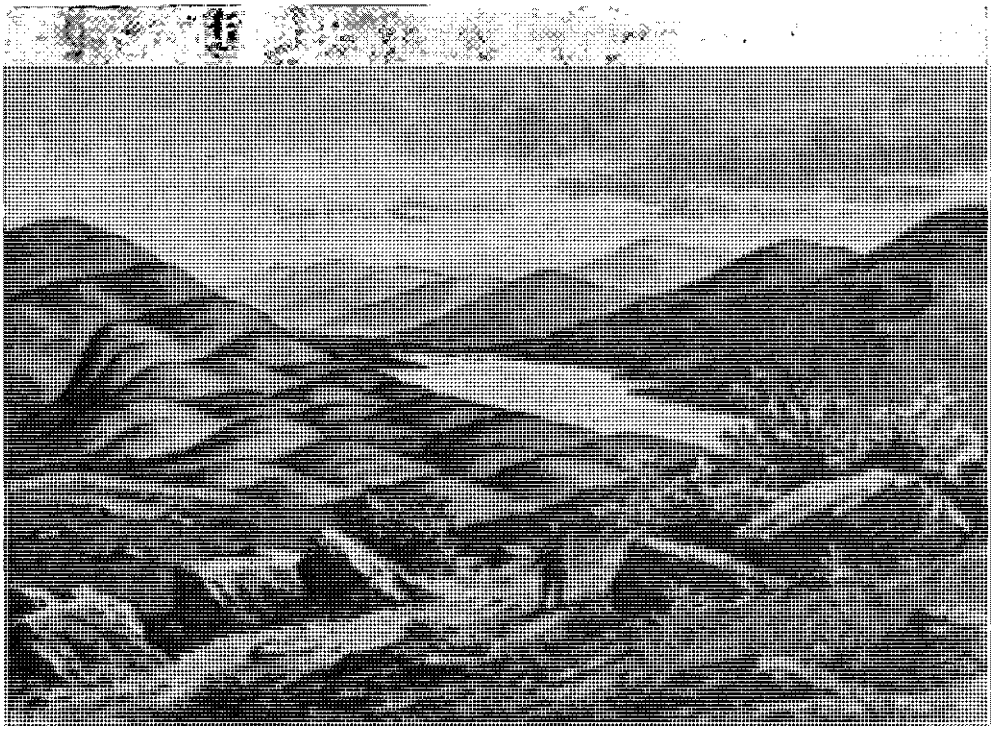


Рис. 337. **Курчавые скалы и озерные котловины, выпаханные ледниками, в Шотландии** (по Гейки)

долину и пользуется готовым уже ложем. В какой степени и в каком направлении последнее будет изменяться,—зависит от особенностей его строения. Так, напр., выпахивание котловин происходит лишь в тех местах, где имеются для этого благоприятные условия. В некоторых случаях деятельность ледника ограничивается расчисткой углублений, существовавших раньше и заполненных впоследствии валунными отложениями и другими рыхлыми образованиями.

В последнее время выпахивающая деятельность ледников уяснилась во многих отношениях; тем не менее некоторые вопросы и в настоящую минуту далеко еще не решены. Так, напр., мы совершенно не знаем, с какой скоростью происходит разрушение пород, подстилающих ледник; в этом направлении сделаны только первые шаги: Бальцер пробуравил дно Гриндельвальдского ледника в 14 разных местах и точно измеренные углубления заполнил гипсом, глиной и цементом. В период ближайшего наступания ледник закроет это место и, как

надо полагать, продержится здесь $1^1/_2$—2 десятка лет. В период нового отступания возможно будет точно измерить глубину буровых скважин и получить таким образом важные данные для определения величины выпахивания.

Другой также нерешенный вопрос касается происхождения альпийских краевых озер. Мы уже видели, насколько затруднительно объяснить действием ледников образование озера Шлир; особенности Женевского озера точно также не позволяют приписать ему ледниковое происхождение и заставляют искать других объяснений: в одних случаях следует, вероятно, допустить простые оседания известных участков (Женевское озеро), в других случаях придется прибегнуть к более сложным тектоническим процессам (Гардское озеро).

Серьезным и хорошо обоснованным объяснением обязаны мы *Гейму*. Он показал что на склонах Швейцарских краевых озер существуют системы террасс, *продолжающиеся и под водой*; в особенно резкой форме наблюдается это явление в Цюрихском озере. Отсюда можно заключить, что склоны долины как над поверхностью озера, так и ниже ее были первоначально размыты рекой, и что впоследствии эта часть долины глубоко опустилась. Далее доказано, что дно озера слабо и постепенно падает по направлению к Альпам; с другой стороны некоторые речные террассы в поясе молассов у наружного края Швейцарских Альп наклонены во внутрь хребта на 3—4°. Когда реки закончили образование долин, альпийские горы осели всей своей массой, прилегающие же к ним страны сохранили неизменным свое прежнее положение; вследствие этого части рек, протекавшие внутри гор, были отрезаны от своих нижних частей, и на границе происшедшего опускания должны были образоваться озера; одновременно с тем речные террассы наклонились по направлению к Альпам. Это оседание Альп, удовлетворительно объясняющее особенности Швейцарских краевых озер, Гейм относит к началу ледниковой эпохи: краевые морены второго и третьего оледенения правильно опускаются вниз; отсюда необходимо заключить, что во время их образования озера уже существовали.

Рассмотренные явления имеют, по-видимому, значение не только в вопросе о геологической деятельности ледников; они могут расширить наши сведения о континентальных поднятиях и опусканиях. Если объяснение Гейма окажется правильным, то в окрестностях Альп без сомнения, можно будет отметить целый ряд подобных же явлений. Только путем широких и точных исследований можно устранить противоречия и установить правильную точку зрения на предмет. В природе противоречий не существует, они являются только тогда, когда мы приступаем к решению сложных вопросов без достаточного запаса наблюдений. Увеличение фактического материала, без сомнения, прольет значительный свет на эти любопытные и в высшей степени важные вопросы.

## Плавающие льды (айсберги)

Говоря о гренландском внутреннем льде, мы уже указывали, что в некоторых фиордах глетчеры спускаются в само море; здесь ледяные массы разрываются и образуют плавучие льды или айсберги. Процесс этот, называемый на языке полярных путешественников *разрешением* (Kalben), повторяется и в

других ледниковых областях арктических и антарктических стран (см. рис. 340). Причина явления заключается в действии воды; спускаясь в море, лед лишается твердой опоры и плывет по поверхности.

Одни ледники разбиваются на глыбы незначительной величины (см. рис. 339), другие дают начало огромным айсбергам. У западного берега Гренландии последние подымаются над поверхностью моря на 60 м, а в некоторых исключительных случаях — даже на 110 м. Но вследствие малого удельного веса льда из моря выдвигается только незначительная часть ледяной глыбы, главная же масса ее скрывается в воде; поэтому можно судить о громадной мощности внутреннего льда. Айсберги, достигающие теплых стран, должны обладать поразительными размерами. Ледяные горы объемом в 16—20 миллионов куб. м являются нередкостью; известны даже громады в 27 миллионов куб. м. Эти гигантские льдины отрываются от ледника со страшным треском; вверх подымается целая туча ледяной пыли и водяных брызг; огромная глыба скатывается в воду и разрывается на части, образуя иногда множество мелких льдин. Разрешение ледников происходит через неопределенные промежутки времени, продолжительность которых определяется весьма разнообразными причинами. Вычислено, что наиболее деятельные глетчеры Гренландии выделяют в море такое огромное количество льда, что из него ежедневно может образоваться большой айсберг. Ледник Муир на Аляске разрешается тоже через неопределенные промежутки, величина которых колеблется между 5 минутами и целым часом.

Плавающие льды представляют большой интерес в геологическом отношении: они являются как бы «плотами», на которых переносятся каменные глыбы, песок и ил. Они проходят огромные пространства прежде чем успеют растаять нод влияиием теплого воздуха и теплой воды. Суда, проезжающие между Европой и Америкой нередко встречают гренландские айсберги. Плавающие льды южного полюса достигают Капштадта и устья Лаплаты. При таянии айсбергов несомые ими камни падают на дно и облекаются морскими осадками. Таким путем и образуются известняки, песчаники и глины, содержащие в своей массе более или менее значительные глыбы совершенно чуждых им пород.

Недавио полагали, что такие отложения достигают значительной мощности на Ньюфаундлэндской мели, которая занимает площадь в 125,000 км$^2$ и выдвигается среди моря, достигающего в глубину до 2600 м. Поверхность этой мели, лежащая в 200 м от поверхности воды, сплошь покрыта глыбами рыхлых пород. Однако при ближайшем исследовании оказалось, что последние занесены с соседнего материка, а не из полярных областей. Тем не менее *переносная деятельность* айсбергов заслуживает нолного внимания: весьма вероятно, что посторонние породы, находимые в песчаных и глинистых образованиях древнейших эпох, переносились с материка таким именно образом и отлагались вдали от места первоначального залегания.

Следует остерегаться от смешивания различных видов плавающего льда: не считая незначительных количеств твердого и прозрачного пресноводного льда, заносимого реками, должно отличать *глетчерный лед айсбергов* (см. рис. 338—340) от *соленоводного льда*, который происходит вследствие замерзания морской воды и имеет большое распространение в полярных областях. Он образует здесь целые ледяные поля, характеризующиеся незначительной толщиной составляющих его масс и

относительно плоской поверхностью, которая бывает ясно выражена, по крайней мере, в первые годы после возникновения этих льдов. Старый морской лед, переживший несколько зим, испытывает своеобразные изменения. Австрийская полярная экспедиция под начальством Вейпрехта и Пайера была затерта льдом и провела среди них два года; ей мы и обязаны точным описанием указанных изменений. В зимнее время льдины наталкиваются и надвигаются друг на друга, разрываются и снова смерзаются; таким образом и возникают те огромные массы льда, кото-

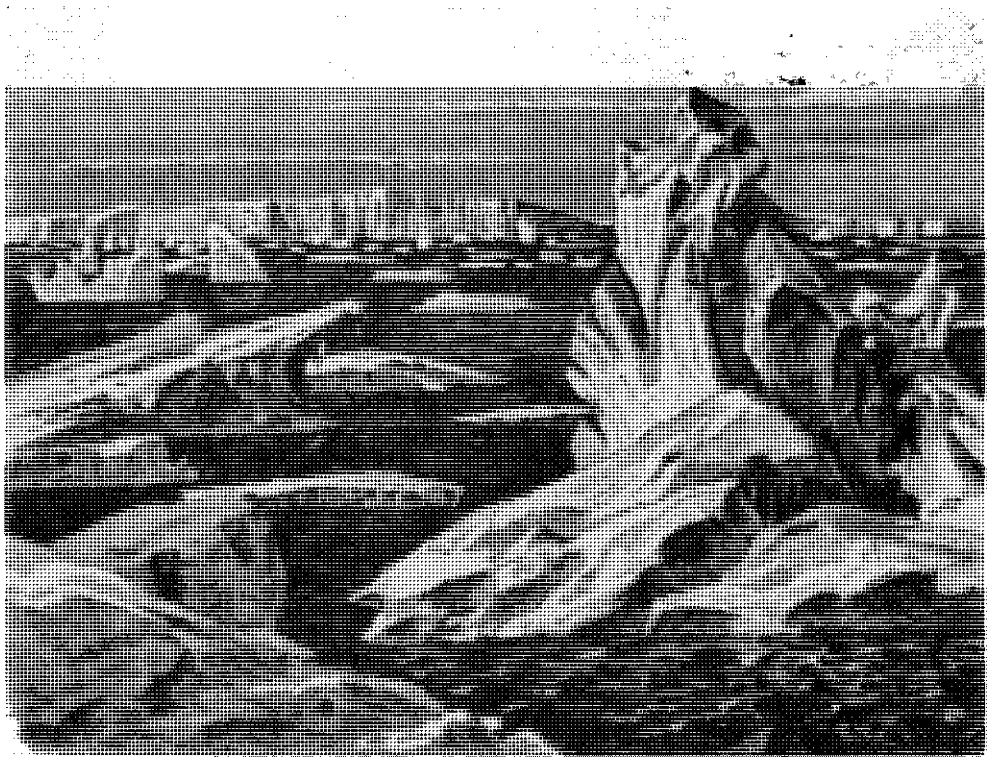


Рис. 338. **Плавающие льды, или айсберги** (по Гейки)

рые «затирают» суда отважных путешественников и долго держат их в своих тисках.

Морской лед или совсем не переносит обломков горных пород, или переносит их в слишком незначительном числе. Наоборот, речной лед увлекает с собой огромные глыбы скал. По свидетельству Ляйэлля, этот процесс можно наблюдать в широких размерах на р. Св. Лаврентия в Канаде.

## Деятельность ветра

Вода принимает весьма важное участие в разрушении и переносе твердых пород, и там, где ее деятельность проявляется в широких размерах, все другие силы отступают на второй план. Однако мы не можем пренебрегать последними

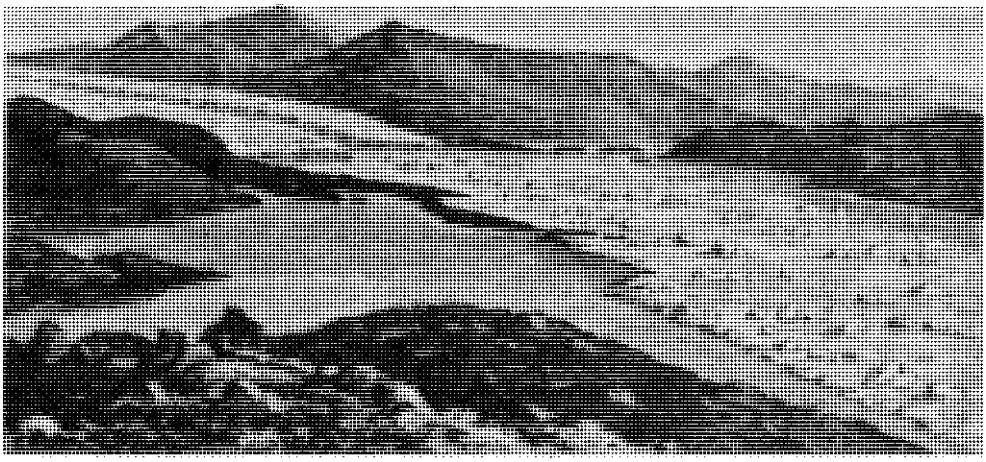


Рис. 339. **Плавающие льды у берега Гренландии, доставляемые глетчером** (по Норденшельду)

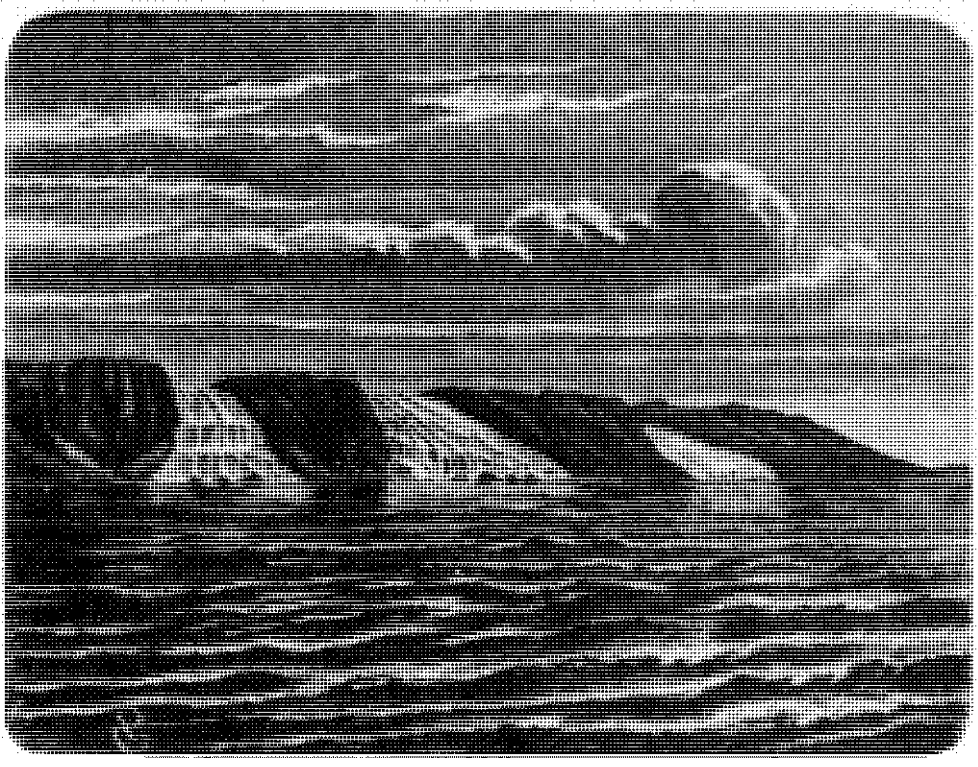


Рис. 340. **Ледники о-ва Яна Майена, спускающиеся в море. Из трудов норвежской полярной экспедиции**

и должны рассмотреть их геологическое значение. В ряду этих второстепенных деятелей главная роль принадлежит *ветру*. Крупный и твердый материал не разрушается и не переносится воздушными потоками; наоборот, пыль и песок подлежат их действию.

Наиболее известным проявлением деятельности ветра служит перенос песка и образование *дюн*. Это процесс наблюдается всюду в равнинах, покрытых сыпучими песками и лишенных растительности. С наибольшей легкостью и быстротой дюны образуются у морских намывных берегов, где скопляются огромные массы песка и где ветер обладает особой силой; однако, это явление имеет место и внутри материков, а также на берегах рек; и особенно широкого развития достигает оно в пустынях.

Способ образования дюн чрезвычайно прост. Распространяясь над совершенно плоской равниной и не встречая никаких препятствий, песок ложится равномерным слоем; но если на пути его выступает какая-либо преграда, он скопляется здесь в большом количестве. Воткнув в прибрежные пески ряд кольев, простирающихся перпендикулярно к главному направлению ветра, можно искусственно вызвать образование дюн. Песчинки собираются около кольев, образуя насыпь с пологим откосом спереди и крутым склоном—сзади. В природе камни, растения и другие тела являются тем ядром, около которого растут дюны. Первоначальная преграда скоро совсем покрывается песком, но огромные скопления последнего представляют уже сами по себе препятствие, и дюна продолжает расти. Таким путем образуются на поверхности почвы ряды песчаных холмов. Последние, однако, не сохраняют неизменным своего положения; когда они достигают известной высоты, рост их останавливается; покрываясь новыми массами песка, передние склоны их делаются все более пологими, вершина же сдувается, и материал ее падает назад; после этого образуется новый гребень, уже несколько дальше прежнего. Таким образом дюны непрерывно передвигаются внутрь материка, хотя и очень медленно.

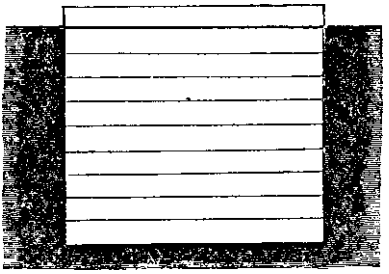


Рис. 341. **Схема плавающей льдины, показывающая отношение погруженной части к величине части, выступающей под водой**

Высота, размеры и форма дюн неодинаковы в разных местах. В Сахаре они достигают иногда 200 м в высоту и образуют цепи длиною в 70—80 км. Но такие размеры являются исключительными: даже в Ливийской пустыне, чрезвычайно богатой песком, не существует дюн выше 100 м, большинство же достигает только 20—30 м. На берегах Средиземного моря во Франции дюны не поднимаются выше 6—7 м, в Гаскони они достигают 90 м, а на Куриш-Неруиге—70 м. Большинство дюн представляет длинные, параллельные друг другу и почти прямолинейные гребни. В североафриканских пустынях такая форма является преобладающей, но в других местах встречаются одиночные круглые холмы и серповидные дюны («барханы»); последние широкое распространение имеют в песчаных степях Туркестана и Закаспийской области.

Дюны, постепенно подвигающиеся внутрь материка, причиняют много вреда; он особенно обнаруживается в тех местах, где в последнее время были вы-

рублены леса, препятствовавшие развитию дюн. Теперь напрягаются все усилия к тому, чтобы снова развести растительность в опустошенных местах и воспрепятствовать дальнейшему движению песков. Для этого принимаются следующие меры: непосредственно у берега устанавливают какие-либо преграды и вызывают здесь искусственно образование дюны, которая должна преградить песку путь к главным дюнам, лежащим далее. Пространство позади такой искусственной «нередовой» дюны (Vordüne) засевается травой и другими растениями, которые могут корениться в песке; вместе с появлением растительности начинается образование перегноя, и скоро появляется возможность разведения сосен и других деревьев. Таким образом засаждаются и настоящие дюны. Появляющаяся на них растительность должна препятствовать их дальнейшему движению.

Гибельные последствия, причиняемые движением дюн, можно видеть в разных местах и между прочим на «перунге», отделяющем от моря Куриш-гаф. Вдоль этой узкой косы, достигающей 11 миль в длину, тянется высокая и широкая цепь дюн, которые поднимаются своими вершинами до 70 м. Средним числом эти дюны передвигаются почти на 6 м в год и погребают под массами песка леса, деревни и поля. Жители покидают свои дома и переселяются в другое место, где их скоро опять настигают дюны. Таким образом исчезли селения Айгетта, Негельн, Карвайтеп. Селение Филлькоппеп было перенесено дальше, но и здесь его скоро засыпал песок. Бежавшие жители устроились опять на новом месте, но и третнй Филлькоппен будет засыпан, подобно своим предшественникам. Та же участь грозит местечкам, которые лежат на самом берегу гафа; вряд ли спасут их и укрепления дюп; только селение Саркан на южном конце косы находится в лучших условиях, так как здесь дюны обладают незначительной высотой. Места, настигпутые песком, недолго остаются погребенными в его массах; с течением лет дюны уходят дальше, а развалины погибших селений выступают опять на дневпую поверхность. Рис. 342—344 представляют подобный случай в деревне Кунцен. В начале нынешнего столетня эта деревня была настигнута дюнами и через несколько десятков лет совсем засыпана песком; в настоящее время развалины церкви выступили с наветренной стороны песчаного холма. Дюны перейдут, накопец, через весь «неруиг», и песок их будет сдуваться в залив. Уже тенерь берег «перунга» надвигается в сторопу гафа, а через 200 и самое большое через 550 лет вся масса дюп нпзвергнется в воду и совершенно загромоздит мелкий гаф, по крайней мере, в его северной части.

Подобные же явления наблюдаются па острове Сильте (в зан. Шлезвиге). «Песок дюп летит здесь внутрь страны, и вся цепь дюн находится в поступательном движении. В 1757 г. в деревне Рантум рушилась церковь, настигпутая дюнами. В 1791 или в 1792 г. последние передвинулись дальше, а развалины церкви освободились от песка; они лежали в это время на берегу моря, но скоро скрылись нод водой. Пятьдесят лет спустя они находились уже в 700 футах от берега, где глубина достигала 12 футов. Вторая церковь в Рантуме была тоже засынана неском. Такая же участь постигла и деревню Ниблум, следы которой видны еще на берегу» (*Форхгаммер*).

Таким образом переносится не только песок, но и известняковая пыль некоторых коралловых островов: дюны на Бермудских о-вах причиняют миого гибельных опустошений. Благодаря действию углекислоты и воды, этн известковые ско-

пления затвердевают, образуя круто падающие пласты. Как мы увидим в одной из следующих глав, этот процесс способствует росту верхнего кольца коралловых островов.

На намывных берегах Финского залива и Балтийского моря дюны имеют широкое распространение. В 26 верстах к северо-западу от Петербурга, в селении *Сестрорецк* они занимают прибрежную полосу длиною в 13 верст и достигают на севере деревни Кокколово, а на юге упираются в террассу Лисьего Носа. Значительные площади обнаженного песка, резко выделяющиеся среди темной зелени соснового леса, лежат на южной окраине селения. Гонимый западными ветрами, песок собирается перед строениями и заборами и погребает их в своих массах: в 1881 г. широкая дорога, ведущая на Лисий Нос и Лахту, была в одном месте совершенно засыпана, и песок образовал высокий холм, который подступил по второму ряду домов. Другое значительное обнажение летучих песков находится в северной части Сестрорецка: здесь песок засыпал путь железной дороги, и каждый раз после сильного ветра полотно приходилось расчищать, точно при снежных заносах. Далее, дюны известны между деревнями *Мурила* и *Лаутаранда*, на половине расстояния между Петербургом и Выборгом, и на южном берегу Кронштадтского залива между Ораниенбаумом и Красной Горкой. У устья *Наровы* также тянется значительная цепь песчаных холмов (5 верст). Открытый берег в этом месте подвергается сильному прибою, в сюда по преимуществу выбрасываются обломки судов, потерпевших крушение на Нарвском рейде. Мелкий песок, намываемый волнами, легко уносится ветром и образует дюны до 35—40 фут. высотой. Нарвские дюны не имеют пустынного характера Сестрорецких песков. Большая часть их одета свежей, кудрявой зеленью ивового кустарника, некоторые же поросли густым лесом; впрочем, это не мешает им подвигаться вперед, хотя и более медленно. Своим унылым видом выделяются *Ревельские дюны*: они лежат за городом, у самого обрыва так называемого глинта (стр. 530) и занимают здесь площадь длиной в 8 верст и шириной в $^1/_2$—1 в. К северу от них тянется низина, покрытая лугами и кустарником, еще дальше раскинулся Ревель с темными башнями и высоко возносящимися к небу тонкими шпилями готических церквей, а за городом сливаясь с горизонтом, широкой полосой синеет море. Резкую противоположность этой пестрой картине представляют однообразные беловато-желтые дюны, почему то названные «Голубыми горами» (Blaue Berge); они производят еще более тоскливое впечатление, чем Сестрорецкие пески, хотя местами покрыты низкорослым и чахлым лесом. Здесь же, особенно с восточной половины, не видно ни одного деревца, и только на самой окраине торчат кое-где полузасыпанные песком кустики ивы. Правда местами дюны поросли злаками, любящими сыпучий песок (Festuca rubra, Elymus arenarius), но эти бледно-окрашенные и тощие травы не оживляют пустынного пейзажа и теряются на однообразном фоне песков. Большая часть Ревельских дюн находится в движении и имеет вид удлиненных холмов вытянутых с ю.-з. на с.-в., соответственно господствующим здесь ветрам. В ряду перечисленных дюн старейшие по времени образования — Ревельские; они лежат в значительном удалении от моря и на высоте более чем в 100 фут. над его уровнем; позднее образовались Сестрорецкие дюны, отделенные теперь от залива низменной полосой земли, местами болотистой, местами покрытой лесом; для создания новых дюн ветер пользуется материалом старых обнажившихся холмов, и только на севере, где полоса дюн непосредственно омывается морем, в их образовании принимает участие и береговой песок. Еще более недавнего происхождения дюны южного берега Кронштадтского залива, образованные из песка старых и новых береговых валов. Наконец, при устье р. Наровы дюны слагаются на наших глазах из материала, выбрасываемого теперь морем.

Из других дюн Балтийского моря следует назвать *дюны Рижского залива*, достигающие наибольшего развития между Зап. Двиной и р. Аа (Лифляндской); они занимают здесь полосу в $^1/_2$—$1^1/_2$ версты, а местами и 2 в. шириной и расположены иногда в два и три ряда; многие из них поросли сосновым лесом, некоторые же находятся в движении и причиняют немало вреда. Площадь засыпанных песком крестьянских и пасторских угодий предполагается не менее 200 десятин. В казенной даче Магнусгофского лесничества, особенно в северо-восточной части ее песок губит прекрасный сосновый лес и засыпает маленькую речку Ланге.

Западная окраина *Курляндии* представляет типичный пример намывного берега. На протяжении целых 200 верст до самой прусской границы она не имеет ни одного резко выдающегося мыса, ни одной глубоко врезанной бухты изгиб береговой линии так незначителен, что даже на протяжении нескольких верст она кажется совершенно прямой. Несмотря на это, дюны начинаются только у *Либавы*, откуда они тянутся вплоть до Бернатена и дальше; причина

такого сравнительно скромного распространения их кроется в чрезвычайной мелкости выбрасываемого морем песка, который впитывает много воды и, долго удерживая ее, слеживается в плотную массу; на нем не остается даже следов от проходившего человека или проезжавшей телеги. Ровная и плоская намытая полоса представляет удобнейший путь для экипажей, которые сворачивают сюда даже с почтовой дороги. При таких условиях деятельность ветра может проявиться лишь в ограниченных размерах, и, действительно, здешние дюны достигают в среднем только 9—12 м в высоту. Ныне все пески к югу от Бернатен одеты густым сосновым лесом, но в недалеком прошлом они были грозой соседних мест: встревоженные от векового покоя порубкой скреплявших их деревьев, они пришли в движение и засыпали немало угодий, усадеб и мыз. Так из старинной карты окрестностей Либавы, составленной в 1637 г. землемером Тобием Кращеном, видно, что на том месте, где ныне воздымается величайшая из дюн Курляндии Кюппе-Калис (70 м), т. е. близ Меетраге, существовала некогда мыза, от которой не осталось и следа; точно также исчезли 18 крестьянских усадеб, погребенные в массах песка. Немало было засыпано и леса. Для остановки дальнейшего движения дюн в 1835 г было приступлено к укреплению песков, а в 1860 г. все работы закончились, и теперь, за исключением небольших лысин, все пески (594 десятины) покрыты густым лесом.

Движение Сестрорецких дюн в 70-х годах, встревожившее местное население и угрожавшее заводу, побудило г. *Н. Соколова* заняться исследованием летучих песков этой местности. Лето 1880 г. он провел в Сестрорецке. «Своеобразное величие холмов сыпучего песка», пишет он, «и изящная правильность их очертаний произвели на меня глубокое впечатление. День за днем проводил я на дюнах, наблюдая за движением и скучиванием песка и следя за изменением хорошо знакомых мне очертаний. Я видел, как ветер образовывал на поверхности сыпучего песка красивую рябь, как возникали новые дюны, постепенно возрастали и принимали свои типичные формы, как разрушались ветром старые, обнаруживая свое внутреннее строение, как одни дюны успокаивались, зарастая травой и кустарником, другие же, ранее успокоившиеся и заросшие, снова начинали тревожиться и, сбрасывая растительный покров, приходили в движение. Вместе с тем я наблюдал за действием волн, набегавших на песчаный берег, и следил за образованием береговых волов для того, чтобы сравнить созданное ветром с создаваемым волнами моря». После этого г. Соколов изучал многие другие дюны, как прибрежные, так и материковые. В результате этих разносторонних исследований явилось в 1884 г. прекрасное сочинение «Дюны, их образование, развитие и внутреннее строение», сразу занявшее выдающее место в нашей геологической литературе и через 10 лет вышедшее на немецком языке в переводе Арцруни с новейшими дополнениями автора. Мы зашли бы слишком далеко, если бы задались целью исчерпать труд г. Соколова, а потому позволим себе остановиться только на некоторых его выводах.

Особенный интерес представляет *строение дюн*. Мы уже видели, что при известных условиях движение и дальнейшее развитие дюн может остановиться: скованные растительным покровом, они замирают и делаются неподвижными. Но покой дюн не прочен, и весьма часто они снова приходят в движение, частью сбрасывая, частью засыпая песком покрывающий их растительный слой. Ветер пользуется малейшими повреждениями последнего и, выдувая обнаженный песок, оживляет дюну. Размывающее действие морских волн, вырывание бурей деревьев, даже норы некоторых животных (напр. кротов) дают толчок к пробуждению дюн, но главнейшим нарушителем покоя их является человек: вырубка леса, лесные пожары, стравливание травянистой растительности стадами, самая пастьба скота и прогон его, проложение дорог — все это повреждает тонкий и рыхлый слой растительной земли и дает ветру доступ к дюнному песку. В старину летучие пески Европы были покрыты лесом, и начало их движения относится к историческому времени: по крайней мере, ни один из писателей древнего мира не упоминает о существовании холмов, переносимых ветром. Огромные дюны Данцига и Ютландии пришли в движение после порубки леса. Точно также сестрорецкие пески, по-видимому, оживились недавно: те места, где теперь они заносят дома, на памяти старожилов были еще покрыты вековыми соснами, и о движении песков не было помину.

Во многих дюнах смена периодов покоя и движения происходит несколько раз, что неизбежно отзывается на их строении. Так, в дюнах Куриш-Нерунга между песком замечаются прослои старой лесной почвы, достигающие $^1/_2$—$1^1/_2$ фут. в толщину и обозначающие прежнюю поверхность гор и долин. Это — тот же дюнный песок, но окрашенный перегноем древней растительности и несколько скрепленный им. Внутри таких слоев, а также и сверху их попадаются хорошо сохранившиеся сосновые шишки; здесь же находятся корни деревьев, при которых в вышележащем песке совершенно выветрились и имеют вид труб. Слои перегноя и растительных остатков г. Соколов наблюдал также в дюнах у Нарвского залива, у устья Западной Двины в окрестностях Либавы, но в особенном изобилии встречаются они в

Сестрорецких и Кокколовских дюнах. Большей частью мы видим здесь один, два или три слоя растительной земли, отделенных промежутками чистого дюнного песка толщиной $^1/_4$—$^1/_2$ метра и больше. Эти слои представляют неровные поверхности, часто весьма запутанные и всячески пересекающиеся между собой, но опытный глаз замечает в них очертания прежних вершин и склонов и, изучая их направления, геолог получает возможность восстановить историю дюны, определить ее прежние размеры, ее возрастание или уменьшение и направление движения. В разрезах, проникающих глубже основания дюн, мы встречаем иногда и тот растительный слой, на который надвинулись дюны.

Но особенно любопытна *слоистость* самого дюнного песка, происходящая вследствие различия в величине песчинок и до поразительности сходная с слоистостью водных отложений. Причина ее кроется в сортирующей деятельности ветра, который, смотря по своей силе, извлекает из песчаных масс зерна различной крупности; с наибольшей очевидностью этот процесс можно наблюдать во многих из сестрорецких «котловин выдувания» (так называются углубления, образованные ветром у подножия дюн) и вообще всюду, где существуют обнажения сыпучих песков. Некоторые из этих котловин проходят всю толщу дюнного песка и достигают подстилающих его песчано-галечных отложений. Извлекая отсюда мелкие зерна, ветер оставляет на дне только крупный песок, гравий и гальки. Но такая сортировка производится не одним разом, и сильный ветер поднимает крупинки, которые остаются спокойными при слабых движениях воздуха. Таким образом, на поверхность дюны нагоняется песок различной крупности, вследствие чего получаются слои, по своему виду сходные с прослоями перегноя; они изгибаются то вверх, то вниз и срезают друг друга под разными углами. Слоистость может произойти также вследствие изменения минералогического состава песка, особенно если ветры дуют с различных сторон.

Наступающие дюны производят значительные геологические изменения, выражающиеся отклонением речных русел и образованием озер. Так, например, Ижорские дюны на южн. берегу Кронштадтского залива на наших глазах оттесняют к востоку устье речки Сапаоя, которая версты 2 течет параллельно берегу моря и омывает подветренные (крутые) склоны дюн. Еще большие размеры это явление имеет на берегах Рижского залива, где такие значительные реки, как курляндская Аа и Виндава, потерпели отклонение в своих устьях; первая из них на протяжении 30 верст течет вдоль берега залива, отделяясь от него перешейком всего версты в 3 шириной); вторая отклонена, по крайней мере, на 10 верст к востоку от места первоначального впадения в море. Начало отклонения принадлежит прибою волн, образующих отмель; нарастая, последняя превращается в косу, постепенно вызвышаемую наносом песка, и покрывается, наконец, дюнами, которые все дальше отодвигают речные русла. Точно также перемещаются внутрь страны и те озера, которые образовались вследствие отделения от моря так называемых «гафов». Таким именно путем произошли многие лагуны Гаскони, которые, как выражается Реклю, «бежали вверх по скату материка, под неотразимым натиском песчаных масс». О движении этих озер свидетельствуют даже исторические данные: многие селения принуждены были много раз переноситься с места на место, чтобы избавиться от затопления водами озер. Подобные же явления в грандиозных размерах происходят на берегу Балтийского моря (Куриш-Гаф), и весьма вероятно, что большие озера Курляндии (Тосмарское, Либавское и Папенское) образовались указанным способом. Наконец, озера и болота могут произойти и без участия моря, а просто вследствие задержки дюнами атмосферной воды, ручьев и небольших речек. Такой процесс образования болот можно наблюдать ныне в ложбинах между цепями Кокколовских дюн. Нельзя не упомянуть о так называемых *плывучих песках* (Triebsand), которые встречаются среди дюн. Тонкая кора их не выдерживает тяжести человека, который проваливается и погибает в таких замаскированных водоемах. Последние образуются вследствие скрытых в песке горизонтальных струй воды, а также благодаря ключам, которые с силой пробиваются вверх; наконец, они могут произойти вследствие навевания песка на стоячую воду.

Как уже указывалось выше, дюны существуют также и на берегах рек. В Западной Европе они развиты очень мало, но у нас имеют широкое распространение. В долинах северных рек — Волхова, Сясн и др. — дюны попадаются редко. Наоборот, в средней и южной России, на р. Западной Двине, Немане, Волге, Мологе, Оке, Днепре и Доне они занимают обширное пространство. Алешкинские пески в низовьях р. Днепра тяиутся на протяжении целых 150 верст, достигая 30 верст в ширину. Сыпучий песок образует здесь подвижные холмы-дюны, известные в народе под названием *кучугур*. Большая часть их не обнаруживает ясно выраженного различия между наветренным и подветренным склонами, так как местность открыта здесь со всех сторон, и дюны подвергаются поочередно действию различных ветров: одни холмы имеют вид неправильных конусов, то более возвышенных и островерхих, то более плоских; другие приближаются по форме к грядам, разнообразно

изогнутым и искривленным. В настоящее время большая часть площади, занятой Алешкинскими песками, покрыта кустарником (ивняком), и из 88 388 десятин, принадлежащих казне, только 17,734 представляют совершенно летучий обнаженный песок. Что касается происхождения такой обширной песчаной площади, то на этот вопрос изливает свет следующее обстоятельство. Между Казачьими лагерями и Алешками от долины Днепра отделяется широкая ложбина, которая сначала направляется на юг, затем на юго-юго-запад и, свернув на запад, снова соединяется с долиной Днепра у Голой пристани. На своем почти пятидесятиверстном протяжении ложбина эта покрыта многочисленными озерами и болотами (около сотни), что заставляет признать ее старым руслом Днепра (старицей). Пески, давшие начало дюнам, без сомнения представляли такие же песчаные отмели и острова, какие и ныне намываются Днепром; если же на последних ветер не проявляет еще своей деятельности, то причина этого кроется в их незначительной высоте и сильной влажности, которая способствует развитию разнообразной растительности.

Другая обширная область речных дюн находится на Дону, между Усть-Медведицкой и Новогригорьевской станицами. Пески начинаются здесь не на самом берегу реки, а отделяются от нее луговой поймой Днепра; ширина полосы, занятой дюнами, которые носят здесь название «бурунов» колеблется между 8 и 18 верстами. Благодаря своей мелкости песок придонских дюн так подвижен, что даже при слабых ветрах переносится на значительные расстояния и засыпает дороги. Во время сильного ветра ходит по придонским барунам очень неприятно; мелкие песчинки носятся в виде густой тучи и осыпают путника с головы до ног, производя чувствительные уколы в лицо и руки. В ложбинах («падах») среди дюн, где вследствие влаги развивается роскошная растительность, местные жители не раз пробовали сеять коноплю, но принуждены были скоро отказаться от этого, так как целые пашни засыпались надвигающимися барунами. Донские дюны также образовались за счет песка, намытого рекой, которая подобно Днепру отступала в сторону правого берега.

Кроме прибрежных дюн (морских и речных), у нас имеют огромное развитие и материковые дюны, встречающиеся довольно часто и в разных местах. Так, например, в Польше обширные площади заняты песчаными почвами. В Полесье дюнные образования встречаются почти на каждом шагу, хотя и обладают незначительными размерами. В Черниговской губ. многие уезды страдают от песчаных заносов, постепенно усиливающихся вследствие порубки лесов. По обе стороны дороги, ведущей из Городни в Стародубе, часто расстилаются необозримые степи: большие столбы песка кружатся вихрем и со страшной силой разносятся по степи, засыпая пашни и поля. Не менее развиты материковые дюны в северной и средней России. Однако они появились в большинстве случаев по вине самого человека: климатические условия России не благоприятствуют их образованию. Лишь в прикаспийских степях, представляющих как бы преддверие к Средней Азии дюны развиваются сами по себе. На правом берегу Волги (в Калмыцкой степи) пески встречаются не во многих местах, на левом же берегу материковые дюны занимают обширные пространства; здесь они выступают в форме типичных серповидных холмов, называемых «барханами»: последние особено широкое распространение имеют в Туркестанских степях, которые по своему характеру являются настоящими пустынями; о них мы скажем в следующей главе. — *Примеч. пер.*

Большое геологическое значение имеют деятельность ветра в степных местностях, обратившие на себя общее внимание, благодаря работам Рихтгофена, который показал, что именно этим путем образовались мощные залежи леса. Мы не можем входить подробнее в рассмотрение этого любопытного вопроса и вернемся к нему во второй части. Что же касается разрушительного действия ветра, то мы отлагаем его рассмотрение до следующей главы: оно стоит в такой близкой связи с другими явлениями, происходящими в пустынях, что говорить о нем особо не представляется возможным.

## Образование пустынь

Главнейшие особенности пустынь определяются не столько геологическими, сколько метеорологическими условиями. Всякая местность, где господствуют сухие ветры и где выпадает мало атмосферных осадков, превращается в пустыню. Сахара

обязана своей безжизненностью северным и северо-восточным ветрам, которые дуют со Средиземного моря, но, пропосясь над раскаленным материком, не могут спустить своих паров. Обширная среднеазиатская пустыня Гоби окружена высокими горами, на которых и выпадают все атмосферные осадки, приносимые сюда ветрами. Сахара, Аравийский полуостров, большая часть Сирии, Месопотамии и Персии представляют обширные пустыни; значительных размеров достигает также и пустыня Гоби, наряду с которой можно еще назвать Калахари в Южной Африке, северо-американскую пустыню к востоку от Скалистых гор, Атакаму на границе Чили и Боливии и, наконец, центральные части Австралии.

В Сахаре наиболее резко выражены все явления, свойственные пустыням, а потому мы и займемся теперь ее описанием (см. рисунок на особом листе — «Восточная Сахара»). Эта огромная пустыня простирается от Атлантического океана до Нила и от северной границы Судана до Атласских гор и Средиземного моря; она занимает площадь в 160 000 квадр. миль и по своей величине почти не уступает Европе со всеми ее островами. Долго господствовало ложное мнение об этой пустыне: думали, что она представляет ровную песчаную поверхность, прерываемую в разных местах дюнами и постепенно падающую по направлению к середине, которая лежит значительно ниже уровня моря; полагали, что эту котлообразную впадину можно посредством канала соединить с океаном и сделать ее внутренним морем. Немало велось споров о том, как повлияло бы на прибрежные области Средиземного моря и на климат всей Европы практическое осуществление этого проекта; некоторые опасались даже наступления новой ледниковой эпохи, которая явится следствием уничтожения тех теплых ветров, которые долетают к нам из Сахары.

Но этот взгляд оказался ошибочным. Ветры пустыни не достигают наших областей и не доставляют нам тепла, и Сахара не представляет собой котловины, которая могла бы заполниться водой; только небольшая ее часть к югу от Туниса и в окрестностях оазиса Аммона лежит действительно ниже уровня моря.

На самом деле Сахара обладает далеко не однообразным характером: мощные горы с вершинами до 2500 м, каменистые пустыни, равнины, покрытые дюнами, котловины с глинистой почвой, соляными озерами и болотами, цветущие оазисы,— все это сменяет здесь друг друга. Вместе с тем геологическое строение Сахары чрезвычайно просто: она состоит почти исключительно из горизонтальных слоев осадочных пород, и только в некоторых местах, именно в возвышенных областях Ахаггара и Тибести, встречаются изверженные породы. Сахара представляет ряд ступенчатых равнин, подымающихся одна над другой: поверхность этих террас образована горизонтальными пластами и их отвесные уступы — выходами слоистых пород; даже наиболее значительные горы, насколько известно, состоят из тесно сплоченных террассовидных выступов. Летучие пески пустыни обладают сравнительно недавним происхождением: в некоторых местах они даже отсутствуют, в других же скапливаются в таком огромном количестве, что совершенно скрывают террасовидное строение пустыни. Одной из характерных особенностей Сахары являются *каменистые* пустыни, так называемые «гаммада»; в них отчетливо видны главнейшие черты геологического строения ее: на огромном протяжении тянутся здесь горизонтальные пласты, образующие совершенно ровную глинистую или каменистую почву; необозримо большая площадь лишена

воды и всякой растительности; она покрыта каменными глыбами и обломками, которые иногда уступают свое место многочисленным мелким камешкам, округлой, всюду одинаковой формы; последние известны под названием «серир». Целыми днями приходится ехать путнику по однообразным равнинам «гаммад», пока наконец, он достигнет крутого нрямолинейного обрыва; это — одна из террас; поднявшись на нее опять находишь ту же каменистую пустыню. Однообразие равнин нарушается призматическими, или столовыми горами (Inselberge, Zeugen), которые на языке арабов называются *гура* (см. рис. 345); отдельные террасы не всегда выступают неожиданно; иногда за несколько миль перед ними появляются цепи названных гор. Все эти возвышенности подымаются на высоту, следующего за ними уступа, и прикрываются той же породой, которая образует его поверхность.

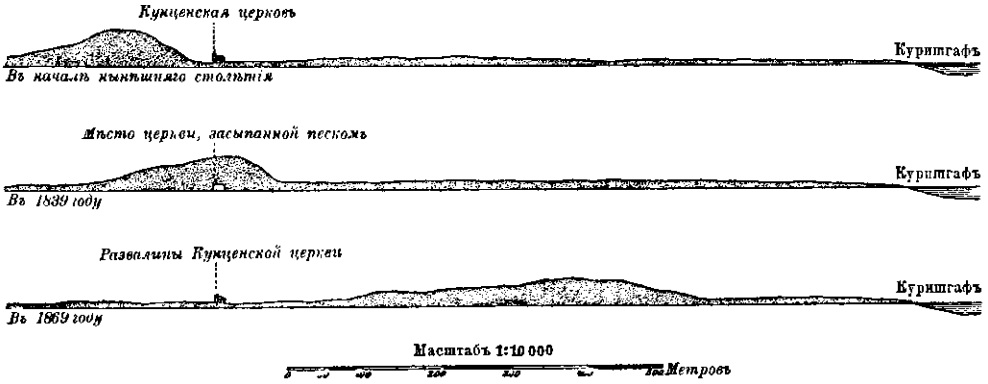



Рис. 342—344. **Движение дюн у деревни Кущен на Куриш-Нерунге** (по Берендту)

Отсюда ясно, что каждая терраса стоит в связи с расположенными перед нею призматическими горами: вместе с ними она представляла некогда один обширный и неразрывный уступ (см. ниже).

В возвышенных частях Сахары каменистые пустыни или «гаммада» достигают величественных размеров; огромные террассы громоздятся друг на друге и обладают значительной высотой; в некоторых местах такие возвышенности орошаются обильными дождями, а зимой в течение трех месяцев остаются покрытыми снегом. После дождей в глубоких долинах появляются бурные ручьи; они несут в своих водах гальки и валуны, но, достигая равнины, просачиваются в почву. Долины, орошаемые такими ручьями, одеваются богатой растительностью, склоны же гор и их плоские вершины представляют голую, безжизненную пустыню.

Каменистые пустыни, или гаммада, связаны целым рядом постепенных переходов с песчаными пустынями; последние принадлежат к числу самых безжизненных частей Сахары, по крайней мере там, где они достигают полного развития. Чистый желтоватый, кварцевый песок покрывает волнообразным ковром всю почву; тут и там выдвигаются из него неправильно расположенные или параллельные цепи песчаных холмов. На всем огромном пространстве, которое только можно охватить взором, расстилается безграничное песчаное море; среди него выступают огромные дюны, точно окаменелые волны. Скучиваясь в большом числе, эти песчаные холмы замыкают глубокие котловины, окруженные крутыми

склонами, и без опытного проводника путешественник не может выбраться из их лабиринта. *В Ливийской пустыне*, одной из самых страшных частей Сахары, дюны образуют настоящие цепи гор, уже издали бросающиеся в глаза их желтой окраской и многочисленными вершинами. Между ними простираются плоские долины, иногда покрытые песком, иногда голым камнем (см. рис. 346).

«На расстоянии в 1—2 км поднимаются округлые холмы; с одной стороны, склоны их пологи, с другой — падают круто. В поперечном сечении сторона, обращенная к ветру, поднимается медленно и постепенно, и во время бури ее поверхность приходит в волнообразное движение; у вершины наклон усиливается, и холм оканчивается заостренным гребнем. На противоположной стороне склоны падают так круто, что караванам приходится бродить целые часы и дни, не

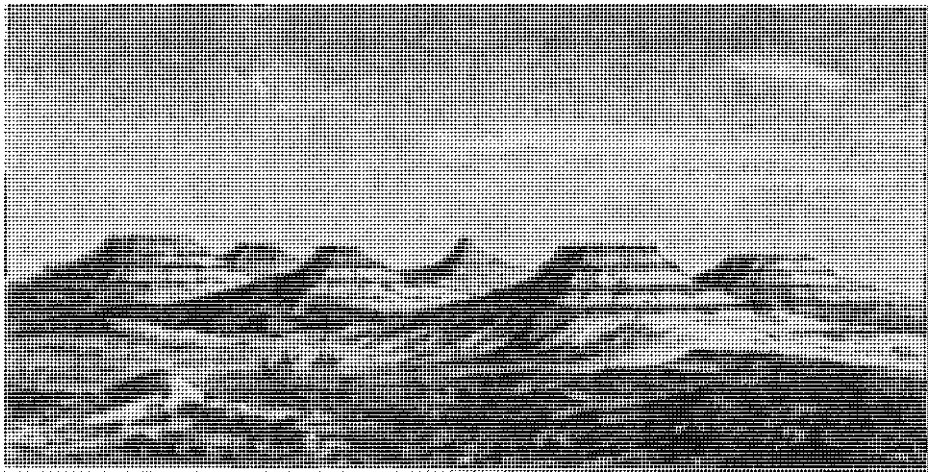


Рис. 345. **Призматические горы у Гуэльба-эль-Зерзура**

находя дороги. Особенно страшна песчаная пустыня во время урагана. Черные тучи песка носятся тогда в воздухе и затемняют свет. Дюны теряют свои очертания, все приходит в движение. Вихрь несет острые зерна песка и ударяет ими во все выступающие предметы; ныль ослепляет глаза, жжет лицо и руки; путник, застигнутый бурей, ложится на землю и закутывается в плащ, думая этим спастись от неистового самума. Ветер поднимает огромные массы песка; нет никакого сомнения, что и дюны обязаны ему своим происхождением. Каждая неровность почвы, каждый камень, даже скелет недавно павшего верблюда и незначительный кустарник служат тем ядром, около которого растет песчаный холм. Ветер нагоняет все новые массы песка, зерна его поднимаются вверх, перекатываются через гребень, и продольный размер дюны увеличивается. Впрочем, для образования новых цепей нужны особенно благоприятные условия, так как уже существующие дюны, постоянно увеличивая свой размер, привлекают к себе огромные массы песка. С течением времени может изменяться внешний вид дюн; незначительные среди них даже могут переменить свое место, но существенные и глубокие изменения вряд ли возможны. Все наиболее значительные группы песчаных холмов, по крайней мере, в проезжей части Сахары, существуют с незапамятных времен, и арабы отлично знают их местоположение.

В огромной Ливийской пустыне прекращается всякая растительная и животная жизнь. Можно бродить целыми днями, не встречая даже тощего кустарника, не слыша крика птиц и жужжания насекомых. Впрочем, песчаные пустыни нельзя считать безусловно неплодородными. В западной части Сахары, где два или три раза в год выпадают обильные дожди, почва, точно по мановению волшебного жезла, одевается зеленой травой и цветами; но проходить несколько дней, и все снова погибает под лучами знойного солнца. Иногда влага сохраняется на незначительной

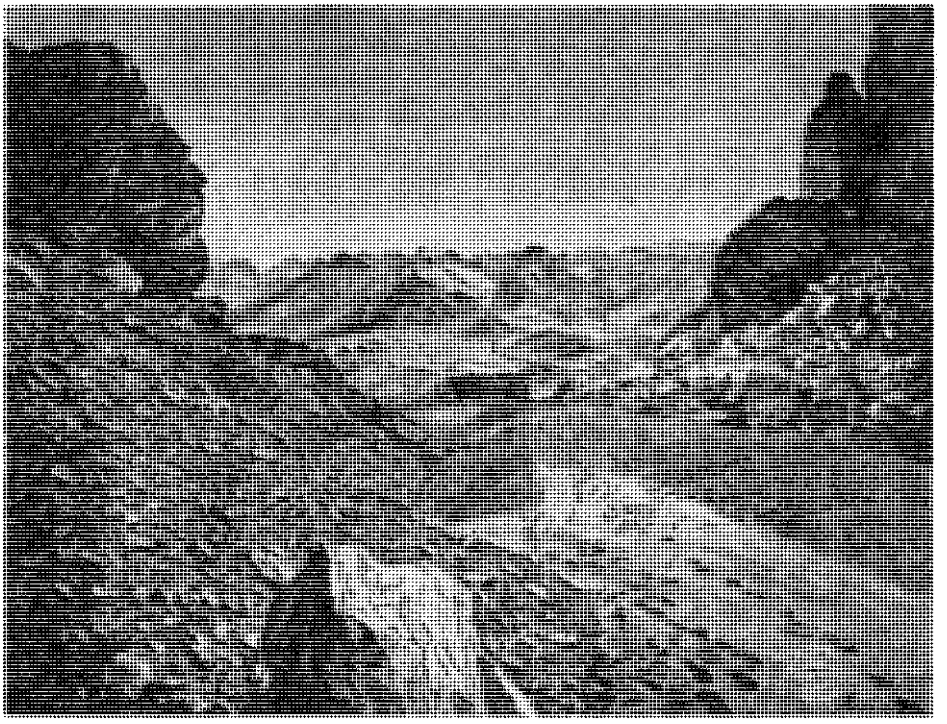


Рис. 346. **Баб-эль-Кайлиод в Ливийской пустыне**

глубине, и в таких местах развивается пышная растительность. Лучшие оазисы северо-западной Сахары лежат среди песчаной пустыни» (*Циттель*).

Говоря об артезианских колодцах, мы уже указывали, что плодородие оазисов существенно зависит от производительности ключей. Конечно, и в Сахаре выпадают дожди, но они случаются так редко, и вода так быстро поглощается почвой, что, по крайней мере, в настоящее время не может быть и речи об участии ее в разрушении пород и образовании рельефа. Главнейшим деятелем геологических изменений являются сильные колебания температуры, наблюдаемые при закате и восходе солнца, когда знойный день сменяется прохладной ночью или наоборот. После того как солнце скроется за горизонтом, в некоторых наиболее возвышенных местах каменистой Сахары даже в мае бывают морозы. Холод усиливается до самого восхода солнца и почти вдруг сменяется палящим зноем; колебания температуры в тени достигают в течение суток 45 °С. Вследствие попеременного расширения и сжатия горные массы прорезываются множеством тон-

чайших трещин, и при увеличении последних, с поверхности скал отделяются листоватые осколки. Легкий удар молотка заставляет эти разрыхленные скорлупки с шумом падать на землю; в гранитах они достигают 5—15 мм, а в известняках 1 мм в толщиину. В кремнях и других родственных им породах действие расширения и сжатия выражается образованием радиальных трещин и отделением круглых или эллиптических раковинообразных осколков. Некоторые глыбы прорезаны целой сетью трещин, и достаточно окололежащему песку несколько переменить свое положение, чтобы они рассыпались. Если составные части породы обладают различной окраской, плотностью и удельной теплотой, то они нагреваются солнцем неодинаково, следствием чего являются неравномерное расширение и сжатие; при ежедневном повторении последнего процесса порода совершенно разрыхляется и распадается. Так, например, гранит состоит главным образом из полевого шпата, кварца и слюды. Слюда отличается значительной упругостью и весьма совершенной спайностью; при непосредственном действии летучих песков она раздробляется, растирается и уносится ветром. Полевой шпат обладает большим постоянством, но и он распадается на мелкие осколки и, выветриваясь, превращается в глину. Кварц противустоит всем деятелям разрушения и, выделенный из массы гранита, образует песок; по мнению Вальтера значительная часть песков Сахары произошла таким именно образом.

Наряду с указанным процессом действует выветривание, преимущественно в тенистых местах, но роль его сравнительно скромная. Все разрыхленные массы уносятся ветром и отлагаются вдали от мест первоначального залегания. «В пустыне нет такого уголка на которой бы не распространялась деятельность ветра: он проникает во все трещины и пустоты, и извлекает оттуда все, что успело разрыхлиться. Мы жители Европы, не можем составить себе никакого представления о громадности этого процесса, являющегося в пустыне главным деятелем денудации.

«Прекрасным примером разрушительной деятельности ветра может служить аравийское кладбище у Грума близ Синая, где устроен карантин для пилигримов, отправляющихся в Мекку; умершие хоронятся около самых домов небольшой деревушки. Нередко можно здесь видеть выдвигающиеся из своих могил трупы, завернутые в белые ткани. Хотя арабы хоронят своих умерших не глубоко, то это явление все же показывает, что в течение немногих лет сносится значительная толща соланчаковой и глинистой почвы» (*Вальтер*).

Однако разрушительная деятельность ветра не ограничивается одним *развеванием*. Перенося огромные массы песку, он стирает и сглаживает поверхность скал, сообщая им матовую полировку. Совершенно таким же образом приготавливается в технике матовое стекло: для этого обыкновенная, стеклянная пластинка подвергается действию воздушной струи, которая несет мелкий шлифовальный порошок. Менее постоянные части пород легче поддаются действию песка, а потому поверхность скал и каменных глыб покрывается пятнами, бороздами, округлыми углублениями и даже пронизывается пустотами (см. рис. 347); при этом наиболее прочные части выступают далеко вперед и, наконец, обрушиваются; таким образом изнутри горных пород извлекаются кремнистые окаменелости и, благодаря неодинаковой быстроте и легкости разрушения наглядно выступают все различия твердости пород. Так, например, у Гизеха на груди и шее знаменитого сфинкса,

который был выбит из каменной глыбы, найденной на месте, видны диагональные полосы; они соответствуют тем частям породы, которые, вследствие содержания в них железных солей, обладают большей степенью твердости и постоянства (см. рис. 348).

Даже незначительные гальки, усеивающие почву каменистых пустынь, которые известны под названием серира, обтачиваются песком и покрываются множеством мелких штрихов и борозд. При известных условиях на них вышлифовываются плоские грани, и гальки превращаются в так называемые *трехгранные камни*,

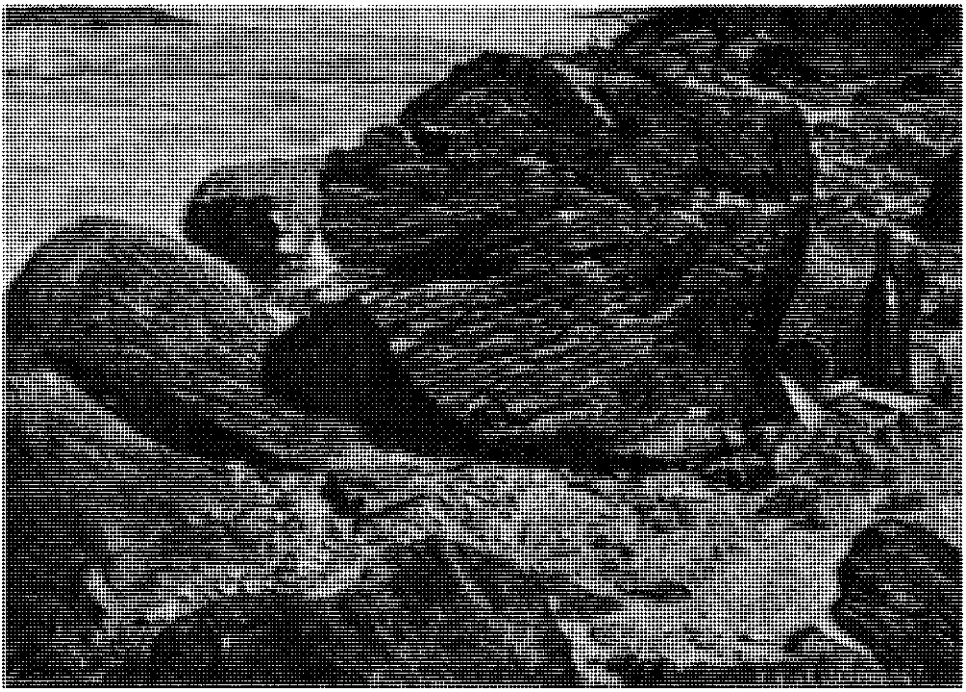


Рис. 347. **Поверхность скал, измененная действием летучих песков** (с фотографии)

обладающие характерной пирамидальной формой. Подобные образования уже давно были найдены в песчаных областях северогерманской равнины и вызывали немало различных гипотез об их происхождении до тех пор, пока не были открыты в Сахаре такие же камни, обточенные действием ветра. Чрезвычайно наглядно онисывает *Вальтер* образование трехгранных камней. «Кому случалось проезжать по каменистому «сериру» во время сильного ветра, тот имел возможность наблюдать шлифующее действие песка. В это время вся почва оживает; всюду по поверхности камней ползут струи неска, извиваясь, точно змеи, и глаз скоро утомляется однообразием этого движения. Подобно мелководной реке, несчаные потоки огибают камни, иногда соединяясь вместе, иногда разветвляясь на несколько рукавов. Благодаря такому дроблению песчаных струй, камни, лежащие на их пути, приобретают две отшлифованные грани, из которых каждая образована особым нотоком. Постененно увеличиваясь, эти грани встречаются друг с другом и образуют ребро. Там, где песчаные струи имеют более или менее постоянное

направление, гальки преобретают резко выраженные ребра и грани; если же направление ветра меняется, то граница выражается неясно и отдельные плоскости сливаются друг с другом».

Деятельность песка пе может быть отделения от других процессов развевания. Роль последнего в разрушении горных пород довольно значительна, как это можно между прочим видеть по примеру, описанному Жильбертом в западных частях Северо-Американских Соединенных Штатов и представленному на рис. 349; здесь изображена огромная глыба конгломерата, низвергпувшаяся с крутой

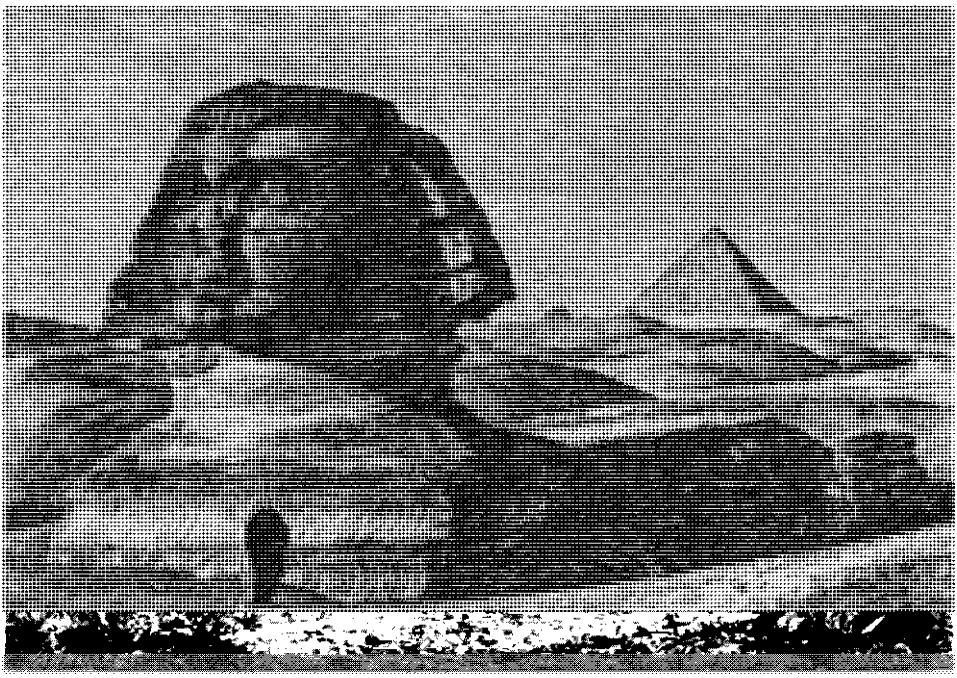


Рис. 348. **Сфинкс у Гизеха в Египте**

скалы на поверхность мало прочного сланца. Последний был разрушен действием песка и ветра, и только сохранилась незначительная часть его, защищенная глыбой: так образовался естественный пьедестал, на котором и покоится огромный конгломерат.

Процессы развевания имеют широкое распространение в Сахаре; не следует ли приписать их действию все своеобразные и сложные формы наблюдаемого здесь рельефа? Присутствие огромных масс летучего неска, террассы, множество призматических или столовых гор, глинистые котловины, многочисленные сухие долины,— все эти явления, свидетельствующие о громадных размерах происходившего здесь разрушенпя (эрозии); можно думать, что все своеобразные формы пустыни образовались в течение долгих геологических промежутков, благодаря только действию ветра, без всякого участия текучей воды. Недавно был распространен предрассудок, будто дюны составляют особенность морских берегов; с другой стороны, зоогеографические соображения заставляли считать Сахару дном высохшего моря; так как вся эта

пустыня образована морскими известняками, мергелями и песчаниками, то нельзя сомневаться, что она была некогда скрыта под волнами океана. Но самые новейшие из твердых образований, принимающих участие в строении террасс, относятся только к нервой половине третичного периода. Является вопрос: какая судьба постигла Сахару в конце этого периода и в ледниковую эпоху; не следует ли предположить, что она онять была залита морем, которое и оставило здесь песок и солончаковую ночву?

По мере постепенного изучения Сахары, неправильность этого взгляда все более и более обнаруживалась. Область, расположенная к югу от Туписа и спускающаяся на 24 м ниже уровня океапа, в ледниковую эпоху, не один раз заливалась морем, но последнее никогда пе распространялось на протяжении всей пустыни. Впутри Сахары нигде не было найдено морских верхнетретичных или дилювиальных осадков и окаменелостей; как мы увидим ниже, присутствие соли составляет особенность всех областей, лишенных стока, а песок является без сомнения продуктом самой пустыни: он образовался вследствие разрушения широко распространенных песчаников меловой и девонской систем, гранита и др. пород; сюда же присоединились развеянные ветром дилювиальные пески сухих долин, о которых речь будет ниже.

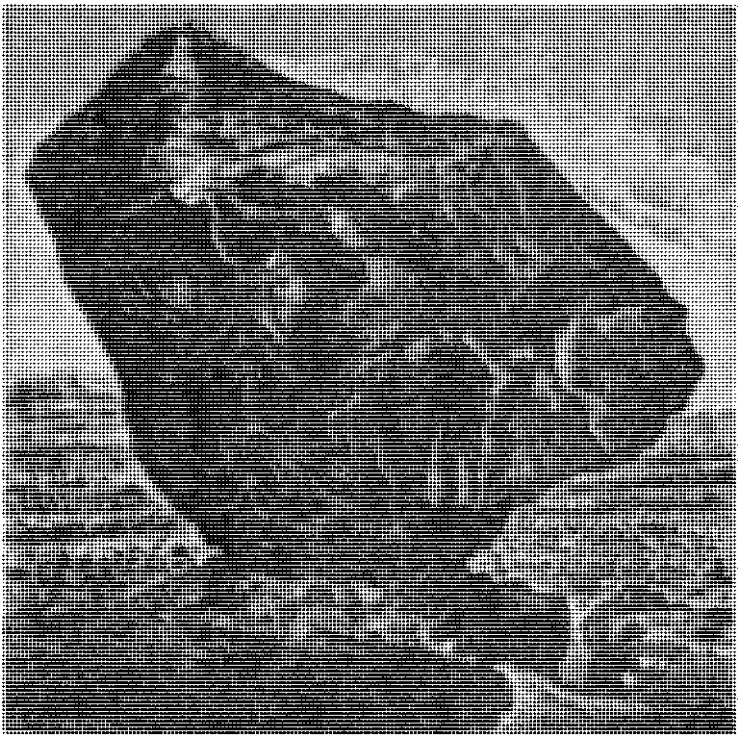


Рис. 349. **Глыба конгломерата, лежащая на естественном пьедестале** (по Жильберту)

Две других характерных особенности Сахары — террасы и призматические горы — могут быть удовлетворительно объяснены описаниыми процессами разрушения. Если каменистая гаммада состоит из горизонтально расположенных пластов не одинаковой прочности, например из мергелистых сланцев и известняков, то ветер размельчает и уносит легко разрушающиеся породы, и на поверхности каменистой пустынн остаются пласты более прочных образований. После этого деятельность ветра ограничивается крутыми обрывами террасс, где постепенно разрушается и развевается следующий мягкнй слой; образующийся таким путем желоб углубляется все дальше и вышележащая порода, лишаясь опоры, обрушивается. В разных местах уступа этот процесс должен идти неравномерно, вследствие чего образуются

более или менее значительные вырезки или бухты. С течением времени последние преобразуют форму обширных полукруглых котловин, края которых все более изрезаются и разветвляются, и наконец, отделяются от террассы значительные скалы, выступающие в виде одиноких столовых гор. Последние представляют ветру меньшее сопротивление, чем сплошные террассы, и быстро разрушаются; взамен их появляются новые горы и край террасы отодвигается все дальше. Процесс заканчивается полным разрушением известной системы слоев, после чего образование столовых гор начинается снова.

Упавшие вниз обломки слабо поддаются дальнейшему разрушению и в свою очередь защищают прикрытые ими породы. В этом случае действие ветра усиливается, хотя и не частыми, но весьма сильными дождями; вода уносит одним разом все обломки, которые в течение многих лет скапливались у подножья террасс и пирамидальных гор. Таким образом, даже в пустыне вода является важным деятелем разрушения. Отсюда можно было бы думать, что и в образовании призматических гор она принимает существенное участие; но если бы такая догадка была правильная, то крутые обрывы террас прорезались бы многочисленными и мелкими долинками; появление же широких бухт было бы немыслимо, так как вода направляет свою размывающую деятельность в глубину и образует борозды, а не котловины. С другой стороны, разбросанность призматических гор, которые тянутся иногда на протяжении целых миль, не согласуется с таким происхождением их. Все затруднения падают сами собой, если мы остановимся на вышеприведенном объяснении и припишем происхождение столовых гор действию ветра, который, как показывают наблюдения, является в пустыне важнейшим деятелем разрушения.

Наоборот, другое своеобразное явление пустынь — сухие долины, или вади, не могут быть объяснены действием ветра. Наиболее характерным примером этих многочисленных образований может служить прославленный в сказаниях и легендах вади Ирхархар: в этой огромной долине, простирающейся от Ахаггарских гор до озерной области к югу от Туниса и достигающей 200 миль в длину, собираются воды из отдаленных возвышенностей; вступая в долину, они скоро теряются в почве и только в дождливое время сохраняются на поверхности немного дольше; эта вода может быть добыта уже при неглубоком бурении и в этой именно области французы устраивают артезианские колодцы, благодаря которым пустыня превращается в цветущие сады (см. стр. 462). В давнее время на всем протяжении этой долины протекала огромная река; она прорыла себе ложе, достигавшее в некоторых местах значительной ширины, и несла в низменность обильные массы песка и щебня. В вади Ирхархаре, равно как и в других сухих долинах, ясно видны террасы, образованные песком и другим обломочным материалом: это-то и не позволяет приписать их действию случайных дождей. Хотя в связи с некоторыми «вади» находятся обширные полукруглые котловины, но это показывает только, что развевание наложило лишь известный отпечаток на форму сухих долин, которые первоначально должны были образоваться действием большой и постоянной реки. Это заставляет допустить, что в прежнее время Сахара обладала более влажным климатом в образовании ее рельефа видное участие принимали проточные воды.

Наряду с существованием сухих долин можно привести целый ряд дру-

гих фактов, которые подтверждают это предположение. По свидетельству отважного путешественника Бари в болотах Ахаггарских гор водятся крокодилы; они представляют остаток многочисленных пресмыкающихся минувшего времени. Местами находятся породы со следами дождевых капель и отложения новейших известковых натеков; у Казра Дахеля, в Ливийской пустыне, в одном из таких образований Циттель нашел лист вечнозеленого дуба, который ныне отсутствует на всем протяжении пустыни и имеет широкое распространение в лесистых областях Средиземного моря. Первобытные рисунки, выбитые на камне и найденные в западных частях Сахары и в Атласе, изображают быков, слонов, жирафов и страусов, которые в настоящее время не водятся в этих местах. Отсюда видно, что человек был современником цветущей Сахары: об этом также свидетельствуют каменные стрелы и орудия, найденные у Огла-эль-Хасси в Алжирской Сахаре под слоем известкового туфа, который достигает 0,6 м мощностью и представляет осадки ныне исчезнувшего ключа.

Обширные исследования, произведенные французами с целью сооружения в Сахаре железной дороги, привели к открытию осадочных пород, которые образовались в тот период, когда эта пустыня орошалась обильными дождями. К югу от Атласских гор, в алжирско-тунисской Сахаре, в вади Ирхархар лежит плоская котловина, образованная известняковыми породами средне- и верхне-меловой эпох; эта котловина заполнена песками, рыхлыми песчаниками, конгломератами и глинами конца третичого периода и ледниковой этохи. Меловым образованиям соответствуют на поверхности каменистые «гаммады», а третичным и дилювиальным отложениям — низменности, богатые подземными водами и покрытие большими соляными озерами, которые не имеют стоков и время от времени пересыхают. В конце третичного периода и в начале ледниковой эпохи здесь существовали огромнейшие озера, отложившие пласты до 300 м мощностью и обладавшие богатой пресноводной фауной. Окололежащие породы доставлялн их водам известное количество соли, и современные озера, содержащие в растворе гипс и соль, представляют лишь жалкие остатки этого огромного водоема. Образование сухих долин, которые прорезают отчасти верхнетретичные образования, относится к началу ледниковой эпохи; в это время отложились валунные образования и пески сухих долин и выдвинулись террасы (напр., у Бискра), подымающиеся на 40—50 м над окрестной равниной. Для образования таких огромных террас необходимо было присутствие постоянной реки; нахождение же ископаемых пресноводных раковин в отложениях сухих долин Эль-Голеа заставляет думать, что эта местность в ближайшие к нам геологические эпохи прорезалась потоком пресной воды. Находимые здесь раковины обнаруживают полное сходство с теми видами, которые и теперь живут в европейских и африканскнх прибрежных областях Средиземного моря.

На основании исследований, произведенных в западной Сахаре, французские ученые пришли к выводу, что наиболее обильное выпадание атмосферных осадков относится к коицу третичного периода, а не к ледниковой эпохе, как думали до сих пор. С другой стороны, эти исследователи думают, что превращение Сахары в пустыню пронзошло весьма недавно: как показывают вышеприведенные факты, этот переворот можно отиести к историческому времени, даже к эпохе римского владычества и началу христианской эры; впрочем, решительных доводов в пользу

такого заключения мы не имеем: исчезновение значительных местечек и городов, процветавших во времена египетских фараонов, корфагенян и римских царей, нельзя считать следствием климатических изменений: оно весьма просто объясняется быстрым падением культуры в этих странах. Во всяком случае несомненно, что характер настоящей пустыни Сахара приобрела после ледниковой эпохи и что образование сухих долин должно быть приписано действию текучих вод.

Пустыня представляет еще несколько второстепенных особенностей, которые не всегда могут быть объяснены. В некоторых местах почва состоит исключительно из кремневых галек и окаменелостей; это на первый взгляд непонятное явление легко объясняется большим постоянством кремнеземистых масс, которые не поддаются действию солнца, ветра и летучих песков: в то время, как весь другой материал разрушается и уносится, они остаются на месте. Другое явление, нередко наблюдаемое в пустыне, остается пока загадочным: мы говорим о твердой черно-бурой коре, которая облекает почти все камни пустыни и состоит из бурого железняка, содержащего марганец. Темная окраска этой коры до того поразительна, что неопытные путешественники считают покрытые ею камни базальтами. Там, где эта оболочка отваливается, тотчас же начинается быстрое разрушение, и в скалах появляются пустоты: иногда образуются таким образом настоящие колониады. Если порода прикрыта упомянутой корой только сверху, то вследствие разрушения ее с боков получаются скалы с своеобразной формой грибов. Подробности этого процесса еще не изучены, и таким образом, некоторые из явлений, происходящих в пустыне, остаются не объясненными.

В зауральских киргизских степях, и еще более в Туркестане мы находим климатические условия, благоприятные для деятельности ветра. Туркестан уже входит в пояс великих пустынь, который широкой полосой протягивается через весь материк Старого Света от западных берегов Африки до Манчжурии. Немногочисленное население степи ютится в культурной полосе ее, сосредоточивающейся главным образом на берегах рек; значительная же часть Туркестана представляет огромное пустынное море с окаменевшими желтыми волнами. В одних местах пески совершенно обнажены и лишены всяких следов жизни: в воздухе ни птицы, на земле ни растений, ни насекомого, только кое-где белеют кости людей и животных, собранные прохожими в груду; в других местах появляется среди песков небогатая и однообразная растительность, состоящая из саксаула, кызыл-джузгана, песчаного камыша, гребенщика, различных колючек и пр. В туркестанских степях мы находим все особенности, свойственные большим пустыням: те же обширные пески и такие же скопления гальки и камней на больших площадях, составляющих каменистые пустыни, местами та же солончаковая почва, «сухие долины», промытые исчезнувшей рекой (узбой) и наконец, характерные призматические горы, каковы например горы Устык на Аму-Дарье. Благодаря проведению железной дороги, которая на протяжении многих верст прорезала степи Туркестана, изучение летучих песков стало настоятельно необходимым; в последнее время многие исследователи посвятили свои труды этой местности и выяснили целый ряд любопытных ее особенностей. Мы остановим наше внимание главным образом на летучих песках Туркестана.

Песок пустынь, развеваемый и разносимый ветром, образует такие же скопления, как и на берегах рек и морей. Однако благодаря иному орогидрографическому характеру поверхности, формы их гораздо разнообразнее. Наиболее типичны серповидные холмы, известные под именем *барханов* и очень редко встречаемые среди приморских и речных дюн: они имеют на подветренном склоне выемку большей или меньшей величины и заканчиваются с боков вытянутыми назад рогами. При сильном ветре барханы будто оживают. Вершины их дымятся, испуская струн песка, рога удлиняются, растут, и бархан медленно ползет по направлению ветра. Быстрота перемещения одиноких барханов достигает 20 м в сутки (*Коншин*). При перемене направления ветра бархан преобразовывается; прежние его рога сдуваются и исчезают, а новые вырастают с другой стороны.

Все исследователи Закаспийской низменности указывают, что подвижные пески степей постепенно зарастают травами и кустарником и после этого останавливаются, как бы замирают. Первая стадия их закрепления выражается потерей типичной серповидной формы и

уменьшением подвижности, барханы превращаются в *«бугристые пески»*. Форма бугров неправильная, но все склоны их пологи, и характерное различие между наветренной и подветренной стороной исчезает. Отдельные бугры обладают формой небольшого кургана, но чаще они сливаются по два или три вместе и образуют гряду с округленными вершинами. Местами поверхность бугров обнажена, и на вершинах их видны характерные барханы, выросшие около какой-нибудь преграды, например куста. Бугры отделены друг от друга котловинами разной величины, иногда совершенно голыми, иногда поросшими травой.

Вследствие постепенного зарастания бугров ветер находит все меньше материала, при помощи которого он мог бы повышать их. Его деятельность ограничивается вершинами, и сдуваемый отсюда песок слетает в котловины. Таким образом, бугристые пески постепенно выравниваются, сглаживаются и превращаются в *«песчаную степь»*, которая представляет слабо холмистую равнину с незначительными впадинами и выступами. Поверхность песчаной степи покрывается травянистой и кустарной растительностью и ранней весной представляет необозримый зеленый луг; но как только почва, насыщенная влагой дождей, просохнет под жгучими лучами апрельского солнца, травянистая растительность погибает, и летом степь представляет желтеющую ниву с зелеными пятнами кустов; наконец, с половины осени погибает кустарник, и степь превращается опять в мертвую пустыню.

Нарушителем постепенного закрепления песков является сам человек: кусты саксаула идут на топливо, стада овец поедают траву, верблюды уничтожают колючки и полынь, и пески обнажаются. «Подъезжая к аулам,—говорит Обручев,—я повсюду замечал значительную оголенность окрестных песчаных гряд, обилие барханов на их склонах и гребнях, отсутствие сплошных лужаек и кустов. Кроме того, огромный вред приносят норы сусликов: они видны на каждом холме, а некоторые котловины так изрыты ими, что похожи на решето. Выбрасывая разрыхленный песок и засыпая им траву, суслики возобновляют запасы летучего материала. Кроме того, подкопанные бугры сами приходят в движение, склоны их начинают осыпаться, и обнаженный песок разносится ветром; скоро весь бугор превращается в подвижный бархан и переходит в другое место».

Иное наблюдается в обширных пустынях восточного Туркестана. Там закрепление песков невозможно вследствие климатических условий, слишком неблагоприятных для развития растительности; одинокие барханы здесь постепенно увеличиваются, соединяются друг с другом и образуют длинные цепи песчаных холмов, совершенно сходные с теми, которые мы наблюдаем в Сахаре. Таким образом возникают *грядовые пески*, которые тянутся в виде правильных валов, отделенных друг от друга ложбинами. Такие же цепи местами встречаются и в Закаспийской низменности. Обручев приписывал им морское происхождение и считал их дюнами в собственном смысле слова. Но, как справедливо замечает г. Соколов, между барханами и дюнами нет и не может существовать коренного различия, а потому причину появления песчаных гряд и здесь следует искать в условиях, препятствующих развитию растительности.

Подобно одинокими барханам, грядовые пески также обладают поступательным движением. Все путешественники и исследователи, посещавшие правый берег Аму-Дарьи, свидетельствуют о приближении песков в культурной полосе, окаймляющей реку. То же замечается и в северной части Бухарского ханства; культурные поля его с каждым годом все более и более заносятся песком, надвигающимся с севера и северо-востока. Г. Каракуль, знаменитый своими мерлушками и еще лет 80 тому назад чрезвычайно богатый, ныне представляет жалкую полузасыпанную деревню; среди барханов до 50 фут. высотой видны остатки старых построек, засохших деревьев и т. п. Подобно Каракулю засыпан город Варданзи, и в округе Ромитан опустошение так велико, что с 1868 года отсюда выселилось около 16 000 жителей, бросивших свои поля и дома. Сухость воздуха, сильная жара, господство северо-восточных ветров, недостаток воды и обилие разрыхленных третичных песчаников являются причинами угрожающего развития песков и движение их к Бухаре. По наблюдениям Гельмана, оно совершается со скоростью 2 м в год или 2 км в 1000 лет. Такое же наступление грядовых песков замечается и в Ахал-текинском оазисе, доказательством чего служат многочисленные колодцы, развалины крепостей и древние курганы, окруженные теперь песками, но построенные некогда на культурной полосе. Движение песков имеет везде одно и тоже направление, так как оно вызывается действием господствующих северных и северо-восточных ветров.

В тех частях центрально-азиатских степей, где дуют различные ветры, подвижность песков становится слишком незначительной или даже совсем исчезает. Так, например, в южной части Кашгара замечается только слабое движение гребней то в ту, то в другую сторону, главная же масса гряд остается на месте (*Богданович*).

Что касается происхождения Туркестанских песков, то решить этот вопрос в каждом данном случае представляется делом далеко нелегким. Нет ни малейшего сомнения,

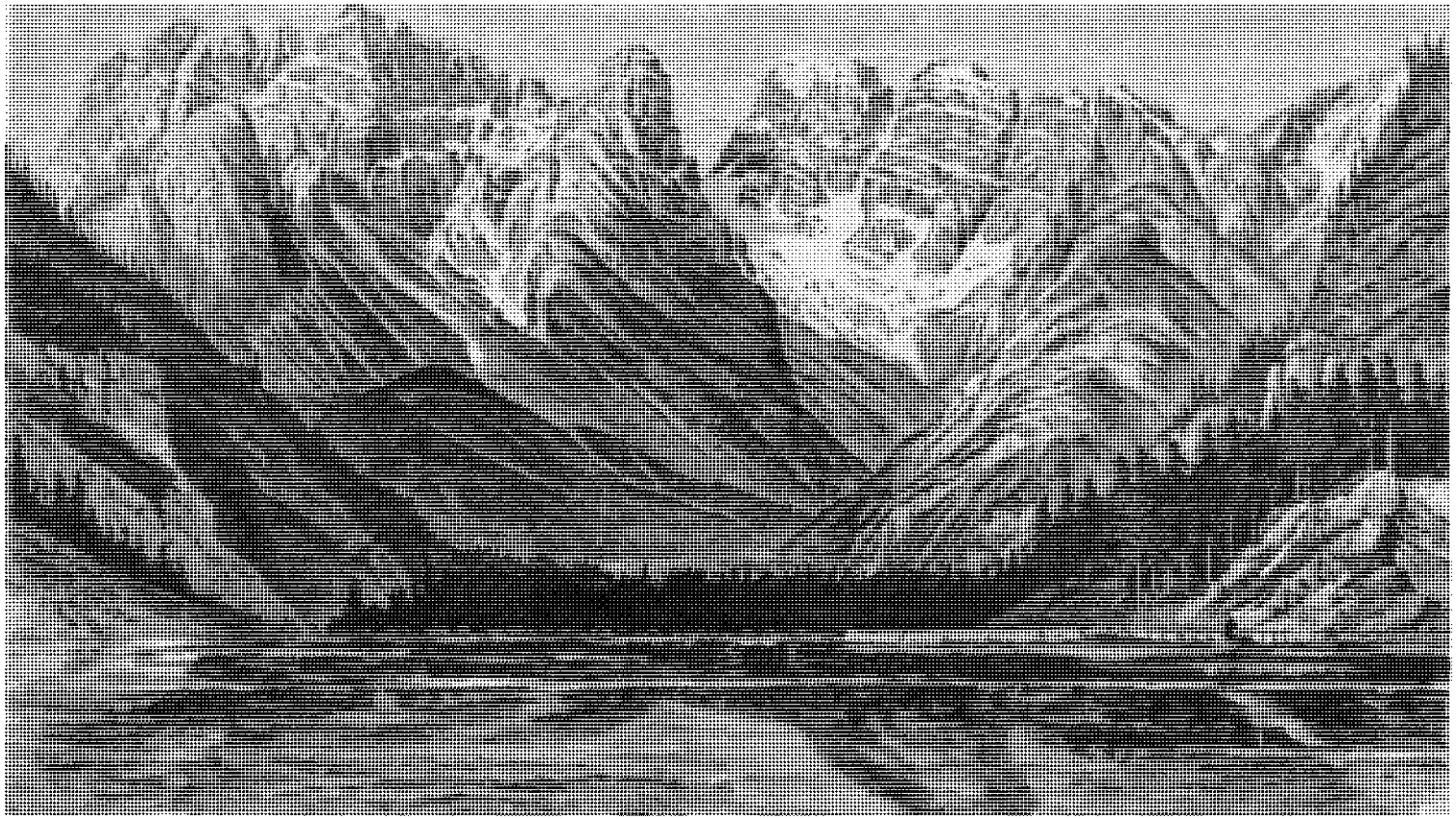
что многие дюны образовались из песков Аральского моря; другие ведут свое происхождение от наносов рек, и наконец, третьи слагаются из материала, который получается на месте, вследствие разрушения горных пород, особенно третичных песчаников. Иногда цвет дюны позволяет определить происхождение песка: так, по свидетельству Мушкетова, барханы, образовавшиеся из эолических песков, отличаются красноватой окраской, дюны морского происхождения обладают белым цветом и речные — серо-стальным. Во многих случаях ветер, без сомнения, пользуется различными источниками и смешивает вместе разнородный материал. Весьма вероятно также, что нанос песка производится не только постоянными реками, но также и теми потоками, которые временно являются во время сильных дождей.

В строении и составе барханов замечаются некоторые особенности, которые отличают их от прибрежных дюн. Как видно из сказанного, песок их обладает разнообразным составом, что даже влечет за собой появление своеобразной окраски. Слоистость барханов мало изучена, но, по-видимому, она такая же, как и в морских дюнах, с тем отличием, что слои перегноя или совсем не попадаются, или же встречаются редко и в не значительном развитии. Вместо них существуют тонкие прослойки лессовидной глины; они образуются на счет той атмосферной пыли, которая в огромном количестве находится в воздухе пустынь.— *Примеч. перев.*

## Общее действие разрушительных сил

Количество веществ, растворяемых и уносимых водой, громадно. Масса солей, доставляемых ежегодно реками и ручьями в моря и озера, не поддается непосредственному определению, но мы можем составить некоторое представление о размерах процесса, наблюдая результаты, к которым оно приводит в течение долгих периодов. Все соли, растворенные в морской воде,— в общем около 900 миллиардов центнеров,— а также соли, содержащиеся во внутренних озерах, принесены ручьями и реками; отсюда же ведут свое происхождение все залежи каменной соли и гипса и даже большинство известняков и доломитов: текущие воды выщелачивали эти вещества из твердого остова земли и уносили их в море, где они отлагались непосредственно или при участии известных животных и растений. Но все эти громаднейшие процессы химического разрушения слишком скромны в сравнении с тем, что вода разрушает, уносит и отлагает чисто механическим путем. Поскольку в составе земной коры преобладают кристаллические и глинистые сланцы, кварциты, песчаники, глины и все обломочные породы над известняками, доломитами, каменной солью, гипсом и родственными им образованиями, постольку же механическое разрушение превосходит химическое. Но это еще не дает представления об общем действии всех сил, сглаживающих неровности земной коры (денудационных сил). Высказывалось мнение, что мерой общего разрушения может служить масса слоистых пород, образовавшихся за все время существования земли. Но не трудно убедиться, что такой прием измерения совершенно неправилен. Современные реки извлекают свой ил, песок, валунные образования и химически растворенные вещества также из осадочных пород; следовательно, они несут материалы, подвергающиеся разрушению далеко не первый раз. Отсюда ясно, что вся масса слоистых пород не определяет даже и половины того разрушения, которое происходило в течение всей прошлой истории земли.

Делались попытки определить *размеры разрушений* в данный промежуток времени и по полученным данным определить абсолютно то время, которое было необходимо для образования всех осадочных пород. Но в настоящую минуту таким вычислениям нельзя придавать большого значения. Так, например, измеряли



МОНТЕ-КРИСТАЛЛО В ТИРОЛЕ БЛИЗ ШЛУДЕРБАХА
(*с фотографии*)

количество воды, впадаемое в море некоторыми реками, и общую массу твердых частей, переносимых ими. По этим двум данным можно вычислить, сколько твердого материала извлекает река ежегодно в питающей ее области; и наконец зная размеры последней, можно определить, на сколько она понижается в течение года. К сожалению, цифры, полученные этим нутем, обладают далеко не идеальной точностью. Наблюдения, лежащие в основе подобных вычислений, ограничиваются незначительными промежутками времени, между тем как количество твердых частей, переносимых рекой, меняется не только в течение более или мепее значительных промежутков времени, но даже в течение одиого года, перенося

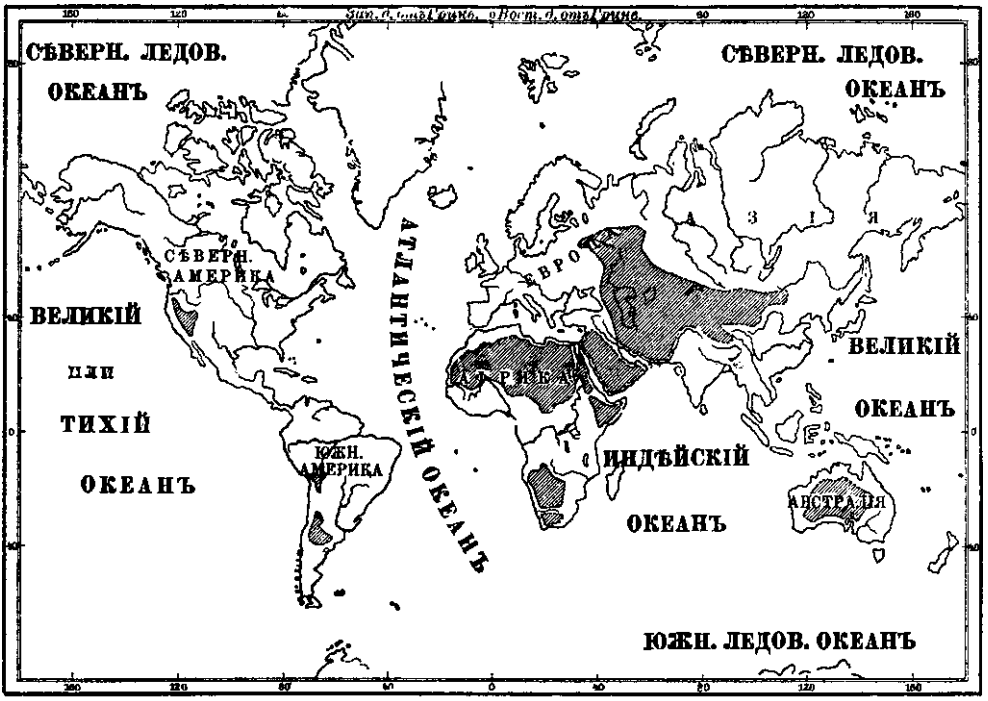



Рис. 350. **Области, лишенные стоков к морю**

результаты кратковременных наблюдений на весь год и даже на целые ряды годов, нельзя избежать крупиой ошибки. Колебания в количестве переносимого рекой материала весьма значительны; так, напр., по свидетельству Пенка в сырые 1870-й и 1871 год Дунай перенес в 9—13 раз больше ила, чем в сухие 1863-й и 1865 г. Таким образом, непосредственные нзмерения должны бы были вестись непрерывно в течение многих лет; но ни одно из имеющихся нсследованнй не удовлетворяет этому требованию. Кроме того, не исключены и другие ошибки: река перепосит продукты ее разрушительной деятельпости тремя способамн,—передвигать их по дну, увлекает в механически взвешенном состоянии и накопец растворяет их; при всех до сих пор произведенных вычислениях принимались в расчет только два последних способа переноса, или даже один из них. Некоторые исследователи находили количество механически взвешенных и растворенных веществ, но пе определяли общей массы воды, изливаемой рекой в море; о коли-

честве последней приходится заключать по массе атмосферных осадков, ежегодно выпадающих в данной местности, а это влечет за собой целый ряд ошибок. Недостаток данных о передвижении твердых частей по дну ложа имеет мало значения при исследовании больших рек, так как эта форма переноса у них отсутствует; наоборот, маленькие реки передвигают по дну значительные массы обломков; но определить их количество удалось бы только в некоторых исключительных случаях; в виде примера можно указать реки Кандер и Рейссу; прирост их дельт в Тунском и Фирвальдштетском озере иетрудно измерить.

Несмотря на вышесказанное, не лишены интереса и те данные, которые теперь имеются в наших руках. Так, напр., М. Реаде вычислил, что с поверхности Англии ежегодно уносится в раствор солей в 0,018 мм толщиной; на поверхности же всей земли по свидетельству этого исследователя разрушается ежегодно 0,012 мм. Наиболее точные цифры, проверенные Пенком, приведены в нижеследующей таблице; хотя они и не свободны от ошибок, но дают известное представление о размерах разрушительной деятельности рек.

**Размеры ежегодного разрушения в областях разных рек ***

| | |
|---|---|
| А. Вычисления произведены по количеству растворенных и механически взвешенных частей: | |
| Эльба, выше Течена | 0,012 мм |
| Сена, выше Парижа | 0,024 » |
| Маас, выше Люттиха | 0,050 мм |
| Дунай, выше Вены | 0,056 » |
| Рона, выше Женевского озера | 0,440 » |
| Арва, выше Женевы | 0,210 » |
| Нил | 0,013 » |
| В. Вычисления произведены по количеству механически взвешенных частей: | |
| Аму-Дарья | 0,120 мм |
| Инд | 0,270 » |
| Ганг | 0,300 » |
| Иравади | 0,310 » |
| Янгтзе-Кианг | 0,070 » |
| Миссисипи | 0,045 » |
| С. Вычисления произведены по приросту дельты: | |
| Рейсса, выше Фирвальдштетского озера | 0,180 » |
| Кандер, выше Тунского озера | 0,280 » |

Из сопоставления этих цифр вытекает целый ряд любопытных следствий; влияние наклона ложа и высоты размываемой области обнаруживается в значительной величине цифр, относящихся к альпийским рекам Роне и Арве, в средней величине размывающей деятельности Дуная, который образует сток для Альп и смежных с ним стран, и, наконец, в слабой деятельности Эльбы и Сены, протекающих по равнине. Количество твердых частей, переносимых р. Кандером и Рейссой, определено по приросту их дельт; если же сюда присоединить массы, переносимые в механически взвешенном состоянии и в растворе, то по расчетам Брюкнера вышеприведенная цифра возрастет до 0,5 мм; таким образом Кандер и Рейсса, берущие начало в высоких горах, достигают предельной гра-

* Приведем здесь некоторые цифры, касающиеся наших рек: Аму-Дарья в течение года приносит 44,354,000,000 куб. метр. твердых частей (Дорандт), что могло бы образовать призму в 1 кв. килом. в основании и высотой в 45 метр. В р. Кубани один только рукав Переволока проносит в год 200,000 куб. саж. осадка, а р. Рион — 1,000,000 куб.саж. Терек в течение только июля проносит 2,500,000 куб. саж., а Обь, Енисей и Лена уносят за 800 лет количество осадков, равное 7,4 куб. мили.— *Примеч. пер.*

ницы размывания. Они понижают свои берега на 5 сант. в течение столетия и на 1 метр в течение 2000 лет.

Делались также попытки измерить размывающее действие моря и определить величину разрушения всей земной поверхности. По вычислениям Лаппарана (Lapparent) общее количество ежегодно разрушаемых масс достигает 16 куб. километров, что соответствует понижению поверхности суши на 0,11 мм. Для того, чтобы сравнить все материки, достигающие в среднем 700 метр. в высоту, понадобится только 4,5 миллиона лет, т.е. промежуток времени, с геологической точки зрения, весьма незначительный. Если цифры, определяющие разрушительную деятельность отдельных рек, должны быть принимаемы с большой осторожностью, то тем более следует это сказать о вычислениях, распространяющихся на поверхность всей земли. Разные реки проявляют далеко не одинаковую деятельность, и наши познания слишком еще недостаточны, чтобы мы могли правильно определить быстроту разрушения земной поверхности со всем разнообразием ее рельефа. Кроме того, действие морских волн определялось довольно поверхностно, так как мы не имеем почти никакого критерия для его оценки. Наконец, нельзя упускать из вида, что на значительной части земной поверхности вовсе не существует рек, уносящих в море продукты разрушения. Сюда относится обширная область замкнутых озер в Восточной Европе, почти Северная Африка* и Аравия, значительная часть Северной Америки между Сиеррой Невадой и Скалистыми горами и большая часть Австралии (см. рис. 350). В этих областях над разрушением горных масс работает только ветер, а величина его действия совсем неизвестна. Но если бы даже в наших руках имелись точные цифры, определяющие скорость разрушения, и если бы действием вулканических сил и тектонических процессов не происходило бы образования новых возвышенностей, то и в этом случае все наши вычисления были бы слишком гадательными: вследствие понижения материков должен уменьшаться наклон рек, а это в свою очередь должно постепенно замедлять разрушения твердых масс.

Наконец, делались попытки определить по общей массе осадочных пород продолжительность их образования; но эти вычисления еще более лишены твердой почвы. Мы не знаем ни количества материала, ежегодно приносимого в море, ни средней мощности осадочных пород на материках. Что же касается толщины слоистых пород на дне океана, то даже для приблизительного определения ее не имеется никаких данных. Одни ученые полагают, что осадочные образования на дне океана обладают в общем той же мощностью, что и на суше, другие же думают, что географическое положение океанических впадин не изменялось с самого начала их образования, а потому на их дне должны были скопиться огромнейшие массы осадков. Наконец, мы не знаем, каких размеров достигает повторное разрушение слоистых пород. Всякая попытка найти при помощи четырех неизвестных новое неизвестное должна быть признана бесполезной, а цифры, которые получаются таким путем, безусловно ложными. Мы знаем только, что как процессы разрушения, так и процессы отложения действуют на земле с давних времен и достигают весьма значительных размеров.

* Ил реки Нила происходит не из Северной, а из Центральной Африки.

# III. Образование горных пород

(ПЕТРОГРАФИЯ)

## 7. Слоистые горные породы

Образование разных видов слоистых пород.— Кластические (обломочные) горные породы.— Образование каменной соли, гипса и ангидрита.— Выделение углекислой извести.— Образование известняков при посредстве растений, моллюсков, иглокожих и кораллов.— Образование коралловых рифов и аттолов.— Образование известняков при посредстве корненожек.— Белый глубоководный ил.— Красная глубоководная глина.— Радиоляриевый ил.— Доломит.

### Образование разных видов слоистых горных пород

Часто указывают, что отзывчивость к красотам природы и способность наслаждаться ими составляет одну из особенностей нового времени. У древнеклассических писателей мы не находим тех восторженных описаний природы, которыми изобилует современная литература. Причины этого явления должны быть очень разнообразны: весьма вероятно, что выступление германских рас на арену истории и их влияние на духовное развитие человечества имело значение и в этом вопросе; с эпохи возрождения наук природа делается предметом обстоятельных исследований, а это в свою очередь должно было повысить чувствительность культурных наций к ее красотам. Огромное развитие естествознания в последние два века все более и более направляет внимание общества в эту сторону, и вместе с тем возрастает понимание явлений природы.

Картины природы так же, как произведения изящных искусств, доставляют несравненно большее наслаждение знатокам, чем дилетантам: красоты их во всей полноте раскрываются только ученым. Геолог, определяющий строение земной коры по внешним формам поверхности и тщательно исследующий каждую мельчайшую подробность рельефа, обладает в этом отношении огромными преимуществами. Непосредственное чувство величия и красоты соединяется с глубоким нравственным удовлетворением, которое доставляется пониманием предмета, вызывающего восторг, умением доказать, из каких материалов сложены долины и горы и какие силы создали чудную гармонию развертывающих перед ним картин.

Привычка наблюдать и исследовать явления природы изощряет чувства, и геолог видит тысячи таких подробностей, которые ускользают от неопытного глаза; с поразительной легкостью замечает он следы напластования даже в тех случаях, когда они выражены чрезвычайно слабо.

Кому приходилось делать наблюдения над залеганием горных пород, тот не мог не заметить, что известняки, песчаники, сланцы и т. п. прорезываются на всем их протяжении параллельными трещинами, которые разбивают их на отдельные пласты. Во многих случаях эта слоистость выражена весьма явственно (см. рис. 351), но очень часто неопытный глаз не видит ее, особенно если порода покрыта обильной растительностью; иногда слоистость может быть подмечена благодаря полосам растительности или на высоких горах полосам снега (см. рис. на особом листе «Монте Кристалло у Шлюдербаха в Тироле»).

Рис. 351. **Каньон Лодора в горах Уинта в Сев. Америке** (по Кларенсу Кингу)

Слоистость является характерной особенностью пород, выделившихся из воды; она отмечает нам последовательные фазы образования осадков. Представим себе для примера озеро, в которое вливается река или ручей, несущая в своих водах обломки размытых ею пород; в озере, где движение воды прекращается, твердые частицы не могут более удерживаться в механически взвешенном состоянии и отлагаются на дне. В сухие летние дни река несет только тончайший ил; при наступлении дождей усиливающийся поток увлекает и песок; на тонком глинистом слое, образовавшемся во время лета, образуется песчано-глинистый

нанос; если при новом наступлении теплых дней переносная деятельность реки понизится, то появится новый глинистый слой. Весной во время таяния снегов вода принесет не только огромные массы песка, но и мелкие гальки; таким образом слагается система пластов, состоящая из различного материала. Подобные же явления происходят всюду, где вода не обладает движением, препятствующим падению твердых частиц.

Как можно видеть из сказанного, необходимым условием слоистости является перемена материала, выделяющего из воды; однако, это не единственный способ образования пластов. Даже если свойства осадков не изменяются, могут образоваться слои вследствие перерыва или замедления в доставке материала. Мощность отдельных слоев различна: можно найти всевозможные переходы от тончайших листков до огромных пластов в несколько метров мощностью; иногда даже вся толщина породы образует только один пласт. В этих случаях ни на поверхности скал, ни в каменоломнях, где обнажается порода, не видно никакой слоистости; такие породы называют обыкновенно неслоистыми, но, строго говоря, это обозначение совсем неправильно. Отдельные слои сохраняют неизменную их толщину на более или менее значительных расстояниях, но иногда в тех или иных местах мало-помалу теряются, или, как говорят «выклиниваются» (см. рис. стр. 91 и 92). Так как дно моря и больших озер представляет горизонтальную плоскость или обладает слабым, незаметным для глаза наклоном, то первоначально все пласты должны были располагаться горизонтально и только в некоторых случаях могли быть наклонены на более или менее значительный угол. Последнее могло произойти в тех случаях, когда, напр., ручей изливал свои воды в озеро с крутыми берегами или нес песок и гальки из высокой боковой долины и отлагал их на дне широкой главной долины; кроме того наклонные пласты могли образоваться и в тех случаях, когда в силу местных условий осадки отлагались на наклонной поверхности (см. рис. 352); однако такие явления были в прежние эпохи большой редкостью. Гораздо чаще приходится наблюдать нарушения в напластовании пород, которые первоначально образовывали горизонтальные слои и приобрели наклонное положение, благодаря действию горообразующих сил. Кроме того происходит и другие изменения вследствие бокового давления хрупкие породы прорезываются трещинами, которые разбивают всю их толщину на отдельные слои, а гибкие образования приобретают ложную сланцеватость, которая пересекает истинную под более или менее острым углом (см. стр. 380). Иногда перегруппировка частиц бывает настолько полной, что вторичная или ложная сланцеватость выражается несравненно отчетливее, чем первоначальная. В тех случаях, где залегают друг на друге пласты различных или, по крайней мере, различно окрашенных пород, вторичную сланцеватость легко отличить от первоначальной; но если этого нет, то требуется много внимания и труда, чтобы определить истинный характер сланцеватости.

Слоистые породы (geschichtete Gesteine, Flözgesteine, Sedimentärgesteine) покрывают большую часть земной коры и носят чрезвычайно разнообразный характер. Взвешенные в воде твердые частицы — глинистый ил, песок, гальки, вулканический пепел и др. отлагаются на дне морей, и озер чисто механическим путем и носят название *механических* осадков; наоборот, углекислый кальций, гипс, поваренная соль и другие растворенные в воде вещества выкристаллизовываются, т. е.

выделяются из нее химическим путем; эти отложения называются *химическими* осадками, или *зернисто-кристаллическими* (простыми) породами. Наряду с такими *минерогенными* породами существуют породы *органогенные* (органолиты), образующие на счет материала, в изобилии доставляемого животными и растениями. Мельчайшие растения торфяников, пышная флора тропических лесов, плювучие леса и водоросли превращаются в минеральные угли; известковые скорлупки беечисленных животпых скопляются в огромном числе; точно также и кремневые скелеты низших животных покрывают в известных местах дно океана.

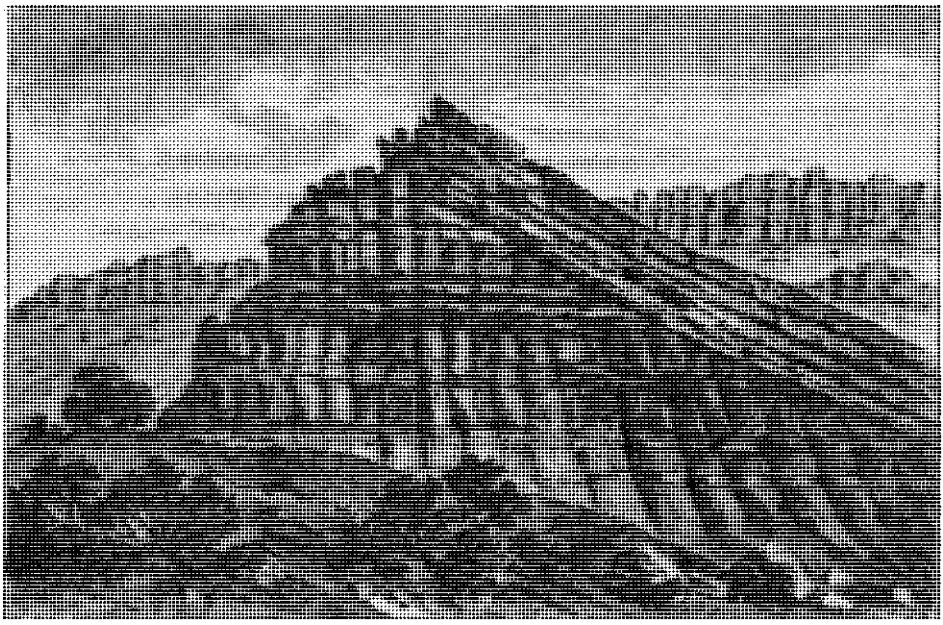


Рис. 352. **Наклоненные пласты вулканического туфа в долине Иеллоустона в Сев. Америке** (по Гайдену)

Между этими группами горных пород в природе не существует резких границ: едва ли можно назвать такую органогенную породу, которая была бы свободна от механических подмесей; с другой стороны, всякий механически осевший материал содержит в себе большее или меньшее количество органических веществ; точно также породы, выделившиеся из химических растворов, почти всегда содержат различные подмеси. Переходы, наблюдаемые в природе, до того постепенны, что нередко одна и та же порода может быть с полным правом отнесена как к одной, так и к другой группе.

Образованне горных пород происходнт главным образом в *океане*. Внутри материков—па дне рек и озер также отлагаются осадки, по сравнительно с морскими образованиями они занимают значительно меньшие пространства, а потому и разрушаются быстрее. Если оставить в стороне немногочисленные исключепия, то можно сказать, что все более или менее сохранившиеся материковые осадки относятся по времени своего образования к самым недавним эпохам.

## Кластические породы

Валунные отложения, конгломераты и брекчии, песок и песчаники, наконец, глина со всеми ее разновидностями — главнейшие из тех минерогенных пород, которые образовались из твердых частей, принесенных ветром и текучей водой; это так называемые *кластические*, или *обломочные*, горные породы (κλαίω [klajo] — ломаю); они образовались из продуктов разрушения вулканических, зернисто-кристаллических и органогенных пород и сравнительно с последними обнаруживают поразительную однородность состава: кварцевый песок и глина являются главным их материалом. Причина такого явления кроется в процессах выветривания и в переносе продуктов разрушения. Легко разрушающиеся минералы растворяются водой, а те части горных масс, которые трудно поддаются разрушенню, сохраняются на месте и подлежат механической переработке. Все, что не успело раствориться при первом действии воды, растворяется впоследствии, и конечным продуктом разрушения являются почти нерастворимые вещества,— глина и песок; последние и образуют главный матернал кластических пород.

При переносе продуктов разрушения также происходит их сортировка. Река, нротекающая средн гор, двигает крупные валуны; переходя в равнину и теряя часть своей скоростн, она может перемещать только мелкие гальки; чем ближе к устью, тем более падает перепосная деятельность реки; далее вода несет несок и, наконец, тончайший нл. Таким образом, реки доставляют в море главным образом глинистые осадки; только те небольшие нотоки, которые, выходя из горнстой местности, изливаются непосредственно в море, несут туда мелкне гальки. Те же вещества получает море, благодаря действию его волн: прибой разрушает породу, и обломки ее составляют материал для образования осадков. Морская вода также проявляет сортирующую деятельность. Валуны и гальки не могут быть унесены далеко и отлагаются вблизи места их образования; если они будут связаны каким-либо цементирующим веществом, то получится порода, называемая *конгломератом*. Подобные образования носят название *брекчий*, если оии состоят из угловатых обломков, слившихся в общую массу.

Песок также отлагается вблизи берега в виде значительных пластов. То же нроисходило и в минувшие периоды жизни земли, и пласты образовавшегося тогда песка во многих местах сохранилнсь в рыхлом состоянии; но в большинстве случаев они превратились в *песчаники*; последние, смотря по характеру цементирующего их вещества, носят названне глинистых песчаников, известковых песчаников, кварцитов и др.

Гораздо дальше уноснтся глиннстый ил; оп образует материал для образования *пластических глин*; последние принадлежат преимущественно к числу новейших образовапий, древнейшие же глины во многих случаях превратились в слоистые глины и глинистые сланцы: причиной этого изменения является боковое давление, под влиянием которого порода приобретает сланцеватость, и в ее массе образуются мнкроскопнчески мелкие крнсталлики. Но и тончайший ил не достигает отдаленных частей моря; глины образуют около материков и островов относнтельно узкий пояс — не более 40 геогр. миль в ширину. Причина этого кроется в том, что морская вода, чрезвычайно богатая растворенными солями, быстро осаж-

дает механически взвешенные части. Стакан с илистой речной водой стоит в течение целых месяцев, и вода в нем не очищается и не светлеет; наоборот, в соляном растворе ил осаждается в несколько минут; даже сильные морские течения не уносят ил далеко в море. Кластические породы образуются почти исключительно в мелководных прибрежных областях моря; такой же характер обнаруживают аналогичные образования древнейших эпох.

Пласты некоторых песчаников обнаруживают диагональную слоистость, т. е. распадаются по направлеиию обеих диагоналей на тонкие пластинки; это явление станет понятным, если мы допустим, что такие песчаники образовались из прибрежных дюн, которые обладают ясно выраженной диагональной слоистостью; если движущаяся дюна оставляет на прежнем месте часть своего основания, то образуется слой песка с диагональным наслоением. Нередко и на поверхности таких песчаников можно найти указания на прибрежное происхождение; здесь нередко наблюдаются длинные гребни, отделяющиеся друг от друга углублениями; это следы морских волн, оставленные на песчаной почве. Отпечатки дождевых капель встречаются тоже довольно часто. Такие же явления можно наблюдать в тех случаях, когда слои песчаников залегают на глине. Подобно илу дождевой лужи, глина при засыхании покрывается трещинами; песок, отлагающийся на поверхности, заполняет эти трещины, вследствие чего на нижней поверхности его образуются валики. Таким же образом сохранились отпечатки ног животных, проходивших по глинистой почве; у некоторых песчаников поверхности наслоения покрыты многочисленными валиками, кольцами, бородавками, зигзагообразными и звездчатыми выступами и т. п.; происхождение последних выяснено только в редких случаях, но нет ни малейшего сомнения, что эти образования представляют следы организмов, которые обитали в прибрежной полосе суши или в мелководных частях моря. Некоторые из этих отпечатков, вообще известных под названием «иероглифов», получили собственное название: так, напр., образования, представленные выше (рис. 353) и сходные по своей форме с пчелиными сотами, носят наименование Palaeodictyon; следы морских волн и др. отпечатки встречаются на всех

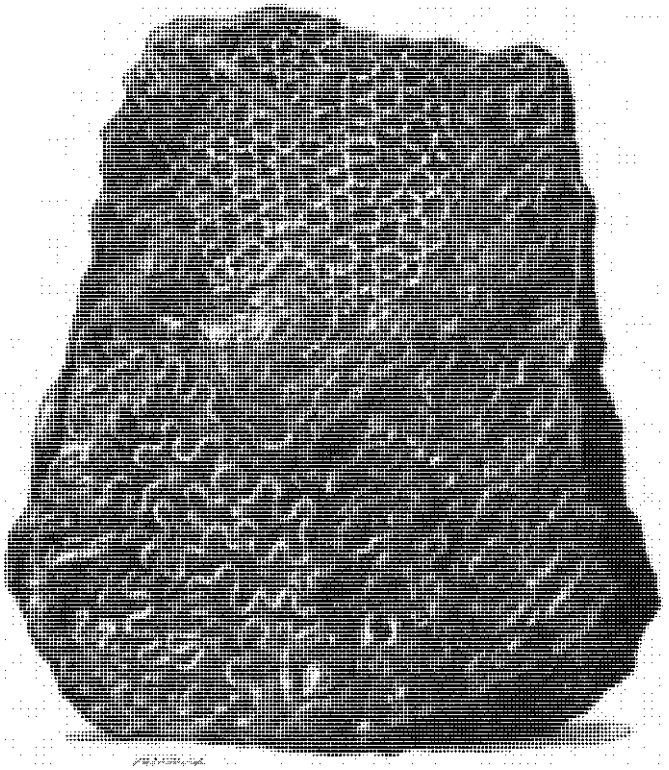


Рис. 353. **Иероглифный песчаник эоценового возраста с Тротберга в Нижней Австрии** (с фотографии Фукса)

песчаниках и глинах, начиная с древнейших пластов, которые содержат окаменелости; но особенно многочисленны эти образования в так называемом флише (стр. 359); последний чрезвычайно богат ветвистыми формами, которые представляют сходство с водорослями. Их обозначали особым названием и долго считали остатками подводных растений; наконец, было замечено, что эти мнимые водоросли располагаются корнями вверх, а ветками вниз и состоят из того же материала, из которого сложена прорезываемая ими порода; всего вероятнее, что это ветвистые ходы червей, заполненные песком.

Песчаники и глины обнаруживают большое однообразие в свойствах примесей, в своих окаменелостях, цвете и т. д., но мы не будем рассматривать все эти особенности и остановимся здесь только на вопросе о происхождении известняков. Мы видели, что большинство рек несет известковый ил лишь в своих верхних частях; в низовьях и в море известь до конца растворяется и не может образовать механических осадков. Впрочем, при некоторых исключительных условиях известковый ил может сохраняться в твердом состоянии. Так, напр., река, богатая растворенной и механически взвешенной известью, может изливать свои воды в небольшую бухту, которая имеет слабое соединение с морем; известковый ил скопится здесь в больших количествах и, осаждаясь на дно, дает начало известнякам. Так, например, имеется немало оснований думать, что знаменитые литографские камни Солнгофена произошли таким именно путем.

Гораздо чаще такой процесс может происходить в озерах; ограниченные массы их воды не могут растворить всей извести, приносимой реками, и последняя отлагается на дне в виде мелового ила. Среди древних образований мы находим мелкозернистые, легко растирающиеся в порошок известняки и остатки пресноводных моллюсков; вероятно, эти породы образовались только что выясненным способом.

## Образование каменной соли, гипса и ангидрита

Механическое осаждение происходит в море в широких размерах; наоборот, выделение минеральных частей химическим путем (выкристаллизовывание) здесь чрезвычайно ограничено; при исследовании глубоководных частей океана, произведенном в последнее время, не было нигде найдено кристаллических осадков. Для выяснения этого явления мы должны познакомиться с химическим составом морской воды, т. е. определить, какие вещества в ней растворены.

Как известно, морская вода весьма богата *солями*; в 1 килограмме ее содержится больше 34 граммов твердых веществ (в среднем 34,77 грамма); количество отдельных солей следующее:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Повареной соли (хлористого натрия) . . | 27,18 | Хлористого калия . . . . . | 0,61 |
| Хлористого магния . . . . . | 3,35 | Бромистого магния . . . . . | 0,05 |
| Сернокислого магния . . . . . | 2,27 | Двууглекислой извести . . . . . | 0,04 |
| Сернокислого кальция (гипса) . . . . . | 1,27 | Итого . . . . | 34,77 |

Кроме того, в воде морей найдены следы некоторых других веществ.

При известных условиях возможны незначительные уклонения от этого среднего состава; у устьев рек легкая пресная вода трудно смешивается с соленой

морской водой и на огромном протяжении плывет по поверхности моря; вследствие этого содержание солей в верхнем слое воды понижается. Подобное явление происходит у полюсов, где огромные массы воды, образующейся от таяния льдов, расжижают верхний слой морской воды. Наоборот, в теплых странах вода усиленно испаряется на поверхности и потому обогащается солями. Но в общем все эти уклонения незначительны, и морская вода на всем протяжении океана обладает приблизительно одинаковым составом: причина этого явления кроется в непрерывной диффузии, которая сглаживает местные различия.

Значительные уклонения должны наблюдаться во внутренних морях, которые соединяются с океаном, посредством узких проливов: таковы, напр., Балтийское море, Черное море, Красное море и др. Последнее вовсе не получает пресной речной воды, испарение же с поверхности, благодаря теплому климату, достигает значительных размеров; в этих морях содержится значительно более солей, чем в какой либо другой части океана, именно более 40 грамм в 1 килограмме воды (два определения дали 43,15 гр и 41,81 гр). В Средиземном море испарение происходит настолько сильно, что потеря воды не может быть восполнена даже такими значительными реками, как Нил, По, Рона, Эбро и многие другие; поэтому и здесь содержание солей выше, чем в океане. Противоположное явление наблюдается в Балтийском и Черном морях, которые получают столько пресной воды, что содержание солей в них сильно падает.

Если бы испарилась вся морская вода, то из нее выделились бы огромные массы солей; они образовали бы на протяжении всего дна океана пласт до 100 метров мощностью. Но даже при таком значительном содержании солей, какое наблюдается в Красном море, невозможно непосредственное выделение их; наоборот морская вода способна растворять еще гораздо большее количество твердых веществ. Образование химических осадков в океане невозможно, но вблизи берегов в небольших закрытых заливах часто имеются налицо условия, благоприятствующие этому процессу. Уцильо (Uziglio) произвел чрезвычайно важные опыты, которые показывают, как происходит выделение осадков при испарении морской воды: он постепенно испарял в своей лаборатории воду Средиземного моря и определял порядок выкристаллизовывания солей. Прежде всего, выделялись незначительные количества окиси железа, затем углекислый кальций и углекислый магний; когда количество жидкости сократилось до $^4/_5$ первоначального объема, выделялся гипс и остатки углекислого кальция, затем еще незначительные количества гипса, главная масса поваренной соли с небольшой примесью хлористого магния, бромистый натрий и сернокислый магний. На этом опыт был прерван: остался маточный раствор, который заключал лишь $^1/_{62}$ первоначального объема воды: в нем содержались $^1/_5$ всего количества солей; углекислый кальций и гипс выделились почти вполне, поваренная соль осталась в количестве $^1/_3$; наконец, остальные легко растворимые вещества (хлористый магний, хлористый калий, бромистый натрий, сернокислый магний) выделились только в незначительной степени.

Опыт этот дает несколько исключительные результаты, так как материалом для него служила вода Средиземного моря, очень богатая известью; поэтому прежде всего и выделялся углекислый кальций; наоборот опыты Бишофа с обыкновенной морской водой показали, что сначала выделяется гипс и уже значительно позднее углекислый кальций. Пренебрегая этим уклонением, мы можем ожидать,

что и в природе произойдут явления, которые наблюдал Уцильо в своей лаборатории, если вследствие тех или иных причин бухта будет отрезана от моря и не получая притока пресных вод, станет постепенно усыхать: соли выделятся в вышеуказанном порядке и при известных благоприятных условиях могут сохраниться до следующих геологических периодов.

Однако этим путем выделяется немного соли и происхождение огромных залежей этого вещества остается необъясненным. Стоит только припомнить те поразительные результаты, к которым привели исследование соляных богатств северной Германии. Шперенбергская буровая скважина, близ Берлина, прорезала пласт соли в 1182 метра мощностью и не достигла подстилающей его породы; очевидно, что такие громадные массы этого вещества не могли выделиться при испарении воды на незначительной части моря. В своих исследованиях Каспийского моря К. Бер отметил любопытные явления, которые показывают нам, как могут накопляться в природе мощные залежи соли. У восточного берега Каспийского моря находится обширная бухта Кара-Бугаз: она достигает 3000 морских миль в ширину и отделяется от моря длинной «пересыпью», которая прорезывается узким и мелководным проливом. В Кара-Бугаз не впадает ни одной реки и кругом лежит безводная степь. Сухие ветры, пролетающие над поверхностью земли, вызывают быстрое испарение воды, и если бы убыль ее не пополнялась притоком из Каспийского моря, то Кара-Бугаз давно бы высох. Прибывающая вода испаряется в заливе и оставляет здесь свою соль; вследствие этого в Кара-Бугазе содержится 29,5 процентов солей (295 грамм в 1 килограмме), и на дне его происходит непрерывное выделение каменной соли и гипса. Точно в огромной варнице испаряется в Кара-Бугазе вода Каспийского моря, и в конце концов залив будет заполнен осадками; этому не может воспрепятствовать явление, прежде почти не принимавшееся в расчет,—именно обильный отлив его воды в Каспийское море, происходящий низом. Таким путем могут образоваться мощные и обширные залежи соли; если бы на южном конце Красного моря в проливе Баб-эль-Мандеб образовалась высокая мель, то скоро бы вся котловина заполнилась обильными отложениями соли.

Таким образом, при известных условиях может происходить выделение из морской воды химических осадков. Известняки образуются этим путем в весьма ограниченной степени; наоборот сернокислый кальций выделяется в обильных количествах, иногда в соединении с водой (*гипс*), иногда без нее (*ангидрит*). Чистый гипс представляет кристаллическую массу в большинстве случаев белого цвета и обладает зернистым или волокнистым строением; очень часто он содержит посторонние примеси. Он настолько мягок, что легко царапается ногтем; этим гипс отличается от более твердого и более тяжелого ангидрита. Нет ни малейшего сомнения, что обе породы выделились главным образом из морской воды, но в настоящую минуту чрезвычайно трудно выяснить, при каких условиях образуется гипс и при каких—ангидрит. Можно с большой вероятностью предположить, что последняя из этих пород требует для своего образования значительного давления и сильной концентрации хлористого натрия, другими словами, она может выделяться только на известной глубине; к окончательному выводу можно прийти только экспериментальным путем, но до сих пор достигнуть этого еще не удалось.

Непосредственно на дневной поверхности ангидрит почти не встречается: вместо него мы паходим здесь гипс; но если мощные залежи последнего проследить в глубину, то нередко оказывается, что там залегает уже ангидрит. Отсюда ясно, что ангидрит при доступе к нему воды превращается в гипс (см. стр. 388 и 492).

*Каменная соль* встречается в природе значительно реже гипса и ангидрита: причина этого кроется в ее легкой растворимости. Во многих случаях испаряющаяся морская вода достигает только той концентрации, при которой возможно выделение сернокислого кальция; далее, вследствие тех или иных геологических изменений, процесс испарения останавливается, и хлористый натрий остается в растворе; с другой стороиы, отложившаяся каменная соль легко растворяется водой, если ее ие защищает сверху слой водоупориой породы, например глины. Еще реже встречаются такие легко растворимые соли, как сернокислый магний, хлористый магний и хлористый калий; концентрация раствора редко достигает той степени, когда делается возможным их выделение. Главнейшие залежи этих минералов паходятся в Стассфурте близ Магдебурга и у подножья Галицких Карпат. Здесь названные соли встречаются в разных видах и образуют иногда сложные соединения; они залегают под каменной солью, что является прямым следствием их образования; труднорастворимые вещества выкристаллизовываются раньше и ложатся на дне моря; наоборот, легкорастворимые соли отлагаются в более высоких горизонтах. В огромных залежах Стассфурта мы наблюдаем тот же порядок залегания, который был искусственно воспроизведен Уцильо.

Заливы, отделенные от моря узкой пересыпью, которая, однако, пе заграждает пути морской воде, дали начало большинству громадных залежей каменной соли. Однако, образование химических осадков может происходить и при иных условиях, хотя и в очень ограниченных размерах. Как известпо, все ключи и рекн содержат в растворе минеральные вещества, состав которых подлежит чрезвычайно большим колебаниям. Каждая река и ручей изменяют свой минеральный состав в зависимости от времени года: присутствие в них тех или иных веществ зависит от свойств горных пород той местности, откуда они получают свое питание. Среди всех солей, почтн постоянно присутствующих в речиой воде, первое место нужно отвести углекислому кальцию*; кроме того, в незначительных количествах присутствуют и другие соли, а именно: сернокислый кальций, хлористый иатрий, хлористый калий, серпокислый натрий, сернокислый магний и др.

В воде некоторых рек растворены огромные количества углекислого кальция: так, например, реки, вытекающие из богатой известняками Юры, содержат более 20 частей этого вещества в 100,000 частей воды; наоборот, Мэлль у Хейлигенблюта в Каринтии не содержит и одной части углекислого калия, а Эц у Беита в Тироле — только $^1/_2$ части в 100,000 частей воды; обе эти реки вытекают из гор, образованных кристаллическими сланцами. Окрестностн р. Иордана богаты хлористым натрием и другими легкорастворимыми солями; огромные количества этих веществ мы находим и в водах реки.

---

* Мы не считаем таких рек, какова например Темза; в нижнем ее течении прилив нагоняет много морской воды, которая сильно влияет на минеральный состав ее вод.

Если река впадает в озеро, имеющее сток, то она оставляет здесь все твердые части, которые были механически взвешены в ее воде; что же касается минерального состава последней, то он не испытывает существенных изменений. Иное наблюдаем мы в тех внутренних озерах, которые лежат в жаркнх областях и в которых испаряется вся вода, доставляемая реками. Такими озерами, не изливающими в море своей воды, заняты значительные части земиой поверхности (см. рис. 350); первое место следует отвести огромной области, прости-

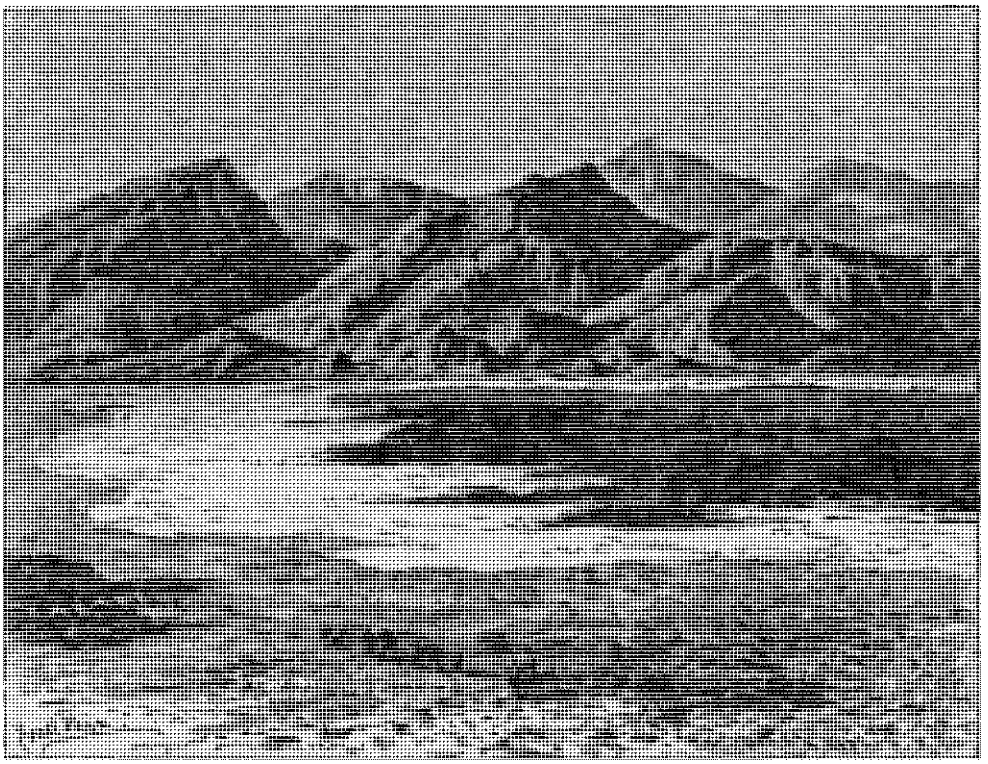


**Рис. 354. Соляное озеро Дарнача в Западной Персии**

рающейся от восточных окраин Европы через всю Азию почти до Великого океана; на западе этого обширного пояса располагается Каспийское море, в которое впадают величайшая из европейских рек Волга, р. Урал, Терек, Кура, Атрек и др. К югу отсюда располагается Персидское плоскогорье, весьма бедное атмосферными осадками, которые собираются также в замкнутых озерах; к востоку от Каспийского моря лежит Аральское озеро; далее следует озеро Балкаш, оз. Лоб-Нор в пустыне Гоби, целый ряд озер в Монголии, Тибете и Иране; только на крайнем востоке мы находим обширные реки Амур, Хуан-хэ и Янтзе-Кианг. Нигде в другом месте земной поверхности не встречается такой обширной области замкнутых озер: значительная часть Сирии и Аравии, почти вся северо-африканская пустыня не изливают своих вод в моря, но большинство этих стран так бедно атмосфернымн осадками, что мы находим в них только одинокне озера (оз. Чад, высыхающие озера Сахары н Мертвое море). Обширные

области, не имеющие соединения с морем, лежат внутри Австралии и в западной части Северной Америки, между Сиеррой-Невадой и горами Уасач (см. рис. 355); в последней из этих областей, в штате Утах, мы находим знаменитое Соляное озеро, на берегу которого стоит город Мормонов; кроме того, здесь известен целый ряд небольших озер.

Все замкнутые озера содержат в своей воде более или менее значительные количества поваренной солн. Даже в тех случаях, когда реки приносят немного минеральных веществ, в озерах пронсходит непрерывная концентрация солей: вся прнтекающая вода испаряется, а вещества, содержавшиеся в ней, остаются в озере; так как этот процесс длится в течение мпогих тысяч лет, то происходит огромное накопление солей, н последние начинают выкристаллнзовываться.

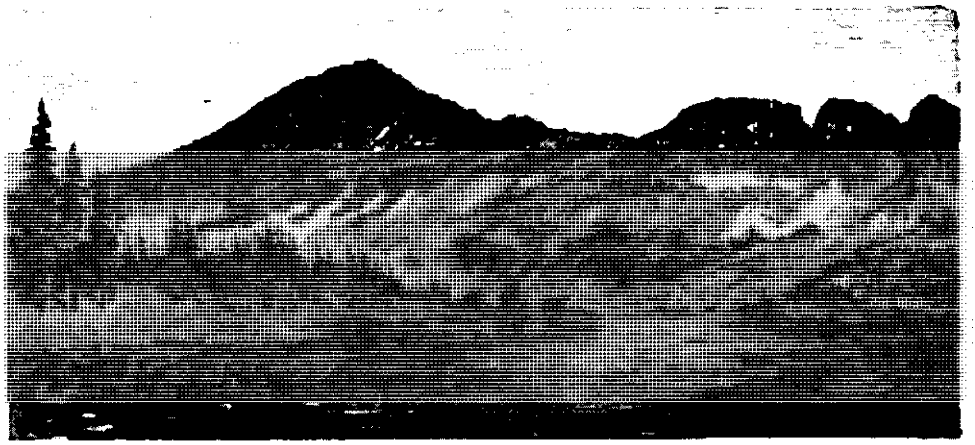


Рис. 355. **Лишенное стоков озеро Лаль и гора Агассиса в Северной Америке** (по Кларепсу Кингу)

Углекислый кальций, присутствующий в воде всех рек, выделяется прежде всего; количество остальных веществ все более повышается, и, наконец, происходит выделение даже легкорастворимых солей, каковы хлористый натрий, серио-кислый магний (горькая соль), углекислый натрий (сода) и бура; особенно быстро совершается выкристаллизовывание, если и реки, впадающие в озеро, содержат в своих водах значнтельное количество солей; примером таких озер могут служить Мертвое море и соляные озера Астраханской губернин.

Вода морей, как мы видели, обладает поразнтельным однообразием состава; наоборот, в замкнутых озерах не только меняется концентрация, но также н химический состав растворенных тел. Присутствне в их воде тех или иных солей зависит от химических свойств горных нород, за счет которых реки обогащаются минеральными веществами. С течением времени озера могут дать начало залежам разнообразных солей, но, за редкими исключениями, последние достигают лишь незначительной мощности. В некоторых из озер добываются огромные количества солей, а потому значение нх в промышленности очень велнко; так, например, Эльтонское озеро дает ежегодно около 6 миллноиов пудов поваренной соли, и приблнзительно такое же количество этого вещества добывается в соседнем Баскунчакском озере. Общее количество соли, добываемой ежегодно в Астраханской губ., достигает 15 миллионов пудов; однако, несмотря на такую

производительность, рассматриваемые озера с геологической точки зрения слишком незначительны, особенно если сравнить их с огромными массами соли, относящимися к прежним периодам*.

Замечательный и во многих отношениях своеобразный пример замкнутого озера представляет Мертвое море в Палестине. Вся долина Иордана, впадина Мертвого моря и, наконец, залив Акаба,—все это представляет одну огромную сбросовую впадину; наиболее глубокую часть последней занимает Мертвое море, уровень которого лежит на 390 м ниже уровня Средиземного моря; эта местность одна из самых глубоких низменностей на всем земном шаре. Несмотря на это, Мертвое море достигает 360 м в глубину; таким образом здесь имеются налицо благоприятные условия для образования мощных залежей соли. Количество растворенных в воде солей чрезвычайно велико, и в глубине озера концентрация раствора выше, чем на поверхности; особенно высоко содержание легкорастворимых солей, каковы хлористый калий и хлористый магний; даже содержание брома достигает здесь $^{7}/_{1000}$. Преобладание легкорастворимых солей показывает, что концентрация происходит здесь с давних времен и что главные массы менее растворимых веществ, каковы поваренная соль и сернокислый кальций, в значительной стенени уже выделились из раствора.

## Выделение углекислой извести

Выделение минеральных веществ происходит не только в озерах, но и в реках. Это прежде всего следует сказать об углекислом кальции, который в незначительных количествах растворяется уже в чистой воде; но вода реже содержит обыкновенно углекислоту, присутствие которой значительно повышает растворимость названной соли. Последняя немедленно осаждается, как только будет удалена углекислота: это достигается или простым кипячением раствора, или же действием другого газа, напр., атмосферного воздуха, который вытесняет углекислоту: достаточно только потрясти раствор при доступе воздуха или же заставить его падать с высоты: вода поглощает воздух и теряет углекислоту, из раствора же выделяется углекислый кальций.

Этим простым явлением объясняется образование *сталактитов*, или *капельников* (см. рис. 356 и 357), которые придают столько чарующей прелести подземным пещерам в известковых горах. Вода, содержащая углекислоту, тонкими нитями просачивается через трещины, растворяет известняки и увлекает в глубину углекислый кальций. Если трещины открываются в подземной пещере, вода стекает по всем выступам и собирается в виде капель на их концах; вследствие непрерывного испарения углекислый кальций выделяется отчасти на потолке пещеры; под влиянием тяжести капельки обрываются и падают на дно; теряя при этом углекислоту, они образуют и здесь белые натеки. Работа каждой капли ничтожна; но в течение целых тысячелетий вода просачивается по одним и тем же трещинам, и миллионы капелек созидают величественные «сталактиты», спускающиеся сверху, и

* Более подробные сведения о соляных озерах России и вообще о наших залежах соли будут приведены во 2-м томе в главе «Полезные ископаемые».— *Примеч. пер.*

«сталагмиты», подымающиеся со дна пещеры. Иногда сталактиты и сталагмиты сливаются и образуют стройную колонну, поддерживающую своды грота. В сталактитовых подземельях слышится непрерывный ритмический шум: это падают капельки на свои каменные пьедесталы; здесь идет непрерывная работа, и каждая частица воды несет новые атомы материала, из которого созидаются восхитительные натеки. Формы последних разнообразны до бесконечности: они спускаются в виде тончайших занавес, выступают в виде куполов или колоколов, подымаются высокими столбами; все эти фантастические украшения пещер обязаны своим происхождеиием одному и тому же процессу, и разнообразие их формы зависит от строения потолка и дна пещер.

Среди русских сталактитовых пещер особенно известностью пользуются пещеры *Чатыр-Дага*, превосходно описанные *Е. Марковым* в его «Очерках Крыма». Знаменитая *Бимбаш-Коба*, или «Тысячеголовая пещера», сообщается с дневной поверхностью посредством узкой и длиннои «лазейки», по которой приходится пробираться ползком; неприятность этого путешествия вполне вознаграждается великолепнем картины, которая вдруг развертывается перед глазами изумленного зрителя. «Мне никто не описывал заранее Бимбаш-Коба», говорит г. Марков, «и я совсем не готовился встретить в ней то, что встретил. Я вдруг очутился в мрачной и таинственной индийской пагоде. Высокие своды пропадали в темноте; колонны узорчатые, витые, будто сплетенные из кораллов целыми букетами, поднимались кверху по стенам и углам; их расписала какими-то чудесными иероглифами неведомая рука... Со сводов падали десятками каменные и хрустальные паникадила; стояли посреди подземного храма великолепные массивные свещники странной работы, тоже сверкающие, как хрусталь. Стояли огромные престолы и органы из тяжелого хрусталя, безобразные каменные идолы, то коротенькие и толстые, то высокие, как столбы колонн... Один подземный храм следует за другим, поднимаясь все выше и выше в гору. Освещаемые мерцающим огнем наших свечей, эти могильные капища кажутся еще таинственнее; их бесчисленные сталактиты, вылившиеся во всевозможные формы, где обрисовываются в голубоватом фосфорическом тумане, где сверкают яркими искрами на черном фоне глубоких сводов... Тени длинные, неуловимые и неуловимых форм, ползут по стенам широко и медленно или быстро перебегают, как крыло испуганной ночной птицы, переплетаясь, пересекаясь, сливаясь друг с другом, смотря по движению наших огней... Колонады, жертвенники, идолы, курильницы — то выплывают из мрака, то тонут в нем, чтобы дать место новым рядам колонн и люстр... На полу, между каменными сиденьями, у подножья сталактитовых истуканов, насыпаны страшной грудой человеческие черепа. Желтые, как репа, с черными дырами вместо глаз, с оскаленными рядами зубов, покрытые землей и плесенью, гниют эти черепа в своем великолепном сталактитовом склепе... В каждом приделе пещеры такие же кучи. Их без внимания топчет нога туриста, изумленно оглядывающего эти известковые наплывы, придавшие величие храма темному склепу... Суруджи (проводник) рассказал нам, что очень давно, еще при ханах, в Бимбаш-Кобе спрятались 1000 человек татар; их разыскали там не то турки, не то казаки и, чтобы выгнать оттуда, зажгли перед входом костры; дым задушил всех спрятавшихся, но никто не вышел и не сдался. С тех пор эта пещера называется тысячеголовой, т. е. Бимбаш-Коба. Не знаю, насколько справедлив рассказ татарина, но по прекрасной идеальной форме черепа скорее кажутся греческими». Другая известная пещера Чатыр-Дага — *Субу-Коба*, что значит «холодная». Она резко отличается своим характером от Бимбаш-Кобы. Вход в нее самый поэтический. Он широк, как ворота дворца, но совершенно замаскирован утесами, деревьями и кустами. Не лисьей норой, а триумфальной аркой, украшенной зеленью, вы вступаете в подземный грот; вам не нужно пригибаться и ползти, вы сразу очутитесь в высоком обширном чертоге. Он уходит вниз легкой покатостью и на всем протяжении также высок, также свободно раздвинут. Вы идете здесь вольно и быстро, как по паркету бальной залы. Сулу-Коба не храм, не погода; в нем не найдете идолов и обильной колоннады. В нем нет и таинственности храма, но это роскошный заколдованный дворец подземного духа... Сталактиты и сталагмиты здесь далеко не достигают грандиозных размеров Тысячеголовой пещеры, но они облили стены и потолки подземелья изящнейшей лепной работой; перед вами то темная заманчивая ниша, то камин из точеных колонн, замысловатые шкафчики по углам, кронштейны, карнизы, самый тонкий горельеф и барельеф на сводах и панелях... Вы спускаетесь и видите, что в стороне от прохладных больших зал убегают темные коридоры, галереи, пещерки... Чем ниже сходите вы по наклонному полу

грота, чем глубже опускаетесь в толщи земли, тем влажнее становится почва под вашими ногами: вода сбегает иногда ручейками и заливает каждую ямку; сталактитов и сталагмитов становится больше; форма их причудливее и характернее. Иногда пустое основание разбитого сталагмита обращается в бассейн воды, которая собирается в нем, как в каменном сосуде. Фонтаны и бассейны вообще обильно украшают нижние своды грота; с молодых сталактитов вода капает холодными, тяжелыми и медленными каплями... Звук их падения глухо, но громко раздается под пустыми сводами... Дальше встречаются уже настоящие ванны, до краев наполненные водой... Своды здесь совершенно опускаются к полу, это — предел чертога. Но выход и здесь есть: низкие черные подземелья ведут в неведомые глубины. Сталактиты разделяют их на арки, стоят решетками... Я спускался глубоко в земные недра в шахтах рудников. Но первый раз в жизни пришлось мне посетить эти пустынные, нерукотворные чертоги, скрытые в глубине земных толщ. Я никогда не воображал, чтобы столько простора и столько таинственного великолепия скрывала во чреве своем тяжелая кора нашей планеты» (Е. Марков). Из европейских сталактитовых пещер едва ли не первое место занимает по своей чарующей красоте «Лазурный грот» на острове Капри; чудное описание его сделано нашим путешественником Яковлевым.

Фантастические сталактиты, служащие украшением подземных пещер, требует многих тысячелетий для своего образования; по крайней мере, надписи, вырезанные на них посетителями некоторых пещер в XIII и XIV веках, покрылись только весьма тонким прозрачным слоем углеизвестковой соли. Впрочем, иногда наблюдаются сталактиты, образовавшиеся так сказать, на глазах людей. Арки старого каменного моста в городе Юрьеве превратились в настоящие сталактитовые пещеры, своды которых украшены капельниками до $^1/_2$ аршина длиной. Такие же сталактиты были сняты с потолка некоторых оранжерей в ботаническом саду того же города. Наконец, следует назвать сталактиты, образовавшиеся в нишах Потемкинского дворца в Островках на реке Неве и на нижней поверхности Николаевского моста в С.-Петербурге.— *Примеч. пер.*

Подобно сталактитам образуются известковые туфы*. Встречая на своем пути скалистые уступы, ручей низвергается с них водопадом и рассыпается миллионами серебристых брызг. Здесь опять мы находим условия, благоприятные для выделения углекислой извести. *Травертин*, доставляющий превосходный материал для великолепных зданий Рима, образовался таким именно путем: он представляет известковые отложения реки Анио, скоплявшиеся в течение долгих веков; образование его можно и теперь наблюдать близ Тиволи, где река низвергается бешеным водопадом с высот Апенинских гор и устремляется в Камнанью.

Еще чаще образуются известковые натеки, благодаря деятельности *ключей*, которые встречаются повсеместно в областях, богатых известью. Даже в таких местах, где не известно древних залежей известняков, например в песчаниковом поясе Карпат, нередко происходят отложения известкового туфа, хотя и в незначительных размерах. Причина этого на первый взгляд загадочного явления чрезвычайно проста: медленно просачиваясь через песчаники, зерна которых связаны известковым цементом, вода переводит последний в раствор и отлагает на поверхности углекислый кальций. Известковые туфы являются нередко в виде рыхлой породы, облекающей листья, стебли и другие части растений, огромные скопления раковин, иногда кости и т. п. (см. рис. 359). Известнейший пример этого рода представляют горячие Карлсбадские ключи в Чехии; отложения их, известные под названием «шпрудельштейна» (Sprudelstein) заполняют всю долину; выделение извести происходит здесь настолько быстро, что предметы, положенные в воду, очень скоро облекаются ей. В некоторых источниках отложение извести обусло-

* Под именем туфов разумеют обыкновенно породы, образовавшиеся из вулканических материалов; поэтому выражение «известковый туф» — неправильно, но оно так укоренилось в языке, что избежать его употребления немыслимо.

вливается действием водорослей. Они извлекают из воды углекислоту и способствуют этим выделению углекислого кальция*.

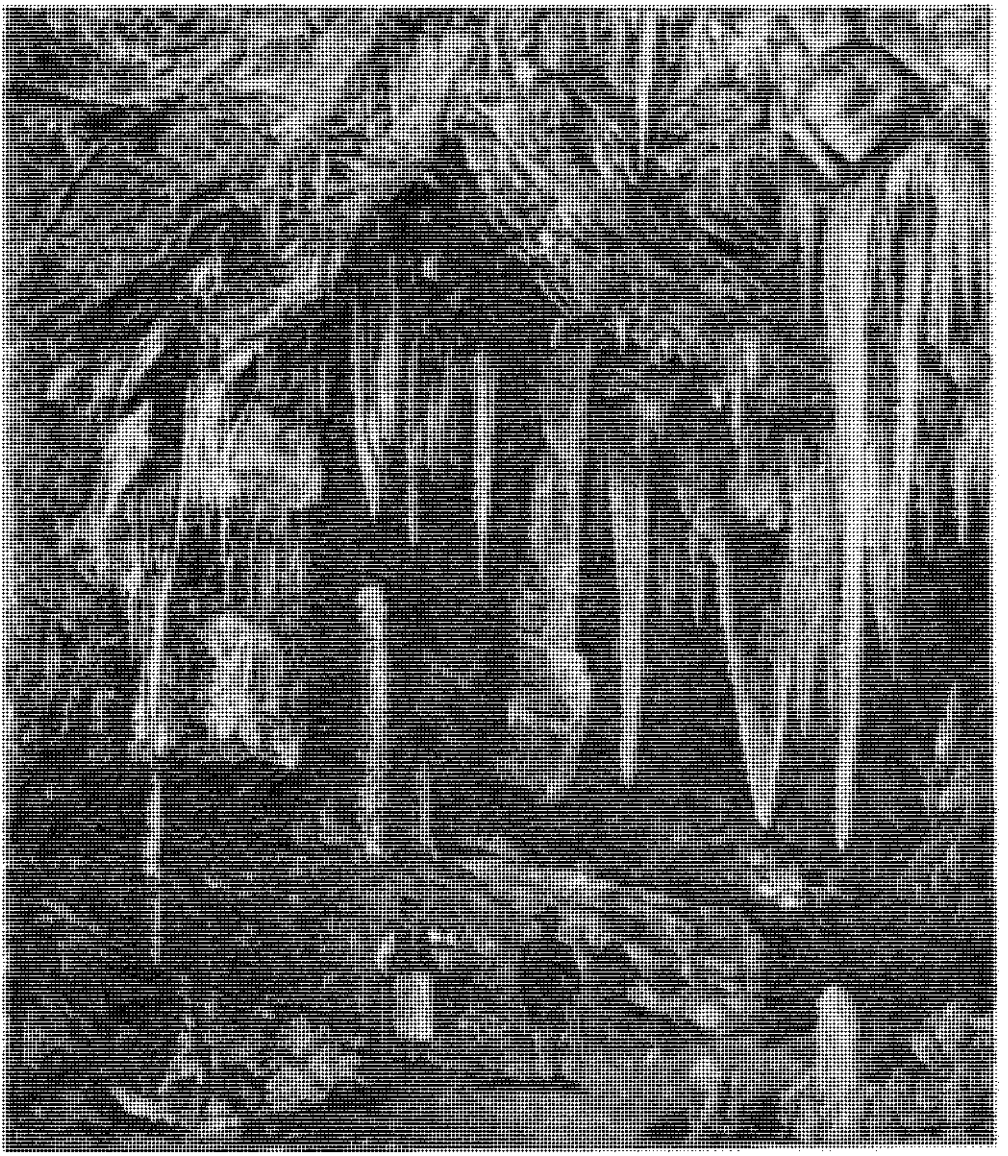


Рис. 356. **Сталактиты Аггтелекской пещеры в Венгрии** (с фотографии)

Некоторые горячие ключи содержат в растворе огромные количества кремнекислоты, которая находится в природе в виде кварца, опала, агата, кремней. При охлаждении вода этих источников выделяет кремнекислоту и дает начало бело-

* В России туфовые отложения источников достигают значительного распространения так, например, около Гатчино (Петербургск губ.) они, по-видимому, заполнили бывшее озеро; недалеко от Петергофа близ деревни Гостилицы туф занимает долину, которая тянется вдоль Финского залива. Для построек эта пористая и малопрочная порода не годится, но зато она

снежным натекам кремнистого туфа. Огромного развития достигают эти образования в Исландии, в Иеллоустонском Национальном парке и на Новой Зеландии. Выделению кремнекислых натеков также способствуют водоросли, о чем мы уже говорили выше (см. стр. 484).

Море было исходной точкой нашего знакомства с осадочными породами; мы вернемся к нему онять с тем, чтобы рассмотреть вонрос о нроисхождении известняков: мы должны решить, выделяется ли эта норода непосредственно из воды океана и можно ли этим процессом объяснить образование мощных залежей древних известняков. Как уже было указано выше, морская вода содержит ничтожные количества углекислого кальция и может еще растворить огромные массы этой соли; новейшие исследования показали, что на значительных глубинах растворяются все известковые скорлупки и раковины, которые падают туда после смерти их обитателей. Непосредственное отложение известняков в открытом море едва ли имеет место при современных условиях; однако, в ограниченных прибрежных областях может происходить выделение углекислого кальция; особенно благоприятны условия в тех местах, где прибойные волны достигают значительной силы: вода теряет при этом бо́льшую часть содержащейся в ней углекислоты, и способность ее растворять углекислую известь сильно понижается. Если невдалеке изливается в море река, богатая известью, то здесь могут накопляться мощные пласты известняков.

Однако указаиным путем образуются ограниченные залежи углекислого кальция, и сравпительно с океапическими известняковыми отложениями распространение их слишком пичтожно. Возникает вопрос: откуда же взялись огромные пласты морских известняков, мощность которых в Альпах так поражает нас и которые тянутся иногда на протяжении многих квадратных миль? И наряду с этим выступает другое недоразумение: куда деваются те массы извести, которые из года в год доставляются в море реками? Не должны ли в океане скопиться огромнейшие количества углекислого кальция? За небольшими исключениями эта соль преобладает в воде рек над всеми другими минеральными веществами, но в море ее содержание так ничтожно, что едва-едва может быть доказано при анализах; наоборот, поваренная соль, составляющая $^3/_4$ всех растворенных в морской воде веществ, играет в реках слишком подчиненную роль. Можно прннять, что в среднем каждые 1000 частей речиой воды содержат 1 часть углекислой извести и что в течепие 15,000 лет реки принесут в океап столько же воды, сколько находится в нем в настоящую минуту; в течение немногих тысячелетий море должно было бы иасытиться углекислым кальцием; нет сомнения, что это вещество

---

разрабатывается в больших количествах для украшения садов, аквариумов и т. п. В округе Пятигорских минеральных вод залегают огромные массы туфа, сходного с итальянскими травертинами. На склонах горы Машука они обладают мощностью до 300 фут и тянутся на протяжении 5—6 верст в длину и $1^1/_2$ версты в ширину. Местами туф образует здесь целые горы до 200 фут, высотой (Горячая гора, Лермонтовская гора и др.); он представляет плотную полосатую породу, залегающую более или менее правильными пластами и обнаруживающую тонкую слоистость. В массе его нередко попадаются листья и ветки современных деревьев, а также гальки старых пород. Пятигорский туф представляет прекрасный строительный камень, из которого сложен весь Пятигорск. Большие отложения туфа наблюдаются в Кисловодске, Ессентуках, на горе Юце и в Железноводске; в последней из названных местностей известны красноватые и желтоватые туфы, цвет которых зависит от примесн железа.— *Примеч. пер.*

извлекается из его воды и что существует какой-то деятель, созидающий на дне океана мощные пласты известняков.

Этот деятель — животные и растительные *организмы*: двустворчатые, брюхоногие, морские ежи, морские звезды, морские лилии, кораллы и корненожки отлагают

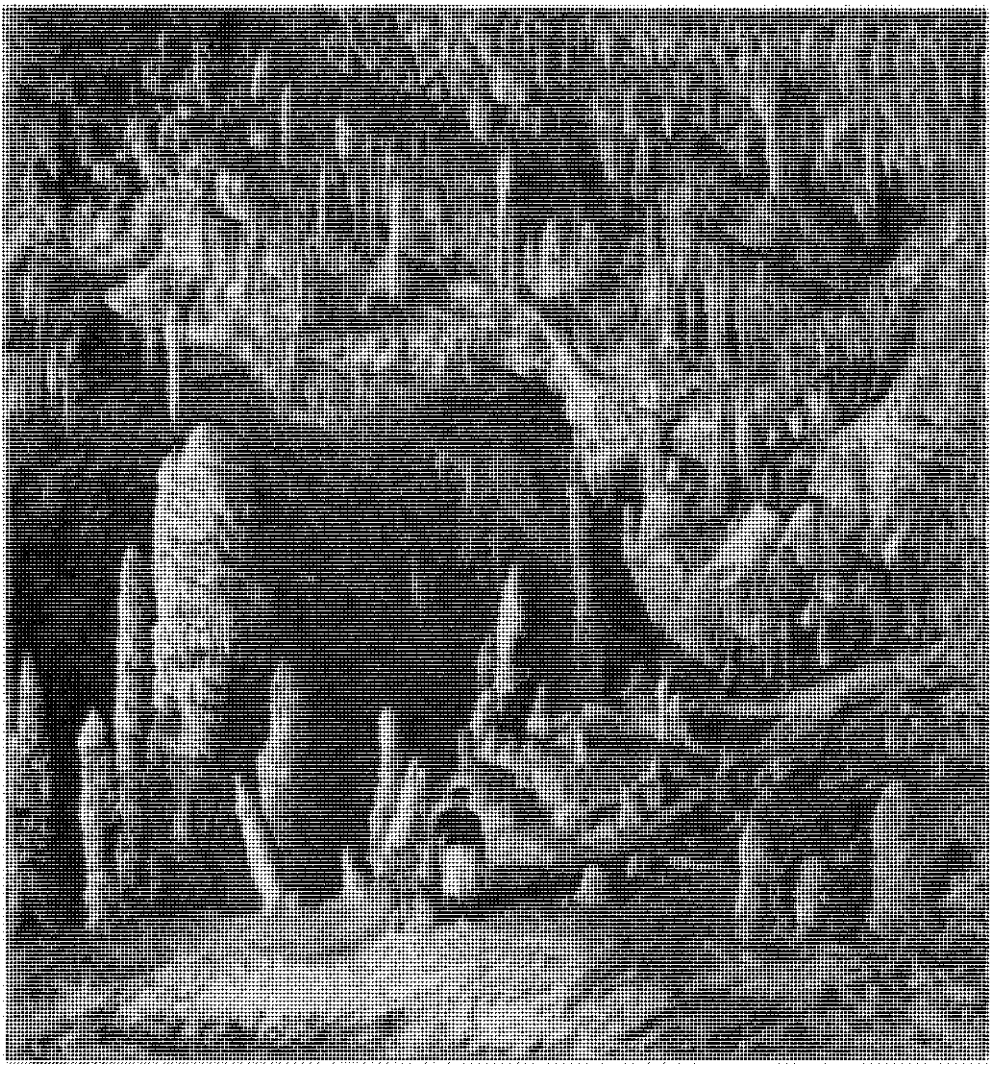


Рис. 357. **Сталагмиты Аггтелекской пещеры в Венгрии** (с фотографии)

бесчисленные известковые скорлупки и скелеты; некоторые виды водорослей также извлекают из морской воды известь; рассматривая почву какой-либо прибрежной местности, напр. Лидо у Венеции, можно видеть огромные скопления створок и раковин, выброшенных морем; волны передвигают их вперед и назад, разбивают на части и придают осколкам округлую форму: получаются белые известковые зерна, не более зерен обыкновенного морского песка, к которому они всегда подмешаны; таким путем подготавливается материал, из которого впоследствии

образуются известковые песчаники. В других местах мы находим богатые накопления известковых раковин и скорлупок, из которых собственно и слагаются известняки; перемешанные с глинистым илом, они дают начало так называемым мергелям (рухлякам), которые представляют смесь глины и углекислого кальция.

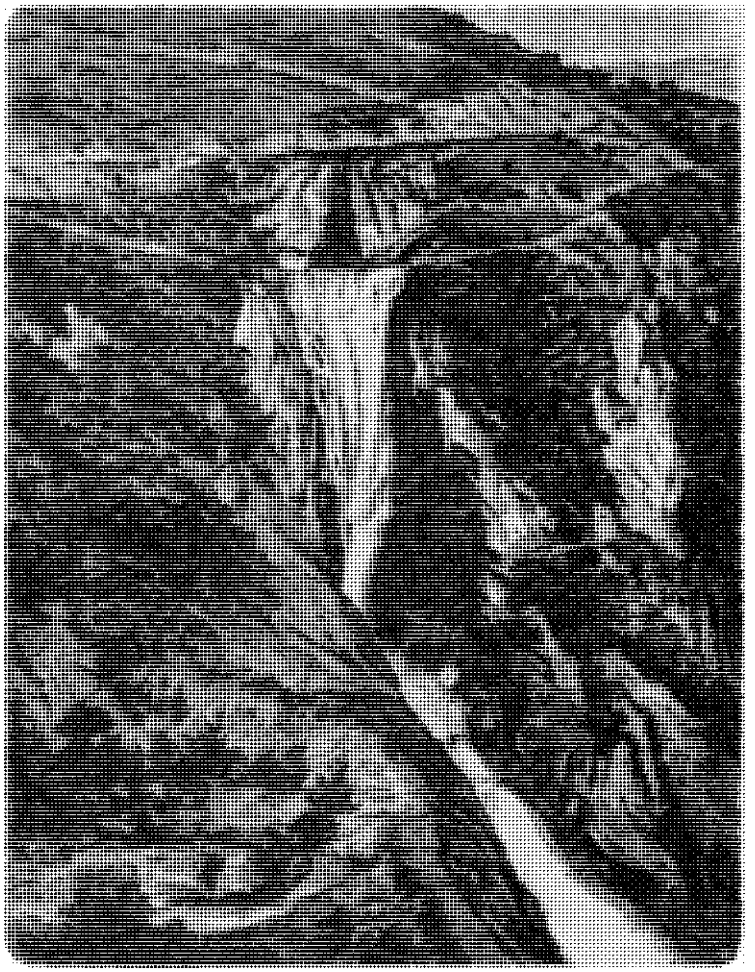


Рис. 358. **Травертины, образованные водопадом в Тиволи**

Каким именно образом животные огранизмы поглощают и выделяют известь,— в настоящую минуту еще не выяснено. Естественно было бы предположить, что они непосредственно извлекают из воды углекислый кальций. Но так как содержание этой соли в море весьма незначительно, то можно думать, что главным материалом для скорлупок и раковин служит гипс, растворенный в значительно большем количестве. Весьма вероятно, что животные организмы извлекают известь из различных соединений ее и что богатые аммиаком выделения их осаждают углекислый кальций. Если в настоящую минуту мы еще не вполне знакомы с физиологической стороной занимающего нас процесса, то во всяком случае несомненно, что раковины и скорлупки образуют мощные осадки и что материалом для них служит углекислый кальний, поглощаемый из воды посредственно или непосредственно.

Как мы уже указывали, частицы извести, механически взвешенные в воде рек, мало-помалу растворяются и не достигают моря; почему же известковые раковины и скорлупки не испытывают той же судьбы? Явление это тем более загадочное, что в морской воде содержится свободная углекислота, объясняется очень просто: строение известковых образований организмов препятствует быстрому действию на пих воды. Если мы растворим в соляной кислоте раковину какого-либо дву-

створчатого, то останется студенистая масса, сохраняющая форму взятой раковины; последняя прорезывается сетью органических волокон, которые облекают углекислый кальций и защищают его от растворения. Скорлупки некоторых моллюсков покрыты слоем эпидермиса; также и другие известковые части скелетов защищены органической тканью. Опыты показали, что раковины устриц, обращенные в порошок, разъедаются кислотами медленнее, чем обыкновенная углеизвестковая соль.

Благодаря особенностям своего строения, скелеты и раковины разных животных, а также скорлупки некоторых растений сохраняются на дне, и в течение долгих геологических промежутков могут образовать мощные скопления. Крутые скалы, венчающие обрывы Швабских и Франконских вершин, прихотливо изрезанные известняковые цепи Северных и Южных Альп, представляющие пласты в несколько тысяч метров мощностью, известняки пустынных карстовых областей,—все эти породы обязаны своим происхождением деятельности биллионов и триллионов организмов, которые жили в минувшие геологические эпохи. Особенно поразительно, что главная роль в образовании известняков принадлежит не крупным видам, а мельчайшим существам, которых не всегда можно заметить невооруженным глазом; некоторые из них видны только при значительных увеличениях.

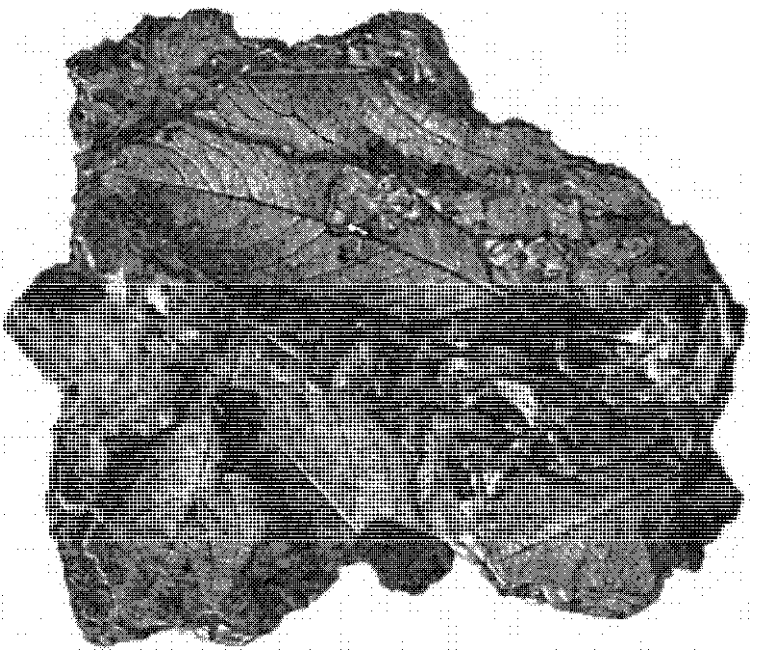


Рис 359. **Травертин с оттисками древесных листьев, из Тиволи близ Рима**

Едва ли можно указать другой факт, который бы с такой наглядностью показывал, как громадны изменения, производимые ничтожными деятелями. Скорлупки мельчайших животных падают на дно. Целые тысячелетия нужны для того, чтобы эти нежные образования скопились в виде пласта в миллиметр толщиной. Но проходят геологические периоды, и порода, образовавшаяся из органических известковых остатков, выдвигается в виде высоких гор. Это служит самым лучшим поясиением мысли, которая высказывалась нами уже не один раз: ие мгиовенно возникли те величественные образования, которые мы наблюдаем вокруг и не громадным силам обязаны они своим происхождением: все огромное и величественное является следствием постепенного сложения малых, незаметных действий.

## Образование известняков растениями, моллюсками, иглокожими и кораллами

Среди растений образователями извести являются некоторые водоросли. Широко распространенные в настоящее время Lithothamnia (см. рис. 362—365, фиг. 1, a и b) одевают прибрежные скалы толстым известковым покровом; в глубинах от 10—70 м они достигают передко такого значительного развития, что образуют обширные и довольно мощные скопления извести. Как мы увидим ниже, они играют важную роль в коралловых рифах. Некоторые мощные пласты известняков конца третичного нериода произошли также благодаря скоплению этих оргапизмов: таковы, напр., известняки р. Лейты, являющиеся главным

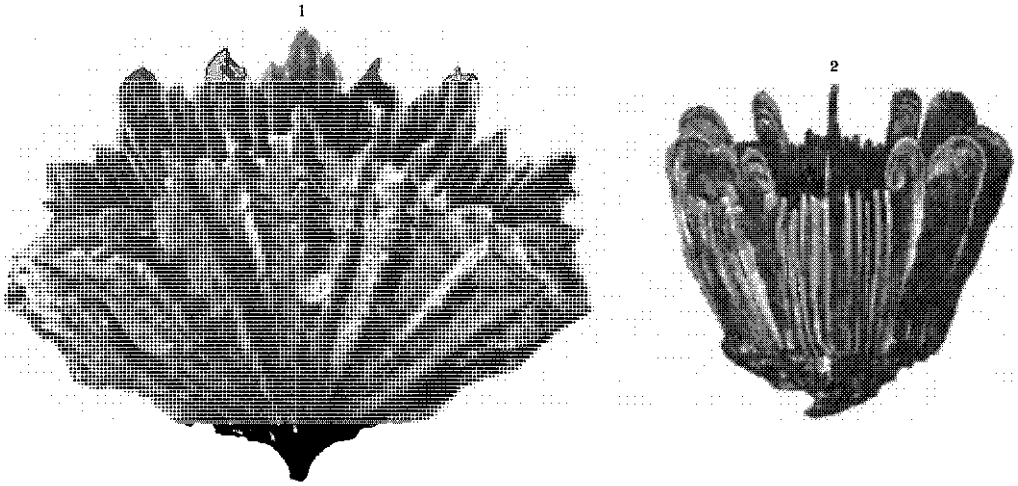



Рис. 360—361 **Одиночные кораллы из глубоководных частей моря: 1) Flabellum, 2) Ceratotrochus** (по Уивиллю Томсону)

строительным материалом г. Вены. В триасовый период образователями известняков являются Dactylopidae (см. рис. 362—365, фиг. 2). Еще значительнее роль известных микроскопических форм, с которыми мы познакомимся, говоря о глубоководных отложениях.

Здесь мы скажем об образовании известняков вблизи берегов и. в неглубоких частях моря. где огромные количества материала доставляется моллюсками, или мягкотелыми. Целые, более или менее хорошо сохранившиеся скорлупки, крупные или мелкие обломки их, закругленные зерна, образовавшиеся действием волн, отлагаются в береговой, или литоральной, (litus—берег) полосе вместе с глиной и песком, а иногда и отдельно. В тех странах, где имеется мало пелагических (pelagus—море) известковых образований, относящихся к древним периодам, напр. па Британских островах, скорлупки моллюсков являются главнейшим материалом, из которого слагаются почти все известняки. В современных глубоководных отложениях они играют второстененную роль; то же наблюдается и в известняках минувших нериодов, за исключением самых древних.

Иглокожие, к числу которых относятся морские ежи, морские звезды, морские лилии, нигде не достигают сейчас значительного развития и не нринимают видного участия в образовании горных пород; но в минувшие нериоды жизни земли они

были, по-видимому, более распространены, чем теперь; особенно это следует сказать о морских лилиях или криноидеях (см. рис. 367), которые представляют в настоящее время немного родов, в минувшие же эпохи обнаруживали поразительное разнообразие форм и богатство неделимых. Среди палеозойских и мезозойских отложений мы нередко находим известняки огромной мощности, целиком состоящие из обломков членистых стеблей, при помощи которых эти животные прикрепляются к посторонним предметам. На рис. 366 изображен кусок так называ-

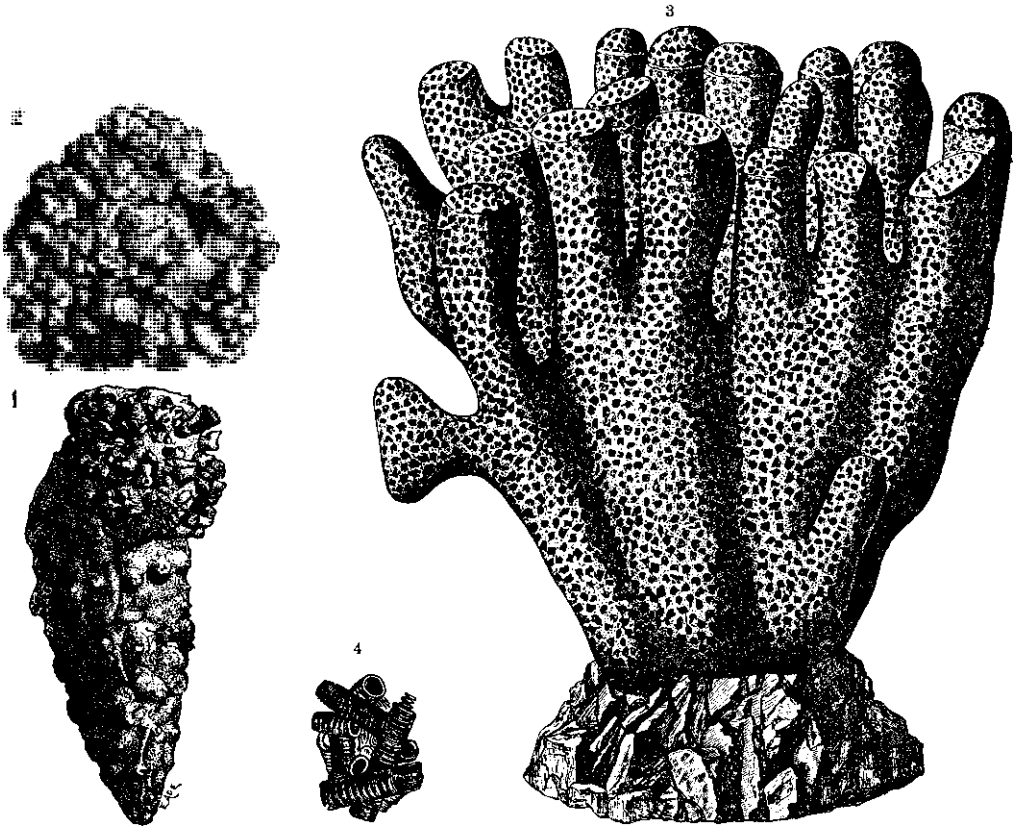



Рис. 362—365. 1) **Lithothamnium** с о-ва Капри: a) самостоятельная особь, b) в виде оболочки на раковине моллюска (**Cerithium vulgatum**; 2) **Dactyloporidae** триасового периода (**Gyroporella**) (по Гюмбелю; 3) **Porites** (по Агассису)

емого раковистого известняка триасовой системы: он сплошь состоит из члеников стебля и отдельных табличек чашечки, принадлежащих морской лилии Encrinus liliiformis. Одно из поразительных скоплений этого рода находится в Карпатах, на границе Венгрии и Галиции: в так называемом «поясе утесов» почти все среднеюрские пласты состоят из мощных скоплений члеников морских лилий; они тянутся от Кракова до окрестностей Эперье в Сарошском Комитате.

Однако значение иглокожих отступает на второй план в сравнении с кораллами, огромные постройки которых являются одним из замечательнейших чудес океана. Кораллы принадлежат к большому классу кишечно-полостных (Coelenteratae), которые характеризуются лучистым строением и внутренней по-

лостью без всяких следов пищевода, желудка и кишечника*. Многие из кораллов образуют чрезвычайно сложные ячейки, внутри которых видны лучисторасположенные перегородки. У одних видов каждая особь живет отдельно и имеет свою собственную ячейку; наоборот, у других многие особи соединяются в одну колонию и образуют общий известковый скелет или полипняк. В последнем случае отдельные ячейки располагаются друг подле друга или срастаются в длинные ряды; иногда лучистые перегородки продолжаются за стенку ячейки и срастаются с выступившими перегородками соседней ячейки, иногда же отдельные ячейкн сидят в общей известковой массе.

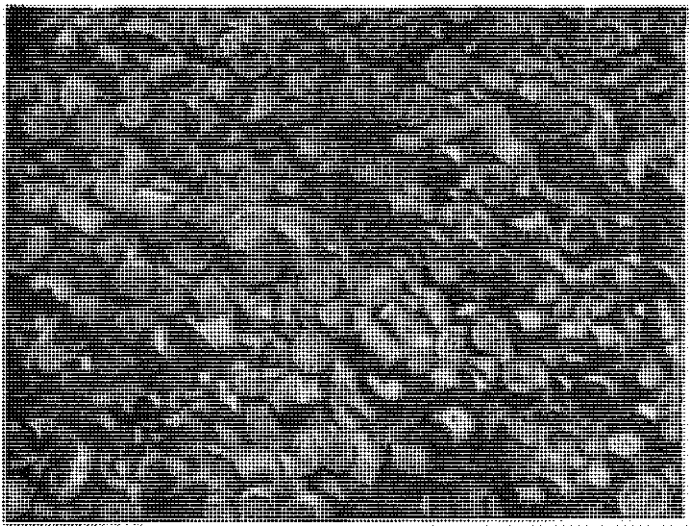


Рис. 366. **Известняк, образованный остатками криноидей (Encrinus liliformis)**

Кораллы широко распространены во всех морях; различных представителей их мы находим как в теплых, так и в холодных странах, на значительной глубине и в мелководных частях моря. Однако, наиболее полного развития достигают они далеко не везде: в холодных странах и в глубоководных частях океана встречаются одиночные кораллы (см. рис. 360—361) или небольшие колонии. Огромные коралловые постройки мы находим только в морях, где темнература воды на поверхности и вблизи нее не падает ниже 20° Ц даже в зимнее время. Но и здесь они могут существовать только при известных условиях: они растут вверх не далее уровня наибольшего отлива; на значительных глубинах они тоже отсутствуют: уже в 20 саженях (56,5 метров) от поверхности они встречаются очень редко, хотя по показаниям некоторых исследователей живые экземпляры попадаются на глубине до 40 саженей. Кораллы требуют совершенно чистой воды с нормальным содержанием солей; появление механически взвешенных твердых частей и приток пресной воды губят даже большие колонии. Береговые полосы с илистым дном, где вода мутится при каждом волнении, не допускают развития кораллов; последние живут вдали от устьев рек, которые несут твердые минеральные части и изливают в море пресную воду.

При благоприятных условиях колонии кораллов разрастаются до огромных размеров. Однако можно отметить значительные пространства, где они отсутствуют

---

* Когда идет речь о кораллах, то не следует под этим подразумевать тела, известные под именем красных, благородных кораллов; последние представляют внутренний скелет, свойственный только относительно небольшому числу видов; твердые части кораллов, встречающиеся в громадных массах и образующие горные породы, представляют известковые ячейки, которые обладают формой кубков, блюдечек или цилиндров и облекают наиболее важные мягкие части животного.

без всяких видимых причин; таков, например, западный берег Экваториальной Америки: обыкновенно они развиваются в мелководных частях тропических морей, если находят здесь благоприятную почву. Непрерывно созидая свои известковые скелеты, эти нежные животные могут противостоять разрушительному действию морских волн: замечено даже, что коралловые постройки достигают наиболее мощного развития в самых бурных морях.

Мы не можем останавливаться на зоологическом описании кораллов и назовем здесь только главнейшие формы этих животных, живущие в современных морях. Там, где господствует сильное волнение, встречаются прихотливо разветвляющиеся сооружения миллепор и большие стволы поритов (см. рис. 362—364, фиг. 3), скелет которых представляет более или менее рыхлую ткань, состоящую из известковых телец. Важное значение имеют мадрепоры (рис. на стр. 6), богатые видами астреи (см. рис. 368), крупные ячейки которых располагаются друг подле друга, своеобразные по своему строению меандрины (см. рис. 369) с ячейками, вытянутыми в длинные извилистые ряды, и многие другие роды, перечислять которые мы не будем. Наряду с кораллами значительные отложения извести производят некоторые представители растительного мира; среди них важное место следует отвести нуллипорам, которые образуют скопления неправильной формы или покрывают подводные предметы толстой корой (см. хромолит, рис. «Современные коралловые рифы»).

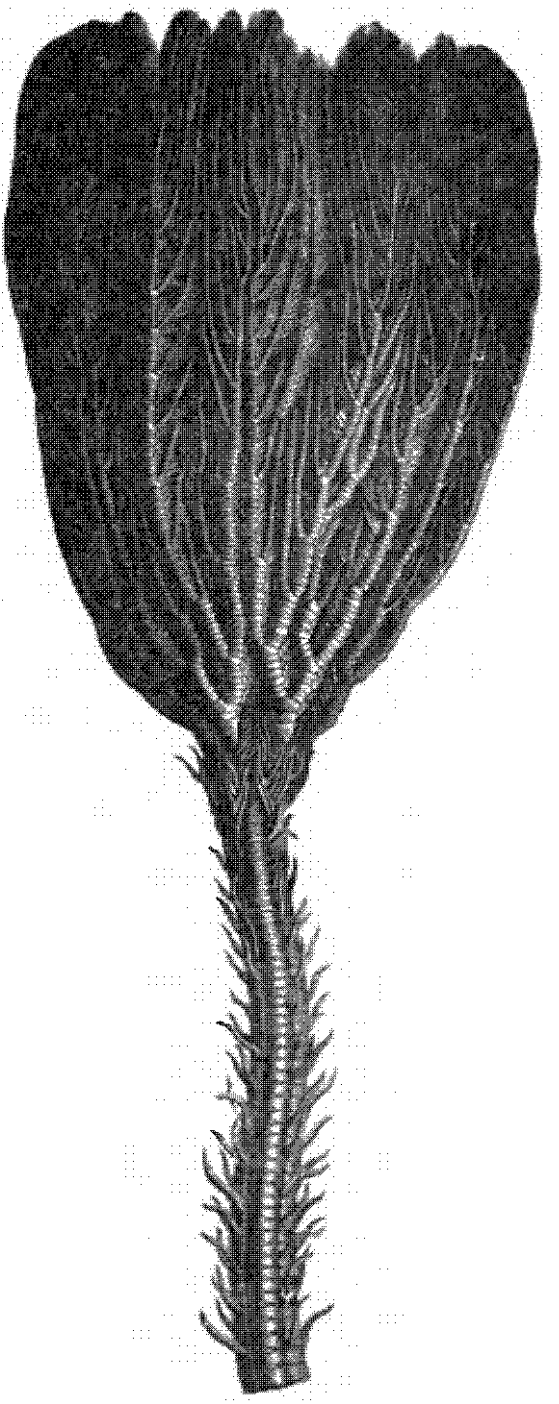


Рис. 367. **Морская лилия (Pentacrinus Briaroides) из лейасовых отложений** (по Гольдфуссу). **В естественную величину**

Размеры отдельных особей весьма незначительны; особенно это следует сказать о миллепорах, поритах и мадрепорах; размножаясь почкованием или делением, они образуют полипы,

которые состоят из мириадов особей и обладают огромными размерами. Куполообразные постройки астрей и меандрин достигают 8 метров в поперечнике, а пориты образуют мощные столбы до 6 метров в высоту. Но было бы большим заблуждением думать, что все эти огромные сооружения состоят из живых особей: на самом деле их внутренние части представляют омертвелый известковый скелет, и жизнь ютится только на внешней поверхности; в огромных куполах астрей живые кораллы образуют слой в 12 мм, а в стволах норитов — не более 4 мм. Сколько требуется времени для образования этих огромных сооружений, неизвестно; некоторые единичные данные заставляют думать, что их рост продолжается значительно больше одной человеческой жизни.

## Образование коралловых рифов и атоллов

Огромные скопления построек кораллов приводят к образованию *коралловых рифов*, или коралловых островов, которые имеют широкое распространение в экваториальных частях океана. Формы их чрезвычайно разнообразны, и многие особенности их не нашли еще надлежащего объяснения. Как уже было указано, рифовые кораллы встречаются не далее 20 сажень от поверхности моря и на значительных глубинах вовсе отсутствуют. Однако, известны коралловые острова, выдвигающиеся непосредственно среди океана, где глубина достигает многих тысяч метров; подводные части таких островов образуют весьма крутые обрывы. Прежде думали, что рифовые кораллы начинают свои сооружения с неизмеримых глубин и доводят их до поверхности моря. Так объяснял это явление 100 лет назад немецкий ученый Рейнгольд Форстер, сопровождавший Кука в его путешествиях и сделавший первое описание коралловых построек. Но когда было доказано, что кораллы живут только в мелкой воде и что глубокие части рифа представляют омертвелые

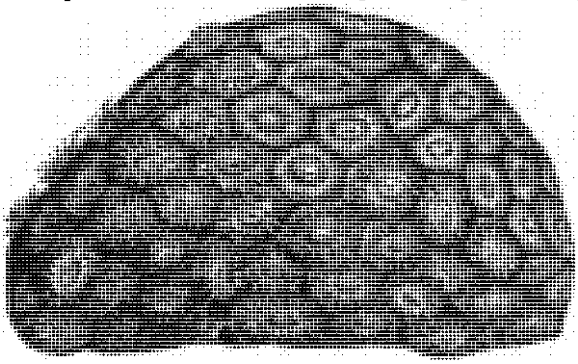


Рис. 368. **Astraea pallida, в $^1/_2$ естеств. величины**

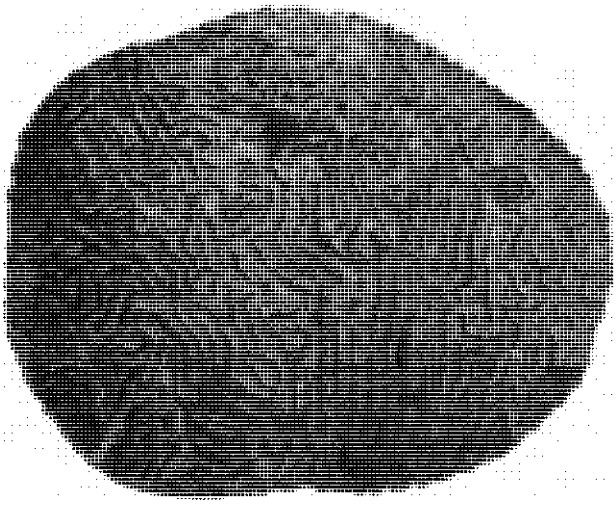


**Рис. 369. Diploria cerebralis** (по Дана)

скелеты, объяснение Форстера оказалось несостоятельным, и взамен его была предложена другая гипотеза: думали, что коралловые острова лежат на вершинах подводных вулканов; но и это предположение не было подтверждено дальнейшими исследованиями. Существование огромного числа огнедышащих гор, которые выдвигаются с неизмеримых глубин океана и поднимаются почти до самой его поверхности, представлялось маловероятным, а кроме того, размеры многих атоллов (кольцеобразных коралловых островов) не позволяют ставить их в связь с вулканами: огромные кольца их достигают 50—60 морских миль, что значительно превосходит диаметры всех известных кратеров.

Правильное объяснение этих замечательных образований дали Дарвин и Дана, посетившие многие из коралловых островов Тихого океана. Хотя с тех пор прошел уже не один десяток лет, но идеи названных исследователей нашли блестящее подтверждение и были видоизменены только в самых незначительных подробностях. Рассмотрим сначала наиболее простой случай. В тропических мо-

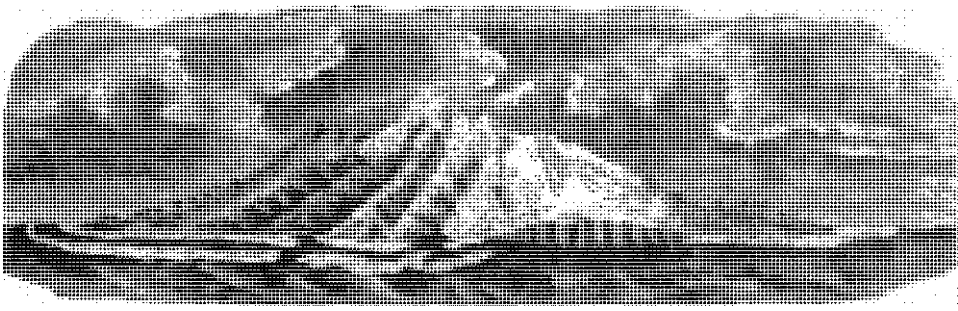


Рис. 370. **Высокий остров с барьерным и окаймляющим рифами** (по Дана)

рях кораллы возводят свои постройки у самого берега; они образуют, кольцо обрамляющее сушу и подымающееся со дна моря до уровня наиболее глубокого отлива; это кольцо распространяется наружу до тех пор, пока имеются условия, благоприятные для жизни кораллов, т.е. пока глубина не превышает 20 саженей; далее риф круто обрывается. Таким образом возникает особый тип коралловых сооружений, которые непосредственно примыкают к берегу материка или острова и носят название *окаймляющих*, или *береговых*, рифов (Saum, oder Küstenriffen).

Коралловые постройки этого рода широко распространены в теплых морях и по неизвестным причинам отсутствуют в большей части Атлантического океана, даже в его экваториальных областях. Пример наиболее близких и доступных коралловых построек мы находим у берегов Красного моря, которые в очень многих местах окаймляются береговыми рифами. Вот что пишет *О. Фраасс*, посетивший эти места: «У Коссейра впервые развернулась передо мной чудная картина южной фауны, которая ютится здесь, на коралловых банках; последние представляют сооружения мадрепор, алционий, милленор и астрей. Вдоль всего Красного моря тянутся у берегов рифы, достигающие нескольких тысяч шагов в ширину; Воды бешено волнуются около них, и суда держатся вдали от этих мест.

Если смотреть на светло-зеленую поверхность моря с возвышенного места, то рифы сразу бросаются в глаза; белая полоса прибойных волн резко отграничивает их от темно-голубых вод глубокого моря. У устьев рек, которые большую

часть года остаются сухими, но прежде были богаче водой, береговой риф разрывается, образуя проход, шириной в 10—100 метров и больше; сюда направляет шкиипер свою барку, и здесь находит он защиту от страшных бурь, которые так часто случаются в этом море. Все перерывы береговых рифов отлично известны местным судохозяевам; во время отлива в таких местах нетрудно достигнуть кораллового сооружения с суши. Я посетил тот риф, который располагается у Эль-Тора близ Коссейра; ширина его различна и достигает нескольких сот шагов; в середине рифа не видно кораллов, и только у края, круто падающего в море, можно наблюдать жизнь колонии; кораллы находятся на глубине 4—6 метров; но вода так прозрачна, что хочется достать их рукой. Риф можно сравнить с серой известковой скалой, на верхней поверхности которой незаметно и следов коралловой постройки. Только отбив молотком кусок зернистой породы, можно видеть ее строение. Но на самом краю жизнь так и кинит! Здесь нет даже крошечного уголка, где бы невидно было движения. Раки, кольчатые черви, моллюски, иглокожие в огромном множестве устилают банку. Некоторые виды так многочисленны, что каждая отдельная особь теряется в общей массе, как капля в море. Богатство неделимых тем более поразительно, что некоторые виды остаются в течение всей своей жизни на одном месте, за которое им не приходится вести борьбу с другими существами.

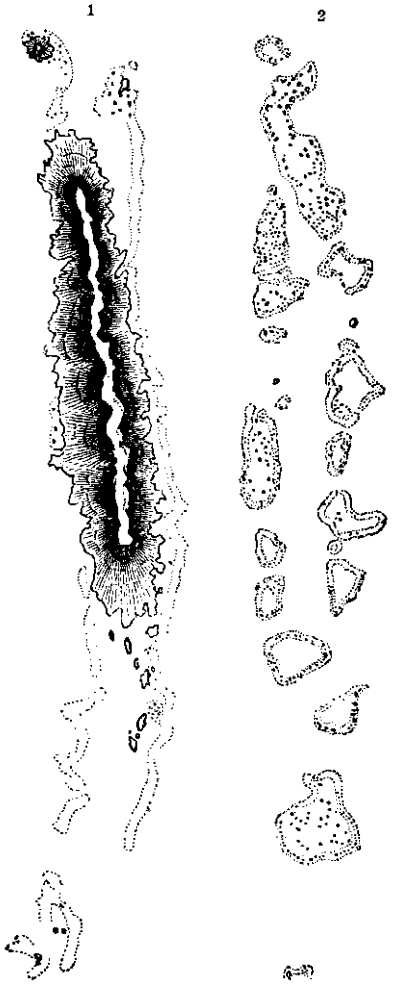



Рис. 371—372. **1) Новая Каледония с ее барьерными рифами; 2) Мальдивские острова** (по Дарвину)

Риф падает крутыми обрывами в глубину, уступая место волнам, которые свирепствуют около его края; здесь процветают огромные голотурии (морские кубышки) и актинии, а между ветвями мадрепор ютятся огромные тридакны (исполинские двустворчатые). Скала, которая со стороны берега кажется мертвой, оживает все больше; куда ни кинешь взор,—всюду движутся бесчисленные организмы, и в глубине прозрачных вод мерцают щупальцы кораллов».

Этот простейший случай образования рифов дает ключ к пониманию более сложных явлений. Кораллы селятся около берега, размножаются здесь до тех пор, пока имеются условия, благоприятные для их жизни, и образуют простой риф вроде описанное выше. Представим себе, что в этом месте происходит изменение относительного положения суши и моря, именно уровень воды поднимается, а берег оседает. Вследствие этого в нижних частях окаймляющего рифа кораллы должны погибнуть, так как они могут существовать не глубже 20 сажень. Но с другой стороны, по мере поднимания уровня моря, риф будет разрастаться вверх, пока не достигнет высоты наиболее низкого отлива. Таким образом, вы-

сота рифа будет постепенно увеличиваться, и по прошествии долгого времени, когда уровень моря поднимется на значительную высоту, коралловые известняки достигнут огромной мощности. Однако риф разрастается далеко неравномерно во всю его ширину. Из описания Фрааса мы уже видели, что внутренняя, обращенная к берегу сторона состоит из мертвых ячеек и что кораллы пышно разрастаются только на наружном краю, там, где море находится в постоянном волнении. Хотя это явление не везде выражено резко и в некоторых случаях рост коралловых

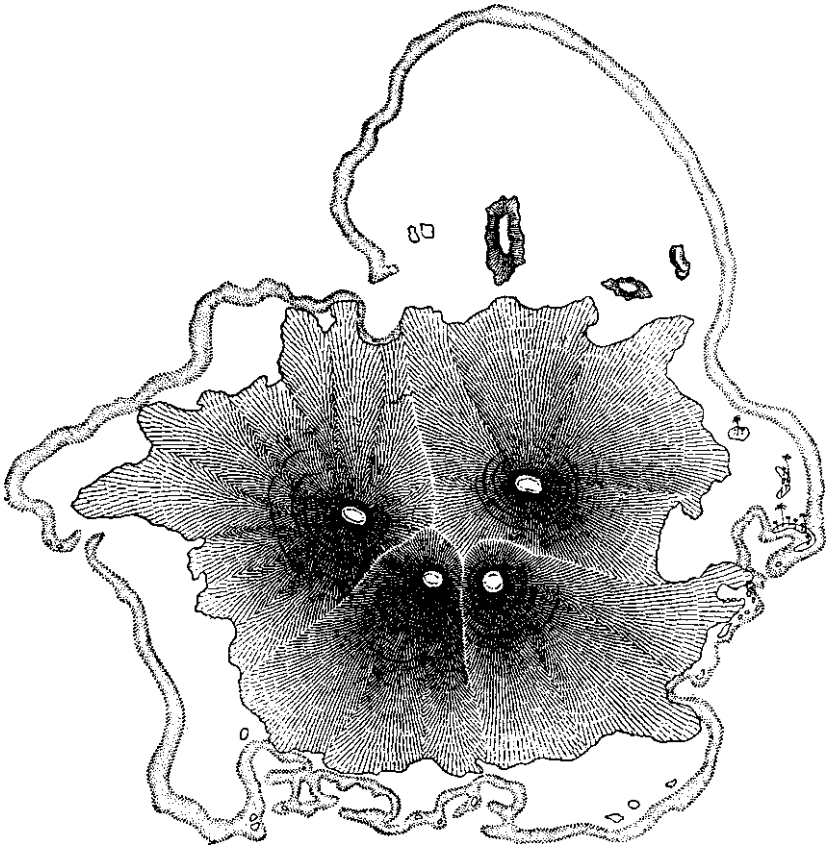


Рис 373. **Остров Понапэ** (по Дарвину)

построек продолжается у берега, но наибольшей быстроты и силы он достигает на стороне, обращенной к открытому морю. Вследствие этого образуется вал, отделенный от суши полосой спокойной воды, так называемой *лагуной*; внутри последней около самого берега может появиться новый окаймляющий риф (см. рис. 370).

Таким образом, возникают *барьерные* рифы, также имеющие весьма широкое распространение; особенного развития достигают они у северо-восточного берега Австралии; здесь барьерный риф тянется на протяжении 1100 английских миль и отделяется от берега полосой воды в 20—30 миль шириной. Новокаледонский риф достигает 400 англ. миль в длину (см. рис. 371—372, фиг. 1); наряду с этими выдающимися представителями мы встречаем много других барьерных рифов в тропических частях Великого и Индийского океана; единичные приме-

ры известны также и в Атлантическом океане. В большинстве случаев коралловые постройки обрамляют небольшие группы вулканов, выступающие среди моря (см. рис. 373). Если движение береговой линии продолжается и остров все более погружается в море, то лагуна расширяется, и кораллы все выше воздвигают свою постройку (см. рис. 374). При дальнейшем продолжении этого процесса от острова остаются только одинокие вершины, тут и там выступающие из воды, наконец, и они исчезают; сохраняется только сильно разросшееся кольцо рифа; оно окружает спокойную лагуну, которая посредством каналов, прорезывающих риф, соединяется в разных местах с морем (рис. 376). Таким образом возникает последний вид коралловых сооружений, так называемые *лагунные* (кольцевидные) рифы, или *атоллы*; они встречаются в огромном числе в Великом и Индийском океанах и принадлежат к числу наиболее замечательных образований, которые только нам известны на земле.

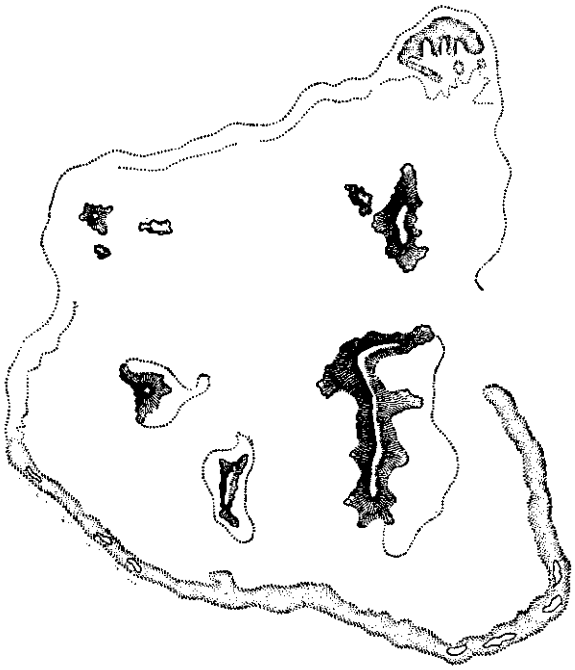


Рис. 374. **Гамбирские острова** (по Дарвину)

Этот процесс протекает несколько иначе, если первоначальный барьерный риф обрамляет не одинокую группу вулканов, а более или менее значительный остров, который постепенно погружается в море (напр., Новая Каледония). В таких случаях он прерывается на значительных протяжениях, и каналы, прорезывающие его, нарушают связность кольца; лагуна получает свободное соединение с морем, и воды ее теряют свое спокойствие; вместе с тем создаются условия, благоприятные для развития кораллов внутри ее. Вследствие этого барьерный риф распадается на целый ряд самостоятельных атоллов, которые во всей их совокупности сохраняют еще очертания первоначального острова. В тех местах, где прежде выдвигались горы, образуются новые лагунные рифы, и некоторые из них достигают значительных размеров; эти рифы в свою очередь могут разбиться на ряд мелких атоллов. Примером таких сложных коралловых образований может служить Маледивский архипелаг, расположенный к западу от Цейлона: он состоит из 17 атоллов первого порядка и 12,000 небольших островов и простирается от 9° сев. шир. до 15° южн. шир. По свидетельству Дарвина, эта группа

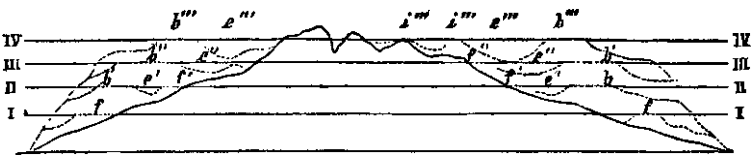
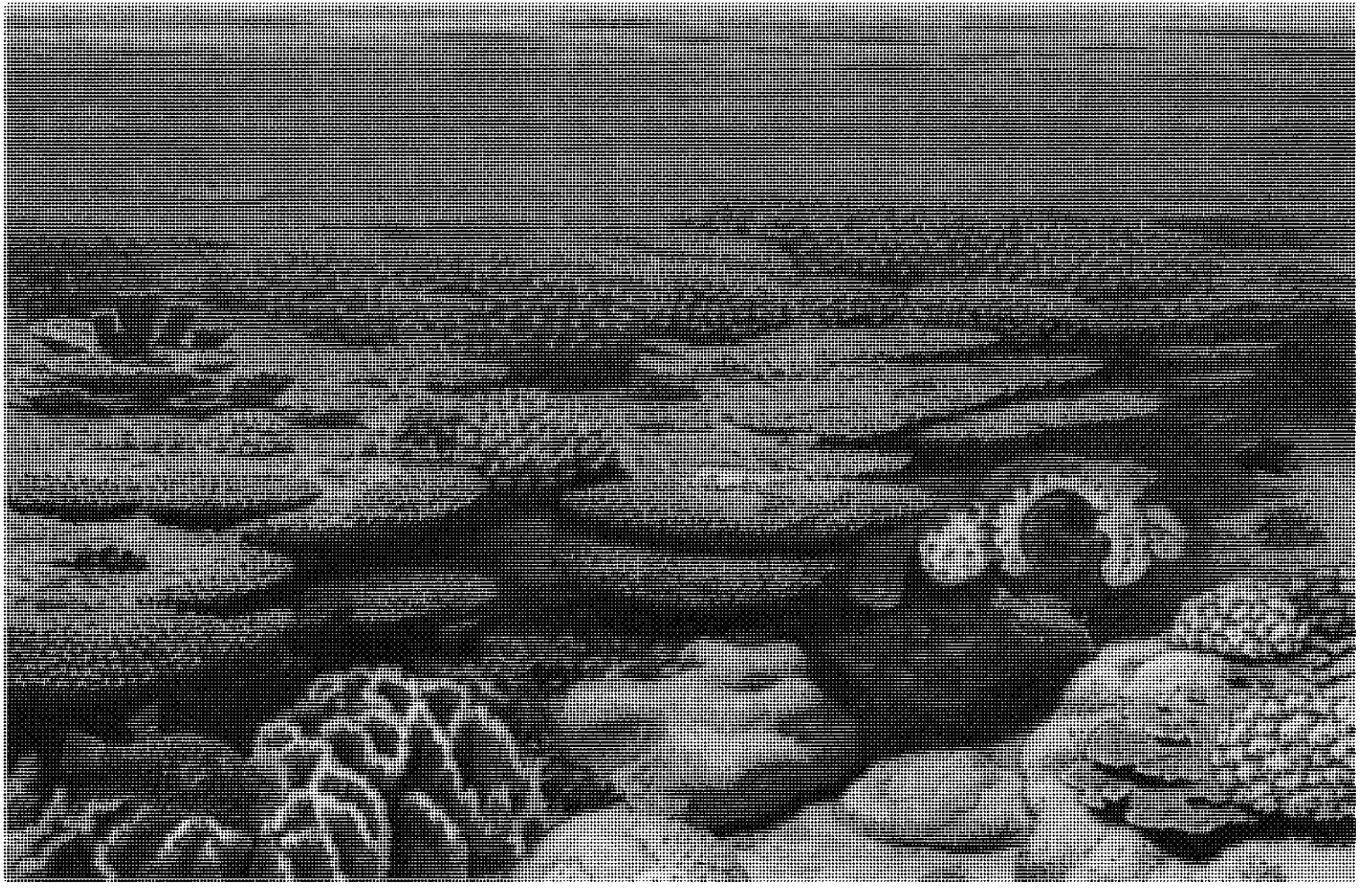



Рис. 375. **Схема образования барьерного рифа** (по Дана)



СОВРЕМЕННЫЕ РИФОВЫЕ КОРАЛЛЫ

*(писано с натуры Е. Рансоннетом)*

возникла на месте большого осевшего острова, который, подобно Новой Каледонии, был первоначально окружен барьерным рифом (см. рис. 371—372, фиг. 2).

Схематический рис. 375 может служить для наглядного представления роста атоллов. Неразрывная кривая на этом чертеже представляет разрез первоначального острова, горизонтальные линии I, II, III, IV — различные положения поднимающегося уровня моря и, наконец, пунктиры — постепенно нарастающие коралловые постройки.

Когда уровень воды стоит на линии I, образуется простой береговой риф f; по прошествии многих тысячелетий море поднимется до линии II, и соответственно этому разрастутся постройки кораллов; между барьерным рифом b и островом образуется лагуна e′ и у самого острова нарастет новый береговой риф f; когда уровень океана достигнет линии III и IV, произойдет следующее: слева выдвинется простой барьерный риф b″, b‴, а справа на месте погрузившихся гор явятся новые рифы i‴, которые вместе с прежними образуют систему колец, расположенных друг за другом. Поднявшись еще выше, вода закроет высшие вершины острова; в это время возникнет настоящий атолл (см. рис. 380).

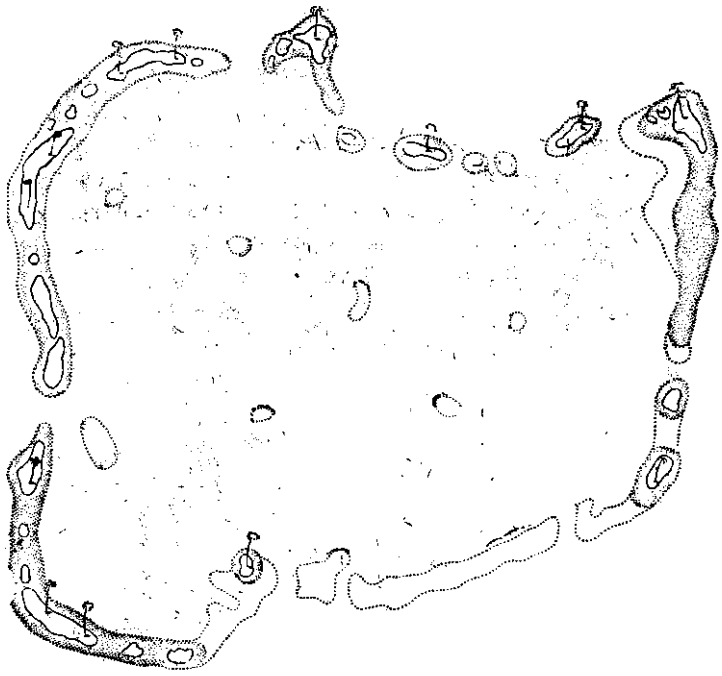


Рис. 376. Атолл **Перос-Банхос**

До сих пор мы видели, что коралловые постройки могут возникнуть только при описанных выше условиях; таким образом должен происходить этот процесс и в природе: по крайней мере, другое объяснение в настоящее время немыслимо, и все подобные попытки оказались несостоятельными; так, например, указывали, что при поднятии дна моря или при понижении его уровня на подводных высотах быстро накопляются известковые осадки, происхождение которых должно быть приписано разным глубоководным морским животным; когда мель, возникшая таким образом поднимется на значительную высоту и глубина воды над ней не будет превышать 20 саженей, начнут и кораллы свои постройки; таким образом последние только венчают риф, нижние части которого состоят из известковых отложений других животных.

Определеиное решение вопроса можно было бы получить посредством бурений атолла, и действительно, работы, произведенные на Оаху у Гонолулу, показали, что мощность коралловых известняков достигает здесь 200 метров. Впрочем, и неза-

висимо от этого можно убедиться в полной неосновательности только что изложенной теории. Исследования глубоководных частей океана, произведенные в последнее время, показали, что все осадки органического происхождения состоят из рыхлых масс и покрывают дно океана в виде горизонтальных или почти горизонтальных пластов; единственным исключением являются коралловые постройки, круто поднимающиеся с морского дна. В тех частях океана, где не могут существовать кораллы, безусловно неизвестны плотные известняки с крутым падением склонов; между тем атолл Килинга в Индийском океане падает на глубину более 650 метров и образует склоны около 50°; можно было бы назвать огромное количество подобных коралловых рифов. Образование их может быть объяснено только теорией Дарвина и Дана, и вышеизложенная гипотеза отпадает сама собой.

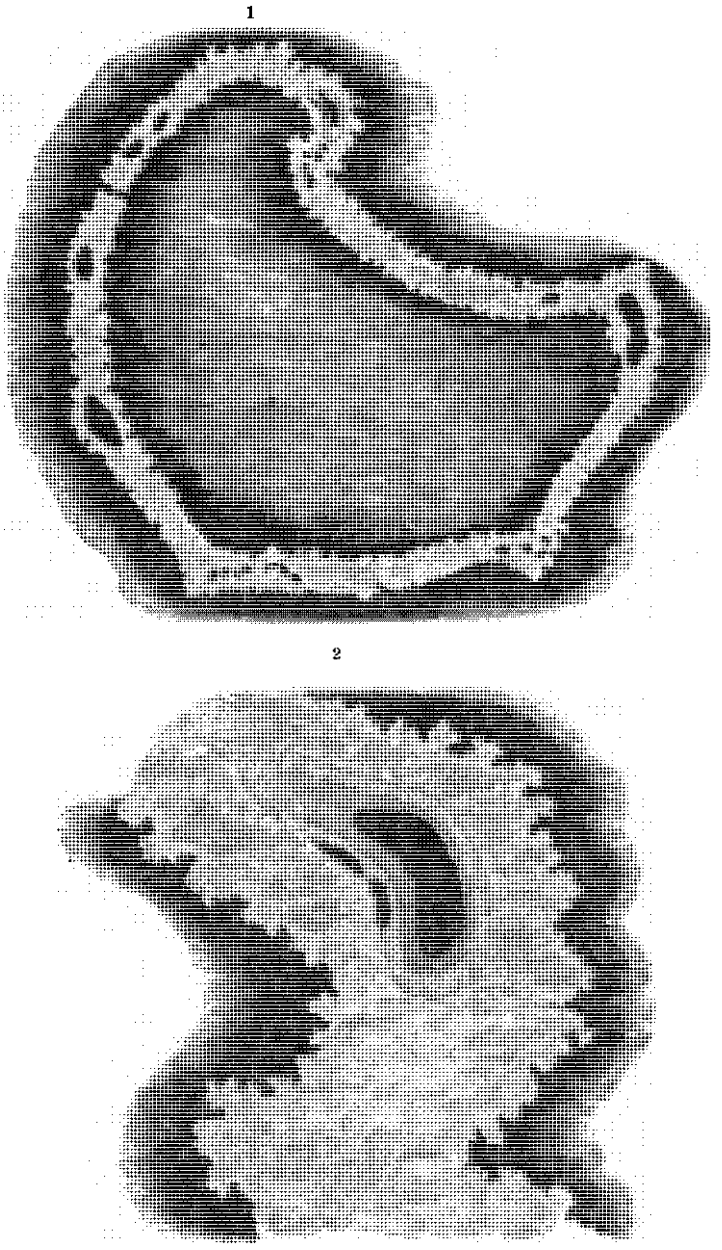



Рис. 377—378. **1) Стюартов атолл: темные штрихи обозначают морскую воду, светлые — риф; начерно затушеванные части рисунка соответствуют островам, выступающим над уровнем моря и покрытым растительностью; 2) небольшая часть рифа, представленная в увеличенном виде** (по Гохштеттеру)

Вследствие непрерывного просачивания морской воды, содержащей известь, массы, составляющие риф, перекристаллизовываются, и органическое строение умерших кораллов быстро замаскировывается. Кроме того, в рифовых известняках мы не находим даже и слабых следов той богатой фауны, которая населяет сооружения кораллов. Морские волны, разбиваясь о риф, обламывают куски умерших

кораллов вместе с раковинами, иглокожими и другими животными, ютившимися между разветвлениями полипняка, и выбрасывают их на плоскую поверхность рифа. Грозные бури и сильные приливные волны обрывают огромные глыбы. Эти обломки служат воде как бы жерновами. Каждая волна передвигает их вперед и назад, растирает и полирует при их помощи осколки раковин и кораллов; так образуется «коралловый песок». Эта разрушительная деятельность моря усиливается целым рядом животных: миогочисленные бурящие моллюски, черви, губки прорезывают коралловый риф и размельчают его массы в тончайший ил; известные рыбы питаются кораллами и раздробляют зубами их известковые ячейки; в том же направлении действуют некоторые голотурии и раки. Образующийся таким образом песок ложится между ветвями коралловой постройки и покрывает ее поверхиость; затвердевая, он превращается в так называемый *рифовый камень* (Riffstein); этот чрезвычайно плотный известняк нетрудно приияять за породу древнего происхождения. Иногда закругленные обломки связываются цементом и образуют конгломераты. Эти известковые массы совершенно замаскировывают строение рифа, и только у краев его ютятся живые колонии и, постепенно разрастаясь, препятствуют разрушению рифа. Впрочем, и край не всегда бывает

Рис. 379. **Так называемый «цветочный горшок», остаток кораллового острова, разрушенного морем** (по Гохштеттеру)

Рис. 380. **Идеальный атолл** (по Дана)

покрыт живыми кораллами, которые нередко вымирают на значительных протяжениях.

Мелкие известковые обломки покрывают не только поверхность рифа: они надают на его склоны, сглаживая неровпости и заполняя пустоты известковым песком и илом. Этот материал скапливается здесь в огромных массах и образует круто падающие пласты известняка; последние в виде покрова облекают весь риф (Uebergussschichten). Такие же образования наблюдались и в древних коралловых известняках;

таковы, например, доломитовые рифы триасовой системы в Южном Тироле (см. рис. 385).

Созидающая деятельность кораллов и сопровождающих их морских растений и животных продолжается не далее уровня самой низкой воды, а потому непосредственно этим путем не может образоваться островов; процесс их созидания завершают морские волны; они приносят известняковые обломки и отлагают их на поверхности рифа; так образуются более или менее значительные скопления рыхлого материала, поднимающиеся до уровня самых высоких волн. Но остров может расти и дальше: здесь главным деятелем является уже ветер, сгоняющий известковый песок в известные места, где он образует скопления вроде дюн. Благодаря действию воды рыхлые массы затвердевают. Таким образом возникают знаменитые *коралловые острова*; иногда они выступают одиноко в разных частях атолла (рис. 377—378), иногда занимают значительную часть кольца (см. рис. 381), иногда весь атолл становится островом. Море, выдвинувшее эти острова из глубины своих вод, не дает им оставаться пустынными, лишенными жизни; волны приносят

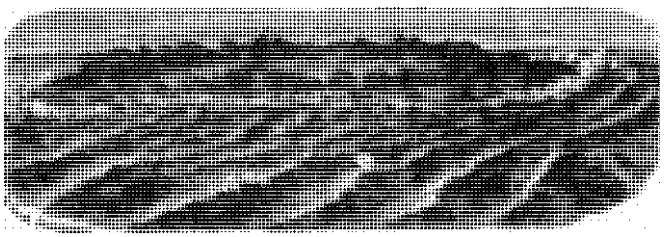


Рис. 381. **Остров Св. Троицы**

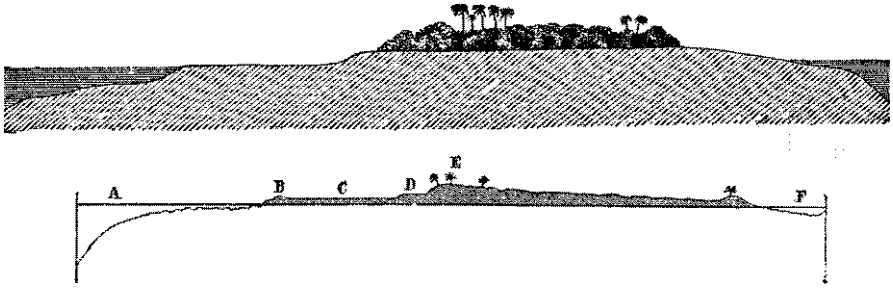



Рис. 382—383. **Разрез кораллового рифа: вода на уровне отлива: слева — открытое море, справа — лагуна** (по Дана)

семена разных растений, главным образом кокосовые орехи; появляются ростки, и скоро вся ярко-белая известковая скала одевается пышной растительностью. Тысячи людей заселяют коралловые острова Тихого и Индийского океанов. Но эти узкие полосы известковой земли могут существовать только под защитой создавших их крошечных организмов,— кораллов и нуллипор, и если последние вымирают, остров быстро разрушается действием морских волн. Так исчезли многие из коралловых сооружений, и только незначительные развалины свидетельствуют об их прежнем существовании (рис. 379). Сильные приливы и грозные ураганы не раз поглощали население этих островов. Но больше всего бедствий влекут за собой землетрясения. При сильных подземных ударах, часто случающихся у западного берега Южной Америки, море приходит в дикое движение; огромные волны распространяются по всему Великому океану и достигают отдаленных берегов Австралии, Китая и Японии (см. стр. 340); с бешеной силой устремляются они на коралловые острова, затопляют и опустошают их.

Форма и величина атоллов чрезвычайно разнообразна; они выступают в виде округлых, эллиптических и неправильных колец и иногда обладают диаметром в несколько английских миль, иногда же достигают 30, 60 и даже 80 миль в поперечнике. При такой громадности атолла, ширина самого рифа весьма незначительна и обыкновенно колеблется между $^1/_4$ и $^1/_2$ англ. мили. Наружный край, выступающий из воды только во время глубокого отлива (A на рис. 382—383), состоит из обширных колоний поритов и милленор, между которыми проходят глубокие

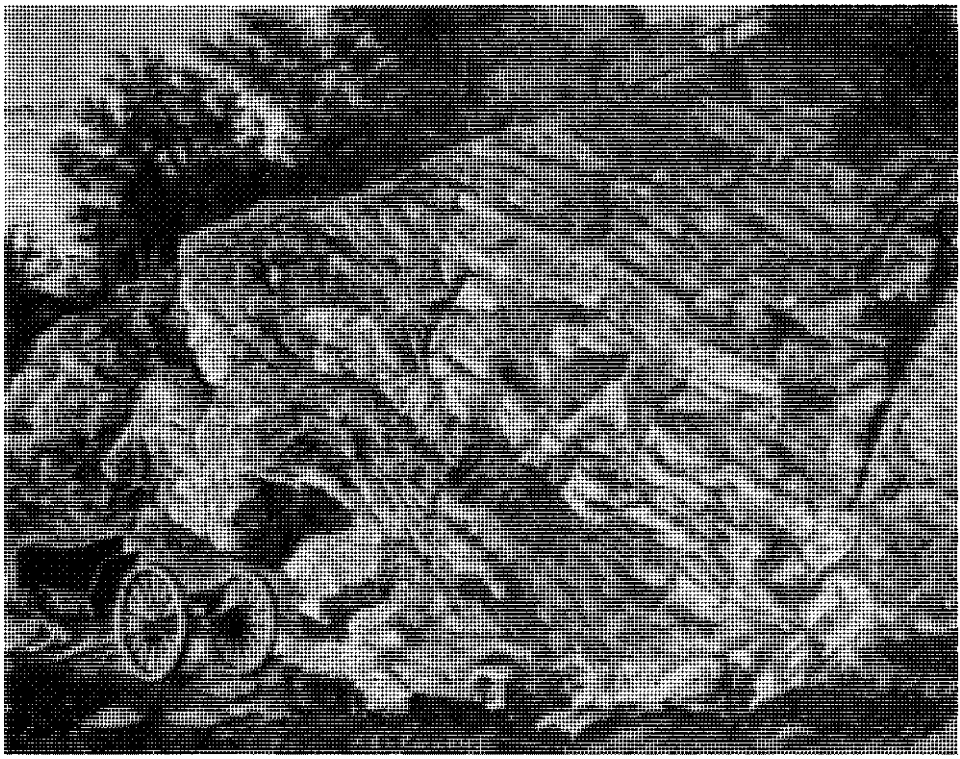


Рис. 384. **Наклонные пласты рифового известняка на Бермудских островах** (по Уивиллю Томсону)

каналы. Этот край атолла ограничивается с внутренней стороны узкой полосой известковых водорослей, которые защищают коралловое сооружение от морских волн и образуют вал до 1 м высотой (B). За валом лежит плоская поверхность рифа (C) с горизонтальными пластами кораллового известняка. На этой поверхности, заливаемой водой во время прилива, выступают острова в 200—300 м от края рифа. Далее поднимается крутой выступ в 2—3 м высотой (D), остающийся сухим даже во время высоких приливов; на нем иногда мы находим затвердевшие скопления кораллового песка (E), уровня которых достигает вода только во время сильных бурь; здесь развивается паземная растительность (см. рис. 382), и здесь островитяне строят свои дома.

Геолог, на долю которого выпало счастье посетить один из таких островов, с удивлением исследует плотные коралловые известняки: они напоминают отложения древних периодов, и присутствие их на острове, который недавно вы-

двинулся из недр моря, является поразительным. Характер залегания этих пород также своеобразен. Ветер несет на острова рыхлый известковый песок и образует дюны; при каждом новом порыве бури откладываются повые пласты мелкозернистого материала. Так образуется известково-песчаный холм, который действием просачивающейся воды обращается в плотный известняк; пласты последнего обладают чрезвычайно крутым падением. С поразительной отчетливостью выступает это явлепие на Бермудских островах; рис. 384 представляет пример таких навеянных ветром пластов.

Рис. 385. **Облекающие пласты шлернского доломита близ Пордойского перевала в Южном Тироле** (по Мойсисовичу)

Внутри рифа располагается спокойная лагуна с ее ровной поверхностью воды. Здесь также живут кораллы, но уже других видов. Лагуна защищена от сильных бурь, и дно ее покрыто мелким известковым песком и илом. Здесь обитают многочисленные представители животного мира: двустворчатые, брюхоногие, иглокожие и др. В редких случаях, как, например, на острове Св. Троицы (рис. 381), риф образует замкнутое кольцо, обыкновенно же последнее прорезывается каналами, нередко значительной глубины и ширины; суда свободно проезжают здесь и находят в лагуне покойную гавань. Образование этих каналов относится к тому времени, когда существовал в середине древний остров, окруженный барьерными рифами; в тех местах, где ручьи и реки несли в море пресную воду, риф прерывался, и эти-то разрывы сохранились в виде каналов и после исчезновения центрального острова.

## Участие корненожек в образовании известняков. Белый глубоководный ил

Несмотря на громадность современных коралловых сооружений и на большие массы древних коралловых известняков, распространение животных, созидавших эти породы, довольно ограничено. Иное следует сказать о тех известковых отложениях, которые состоят из скорлупок корненожек (рис. 392—396), стоящих в своей организации значительно ниже кораллов.

Долгое время ученые не подозревали о существовании этих животных. В 1731 году итальянский исследователь Беккари заметил при помощи лупы в морском песке на берегу Равенны огромное множество мелких известковых скорлупок; последние скоро были найдены в разных других местах, и мало-помалу установилось убеждение, что эти образования являются самыми распространенными во всех морях. О громадности их можно судить по следующим данным: Макс Шульц исследовал песок в Моло-ди-Гаета вблизи Неаполя и, отделив крупные его зерна, нашел в 1 унции около $1^1/_2$ миллиона таких скорлупок; в общем они составляли около половины всей массы взятого песка.

Вблизи берегов скорлупки корненожек почти всегда перемешаны с песком и илом, и только в немногих местах они отлагаются самостоятельно. Этим прибрежным накоплениям относительно больших корненожек, по-видимому, родственны отложения древних периодов, которые с давних времен привлекали внимание ученого мира, и особенно так называемые нуммулитовые известняки начала третичного периода (рис. 397). Эти мощные отложения состоят почти исключительно из больших корненожек, называемых нуммулитами. Распространение современных образований этого рода довольно ограничено, но нуммулитовые известняки минувших эпох развиты на всем пространстве от Пиренейских гор до Великого океана и в некоторых местах образуют значительные горы. Другие известняки третичного возраста состоят из альвеолин, а известняки каменноугольного периода — из фузулин. В Парижской котловине крошечные корненожки образуют пласты известняка, из которых построена большая часть столицы Франции.

Огромное распространение третичных нуммулитовых известняков и каменноугольных фузулиновых образований является исключительным: корненожки прибрежной полосы и мелководных частей океана образуют сравнительно небольшую часть современных осадков. Наоборот, в глубоких областях океана, куда не достигают механические осадки, дно покрыто отложениями, которые на огромных пространствах состоят из скорлупок корненожек.

Уже давно при исследовании различных частей океана лот извлекал осадки, состоящие главным образом из корненожек, но эти находки обращали мало внимания; когда Форбс исследовал Эгейское море (в 1843 г.) и на глубине более 500 м не нашел никаких признаков животной жизни, тогда распространилось убеждение, что глубоководные части океана лишены всякого населения. Несмотря на ошибочность этого вывода, исследования Форбса имели громадное значение: они показали, что различные виды животных живут лишь на известных глубинах, и что, направляясь от берега к глубокому морю, можно установить ряд поясов с различным населением; с тех пор учение о вертикальном распространении живот-

ных запяло видное место в зоогеографии и оказало огромное влияние на развитие геологии и палеонтологии.

Однако предположение, что глубокие части океанов также бедны организмами, как Эгейское море, оказалось неправильным: мало-помалу накоплялось все больше и больше фактов, которые доказывали противоположное, но только исследования Сарса

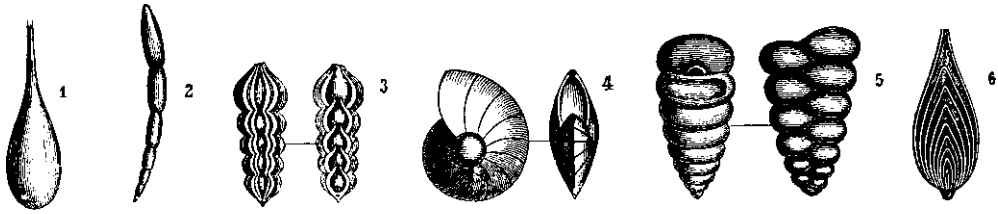



Рис. 386—391. **Различные корненожки в сильно увеличенном виде: 1) Lagena, 2) Dentalina, 3) Nodosaria, 4) Cristellaria, 5) Textularia, 6) Frondicularia**

и Торелля, как бы по мановению волшебного жезла, сразу пролили свет па жизнь глубоководных частей океана и дали сильный толчок к изучению их; с тех пор было произведено много плодотворных исследований этого рода. Прежде всего в Северной Америке были снаряжены экспедиции для изучения занадной части Атлантического океана от Вест-Индии на север; в Германии были произведены чрезвычайно важные изыскания Балтийского и Немецкого морей; но первое место в ряду таких предпрнятий принадлежит Англии, где Карпентер, Гуип Джеффрейс и главным образом Уивилль Томсон руководили научнымн экспедициямн. Мпогочисленные поездки судов Лайгтпинг и Поркюпин имели целью изучение Атлантического океана от Ферерских островов до Гибралтара и Средиземного моря до Мальты. Огромное значенне имела экспедиция «Чаллэнджера» под начальством Томсона; участниками ее состояли многие естествоиспытателн, располагавшие всеми научными средствами; в течение трех лет они исследовали Атлантический и Великий океаны вплоть до Южного Ледовитого моря. Далее следует отметить работы немецкого военного судна «Газель» в Атлантическом, Великом и Индийском океанах, а также экспедиции американских судов «Тускарора» в Великом океане и «Черный»—в Антильском море. Итальянские суда «Вашнигтон» и «Веттор Пизани», французский корабль «Работник» и австрийский «Пола» исследовали Средиземное море; князь Монакский Альберт совершил ноездку но Атлантическому океапу, а русские ученые исследовали Черное море. Наконец, большое значепне имели поездки немецкого судна «Националь», посвященные исключительно исследованию растений и животных на поверхности моря; отсюда экспедиция эта и получила название «планктонпой».

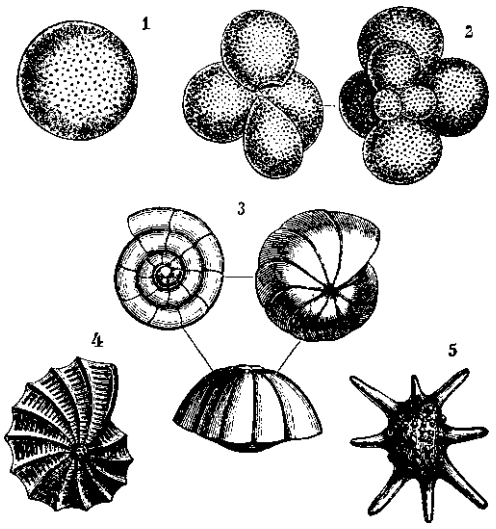



Рис. 392—396 **Различные корненожки в сильно увеличенном виде: 1) Orbulina, 2) Globigerina, 3) Rotalia, 4) Polystomella, 5) Calcarina**

Этимии исследованиями начинается в геологии и в физической географии моря новая эра; факты накапливаются столь быстро и ведут к таким многочисленным и ценным выводам, что в иастоящую минуту нельзя еще определить всего громадного значения этих исследований.

Задачи, которые должны были разрешить экспедиции последних лет, чрезвычайно разнообразны: нредметом их исследований были состав морской воды и ее удельный вес, содержание газов и распределение температуры, глубина океана, рельеф дна и осадки, покрывающие его, организмы, нринимающие участие в их образовании и целый ряд других явлений. Для вонроса, который занимает нас в настоящую минуту, чрезвычайно важны те исследования, которые были произведены при помощи особых неводов, так называемых драг.

Устройство этого снаряда чрезвычайно просто: это треугольная или четырехугольная стальная рама в $1\,^1/_2$ м длиной и $^1/_2$ м шириной; она снабжена мешком, достигающим в длину $1\,^1/_2$ м; внизу укрепляется большой прут, на котором висит несколько пеньковых кистей; волочась но дну, они зацепляют множество различных животных, и цоследние выносятся на поверхность совершенпо пеповрежденными (см. рис. 398—399). С успехом пользовались также и другого рода неводом, который представляет кошель с тяжелой железной рамой у его отверстия; эта рама состоит из двух больших стремян в 1,2 м длиной и 0,8 м шириной; они соединяются посредством двух железпых трубок, каждая в 3 м длиной. Такие снаряды спускаются на проволочных канатах и при движении корабля волочатся по дну моря; по истечении некоторого времени, когда кошель успеет наполниться илом и животными, обитающими на дне, его извлекают па поверхность и содержимое подвергают исследованию. В новейшее время пользуются, кроме того, особого рода вершами, которые оставляются на дне в течение 10—12 часов.

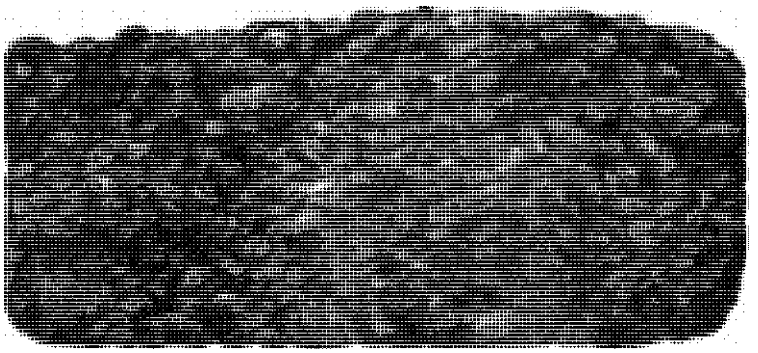


Рис. 397. **Нуммулитовый известняк**

В коротком описании эти исследования кажутся чрезвычайно простыми, но в действительности нриходится бороться с целым рядом трудностей, и успех зависит часто от счастливой случайности. Драгу приходится опускать иа глубииу до 1 мили: раскручивание и вытягивание огромного каната представляется делом далеко непростым. Канат проходит через блок, укрепленный на большой рее, драга перебрасывается через борт и сначала падает под влиянием собственной тяжести; по через некоторое время канат перестает дальше опускаться, и приходится подвешивать прибавочную тяжесть (100—150 гер.). На протяжении всего каната укрепляются на известных расстояниях небольшие сети, которые должны захватить животпых, плавающих на различной глубине. Он вытягивается при помощи паровой лебедки, и целые часы проходят, прежде чем окоичится эта тяжелая работа. Ме-

шок извлекается на поверхность, и содержимое его подвергается исследованию. Часто, однако, все труды не увенчиваются успехом: иногда канат оказывается коротким и не достигает дна, иногда подводное течение выбрасывает из драги все, что попадает в нее, иногда и другие случайности мешают успеху.

Как ни трудны подобные исследования, тем не менее добытые уже результаты чрезвычайно ценны; они показывают, что на глубинах, куда не проникает ни один луч солнечного света и где царит давление в 10 миллионов кгр. на 1 кв. м, существует богатое население. Особенно важное значение имеют для нас данные об образовании известковых осадков низшими организмами.

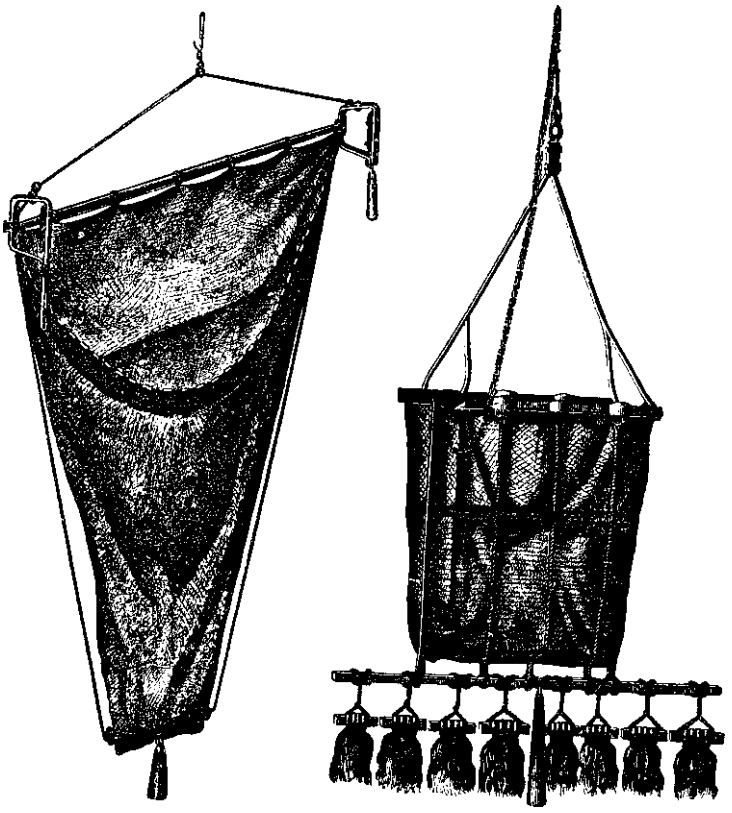


Рис. 398—399. **Драга, употребляемая при исследовании морского дна**

Как было упомянуто выше, обыкновенный песок и ил осаждаются в узком прибрежном поясе. За пределами последнего и до глубины 2200 сажень (около 4000 м) дно моря почти повсюду покрыто своеобразным известковым осадком, который приобретает особенно широкое распространение в Атлантическом океане. Свежий ил, добытый отсюда, представляет желтоватую или слегка сероватую липкую массу, которая при высыхании белеет и получает вид обыкновенного мела; микроскопическое исследование показывает, что этот ил состоит исключительно из остатков мельчайших организмов.

Главное участие в его образовании принимают корненожки: первое место следует отвести роду Globigerina, вследствие чего и сам ил называется глобигериновым; далее видная роль принадлежит родам Orbulina и Pulvinulina. Отчасти мы находим здесь вполне сохранившиеся экземпляры, отчасти более или менее значительные обломки, измененные действием морской воды. Скапливаясь на дне моря в огромных массах, они дают начало широко распространенным известковым отложениям.

Когда был открыт этот замечательный факт, явился вопрос о происхождении рассматриваемых морских осадков,—живут ли корненожки на дне океана, или они плавают близко к поверхности, и скорлупки их после смерти своих обитате-

лей падают вниз. Многие годы были потрачены на уяснение этих вопросов, и теперь их можно считать окончательно решенными. Исследования «Челленджера» показали, что глобигерины принадлежат к пелагическим организмам, живущим в верхних частях моря (к планктону). Поверхности их крошечных скорлупок покрыты длинными известковыми иглами, которые помогают животным держаться в воде (см. стр. 7 и рис. 400). Умершие глобигерины и орбулины падают на дно непрерывным дождем, их иглы обламываются, и скорлупки их, погружаясь вниз, все более растворяются морской водой. Вследствие этого глобигерины, скапливающиеся на дне, обладают матовыми разрушенными поверхностями и не имеют игл.

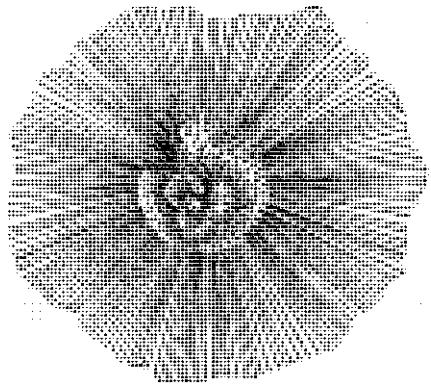


Рис. 400. **Orbulina с известковыми иглами** (по Бютшли)

Однако глобигериновый ил образуют не исключительно названные роды корненожек. Наряду с ними находятся многочисленные остатки других животных, выделяющих известь (см. рис. 406) и даже кремнистые скорлупки радиолярий, которые впрочем играют подчиненную роль. Чрезвычайно важное участие в составе белого известкового ила принимают мелкие тела, видимые только при весьма сильных увеличениях; они обладают формой кружков или палочек и носят название кокколитов, коккосфер и рабдолитов. *Кокколиты* являются в виде круглых или эллиптических известковых пластинок с ядром в середине и даже при увеличении в 1000 раз обладают чрезвычайно малыми размерами (см. рис. 401—405); под именем же *рабдолитов* разумеют мелкие известковые палочки, которые иногда соединяются в шарообразные массы, так называемые *рабдосферы*.

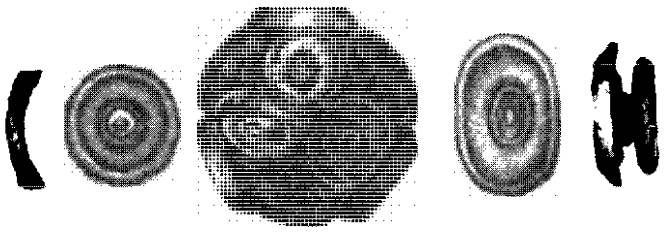


Рис. 401—405. **Кокколиты и коккосферы, увеличенные в 1000 раз**

Относительно происхождения этих крошечных тел долгое время царило заблуждение, вызванное слишком поспешным стремлением оправдать теорию Дарвина в самом ее основании. Первые микроскопические исследования белого глубоководного ила были произведены над материалом, который сохраняли в очень крепком спирте. В массе ила были найдены клочья своеобразной слизи, заключавшей в себе множество кокколитов; эта слизь была принята за белковое вещество протоплазму, с которой она представляла много сходства; отсюда был сделан вывод, что дно моря покрыто сплошной массой этого органического вещества, лишенного всякого строения и всякой внешней формы; предполагалось, что она образуется здесь непосредственно из неорганических соединений, а рабдолиты и кокколиты рассматривались как внутренние выделения этого простейшего организма, получившего название «батибия» (т.е. живущий в глубине). При этом невольно припоминались старинные гипотезы Окена и других натурфилософов, которые полагали,

что на дне моря образуется из неорганических веществ нервобытная слизь, которая дает начало всему живому. Таким образом связь между органическим и неорганическим миром была найдена, и загадка о происхождении жизни решена. Но к сожалению вся теория оказалась глубоким заблуждением, и батибии, после «кратковременного, но блестящего существования» были вычеркнуты из списка живых существ.

И в этом вопросе экспедиция «Чаллэнджера» имела весьма важное значение. Несмотря на самые тщательные исследования, в свежем иле не было найдено и следов «батибия»; но стоило только положить его в крепкий спирт, и своеобразные

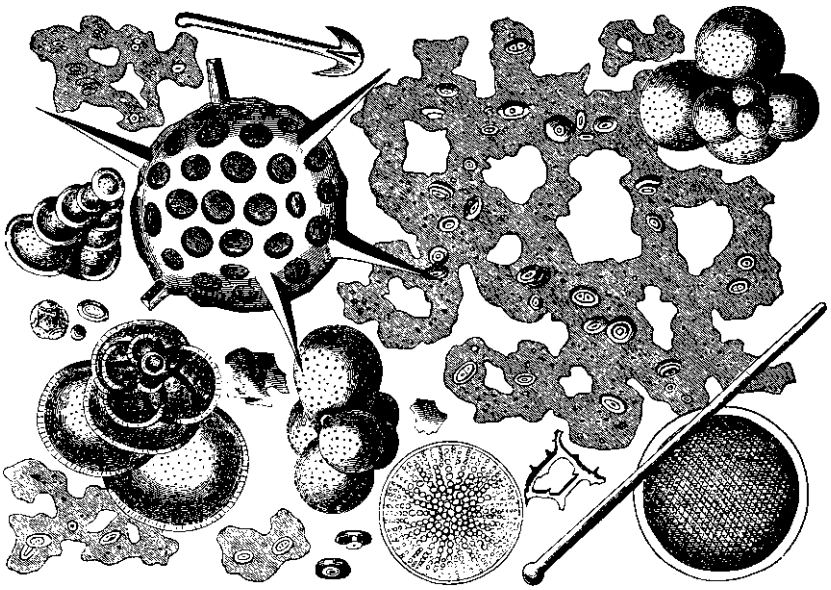


Рис. 406. **Глубоководный ил с корненожками, радиоляриями, диатомовыми, остатками губок, кокколитами и батибием** (по Геккелю)

хлопья тотчас же являлись. Загадочная слизь была подвергнута химическому исследованию и оказалась хлопьями гипса, который под микроскопом обнаруживает большое сходство с протоплазмой. Как известно, морская вода содержит значительные количества гипса, который в спирте почти нерастворим, а потому при прибавлении последнего морская вода дает осадок. Что же касается кокколитов и рабдолитов, которые биллионами и триллионами покрывают дно, то они оказались пелагическими водорослями, которые лучше всего развиваются в течениях открытого океана и подобно корненожкам после смерти падают на дно.

Наряду с бесчисленными остатками известковых организмов в глобигериновом иле нередко встречают тела, состоящие из кремнекислоты. Прежде всего следует указать остатки губок. Твердый скелет морских губок состоит из рогового вещества (обыкновенные «греческие» губки), извести или кремнекислоты. Роговые и даже известковые губки плохо сохраняются; иное следует сказать о кремневых губках, скелеты которых состоят из весьма больших и очень разнообразных по форме игл, которые срастаются друг с другом самыми различными способами. Еще недавно полагали, что кремневые губки принадлежат к вымершим видам и что в настоящее время наблюдаются только весьма редкие

представители их; однако новейшие исследования показали, что так называемые *«стеклянные»* губки (рис. 409—410, фиг. 2) чрезвычайно многочисленны и имеют широкое распространение в глубоких морях. Но в еще большем количестве эти своеобразные существа заселяли моря минувших эпох.

После смерти животного его кремневый скелет в большинстве случаев распадается на отдельные иглы. В настоящее время их находят на дне моря в незначительном количестве, но не так было прежде: как показали исследования Гюмбеля и Циттеля массивные породы Средней Германии и Карпат целиком состоят из таких игл (рис. 409—410, фиг. 1).

Гораздо большее распространение в современных морях имеют так называемые радиолярии; эти животные близки к корненожкам, но обладают более высокой организацией; их нежный кремневый скелет представляет чрезвычайно разнообразные формы: иногда это — решетчатые шарики, или колокола, скучивающиеся в огромном множестве, иногда — просто сонление многочисленных игл. Подобно глобигеринам и орбулинам они также плавают в морской воде и, падая после своей смерти на дно, принимают известное участие в образовании глобигеринового ила. В некоторых странах они скапливаются в виде самостоятельных отложений, о которых мы будем говорить в следующей главе. Наконец, кремневые части белого глубоководного ила содержат также нежные створки кремнеземок или диатомовых водорослей. Все эти виды весьма распространены в море, но они только в редких случаях образуют сплошные кремнистые отложения, вроде тех, какие мы наблюдаем на границе Южного Ледовитого океана: Диатомовые живут также и в пресной воде, где они образуют полировальные сланцы (подобные тем, какие находятся у Билина в Чехии), и рыхлые кремнистые отложения (трепел) состоящие из отдельных палочек и представляющие по своему виду известное сходство с мелом. Большая часть Берлина подстилается этой породой, находимой также в северогерманской равнине и в других местах.

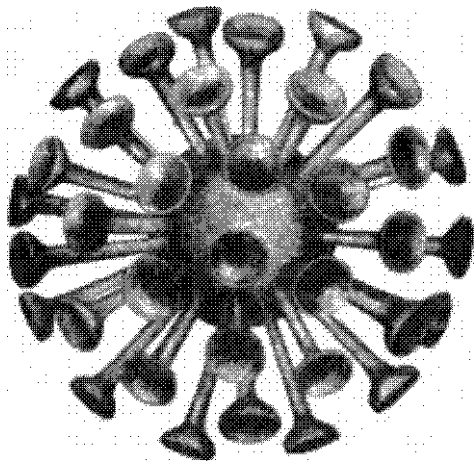


Рис. 407. **Рабдосфера, сильно увеличенная** (по Уивиллю Томсону)

В современных морях не существует известковых осадков, которые обладали бы таким громадным распространением, как глобигериновый ил; это заставляет предположить, что и в прежние периоды жизни земли существовали подобные образования. Таким образованием является *белый мел* (рис. 408), распространеиный от Англии и Скандинавского полуострова до Северной Африки и Сирии. И здесь главную массу породы образуют корненожки и кокколиты, хотя представителями нервых являются уже другие виды, имеино Textularia и Rotalia (рис. 386—391). Подобно глобигериновому илу, мел содержит кремнекислоту органического происхождения в форме желваков кремния. Материал для образования последних доставляли скелеты и иглы губок, радиолярий и диатомовых.

Еще более близки к белому глубоководному илу плотные красные и белые

известняки, встречающиеся, главным образом, в Альпах. При исследовании под микроскопом эти породы оказываются совершенно свободными от механических примесей; они состоят из корненожек и кокколитов, среди которых понадаются также и радиолярии. В этих известняках встречается вымершая группа головоногих,—так пазываемые аммониты (стр. 42); одни экземпляры их сохранились прекрасно, на других же видны следы происходившего растворения. В некоторых известняках раковицы аммонитов даже вовсе отсутствуют, и вместо них мы встречаем в огромном множестве так называемые аптихи, т.е. труднорастворимые крышечки этих животных. Иногда наблюдается переход аммонитовых и аптиховых известняков в радиоляриевые породы, что еще больше увеличивает их сходство с глобигериновым илом, который связывается с радиоляриевым илом рядом переходных членов. Присутствие марганцовых конкреций указывает на глубоководное происхождение аммонитовых известняков: по крайней мере, широкое распространение таких конкреций в глубоких частях океана доказано исследованиями «Челленджера».

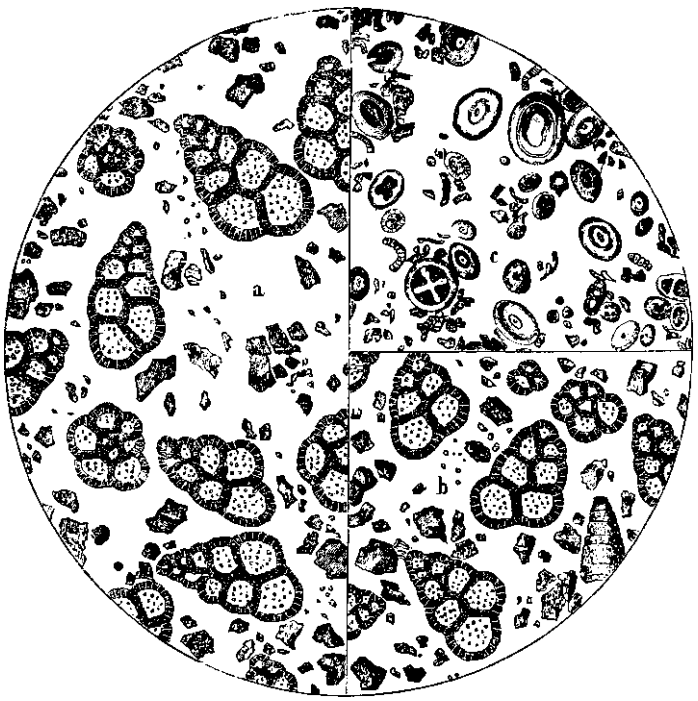



Рис. 408. **Белый мел: a) из Суссекса, b) из Ливийской пустыни (увеличение в 150 раз), c) высушенный осадок взмоченного в воде мела при увеличении в 1200 раз** (по Циттелю)

Вблизи материков глобигериновый ил перемешивается с песком и голубым илом и дает начало любопытному образованию, известному под названием глауконитового песка. Под именем глауконита разумеют железисто-калиевый силикат, находящийся в соединении с глиноземом, окисью магния (магнезией) и окисью кальция (известью): в горных породах он образует ту массу, которая заполняет скорлупки корненожек. Это явление повторяется и в современных морях: действием органического вещества глауконит отлагается внутри скорлупок, которые составляют около 40—50% всей массы глауконитового песка. Таким образом глауконитовый песок является отчасти органогенной, отчасти кластической, отчасти химической породой и по своему залеганию также занимает промежуточное положение; он имеет широкое распространение на границе глубоководных и мелких частей океана. Особенно любопытно, что породы, сходные с этим образованием, находятся во всех системах, начиная с кембрийской и кончая третичной.

## Красная глубоководная глина и радиоляриевый ил

В наиболее глубоких частях океана скорлупки глобигеринового ила становятся все менее явственными. и количество их значительно уменьшается; наконец, в 4000 м от поверхности океана они совершенно исчезают. Место глобигеринового ила застунает пластическая *глубоководная красная глина*, в которой корненожки уже совершенно от-

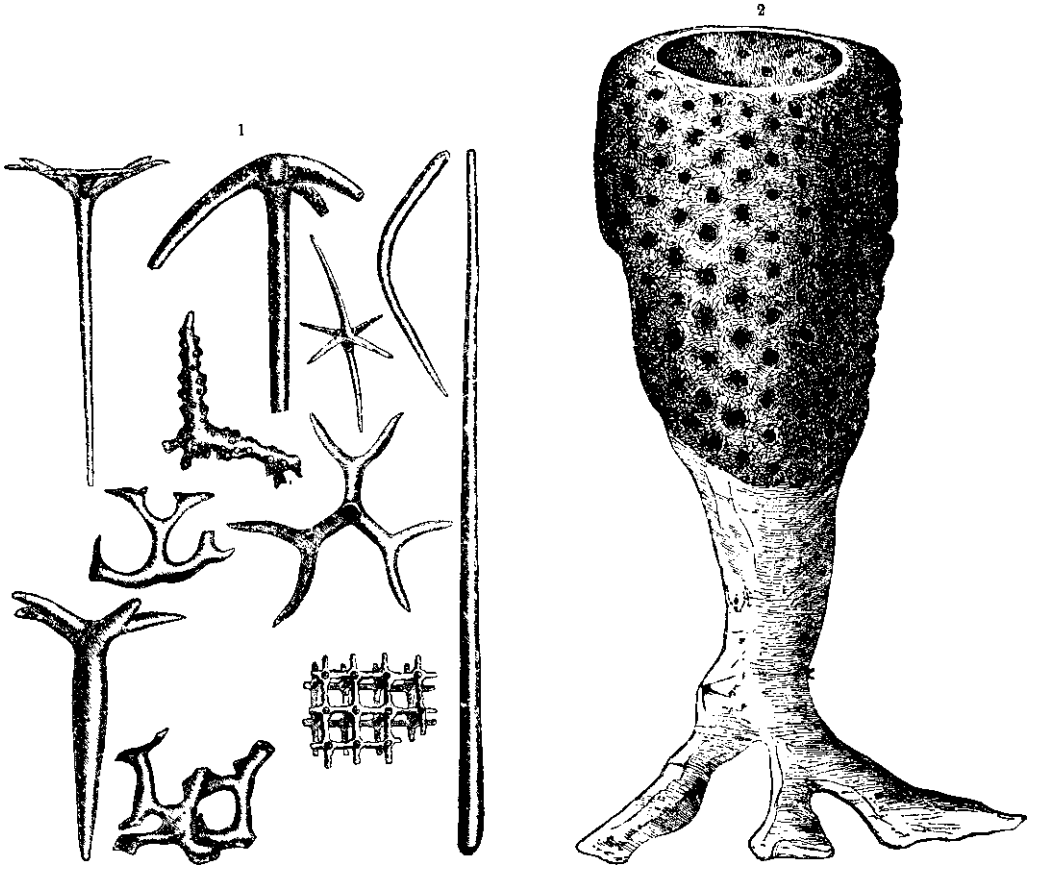



**Рис. 409—410. 1) Иглы губок (по Цителю), 2) Стеклянная губка из глубоководного моря**

сутствуют. Хотя последние распространены на поверхности всего моря и должны падать на дно повсеместно, тем не менее на больших глубинах их присутствие доказать не удалось. Этот на первый взгляд загадочный факт может быть объяснен следующим образом: на значительных глубинах вода содержит много углекислоты и производить страшное давление, вследствие чего скорлупки корнепожек должны растворяться. Подтверждением этой догадки служат образования, представляющие переход от глобигеринового ила к красной глине глубокого моря: находимые в них скорлупки имеют вид разъеденных кислотой.

Материал, из которого образовались красные глины глубокого моря, имеет разнообразное происхождение. Главные массы их состоят из *вулканических продуктов*: микроскоп показывает в них присутствие вулканического пепла и мелких частичек пемзы. Мы уже знаем, что вулканический пепел уносится на огром-

ные расстояния и что после извержений обширные пространства морской поверхности бывают покрыты пемзой, которую ветер и волны разбрасывают во все стороны. Куски пемзы трутся друг о друга, раздробляются в мелкие частицы и медленно падают на дно. Подводные извержения также доставляют огромные количества вулканического материала.

В красной глубоководной глине найдены также мелкие магнитные шарики, содержащие шреберзнт. Так как этот минерал встречается только в метеоритах, то названные шарики считают *космической пылью*. Само собой разумеется, что мелкораздробленные вулканическне нродукты и космическая ныль, распространяясь повсеместно, должны нонадать и в глобигериновый ил, но здесь они совершенно теряются в массе другого материала и могут сканливаться только на значительных глубинах. Красная глина, чернающая материал для своего образования из этих скудных источников, должна наростать чрезвычайно медленно. Нередко в отложениях глубокого моря находятся в большом числе зубы акул, различные кости и главным образом слуховые косточки китов, наконец, марганцовые конкреции, встречающиеся также и в глобигериповом иле. Все эти материалы в довольно значительных массах извлекаются со дна моря. Названные части животных падают носле смерти носледних на дно. Так как акулы обладают хрящевым скелетом, то сохраниться могут только их зубы; от китов, остаются кости, но значительная часть их, но-видимому, растворяется морской водой, а потому в осадках глубоководного моря мы паходим только наиболее твердые части скелета, какими и являются слуховые косточки. Много должно пройти времени, пока эти зубы и отдельные кости сконятся в таких огромных количествах.

Некоторые из зубов, находимых в красной глине глубокого моря, обладают огромной величиной и оканчиваются зазубренным краем: эти особенности не позволяют приписать их современным видам; они, видимо, принадлежат той грунне ископаемых зубов, которые находятся в отложениях третичного периода и нринадлежат роду акул, описанному под названием Carcharadon (см. рис. 411). Таким образом тонкий слой красной глины, который может быть захвачен драгой, относится к тому времени, когда жили огромные кархарадонты, т.е., по крайней мере, к плиоценовой эпохе.

Гораздо более раснространены в красной глине остатки организмов с кремнистыми скорлупками, которые не растворяются в воде, содержащей углекислоту. В некоторых местах, особенно в тропических частях Тихого и Индийского океанов, скелеты радиолярий сканливаются в огромных массах и образуют настоящий *радиоляриевый ил*. Последний также содержит зубы акул и марганцовые конкреции и представляет сходство с красной глиной, но залегает на более значительных глубинах.

Существуют ли среди нород, составляющих земную кору, образования, происшедшие также, как и красная глина, в настоящую минуту еще не решено. Наоборот, почти во всех системах известны нороды, чрезвычайно богатые радиоляриями; таковы яшмы, роговики, кремнистые сланцы и кремнистые известняки. Некоторые из этих отложений содержат огромные количества корненожек и даже раковины двустворчатых; сюда относятся, например, третичный трепел острова Барбадоса, Орана в Алжире, Кальтапизетты в Сицилни, острова Эгины в Греции и др. Хотя все нодобные образования нельзя считать отложениями глубокого моря, но весь-

ма вероятно, что некоторые из них произошли из настоящего радиоляриевого ила. Так, например, в юрской системе Альп богатые радиоляриями роговики стоят в связи с известняками и обнаруживают несомненное сходство с глобигериновым илом (стр. 451); наблюдая подобные отложения, невозможно сомневаться, что эти кремнистые породы образовались на дне глубокого моря.

## Доломит

Наблюдения над теми процессами, которые совершаются ныне в морях озерах, ключах и реках, позволяют выяснить происхождение значительной части осадочных пород; впрочем, последняя задача решается не всегда просто: так например, несмотря на все старания геологов и химиков, до сих нор остается неясным происхождение доломита: эта порода во многих отношениях уклоняется от типа осадочных образований и может быть отнесена к другим группам.

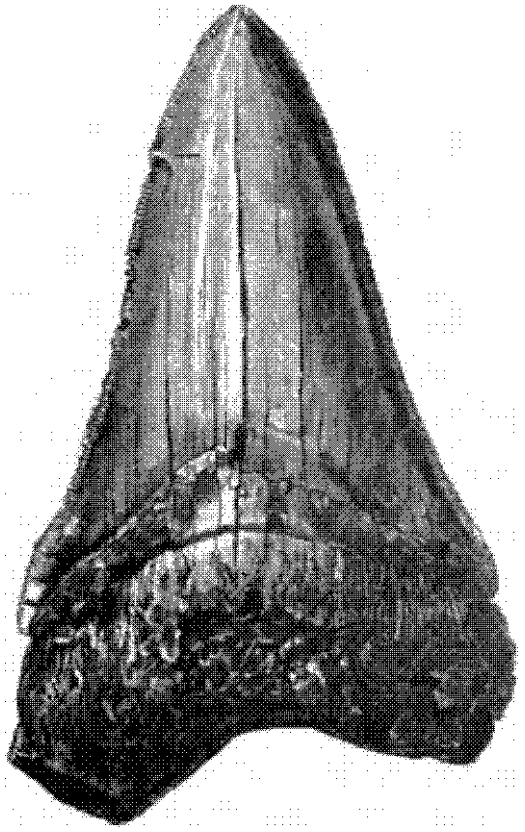


Рис. 411. **Зуб хархарадонта из третичных глин Бадена близ Вены**

Долгое время доломит совершенно не отличали от известняков. В 1791 г. известный французский минералог *Доломье*, в честь которого и названа рассматриваемая порода, открыл, что некоторые известняки почти не вскипают с кислотами, или вскипают очень слабо, и, сравнительно с мрамором, обладают более высоким удельным весом и более значительной твердостью. Несколько лет спустя было найдено, что доломиты отличаются от известняков и химическим составом: они содержат не только углекислый кальций, но и углекислый магний. В нормальных представителях рассматриваемой породы обе названные соли присутствуют в эквивалентных количествах, т. е. 54,35 процентов углекислого кальция и 45,65 процентов углекислого магния. Наряду с этим встречаются доломиты с меньшим содержанием магния; таким образом порода эта представляет целый ряд постепенных переходов к обыкновенным известнякам.

Доломит, поразивший своими особенностями минералогов, скоро привлек к себе внимание геологов: *Леопольд фон Бух* впервые выдвинул вопрос о способах его происхождения; он указывал, что доломит нельзя относить к группе нормальных осадочных пород; он образовался из известняков путем позднейших изменений. Эта мысль подтверждается целым рядом фактов: доломит

обладает чрезвычайно неясной слоистостью и прорезывается множеством трещин; в сравнении с известняками он характеризуется более явным кристаллическим строением и не содержит окаменелостей или содержит их очень редко.

Предполагаемое изменение известняков Леопольд фон Бух объяснял вулканическими процессами. Исходной точкой его теории служили доломитовые горы южного Тироля, известные своей очаровательной красотой и весьма любопытные с геологической стороны. Нередко здесь залегают над доломитом огромные массы авгито-порфира, одной из пород вулканического происхождения. Леопольд фон Бух предполагал, что одновременно с извержением расплавленных масс из глубины вырвались магнезиальные пары, которые и превратили известняки этой местности в доломиты; в тех областях, где вблизи доломита непосредственно не наблюдается изверженных пород, например, в Франконской Юре, вулканические массы должны находиться на значительной глубине. Эта теория, долго привлекавшая к себе общее внимание, в настоящее время отошла в область истории: трудно предположить, чтобы изверженные породы присутствовали всюду, где мы находим доломиты; с другой стороны, превращение известняков в доломиты посредством магнезиальных паров оказывается маловероятным и с химической точки зрения.

После этого переход известняков в доломиты пытались объяснить действием воды, содержащей в растворе магнезиальные соли. Предполагался следующий химический процесс: сернокислый магний, действуя на известняк, отдает ему окись магния, а освободившаяся серная кислота извлекает из известняка окись кальция и, соединяясь с ней, образует гипс. Но и это объяснение не могло быть удержано: лабораторные опыты показали, что такое превращение невозможно при обычных условиях: оно происходит только при больших давлениях и при температуре более 100°.

Если магний южно тирольских доломитов выделился вместе с извержениями авгито-порфира, то, казалось бы, одновременно с тем, вода должна была нагреться до требуемой температуры. Но стоит только обратить внимание на туфы, которые, несмотря на их вулканическое происхождение, содержат многочисленные окаменелости, то станет ясным, что нагревание воды при извержениях не препятствует даже сохранению животных организмов; с другой стороны, доломиты, которые должны были нагреться, обладают мощностью от 1000 м и простираются от долины Эча до Фриоля; если, наконец, принять в расчет, что главная масса этих пород отложилась только после извержения авгито порфира, то станет ясным, что вышеприведенная теория совершенно не может быть удержана. Несмотря на это, и до сих пор предполагают, что серно-кислый магний так или иначе принимал участие в доломитозировании известняков: присутствие огромных количеств этой соли в морской воде невольно заставляет связывать с ней решение интересующего нас вопроса.

Наконец, превращение известняков в доломиты приписывали действию магнезиальных ключей; они должны извлекать известь и оставлять вместо нее магнезию; с другой стороны, если в известняке имеется примесь магнезии, то вода, при помощи содержащейся в ней углекислоты, будет растворять углекислый кальций до тех пор, пока известняк не превратится в доломит. Такие процессы, действительно, наблюдаются в природе, и небольшие залежи доломита на поверхности и на боках трещин произошли описанным способом (стр. 491); но едва ли объяс-

нение это можно распространить на мощные и широко распространенные массы доломита. Возможность такого превращения исключается сама собой в тех случаях, когда слои известняка и доломита резко отделяются друг от друга или когда они правильно чередуются, залегая один на другом. Резкое разграничение известняков и доломитов должно быть объяснено причинами, которые действовали во время отложения отдельных слоев или непосредственно после их образования. Исследования *Дана* показали, что превращения новообразовавшихся известняков в доломиты возможны и в настоящее время: оказывается, что современный рифовый камень острова св. Матвея состоит из доломита. Подобное же явление было замечено и на других коралловых островах. С другой стороны, было доказано, что некоторые древние доломиты, к числу которых относятся и огромные залежи этой породы в южном Тироле, носят явные следы кораллового происхождения. Известно, что известковые скорлупки некоторых морских организмов содержат углекислый магний, хотя и не в таком количестве, чтобы путем их накоплений могли образоваться доломиты; ввиду этого остается допустить, что серно-кислый и хлористый магний, содержащиеся в морской воде, доставляют главный материал для образования доломитов. Однако сам процесс возникновения последних остается совершенно неясным. Как думает Вальтер, можно и в этом случае искать причину явлений в действии органического вещества: весьма вероятно, что некоторые бактерии обладают специфической особенностью извлекать из морской воды окись магния.

## 8. Массивные горные породы

Состав массивных горных пород.—Химическое и микроскопическое исследование массивных горных пород.—Происхождение массивных горных пород.—Строение массивных горных пород.—Главнейшие типы массивных горных пород.

### Состав массивных горных пород

Осадочные породы сохраняют явные следы их происхождения: все они обладают более или менее ясно выраженной слоистостью. Вторая группа горных пород, к рассмотрению которой мы переходим, лишена этой характерной особенности. Все представители ее обнаруживают однородное строение и прорезываются системами неправильных трещин; иногда они распадаются на правильные отдельные части, но последние обязаны своим происхождением позднейшим процессам, совершавшимся внутри породы. К этой большой группе относятся граниты, порфиры, сиениты, базальты, трахиты, змеевики (серпентины) и др.; все они носят название *массивных горных пород* (см. рис. 412).

Слоистые породы отличаются чрезвычайным разнообразием состава: известняки и доломиты, каменная соль и гипс, каменные угли, глины и глинистые сланцы, песчаники и кварциты,—все это соединения, резко отличающиеся друг от друга. Наоборот, состав массивных пород поразительно однообразен. Все минералы, образующие их, принадлежат к классу силикатов: последние представляют соединения кремнекислоты с разными основаниями, главным образом с глиноземом,

окисью и закисью железа, магнезией, известью, окисями калия и натрия и др. Количество этих составных частей, в разных породах далеко не одинаково: так, например, содержание кремнекислоты колеблется между 40 и 80 процентами, но иногда переходит и за эти пределы. Смотря по количеству этой важнейшей составной части различают породы богатые и бедные кремнекислотой, или иначе,—кислые и основные. Содержание других составных частей также подлежит значительным колебаниям; некоторые из поименованных выше окисей иногда даже вовсе отсутствуют: так напримерз змеевик (серпентин) состоит почти исключительно из кремнекислоты, магнезии, окиси кальция и воды.

Несмотря па указанные различия, состав массивных горных пород весьма однообразен и тем любопытнее колебания составных частей в отдельных минералах. Рассматриваемые породы составляют главный предмет *петрографии*, которая в последнее время, благодаря применению микроскопа, сделала быстрые успехи

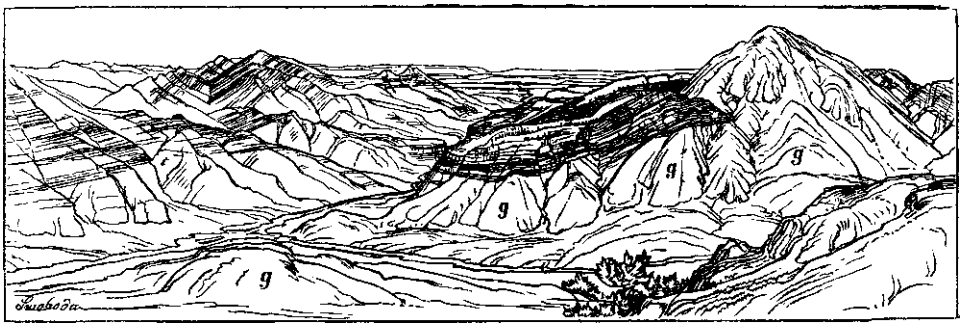



Рис. 412. **Гранит и слоистые горные породы: g—гранит** (по Гайдену)

и приобрела огромное значение. Знакомство с составом горных пород также важно для геолога, как и учение об ископаемых растениях и животных, т.е. палеонтология; но ни тот, ни другой отдел знания не составляют частей геологии: эти чрезвычайно важные вспомогательные науки имеют свою область исследования и пользуются самостоятельными методами в решении своих задач.

Учение о горных породах, или петрография, не что иное, как прикладная минералогия; подобно последней, она руководствуется главным образом законами химии и физики. Поэтому знакомство с минералогией, именно с химическими и физическими свойствами минералов безусловно необходимо для понимания петрографии. Это значительно затрудняет общедоступное изложение предмета: рисунки могут быть полезны только до известной степени, и характеристические свойства горных пород и минералов не передаются этим способом. Указанные трудности исчезают сами собой, если мы зададимся целью представить учение о горных породах лишь в самых общих и наиболее важных чертах.

Немногие горные породы состоят, подобно сернентину, из одного только минерала; значительное большинство их содержит в своем составе целый ряд различных минералов; так, например, гранит состоит из полевого шпата, кварца и слюды; кроме этих главных составных частей, в названной породе встречаются и другие второстепенные минералы; несмотря на незначительное количество, присутствие их в некоторых случаях весьма характерно; так, напримерз в граните

мы находим: апатит, турмалин, эпидот, гранат и др. Первая задача исследователя заключается в определении минералов, которые входят в состав горной породы. Решение ее часто затрудняется незначительной величиной и неясным развитием отдельных минералов; впрочем, число последних в горных породах невелико, и только немногие из них пользуются широким распространением.

Первое место среди породообразующих минералов следует отвести *кварцу*; это — чистая кремнекислота, являющаяся в форме шестисторонних призм или пирамид; впрочем, хорошо образованные кристаллы редко встречаются в горных породах; в большинстве случаев приходится иметь дело с закругленными полупрозрачными или просвечивающими зернами; последние обладают обыкновенно сероватым цветом, стеклянным или жирным блеском и характеризуются раковистым изломом. Кварц отличается своей твердостью; он чертится только немногими минералами, но сам чертит различные полевые шпаты, авгит, роговую обманку. Кварц тверже стали: он не поддается ни острию ножа, ни напильнику.

Второй чрезвычайно важный класс породообразующих минералов представляют *полевые шпаты*; среди них главное место следует отвести *калиевому полевому шпату*, или *ортоклазу*, который состоит из кремнекислоты, глинозема и окиси калия. Он кристаллизуется в формах так называемой моноклинической системы и обладает совершенной спайностью по двум взаимно перпендикулярным направлениям; отбитые по спайности грани представляют совершенно блестящие поверхности; цвет минерала белый, светло-серый, красноватый, красный или даже зеленый со стеклянным блеском. От кварца ортоклаз отличается своими зеркальными плоскостями спайности; в трахитовых горных породах встречается особая разновидность ортоклаза, так называемый санидин, отличающийся весьма совершенным стеклянным блеском и волокнистым строением его пластинчатых кристалликов. Кому приходилось рассматривать горные породы Драхенфельза у Бонны, доставившие материал для некоторых частей Кельнского собора, тот не мог не заметить больших хорошо образованных кристаллов санидина, встречающихся в этой породе.

Другая весьма важная группа полевых шпатов известна под названием *плагиоклазов*; это целый ряд близких между собой, но значительно различающихся по своему составу минералов; по своей кристаллографической форме они напоминают ортоклаз, но принадлежат к триклинической системе. Они также характеризуются весьма совершенной спайностью и по цвету и блеску сходны с ортоклазом; вследствие этого их можно отличить только при очень внимательном исследовании породы: кристаллы плагиоклаза представляют сростки многочисленных пластинок, которые на плоскостях главной спайности обнаруживают слабую штриховку, хорошо замечаемую только при помощи луны.

Следующие два класса породообразующих минералов, так называемые *авгиты* (пироксены) и *роговые обманки*, — также представляют множество разновидностей; они состоят главным образом из извести, магнезии и закиси железа. Существенное различие между авгитом и роговой обманкой заключается в их кристаллографической форме: оба минерала принадлежат к моноклинической системе, но обладают различными углами; авгит характеризуется несовершенной, а роговая обманка весьма совершенной спайностью. Оба минерала обладают в горных породах черным цветом со слабым зеленым оттенком; они легко отличаются

друг от друга по направлению плоскостей спайности, которые у авгита пересекаются почти под прямым углом, у роговой же обманки образуют углы в 124° и 56°.

Если приходится иметь дело с очень маленькими кристалликами, где трудно подметить эту особенность, то минералы могут быть отличены и по другому признаку: плоскости спайности у роговой обманки более блестят, чем у авгита, и только в первом из них замечаются весьма длинные иглы.

В заключение следует сказать о *слюде*. Почти каждому известна способность этого минерала раскалываться на чрезвычайно тонкие прозрачные листки. С научной точки зрения этот класс минералов представляется чрезвычайно сложным; для наших целей достаточно упомянуть о белой и темной слюде, из которых первая носит название калиевой слюды, или мусковита, а вторая — магнезиальной слюды, или биотита.

Кварц, ортоклаз, плагиоклаз, роговая обманка, мусковит, биотит являются наиболее важными составными частями массивных горных пород. Наряду с ними встречаются лейцит, нефелин, гранат, турмалин, диаллаг, эпидот, оливин и магнитный железняк; им принадлежит сравнительно второстепенная роль. Кто умеет отличать главные семь минералов, по крайней мере, в не особенно затруднительных случаях, тот имеет полную возможность определить наиболее распространенные крупнозернистые горные породы и, не будучи геологом по своей специальности, может при путешествии в далекой, редко посещаемой стране сделать весьма ценные наблюдения. Приобрести такой навык в распознавании минералов весьма нетрудно, если иметь под рукой небольшую коллекцию минералов. Но очень часто породообразующие минералы встречаются в виде таких мелких частичек или зерен, что нет никакой возможности различить их невооруженным глазом или даже при помощи лупы; в некоторых случаях отдельные составные части невидимы вовсе, и горная порода представляется однородной массой. В таких случаях необходимо воспользоваться уже более сложными приемами, которые, впрочем, имеют применение и при изучении крупнозернистых пород.

## Химическое и микроскопическое исследование массивных горных пород

При точном изучении горной породы необходимо обстоятельное физическое и химическое исследование ее. Химический состав определяется весьма просто: для этого берут кусок свежей невыветрившейся породы и, измельчив его в порошок, анализируют по правилам химии. Гораздо труднее установить минералогический состав. Если приходится иметь дело с породой, которая состоит из более или менее значительных частичек минералов (напр. гранит), то добыть свежий материал нетрудно, хотя и здесь необходимо микроскопическое исследование для определения посторонних подмесей; но если порода мелкозерниста, то даже самые изящные методы не приводят к решению задачи. Если удастся определить химический и минералогический состав горной породы, то можно вычислить, в каком количестве входят в нее отдельные минералы.

Важное значение имеет и исследование породы под микроскопом. Для этого необходимо приготовить тонкий прозрачный шлиф, что достигается следующим об-

разом: отбивают кусок исследуемой породы в форме более или менее совершенной плитки и шлифуют его при помощи стальной пластинки, посыпанной наждаком, до тех пор, пока одна его сторона не сделается совершенно ровной; шероховатая поверхность последней сглаживается на матовом стекле при помощи более мелкого наждака и, наконец, полируется глянцевитой бумагой. Отшлифованная поверхность наклеивается на обыкновенное предметное стеклышко; для этого последнее нагревается и смазывается канадским бальзамом; исследуемая порода, также нагретая на газовой или спиртовой горелке, накладывается на стекло; когда бальзам застынет, она плотно пристанет к предметному стеклышку. При выполнении этой операции неизбежны известные предосторожности: необходимо, чтобы бальзам обладал должной густотой, не был бы слишком перегрет или недогрет: застывший бальзам не должен поддаваться давлению ногтя и растрескиваться при скоблении ножом. Вследствие слабого нагревания, он становится слишком мягким, а вследствие сильного — чересчур хрупким; и в том, и в другом случае препарат погибает, так как при дальнейшем шлифовании пластинка горной породы растрескивается. Кроме того, необходимо, чтобы в слое бальзама не было пузырьков воздуха; если они появились, то нужно немного нагреть препарат и, тихо вращая его в разные стороны выгнать газ. После этого обрабатывается описанным выше способом неотполированная сторона исследуемого бруска: предметное стеклышко держат пальцами и водят препарат по железной пластинке, посыпанной наждаком; шлифовка продолжается до тех пор, пока пластинка не приобретет достаточной тонкости: препарат должен быть настолько прозрачен, чтобы сквозь него можно было прочитать обыкновенный печатный шрифт. Приготовленная пластинка промывается и исследуется при помощи лупы; если шлифование продолжать слишком долго, то можно стереть всю породу: остается пустое предметное стеклышко. Имея дело с темными породами, очень трудно достигнуть желаемой прозрачности препарата; когда следует в таких случаях прекратить шлифование, можно судить только по навыку. Вообще приготовление шлифов, удобных для микроскопического исследования, дело далеко нелегкое, и прежде чем занимающийся овладеет им, он затратит немало времени и труда.

Когда шлиф приобретет надлежащую прозрачность, его снимают с исцарапанного стеклышка и наклеивают на другое; от приставшего наждака он очищается кисточкой, смоченной в воде. С обратной стороны на препарат наклеивается покровное стеклышко, причем выступивший наружу бальзам удаляется; на предметном стекле помещается ярлык с обозначением названия породы и ее местопахождением.

При микроскопическом исследовании тонких шлифов можно определить составные части так называемых афанитических пород, которые кажутся на первый взгляд однородными; с другой стороны, и крупнозернистые породы обнаруживают под микроскопом целый ряд особенностей, которые имеют весьма важное значение для выяснения происхождения горных пород. Введение микроскопа совершенно преобразовало петрографию и дало сильный толчок к поразительно быстрому развитию ее. До этого совершенно пренебрегали минералогическим составом горных пород и ограничивались исследованием только химического состава их. Главная заслуга введения нового метода принадлежит английскому исследователю Сорби: он впервые исследовал тонкие шлифы горных пород, выяснил значение микроскопа и произвел при его помощи целый ряд важных наблюдений; первая его статья

по этому вопросу была опубликована в 1851 году. Однако новое направление в науке утвердилось только после того, как Циркель начал свои работы; этот ученый не только усовершенствовал сам метод и получил при его помощи ценные результаты, но и способствовал утверждению общей уверенности, что изучение горных пород невозможно без микроскопа.

В известном смысле тонкий шлиф не вполне характеризует горную породу: исследуя его, мы видим отдельные минералы в разрезе и не получаем представления об их форме; этот недостаток искупается не столько увеличением объекта, сколько возможностью применить к его исследованию *поляризованный свет*. Мы не можем здесь останавливаться на поляризации света: этот вопрос принадлежит к числу труднейших вопросов оптики и уясняется только строго математическим путем. Свет есть волнообразное движение частичек эфира, который колеблется обыкновенно во всевозможных направлениях; если же эти колебания происходят в одном определенном направлении, то получается поляризованный свет. Существует несколько способов для превращения обыкновенного света в поляризованный: для петрографических целей возможно воспользоваться кристаллами известкового шпата. Если световой луч падает на одну из граней ромбоэдра этого минерала, то он испытывает «двойное лучепреломление»: с противоположной стороны выходят два луча, причем плоскость колебаний одного луча перпендикулярна плоскости колебаний другого. Из известкового шпата приготавливается призма, через которую проходит только один из преломленных лучей, другой же поглощается; таким образом получается поляризованный свет с определенным направлением колебаний. Под трубой микроскопа находится зеркало, отражающее свет и освещающее препарат; между этим зеркалом и нижним концом микроскопа вставляется призма, приготовленная из известкого шпата и называемая «николевой призмой» или просто николем. У верхнего конца трубы находится второй николь, и таким образом свет, поступающий в глаз наблюдателя, проходит через два поляризующих аппарата.

Мы не можем здесь останавливаться на замечательных особенностях поляризованного света и укажем только, что при одних условиях свет, вышедший из нижнего николя, пропускается верхним, при других — поглощается им; первое происходит в том случае, когда оптические оси обоих николей поставлены параллельно друг другу, второе — когда они пересекаются под прямым углом. Верхний николь микроскопа можно свободно вращать рукой около ее оси; при полном повороте оптические оси два раза становятся параллельными друг другу и два раза образуют прямые углы. Вследствие этого поле зрения два раза кажется темным и два раза светлым. Явление нисколько не изменится, если между обеими николями поместить прозрачную пластинку аморфного вещества т.е. стекло или кристалл правильной системы, например: поваренную соль, квасцы, плавиковый шпат, гранат и т.п. Иное наблюдается в тех случаях, когда взятый минерал принадлежит к одной из других пяти кристаллографических систем. В гексагональных и тетрагональных кристаллах существует только одно направление, которое не изменяет поляризованного света, в кристаллах же остальных трех систем (ромбической, моноклинической, триклинической) таких направлений два; свет, проходящий во всяком ином направлении, испытывает известные изменения. Минералы, кристаллизующиеся в формах названных пяти систем, обнаруживают двойное

лучепреломление, и в поле зрения микроскопа разрезы их приобретают в поляризованном свете яркую окраску — красную, желтую, голубую и т. п.: при скрещенных николях она выступает на темном фоне, а при параллельных — на светлом. При повороте верхнего николя каждый цвет заменяется дополнительным: так, например, кристалл, казавшийся красным при параллельных николях, приобретает зеленую окраску, когда николи пересекаются под прямым углом; голубой цвет при тех же условиях переходит в желтый, и наоборот.

Стеклянные части микроскопа совершенно не действуют на поляризованный свет; помещая в поле зрения тонкий шлиф горной породы и наблюдая появление яркой окраски, мы легко можем отличить тела аморфные и кристаллы правильной системы от всех двояко-преломляющих минералов; при этом очертания каждой составной части породы выступают с поразительной ясностью, и почти каждый минерал обнаруживает особенности, которые, за небольшими только исключениями, позволяют определить все наиболее часто встречающиеся в горных породах минералы (см. хромолитогр. табл. «Микроскопические препараты горных пород»). В обыкновенном свете кварц кажется совершенно бесцветным, а между двумя николями приобретает яркую окраску. Ортоклаз, являющийся обыкновенно в виде двойников, т. е. параллельных сростков кристаллических неделимых, обнаруживает в поляризованном свете чрезвычайно сложную окраску. В плагиоклазах уже невооруженный глаз подмечает двойниковую штриховку; под микроскопом же отдельные пластинки выступают с поразительной ясностью и между двумя николевыми призмами представляются в виде системы параллельных и различно окрашенных полосок. Роговые обманки и авгиты нелегко отличаются даже в поляризованном свете. И тот и другой минерал кажется под микроскопом зеленоватым и буроватым. Для исследования этих минералов всего удобнее пользоваться следующим приемом Чермака: удаляют верхний николь, а нижний вращают, при этом роговая обманка резко меняет свою яркость: она становится то светлее, то темнее; авгит же остается неизменным.

Чтобы различать указанным путем все породообразующие минералы, необходимо точное знакомство со свойствами кристаллов и значительный навык в их распознавании. Недостаточно усвоить характерные признаки чисто механическим путем: исследователь должен понимать явления, уметь объяснить их с оптической и кристаллографической стороны; только в таком случае каждое новое наблюдение будет вполне ему понятно, и все часто встречающиеся неправильности и уклонения перестанут быть загадочными.

Мы не можем здесь описывать особенностей отдельных минералов и перейдем к выяснению структуры или строения горных пород. Мы уже упоминали, что в большинстве случаев порода, которая с первого раза кажется однородной, состоит на самом деле из множества кристаллических зерен; в некоторых случаях наряду с последними мы находим еще так называемую основную массу в виде аморфного стекла; иногда из стекла состоит бо́льшая часть породы, в массе которой видны только одинокие кристаллики, иногда же индивидуализированные минералы преобладают, и основная масса располагается между ними в виде отдельных частичек. Обыкновенное стекло совершенно прозрачно, обладает желтовато-серой окраской, иногда даже совсем лишено ее. Между скрещенными николями оно кажется совершенно черным. Горная порода, состоящая почти исключительно

из основной массы и заключающая в себе лишь одинокие кристаллы, представляет под микроскопом поразительную и характерную картину: на темном фоне стекла резко выступают ярко окрашенные минералы.

Впрочем, основная масса не всегда представляет совершенно чистое стекло; часто она заключает признаки начавшейся кристаллизации и содержит мелкие кристаллические иглы, так называемые *микролиты*. Иногда они присутствуют в таком огромном количестве, что основная масса совершенно теряет свой стекловатый характер. Чаще всего микролиты располагаются в беспорядке, в некоторых же случаях образуют своеобразные скопления в виде маленьких потоков; такая структура носит название *флюидальной*; значение ее будет выяснено ниже.

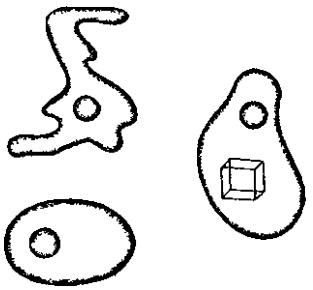


Рис. 413. **Жидкостные включения с пузырьками газов: в одном из них находится кубик поваренной соли: все — сильно увеличено** (по Циттелю)

Присутствие основной массы имеет решающее значение в вопросе о происхождении массивных горных пород; стекла могут образоваться только при застывании расплавленной массы силикатов; другой способ их происхождения неизвестен. Таким образом, если и в древних породах мы находим стекловатое строение, то можем заключить, что и они выделились из расплавленной массы. Огромное значение также имеет присутствие микроскопических включений стекла *в кристаллах* зернистых пород.

Остановимся вкратце на этом любопытном явлении. Чаще всего включения встречаются в виде упомянутых выше микролитов; но известны также включения газов и жидкостей. Последние в некоторых породах достигают таких значительных размеров, что могут быть замечены даже простым глазом; впрочем, подобные примеры единичны, и потому присутствие больших включений не имеет особенного значения для характеристики горных пород. Иное следует сказать о микроскопических порах, которые иногда скапливаются в очень большом количестве. Ясно видны они только в особенно прозрачных минералах. Величина этих включений различна: наиболее значительные обладают поперечником не более $^1/_{20}$ доли миллиметра, а некоторые даже при увеличении в 1000 раз выступают в виде крошечных точек. Мелкие включения обладают шарообразной или яйцевидной формой, обыкновенно представляют неправильные очертания и имеют разветвления и продолжения в виде как бы кишек. В некоторых минералах, особенно в кварцах, а также в полевых шпатах и др. они скапливаются в большом количестве и целыми тысячами выступают в поле зрения микроскопа.

Большинство жидких включений содержит в себе газовые пузырьки (см. рис. 413); последние иногда совершенно спокойны, иногда дрожат при каждом толчке и при наклоне препарата меняют место, иногда находятся в непрерывном движении. Весьма возможно, что в скалах, выдвигающихся перед нами, содержатся такие же включения, и в любой гранитной глыбе вечно бегают и движутся миллионы газовых пузырьков. Хотя присутствие в твердых породах таких движущихся пузырьков заслуживает немалого удивления, но оно является неоспоримым фактом.

Чрезвычайно любопытен химический состав включений. Большая часть их состоит из воды, иногда совершенно чистой, иногда содержащей в растворе соль

или газ. В некоторых случаях наблюдались даже насыщенные растворы хлористого натрия, среди которых плавали мелкие кубические кристаллики. Но особенно замечательны включения жидкой углекислоты. Как известно, углекислота есть газ, переходящий в жидкость при давлении в 36 атмосфер и при температуре в 0°. В лабораториях жидкая углекислота сохраняется в толстостенных чугунных сосудах, но, несмотря на это, нередко происходят взрывы. Отсюда, несомненно, следует, что горные породы, содержащие такие включения, образовались при весьма высоком давлении.

## Происхождение массивных горных пород

Со времен *Вернера* вопрос о происхождении массивных горных пород непрерывно занимал геологов. В течение целого десятка лет борьба между нептунистами и плутонистами была тем центром, около которого вращались все научные интересы, и хотя в настоящее время удалось прийти к соглашению в основных положениях, но целый ряд вопросов остается еще неразрешенным.

Вернер был ярым нептунистом; по его мнению, все горные породы выделились из воды, и только лавы представляют местные исключения, не имеющие особенного значения. Наоборот, вулканисты и плутонисты, с *Гюттоном* во главе, рассматривали все массивные горные породы, как продукт застывания огненно-жидкой массы; некоторые из них зашли даже так далеко, что объясняли этим способом образование каменной соли, гипса, мрамора, кристаллических сланцев и, вообще, преувеличивали значение внутренней теплоты земли. Эти крайние направления вызвали реакцию, которая выразилась появлением химико-геологической школы с *Бишофом* во главе. Этот исследователь отвел широкое место физическим и химическим опытам и путем их пытался объяснить происхождение массивных горных пород. Наука обязана этой школе весьма важными успехами; но представители нового направления тоже не избежали ошибок, и некоторые из них, возвратившись к идеям Вернера, приписывали третичным базальтам и трахитам водное происхождение.

В новейшее время сделана попытка привести в связь непосредственные наблюдения с лабораторными исследованиями и согласовать выводы, полученные тем и другим путем; наконец, микроскопическое исследование пород осветило многие вопросы с совершенно новых сторон. Происхождение массивных горных пород может быть выяснено единственным путем,—посредством наблюдения над процессами, совершающимися в настоящее время. При изучении осадочных горных пород мы наблюдаем осадки, происходящие в современных морях и озерах; что же касается массивных горных пород, то ключ для понимания их дают действующие вулканы: их лавы, застывающие на наших глазах, стоят в близкой связи с трахитами и базальтами и даже носят их название. В лавах так же, как и в древних базальтах и трахитах, микроскоп доказывает присутствие одних и тех же минералов; и тут и там мы находим стекловатую основную массу. Все минералогические признаки базальтов и трахитов свидетельствуют об изверженном характере этих пород, застывших из расплавленной массы. Подтверждением этого вывода служат любопытные опыты *Фуке и Мишеля Леви.* Уже

давно было известно, что целый ряд минералов, встречающихся в массивных горных породах, образуется при металлургических процессах и находится в шлаках и т. п. Названные французские исследователи задались целью сплавить искусственно известные вещества и путем постепенного их охлаждения получить различные минералы и горные породы. Им удалось добыть ясно видимые микроскопические кристаллы различных плагиоклазов, авгита, магнитного железняка, оливина, лейцита и т. п. Но особенного внимания заслуживает искусственное получение горных пород. Так, например, путем сплавления 2 частей оливина, 2 части лабрадора и 1 часть авгита и быстрого охлаждения полученной массы было добыто аморфное стекло. Эта же масса держалась при температуре белого каления в течение 48 часов; в последнем случае выделились отдельные минералы, именно: хорошо образованные кристаллы оливина, а также октаэдры магнитного железняка, которому приписывалось до тех пор исключительно водное происхождение; основная масса застыла в виде бурого стекла. Последнее было продержано еще 48 часов при температуре

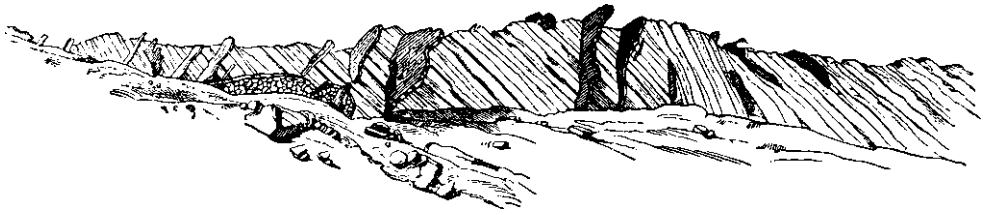


Рис. 414. **Лавовые жилы в туфах Этны, обнаженные вследствие выветривания окололежащей породы** (по Сарториусу фон Вальтерсгаузену)

красного каления; при этом почти все стекло исчезло; выделились новые кристаллы магнитного железняка, лабрадора и иглы авгита; наконец, появились октаэдры особого минерала — пизолита, который встречается и в природе в виде второстепенной составной части в базальтах, содержащих оливин; одним словом, был получен искусственно настоящий базальт.

Другим доказательством вулканического происхождения базальтов могут служить изменения, передко наблюдаемые в окололежащих породах: так, например, песчаники на местах соприкосновения с базальтами остеклованы и разбиты на столбы; подобное же явление замечается также в доменных печах, где в течение нескольких месяцев поддерживается температура плавления чугуна: глины, глинистые сланцы, мергеля и т. п. превращены в фарфоровидную массу (фарфоровидная яшма); серые или голубые известняки сделались красными; бурые и каменные угли потеряли их летучие битуминозные части и превратились в антрацит или кокс. Такие «контактные явления» наблюдаются также по соседству с трахитами, мелафирами и др. массивными горными породами.

Характер залегания трахитов и базальтов также свидетельствует об их вулканическом происхождении; они лишены свойственной осадочным породам слоистости и образуют жилы, купола и покровы. Подобно лавам, трахиты и базальты прорезают иногда осадочные породы и, поднимаясь вверх, распространяются в виде пластов и жил (стр. 292). Указывали, что существование очень тонких трахитовых и базальтовых жил исключает возможность их вулканического происхождения: проникая в узкие трещины холодной породы, расплавленная масса должна

немедленно застыть и закупорить их; дальнейшее распространение и разветвление делаются невозможными. Этот довод на первый взгляд кажется чрезвычайно убедительным, но стоит только обратиться к действующим в настоящее время вулканам, и несостоятельность его тотчас же обнаружится: туфы Везувия (в Атриодель-Кавалло) и Этны прорезаны огромным множеством лавовых жил (см. рис. 414), в вулканическом происхождении которых никто не сомневается. Дру-

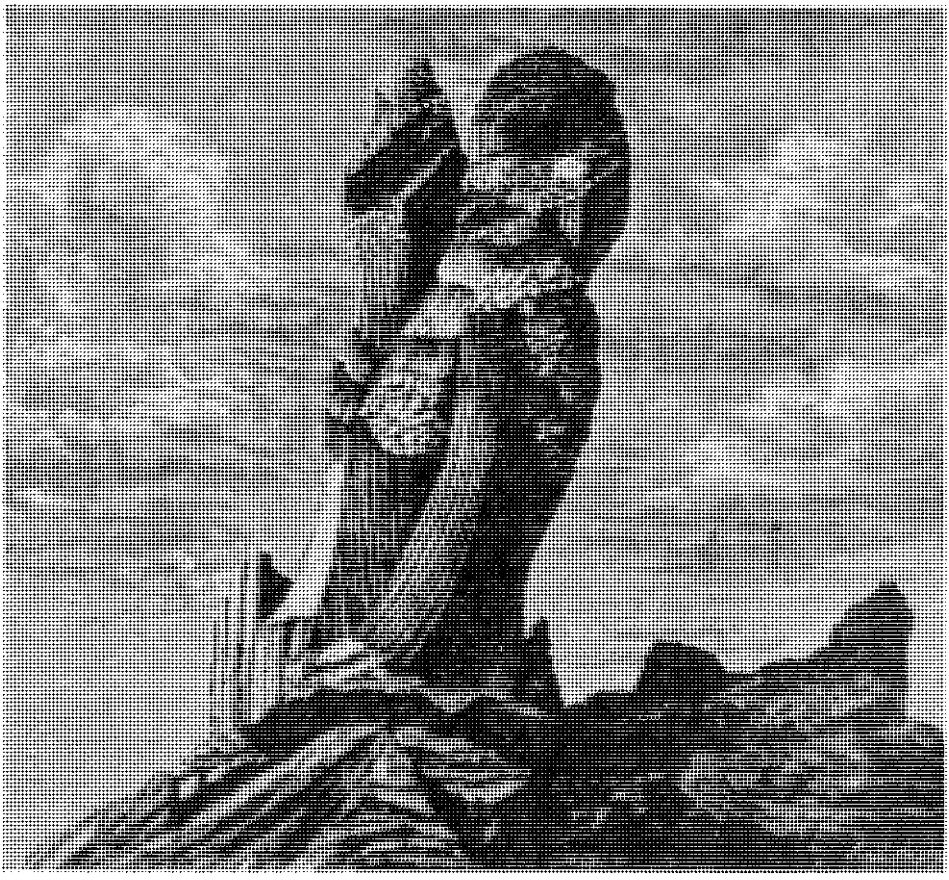


Рис. 415. **Базальтовый столб на о-ве Св. Елены**

гим опровержением могут служить чрезвычайно тонкие базальтовые жилы, которые прорезают мощные свиты пластов на возвышенной равнине Колорадо и заканчиваются небольшими вулканическими конусами (стр. 287).

Чрезвычайно характерны столбчатые отдельности базальтов (рис. 415), совершенно сходные с теми, которые мы наблюдаем в лавах. Такие же отдельности свойственны некоторым другим массивным горным породам, каковы, например, трахиты, порфиры и др., но наблюдаются в них реже (рис. 416).

Наконец, присутствие посторонних горных пород в массах гранитов, порфиров и базальтов также служит доказательством их вулканического происхождения: расплавленная масса обрывала на своем пути эти глыбы и облекала их. Особенно любопытны подобные явления в тех случаях, когда на поверхности

нет той породы, глыбы которой мы находим внутри гранитов, порфиров и базальтов. Так, например, в базальте чешских Срединных гор найдены обломки гранита, который совершенно отсутствует в этой местности; базальты Ашерхюбеля у Шехтсхауфена в Саксонии заключают глыбы порфира, залегающего в глубине; подобных примеров можно было бы привести очень много.

Такое богатство фактических данных не допускает ни малейшего сомнения в пирогенном характере трахитов, базальтов и других массивных горных пород; они образовались из расплавленной массы, которая заключала в себе огромные количества поглощенной ею углекислоты и водяного пара. Рассмотренный

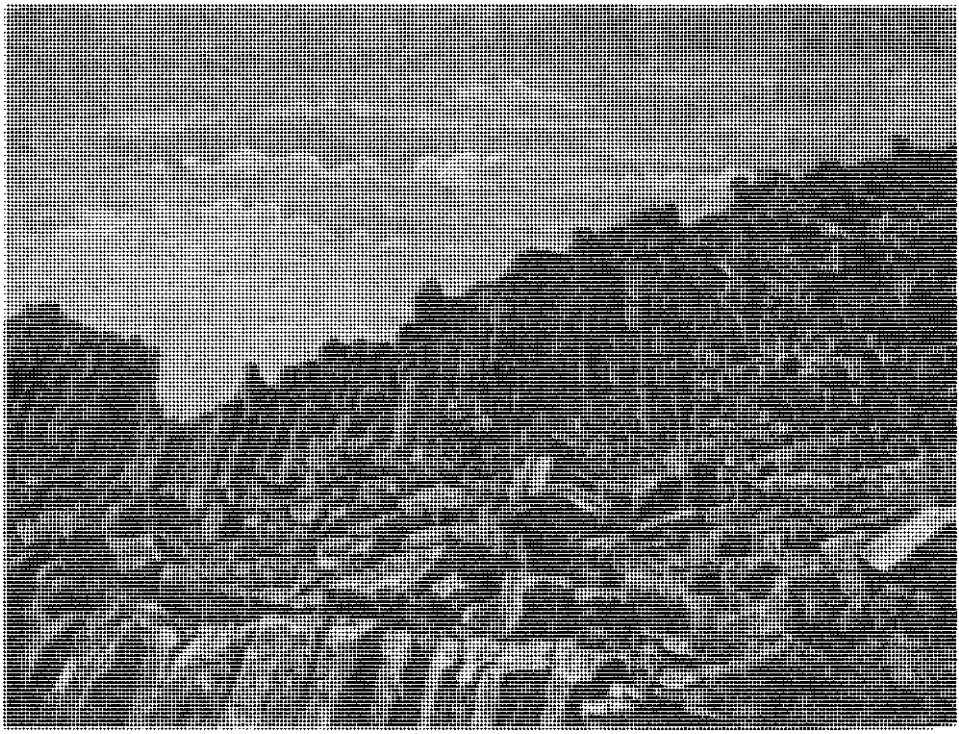


**Рис. 416. Столбчатые отдельности кварцевого трахита в Скалистых горах Северной Америки** (по Кларенсу Кингу)

нами вопрос имеет чрезвычайно важное значение в естествознании: он привлекал к себе более напряженное внимание, чем даже теория Дарвина, и вызвал более обширную литературу; ввиду этого мы и считали нужным остановиться на нем так подробно. В заключение упомянем о том затруднении, которое долго препятствовало признанию вулканического характера массивных горных пород; мы говорим о присутствии в большинстве из них *кварца*. Минерал этот очень редко встречается в современных лавах, и прежде не удавалось получить его искусственно из расплавленной массы.

Это затруднение было блистательно устранено знаменитыми опытами *Добре*, который пользовался крепкими герметически закрытыми железными трубками (рис. 417—420, фиг. *а*) и нагревал в них воду значительно выше ее точки кипения, приблизительно до 400°; таким образом, внутри трубок получалось давление до 1000

атмосфер. В воду Добре клал куски стекла, которые по окончании опыта оказывались сильно разъеденными и измененными. Мы зашли бы слишком далеко, если бы стали описывать эти опыты во всех подробностях; заметим только, что в результате были получены хорошо образованные кристаллы кварца, которые после месячного нагревания трубки достигали 3 мм. Если мы припомним, что кварц чаще, чем какие-нибудь другие минералы, содержит жидкие включения, то невольно должны будем заключить, что образование его происходит при высоком давлении и в присутствии перегретой воды. Мы подошли к вопросу о влиянии условий застывания расплавленной массы на свойства образующихся горных пород; мы рассмотрим его в следующей главе.

## Строение массивных горных пород

Процессы застывания вулканической магмы па поверхности были рассмотрены нами в связи с вулканическими явлениями; магма представляет тягучую жидкость, пропитанную газами, парами и перегретой водой; она теряет на поверхности свои летучие части и вследствие быстрого охлаждения застывает, приобретая шлаковидное, пузыристое и стекловатое строение. Часто нары выделяются с такой силой, что магма раздробляется, превращаясь в вулканический пепел, вулканические туфы и пемзу.

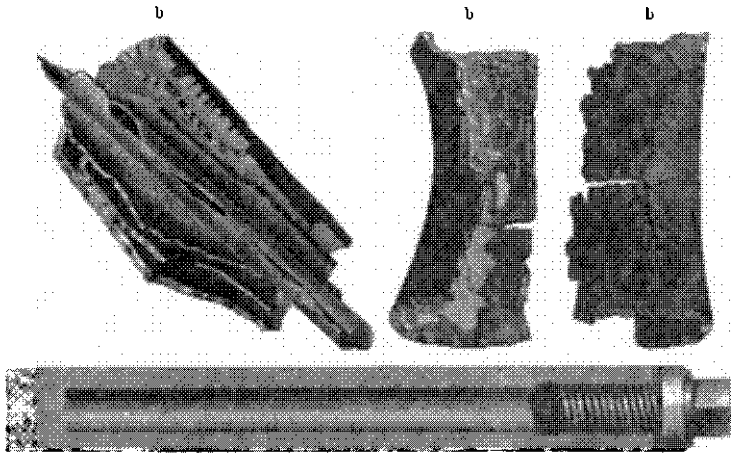



Рис. 417—420. **а) Разрез железной трубки, которой пользовался Добре при своих опытах; bbb) куски стекла, измененные действием перегретой воды** (по Добре)

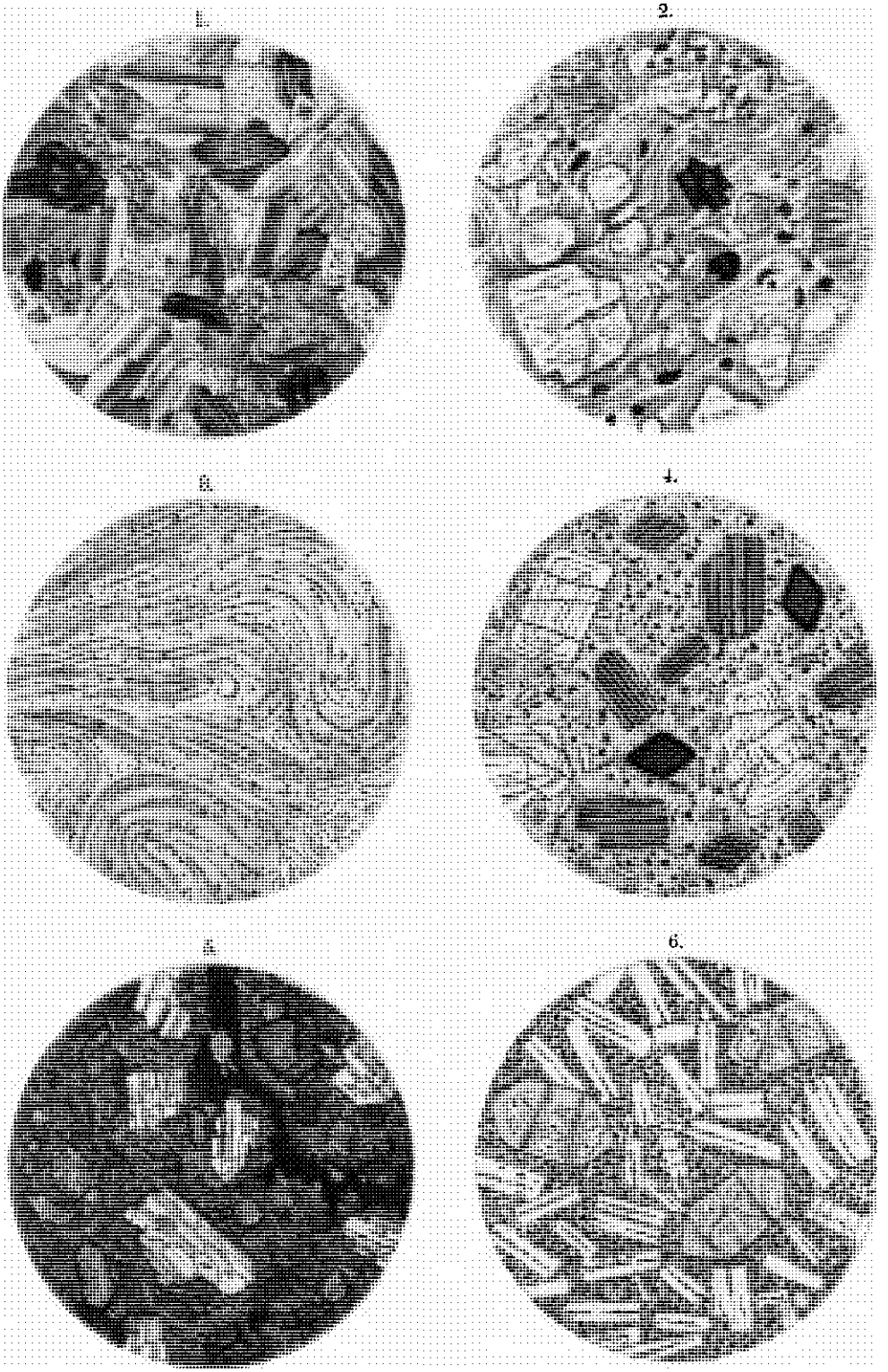
Общая особенность всех шлаков, твердых лав и вообще вулканических горных пород заключается в их *порфировидном строении*: в основной массе их, представляющей скопление чрезвычайно мелких кристаллических зернышек, видны отдельные большие кристаллы; они принадлежат тем же минералам, которые образуют кристаллики основной массы, видимые невооруженным глазом или наблюдаемые только под микроскопом. Таким образом процесс выделения образующих породу минеральных частей представляет две фазы: образование больших кристаллов относится к более раннему времени, чем образование более мелких зернышек; первые выкристаллизовались в глубине и были вынесены в готовом виде; вторые — выделились уже на поверхности. Рассматриваемые породы заключают в своей массе также и аморфное стекло, которое присутствует иногда в очень незначительных количествах и всегда находится в виде включений в отдельных кристаллических зернышках; образование этого стекла является естественным следствием охлаждения на поверхности.

В больших глубинах, напр. в подземном очаге вулкана, или в так называемых лакколитах и батолитах, которые втискивались внутрь земной коры, но никогда не достигали новерхности (стр. 294), застывание магмы совершается при иных условиях; в глубинах господствует высокое давление и высокая температура: остывание происходит чрезвычайно медленно, и высокое давление не допускает выделеиия газов и перегретой воды. Поэтому в глубинных породах аморфная основная масса отсутствует, и даже стекловатые включения в отдельных кристалликах наблюдаются очень редко; наоборот, мы находим здесь огромное множество жидких включений. Вследствие постоянства физических и химических условий охлаждения, каждый минерал выделяется за один раз, и магма образует породу, которая состоит из кристаллов или кристаллических зерен; такое строение называют *кристаллически-зернистым.* Это строение является характерным признаком глубинных (подземных или интрузивных) пород, порфировидная же структура представляет особенпость лавовых (наземных или эффузивных) пород.

Порфировые массы часто сопровождаются шлаками, туфами и стекловатыми образованиями. У кристаллически-зернистых пород эти спутники отсутствуют. Породы гранитового тина залегают в форме мощных штоков, порфировые массы образуют покровы, потоки или купола; таким образом геологические особениости последних пород, так же, как и петрографическое строение, свидетельствуют о наземном происхождении их. Подтверждением сказаниого служит и следующая любопытная особенность: центральные части мощного потока обладают иногда зернистой структурой; наоборот, у краев глубинного штока обнаруживается порфировое строепие: это явление объясняется тем, что внутри мощного потока господствует значительное давление и остывание происходит значительно медленнее, чем на поверхности. Таким образом здесь имеются налицо условия, сходные с теми, какие мы наблюдаем в глубинах.

Различие между кристаллически-зернистым и порфировидным строением до того резко бросается в глаза, что оно обращало внимание уже прежних петрографов; но правильное объяснение этих структурных особенпостей было сделано значительно позднее. Далее было замечено, что кристаллически-зернистые породы, каковы гранит, сиеиит, диорит, относятся главным образом к архейской и палеозойской эре; наоборот, трахиты, базальты и т. п. господствуют в новейших системах; отсюда было сделано заключение, что различным периодам жизпи земли соответствуют разпые массивные породы. Но этот вывод не правилеп: мы знаем палеозойские наземные породы, которые по существу не отличаются от новейших вулканических образований; точно также в отдельных случаях доказано существование зернистых глубинных пород, относящихся к сравнительно недавнему времени. Древнейшие горные породы, действительно, обладают почти исключительно зернистым строением, но это объясняется только тем, что лавовые массы того же возраста давно уже пали жертвами размывания; что же касается новейших периодов, то разрушительные процессы не успели еще уничтожить эффузивных масс и обнажить залегающие в глубине зернистые породы.

Эта мысль подтверждается таким множеством фактов, что мы можем ее считать вполне справедливой. Нельзя, однако, умолчать о некоторых недоразумениях, которые являются в этом вопросе: если палеозойские наземные образования уничтожены действием разрушительных процессов, то обломки их




ШЛИФЫ ГОРНЫХ ПОРОД ПОД МИКРОСКОПОМ

1. **Гранит** из департамента Ниевр во Франции, рассматриваемый в поляризованном свете (при скрещенных николях), при увеличении почти в 60 раз. Кварц в двух больших кусках (один вверху, другой справа) окрашен в светло-желтый цвет. Куски ортоклаза, расположенные вверху, у середины и внизу, отличаются своим серо-голубым цветом и широкими полосами, отвечающими двойному срастанию. На белом плагиоклазе (справа наверху и слева внизу) ясно выступают многочисленные параллельные штрихи. Черная слюда, находящаяся здесь в нескольких кусках, представляет чередование зеленых, красных, желтых и голубых линий. Кроме того, замечаются добавочные минералы, сзади которых эпидот выступает своей ярко-зеленой окраской (по Фуке и Мишелю Леви)

2. **Кварцевый порфир** из Вурцена в Саксонии, рассматриваемый в обыкновенном свете при увеличении почти в 150 раз. Следует обратить внимание на основную массу, в которой находятся кристаллы кварца, полевого шпата и слюды (зеленого цвета). Эта масса была первоначально стекловатой, но потом, как говорят, «расстекловалась», т. е. разложилась на мельчайшие кристаллические элементы. В основной массе выступает «флюидальная структура», названная так по сходству с текущей струей жидкости (по Фогельзангу).

3. **Обсидиан** из Невады с отлично выраженной флюидальной структурой.

4. **Пропилит**, разность трахита из Невады, рассматриваемая в обыкновенном свете. В основную массу включен белый плагиоглаз, а также зеленая и бурая роговая обманка (по Циркелю).

5. **Роговообманковый андезит** из Франции (Канталь), рассматриваемый в поляризованном свете при увеличении почти в 60 раз. Основная масса состоит из мельчайших кристалликов, так называемых микролитов олигоклаза. В нее включены большие полосатые кристаллы плагиоклаза и маленькие, в высшей степени ярко окрашенные, кристаллы авгита и роговой обманки (по Фуке и Мишелю Леви).

6. **Базальт** из Невады, рассматриваемый в обыкновенном свете. В основной массе, состоящей из авгита и магнитного железняка, лежат большие кристаллы оливина (желтого цвета) и маленькие прозрачные кристаллы плагиоклаза (по Цирклю).

должны присутствовать в древнейших конгломератах; но это ожидание не подтверждается: в палеозойских кластических образованиях мы не находим и следа эффузивных пород, напр.— обломков трахита. С другой стороны, свойства лакколитов как бы опровергают существование зависимости между строением горных пород и местом их образования: несмотря на свое глубинное происхождение, они обладают строением, которое свойственно трахитам. Все эти затруднения, как кажется, могут быть устранены следующим образом.

Что касается лакколитов, то они представляют кристаллически-зернистую основную массу, лишенную стекла: отличие их от гранитов и т. п. пород заключается только в присутствии больших порфировидных выделений; недостаток же палеозойских конгломератов совсем не должно принимать в расчет, так как мы знаем настоящие извергенные породы этого возраста, хотя и уступающие в своем распространении глубинным образованиям. Они называются иначе, чем третичные эффузивные породы, но совершенно не основательно, так как различие между теми и другими весьма несущественно. Палеозойские наземные образования сильно изменены продолжительным выветриванием и сравнительно с третичными породами утратили значительную долю сходства с лавой; но и этот чисто внешний признак далеко не характерен: рассматривая кусок породы, даже опытные петрографы затрудняются решить, имеют ли они дело с древним или новым кварцевым трахитом. Точно так же некоторые основные породы силурийского, каменноугольного и триасового возраста с черной или темно-зеленой окраской могут быть только с трудом отличены от третичных базальтов; кроме того, в некоторых случаях они сопровождаются туфами. Мы не видим различия между базальтовыми лавами и базальтами; точно также надо было бы ни пренебречь степенью сохранения пород и соединить в одну группу палеозойские порфиры с третичными трахитами, а палеозойские базальты с третичными базальтами. В таком случае сами собой устранились бы указанные выше недоразумения, и недостаток трахитовых обломков в палеозойских конгломератах перестал бы быть загадочным.

Вышеприведенных соображений достаточно, чтобы понять насколько можно руководствоваться возрастом пород при классификации и определении их. До сих пор этому признаку отводилось видное место, и ввиду практических соображений в настоящую минуту довольно трудно отрешиться от такого неправильного деления. Если бы даже и не удалось доказать, что породы палеозойской и мезозойской эры принадлежат к одним и тем же типам, то и в таком случае петрография должна бы была руководствоваться при классификации пород только петрографическими признаками и петрографическими приемами.

## Главнейшие типы горных пород

При классификации горных пород необходимо руководствоваться не геологическим возрастом их, а химическим и минералогическим составом. Та магма, которая на поверхности дает начало эффузивным породам с порфировым и стекловатым строением, образуется в глубине зернистой массы. Таким образом, в каждой главной группе вулканических пород мы можем выделить две подгруппы, различные по строению и по условиям образования.

Начнем описание главнейших горных пород *с гранита*, который является типичным представителем зернистых глубинных образований древнейших периодов с ортоклазом и кварцем. Кварц, ортоклаз и слюда в обоих ее видоизменениях являются главными составными частями этой породы; к ним часто присоединяется еще плагиоклаз, а слюда замещается роговой обманкой. Внешние признаки гранита настолько общеизвестны, что мы не будем останавливаться на их подробном описании.

*Кварцевые порфиры*, в широком смысле этого слова, представляют порфировую разность того же состава; иногда их основная масса обладает зернистым строением и заключает в себе большие порфировые кристаллы (гранито-порфиры); иногда же невооруженному глазу основная масса этой породы кажется совершенно однородной без всяких следов зернистого строения. Последнее видоизменение обладает в большинстве случаев красным цветом и является характерным представителем кварцевых порфиров; под микроскопом их основная масса обнаруживает иногда ясные зерна, иногда же обладает фельзитовым строением, т. е. является в виде настоящего стекла. Если порфировые выделения отсутствуют или встречаются в незначительном числе, то порода получает название *фельзитового смоляного камня*; это стекловатая разность древних пород с кварцем и ортоклазом.

Новейшим представителем рассматриваемого типа являются *риолиты, или липариты* (кварцевые трахиты), которые, как мы упоминали уже выше, не отличаются по существу от древнейших образований. Вместо обыкновенного ортоклаза мы находим здесь блестящую волокнистую разность его — санидин. К этой же группе принадлежат: обсидианы, пемзы, перлиты и т. п. породы со стекловатым строением; однако, до сих пор соединялись в одну группу не только стекловатые породы, родственные липаритам, но также и стекла, обладающие составом трахитов и андезитов, о которых речь будет ниже.

Мы не будем входить в подробную характеристику других типов массивных пород и ограничимся кратким их перечислением:

**Сиенит** — кристаллически-зернистая порода, состоящая главным образом из ортоклаза и роговой обманки; из числа древних эффузивных образований ей соответствует лишенный кварца порфир, из новейших же пород — трахит.

**Нефелиновый (элеолитовый) сиенит** — кристаллически-зернистая масса, состоящая из полевого шпата и элеолита; соответствующие ей породы с порфировым строением носят название *фонолитов*; в них обыкновенный полевой шпат заменен блестящим санидином, а элеолит — нефелином или лейцитом; стекловатые разности носят название *фонолитовых обсидианов*.

Из числа других кристаллически-зернистых пород наиболее часто встречаются следующие:

**Диориты** — зернистая масса, состоящая из плагиоклаза и роговой обманки.

**Диабазы** — кристаллически-зернистая порода, образованная главным образом плагиоклазом и авгитом.

**Габбро** — кристаллически-зернистая смесь плагиоклаза и диаллага.

Среди древнейших пород порфирового типа диоритам соответствуют порфириты, а среди новейших образований — андезиты, пропилиты и дациты; диабазам аналогичны авгитовые порфириты, а также мелафиры, содержащие оливин.

Под именем базальтов разумеются сильно основные плотные породы третичного возраста, характеризующиеся обычно черным цветом; иногда от них отличают кристаллически-зернистую разность того же типа, так называемые долериты. Эти третичные и даже современные образования принадлежат к группе диабазов и мелафиров; по своему минералогическому составу и другим признакам они распадаются на несколько классов.

В заключение нужно сказать о змеевиках (серпентинах); эта «простая» порода состоит главным образом из кремнекислоты, окиси магния и воды, обладает зеленой окраской и легко узнается, благодаря ее незначительной твердости: она царапается и даже разламывается ножом. Сернентины встречаются не только среди древних отложений, но стоят также в связи с новейшими образованиями, относящимися к концу третичного периода. Они являются продуктом изменений других массивных пород, чаще всего тех, которые содержат оливин.

## 9. Кристаллические сланцы

Кристаллические сланцы и их характер залегания.—Органическая жизнь в архейскую эру.—Новейшие кристаллические сланцы.—Происхождение кристаллических сланцев

### Кристаллические сланцы и их характер залегания

Мы познакомились с двумя главными группами горных пород, происхождение которых, несмотря на все трудности, является в большей или меньшей степени ясным. При исследовании осадочных пород мы руководствовались наблюдениями над образованием современных осадков; точно также для объяснения массивных горных пород решающее значение имели для нас явления, наблюдаемые в современных вулканах. Существует, однако, третья большая группа горных пород, так называемые *кристаллические сланцы*, которые самым поразительным образом соединяют в себе различные особенности осадочных и массивных пород и связываются с теми и с другими целым рядом промежуточных членов; в процессах, наблюдаемых в настоящее время, мы не находим никаких указаний на их происхождение. Подобно большинству механических осадков кристаллические сланцы обладают слоистостью, но состоят из кристаллических частичек силикатов; этот двойственный характер занимающих нас пород до чрезвычайности затемняет их происхождение; относящиеся сюда гнейсы, слюдяные сланцы, филлиты и др. достигают огромной мощности и, занимая обширные пространства земной поверхности, подстилают большинство осадочных пород.

Подобно массивным горным породам, кристаллические сланцы состоят из *силикатов*; главная химическая составная часть их—кремнекислота присутствует в количестве 40—80%; наряду с ней мы находим в этих породах глинозем, окись и закись железа, известь, окиси магния, калия и патрия и некоторое количество воды; эти составные части группируются в различные минералы; среди последних наиболее важное значение имеют кварц, полевые шпаты, слюда, роговая обманка, хлорит, тальк.

Прежде, чем мы перейдем к выяснению происхождения кристаллических слаицев, мы должны познакомиться с главпейшими представителями их. Химический состав последних приводится в нижеследующей таблице:

| | Красный гнейс из Саксонии | Серый гнейс из Саксонии | Гнейс Троса в Швеции | Гранулит Рос-свейна в Саксонии | Слюдяной сланец Церматта | Слюдяной сланец из Саксонии | Зеленый сланец из Саксонии | Филлит из Силе-зии | Фиолетовый серицитовый сланец Висбадена | Пятнистый се-рицит Висбадена | Роговообманковый сланец из Чехии | Роговообманковый сланец из Фин-ляндии | Хлористый сланец из Офнштали | Тальковый сланец Гонтейна |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Кремнекислоты | 75,91 | 66,42 | 56,80 | 69,94 | 79,50 | 66,21 | 54,42 | 61,72 | 55,84 | 70,99 | 48,65 | 50,15 | 42,08 | 50,81 |
| Глинозема | 14,11 | 14,76 | 20,73 | 10,05 | 13,36 | 18,60 | 15,32 | 19,55 | 15,62% | 13,77 | 16,42 | 13,30 | 3,51 | 4,53 |
| Окиси железа | — | — | 6,27 | — | 2,87 | — | 5,61 | — | 4,86 | 0,38 | 18,62 | 27,84 | — | 7,58 |
| Закиси железа | 2,03 | 7,50 | 5,65 | 4,66 | — | 5,34 | 7,14 | 8,55 | 8,25 | 3,91 | 5,17 | — | 27,44 | |
| Извести | 1.14 | 2,20 | 0,94 | 2,41 | 0,71 | 0,44 | 7,49 | 0,55 | 0,50 | 0,41 | 7,16 | 0,59 | 1,04 | — |
| Магнезии | 0,40 | 1,80 | 2,90 | 1,60 | 0,95 | 1,24 | 3,84 | 1,08 | 1,39 | 0,37 | 2,32 | 2,65 | 17,10 | 31,55 |
| Окиси калия | 4,16 | 3,52 | 3,96 | 5,94 | 4,69 | 3,80 | 0,94 | 4,81 | 6,13 | 4.81 | 0,56 | 0,89 | — | — |
| Окиси натрия | 1,77 | 1,75 | 1.08 | 3,30 | 0,36 | 2,16 | 5,77 | | 1,70 | 3.13 | 0,89 | 1,70 | — | — |
| Воды | 1,16 | 1,85 | 1,11 | 0,98 | 0,78 | 2,04 | 0,51 | 3,74 | *5,19 | *1,50 | 0,21 | 0,26 | 11,94 | 4,42 |
| Всего . . . . | 100,68 | 99,80 | 99,44 | 98,88 | 103,22 | 99,83 | 01,04 | 100,00 | 99,48 | 99,27 | 100,00 | 97,38 | 102,41 | 98.89 |

* Цифры со звездочками (в предпоследней строке) показывают содержание воды вместе со фтористым кальцием.

Одним из известпейших нредставителей кристаллических сланцев является гнейс; он состоит главным образом из калиевого полевого шпата или ортоклаза, кварца н слюды, т. е. обладает тем же составом, как и гранит; различие между той и другой породой заключается в следующем: в граните отдельные минералы распределяются без всякого порядка, в гнейсе же они расположены параллельно друг другу; таким образом последняя порода обладает более или менее ясной слонстостью; в некоторых случаях слоистость выражается очень слабо, а ноэтому переход от гнейса к граниту постепенен. Близко к гнейсу стоит так называемый *гранулит*, нмеющий, однако, значительно меньшее распространение; он состоит только из полевого шпата и кварца и содержит часто гранит. *Слюдяные сланцы*, чрезвычайно распространенные в природе, состоят из кварца и слюды; сходных с ними по составу массивных горных пород мы не знаем. Целый ряд переходных членов, известпых под названием глистинисто-слюдяных сланцев, кристаллических глинистых сланцев и фнллитов соединяет слюдяные слапцы с обычными кластическими *глинистыми сланцами*, в массе которых уже не существует кристаллических неделимых. Названные выше породы часто сопровождаются роговообманковыми, тальковыми и хлоритовыми сланцами, минералогический состав которых определяется уже их назваиием; наконец, под имеием *зеленых сланцев* разумеется группа пород, мннералогический состав которых не может быть замечен невооруженным глазом, но которые всегда характеризуются зеленым цветом. Микроскопическое исследование показало, что со строгопетрографической точки зрения эта группа не имеет прав на существовапие, так как оиа соединяет чрезвычайно разнообразпые породы; но геологи считают и до сих пор ие бесполезным удерживать это название, объединяющее породы, чрезвычайно сходные по своему внешнему виду.

Постоянными спутниками кристаллических сланцев являются еще две породы, которые, хотя и не обнаруживают параллельно-линейного расположения их элементов, но стоят в весьма тесной связи с кристаллическими сланцами; мы говорим о *кварците* и о *мраморе**; первый из них представляет явнокристаллическую массу кварца, второй состоит из белых кристалликов известкового шпата, которые по своей хрупкости напоминают зерна сахара и иногда превосходят их. Мрамор залегает в форме пластов или в виде огромных чечевицеобразных масс; с трудом поддаваясь выветриванию, он образует в последнем случае высокие горные гребни. Так, напр., огромная гора Афон в Греческом Архипелаге, поднимающаяся на 2000 м в высоту, представляет чечевицу мрамора,

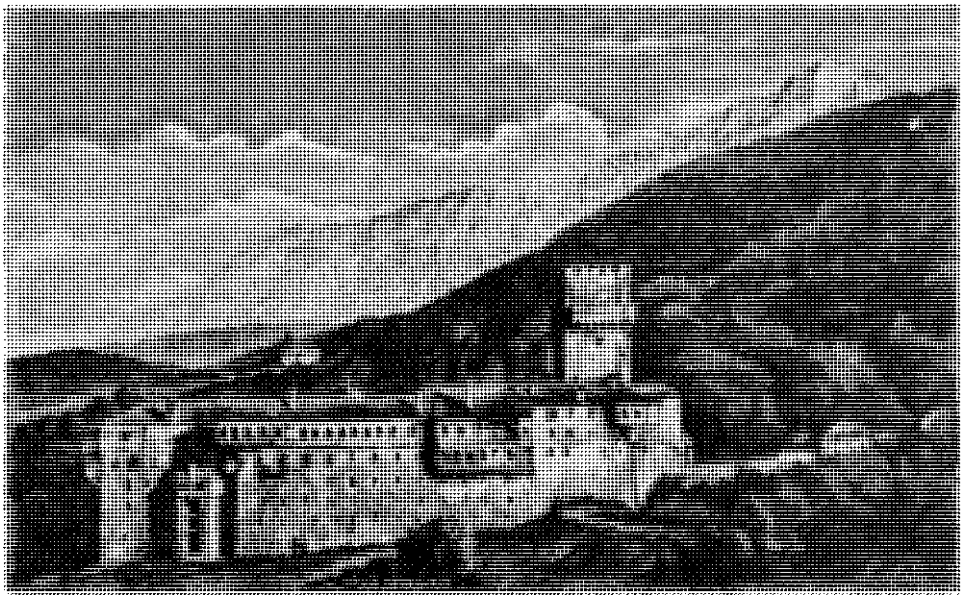


Рис. 421. **Известковые массы Афона: вид с монастыря Карокалу**

которая залегает среди кристаллических сланцев; благодаря своему постоянству, она высоко поднимается среди гор (рис. 421).

Как мы видели, кристаллические сланцы соединяют в себе особенности осадочных и массивных горных пород. Это заставляло одних исследователей приписывать их происхождение вулканическим процессам, другие же считали их отложением, выделившимся из воды. Но и в том, и в другом случае многие явления остаются необъясненными; ввиду этого мы должны остановиться подробно на вопросе о происхождении кристаллических сланцев.

Проще всего, как кажется, было бы определить, как могут образоваться отдельные минералы, входящие в состав кристаллических сланцев; но большинство их образуется самыми различными способами: кварц, полевой шпат, роговая об-

* В петрографии под именем мрамора разумеются только кристаллически-зернистые породы, представителем которых может служить мрамор, употребляемый для статуй; не следует забывать, что в разговорном языке этим именем обозначают всякий известняк, способный к полировке.

манка, авгит, слюда могут *непосредственно выкристаллизоваться из расплавленной массы*: примеры такого образования их отчасти наблюдаются в природе, отчасти искусственно воспроизводятся в лабораториях. Многие из этих минералов встречаются также *среди продуктов возгонки* и могут, следовательно, образоваться из паров и газов, выделяемых вулканом. Условия нахождения этих минералов в природе показывают, что в некоторых случаях они выделились при обыкиовенной температуре из *водного раствора*; они являются иногда в виде так называемых псевдоморфоз, о которых мы будем говорить ниже, или же образуют кристаллы внутри животных окаменелостей; наконец, опыты *Добре*, описанные в одной из предыдущих глав, показывают, что многие миералы могут образоваться при действии перегретой воды на силикаты. Зернистому углекислому кальцию, казалось бы, надо было приписать водное происхождение, но опыты, произведенные различными исследователями, свидетельствуют, что порошок приготовленный из мела, раковин, арагонита и т. п., при высоком давлении и температуре превращается в кристаллический известняк. Минералы, содержащие много воды, каковы, напр., хлорит и тальк, конечно не могли выделиться из рас-

Рис. 422. **Разрез Чешского Леса: a) бойские гнейсы, b) герцинские гнейсы, c) герцинские слюдяные сланцы с включением в них гранитом, d) филлит, e) кембрийские и силурийские образования, f) каменноугольные пласты** (*по* Гюмбелю)

плавленной массы. Но они нередко образуются в нироде из нродуктов разрушения других мннералов, и весьма возможно, что такое именно происхождение имеют некоторые составные части кристаллических сланцев.

Таким образом, наши сведения об образовании отдельных минералов не приводят еще ни к какому определенному выводу и не уясняют происхождения сланцев; ввиду этого мы должны подробно познакомиться *с характером залегания* последних. Крнсталлические сланцы принадлежат обычно к числу древнейших горпых пород и подстилают залегающие над ними осадочные образования; только пекоторые граниты, стоящие в связи с кристаллическими сланцами, обладают тем же геологическим возрастом. Во многих местах можно доказать, что заннмающие нас породы древнее старейших из тех пластов, которые содержат окаменелости; они предшествуют даже кембрийским образованиям с первыми остатками животных. Такой характер залегания рассматриваемых пород обиаружен в Чехии Швеции, Англии, Северной Америке и во многих других странах.

На границе Баварии и Чехии лежат лесистые горы, почти целиком сложенные из первобытных пород и известные под иазванием Баварского и Чешского Леса. Это широкий ряд удлиненных округлых возвышенностей, которые до такой степени тесно примыкают друг к другу, что их сравнивали с окамеиелым волнующимся морем. Вершины их, поднимающиеся до 1500 м, одеты густым девственным лесом. В общем характер залегания пород здесь одпообразеи: пласты нростираются с северо-запада на юго-восток и падают к северо-востоку. На рис. 422 представлен идеальный профиль этих гор; он по-

казывает, что на юго-западном краю залегают наиболее древние образования, которые по направлению к северо-востоку сменяются постепенно все более новыми пластами.

В качестве наиболее древних пород являются мощные, преимущественно красноватые гнейсы, которые *Гюмбель* назвал *бойскими гнейсами* (bojische Gneisformation). За ними следуют *герцинские гнейсы* (hercynische Gneisformation), несколько отличающиеся от предыдущих по своим петрографическим признакам и обычно обладающие серой окраской. Верхние пласты их нередко обогащаются слю-

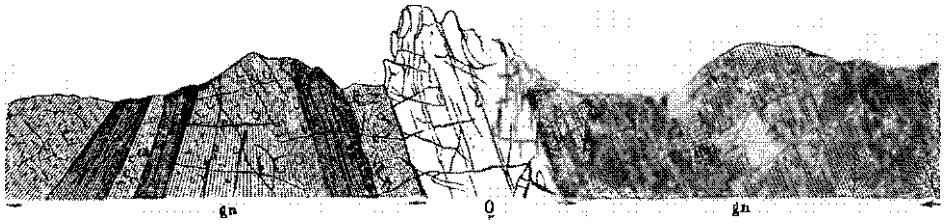



Рис. 423. **Разрез через так называемый «Частокол» в Чешском лесу: a) кварцит, b) гнейс** (по Гюмбелю)

дой, теряют отчасти полевой шпат и, наконец, переходят в настоящие слюдяные сланцы, с которыми стоят в связи рогово-обманковые сланцы; это так называемые *герцинские слюдяные сланцы.* Наиболее новым образованием являются кристаллические глинистые сланцы и филлиты, носящие название *герцинских фил-*

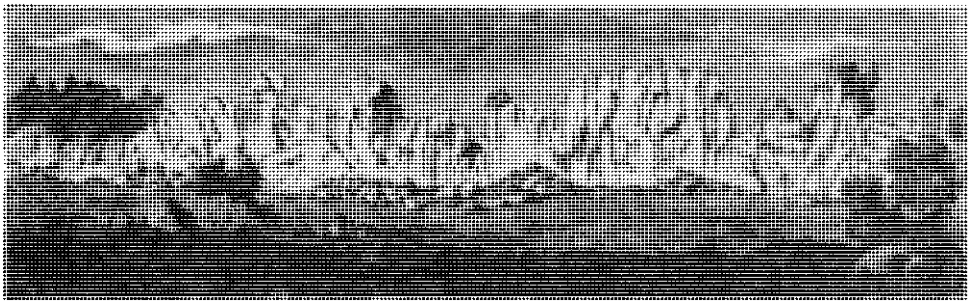


Рис. 424. **«Частокол» в Чешском лесу** (по Гюмбелю)

*литов* и переходящие в обыкновенные глинистые сланцы без всяких следов кристаллических зерен. Далее залегают серые вакки, и тут только появляются первые следы окаменелостей: мы вступаем в область кембрийских образований. Как герцинские, так и бойские пласты прорезываются жилами и штоками гранита и других зернистых пород; тектоническое значение последних часто только с трудом поддается объяснению. Особенно любопытны граниты, заключенные в массах красного гнейса и отличающиеся от последнего только отсутствием слоистости: они обладают той же окраской и содержат те же разности полевого шпата, слюды и т. н.; точно также граниты, находящиеся в герцинских гнейсах, одинаковы с последними по всем своим петрографическим свойствам.

Среди других жильных образований особенного внимания заслуживают кварциты; выступающие среди бойских гнейсов (рис. 423). Жилы этой породы обладают небольшой мощностью, но могут быть прослежены на значительных расстоя-

ннях; благодаря своему постоянству, кварциты выступают среди разрушенных гнейсов в виде богато изрезанных огромных стен. Эти скалы народ называет «частоколом» (Pfahl); зубчатый край их с небольшими перерывами может быть прослежен более, чем на протяжении 18 географических миль (см. рис. 424). Из других нород, заключающихся в массах архейских сланцев, следует назвать здесь зернистые известняки и графиты; последняя порода представляет аморфную разность углерода и идет, между прочим, на приготовление карандашей; она залегает отчасти в гнейсах, отчасти в известняках и образует совершенно правильные пласты, которые тянутся часто на значительных расстояниях.

Явления, наблюдаемые в Чешском Лесу, представляют один из характерных случаев залегания кристаллических сланцев и повторяются в других массивных горах Европы; обычно наиболее древним представителем этих нород является гнейс, затем следуют слюдяные сланцы и родственные им образования, еще выше залегают филлиты, представляющие переход к породам, содержащим окаменелости. В Саксонии мы находим также серые и красные разновидности гнейсов, соответствующие бойским и герцинским образованиям Гюмбюля. В слюдяных сланцах этой местности замечается любопытная особенность: они в огромном количестве содержат закругленные обломки древнейших пород,—гнейсов и гранитов. Это явление, вообще очень редко наблюдаемое в архейских образованиях, новторяется и в других местностях, напр. в Норвегии, Северной Америке, в Северо-Восточных Альпах, и имеет огромное значение в вонросе о происхождении кристаллических сланцев.

За пределами Евроны архейские образования достигают широкого распространения в центральной Африке, в Китае, в Бразилии и в Северной Америке. Кристаллические сланцы последней из указанных местностей изучены очень нодробно, а поэтому не безынтересно будет сравнить их с описанными выше породами Чешского Леса, тем более что здесь новторяются уже знакомые нам явления. Сланцы раснолагаются в виде правильных нластов: в глубине залегают гнейсы, заключающие в себе мощные массы кварцитов и известняков: последние ночти на всем их протяжении обнаруживают кристаллическое строение и только изредка представляют плотные массы. Не лишены значения скудные залежи конгломератов, а также присутствие графита. Над этими нородами, мощность которых достигает 6000 метров, располагается система несогласно напластованных новейших образований, около 3000 метров мощностью; здесь мы находим гиперстеииты, зернистые известняки и магнитный железняк. Всю совокупность рассмотренных пластов, начиная с гнейсов и кончая только что названными нородами, американские геологи называют «лаврентьевской системой»; название происходит от р. Св. Лаврентия, в области которой эти пласты достигают наибольшего развития.

Точно также озеро Гурон дало название целой системе новейшнх кристаллнческих сланцев (гуронская система): здесь залегают несогласно напластованные слюдяные, хлоритовые и тальковые сланцы, филлиты, графитовые сланцы, кварциты, конгломераты и кристаллическизернистые известняки: они нокоятся на лаврентьевских пластах и занолняют образованные ими впадины. В верхних частях этой толщи встречаются несомненные окаменелости животных, именно остатки морских лилий,

или криноидей, и менее ясные следы кольчатых червей; впрочем, эти породы относят в настоящее время к кембрийской системе *.

Таким образом во многих странах под нижними кембрийскими слоями залегают кристаллические глинистые сланцы или филлиты; последние подстилаются слюдяными сланцами и другими родственными им породами, которые в свою очередь покоятся на массах гнейса, представляющего две разновидности: верхние части этой породы обладают преимущественно серым, а нижние — красным цветом. Все это заставляет предположить, что описанные системы пластов образовались в разных странах одновременно; хотя это мнение разделяется большинством геологов, но в пользу его нельзя привести прямых доказательств.

## Органическая жизнь в архейскую эру

Во многих странах мы находим под древнейшими кембрийскими отложениями мощные массы слоистых и в большинстве случаев сланцеватых кристаллических горных пород; объяснить их происхождение составляет одну из главнейших задач геологии; наряду с этим выступает другой важный вопрос: обитали ли в архейский период на земле организмы, или же условия того времени исключали возможность их существования.

Рис. 425. **Эозоон; в $^1/_2$ естественной величины** (по Логану)

В самое последнее время в кремнистых сланцах Бретани, переслаивающихся с филлитами, *Барруа* нашел явные и многочисленные остатки *радиолярий*. Как ни интересно это открытие, но для занимающего нас вопроса оно имеет мало зна-

* Первобытные гнейсы и сланцы, аналогичные лаврентьевской и гуронской системам Сев. Америки известны и в России, именно в Финляндии, в Олонецкой и Архангельской губерниях, в Юго-Западной и Южной России (Днепровская кристаллическая полоса), на Урале и наконец в разных местностях Сибири. Из этих пород особенного внимания заслуживают по своей практической важности сланцы и гнейсы Урала, чрезвычайно богатые драгоценными камнями (изумрудом, хризоберилом, фенакитом, турмалином и др.), а также золотом и разными рудами.— *Примеч. пер.*

чепия, так как радиолярии встречаются на границе архейских пород с кембрийскими. Огромное внимание ученого мира привлекли к себе образования, найденные в массах первобытного гнейса и признанные остатками животных. С поразительной быстротой распространилось убеждение, что органическая жизнь началась задолго до наступления кембрийского периода. У самого основания мощных свит кристаллических сланцев были найдены следы низшего организма, который получил название *эозоона* (ἕως (eos)—утренняя заря; ξῶθν (zoon)—животное); хотя это открытие основывалось недоразумением, однако мнения об органической природе эозоона высказывались иногда с такой глубокой уверенностью, что мы принуждены остановиться на этом вопросе несколько подробнее.

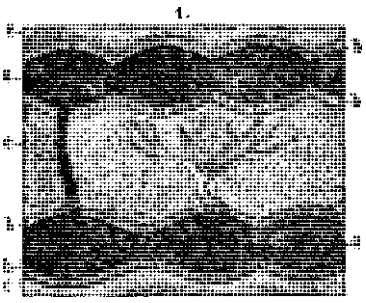


Рис. 426 **Часть эозоона: a) серпентиновые заполнения камер, b) волоконца, c) плотный известняк, e) разветвляющийся канал (идеальный рисунок Карпентера в сильном увеличении)**

В массах мрамора, принадлежащего к лаврентьевской системе Канады, были найдены зерна, жилы и нити серпентина или других близких к нему водных силикатов. При внимательном исследовании этих образований канадский геолог Логан пришел к заключению, что расположение их напоминает камеры и каналы некоторых низших животных с известковыми скорлупками. К этому мнению присоединился *Даусон*, и мысль о животном происхождении эозоона стала быстро распространяться, особенно после того, как английские специалисты по изучению корненожек высказались в ее пользу (1864 г.). В различных местностях Европы—в Ирландии, в Швеции, в России, в Баварском и Чешском Лесе, в Силезии, в Альпах и в Пиренеях были найдены подобные же образования, и строение предполагаемого организма было точно восстановлено.

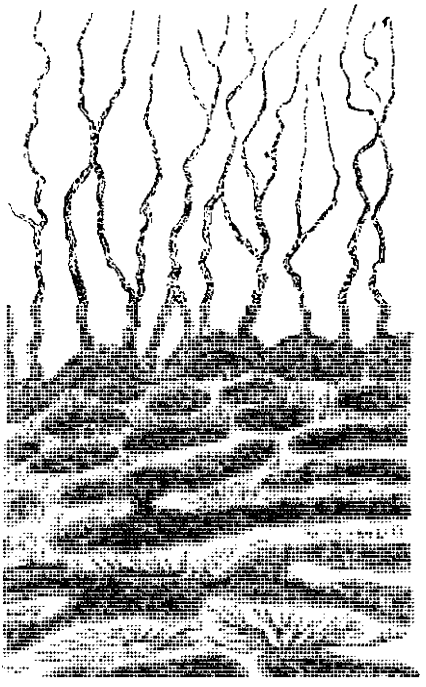


Рис. 427 **Часть эозоона с реставрированными мягкими частями** (по Даусону) **в сильном увеличении**

Эозоон был отнесен к классу корненожек; он обладал неправильной формой и достигал величины с голову или с кулак; известняк соответствует скорлупкам этого организма, а частицы змеевика—каналам и камерам его; он имел широкое основание и выпуклую верхнюю поверхность (рис. 425). Невооруженный глаз видит полосы серпентина с перетяжками в некоторых местах; они представляют сходство с бусами; каждое расширение соответствует камере, которая свободно соединяется с соседними. Отдельные полосы серпентина обрамляются узкими каемками, которые при сильных увеличениях распадаются на множество тонких, параллельно расположенных серпентиновых или асбестовых волокон. Эти волокна рассматривались, как заполнения нежных нор, наблюдаемые

у многих корненожек, и в присутствии их видели главный довод в пользу органического происхождения эозоона. Между каждой парой змеевиковых полосок располагается плотная масса известняка, не содержащая тонких волокон, а прорезанная каналоподобными жилками серпентина; эти жилки иногда соединяют два ряда камер, иногда же разветвляются и слепо оканчиваются в массе известняка.

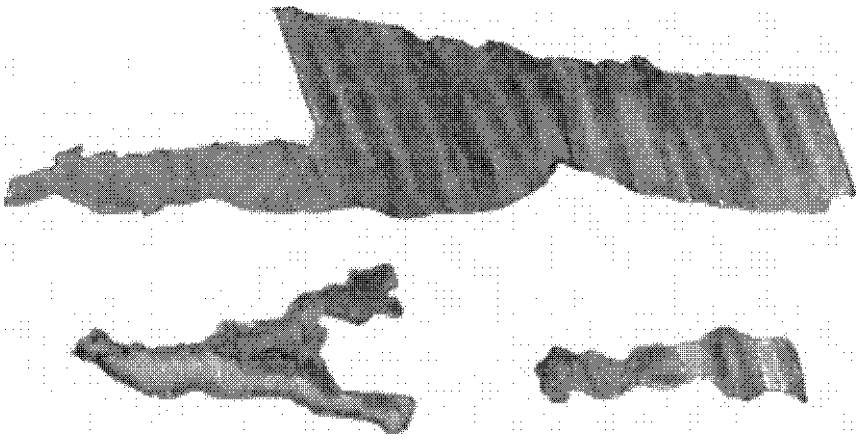


Рис. 428—430. **Воображаемые каналы эозоона после обработки соляной кислотой в сильном увеличении** (по Мебиусу)

Образования, аналогичные описанным, наблюдаем мы и у корненожек: у некоторых из них между пористыми частями скорлупки находятся известковые

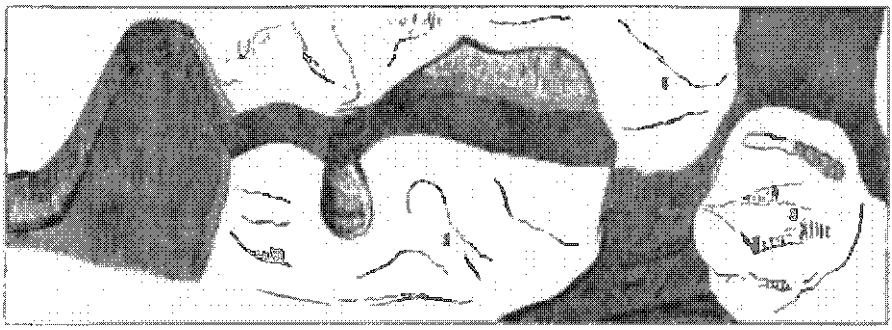


Рис. 431. **Шлиф эозоона: a) змеевик (серпентин), b) известняк, c) волокнистые полосы; в сильном увеличении** (по Мебиусу)

части, прорезанные канальцами. Вышеприведенные данные позволили восстановить строение камер эозоона, которые и изображены на рис. 426 и 427.

Учение о животном происхождении эозоона приобрело широкое распространение среди палеонтологов; однако, некоторые исследователи пытались опровергнуть его самым решительным образом, другие пинимали его со сдержанной нерешительностью и недоверием: указывалось, что в пользу органического происхождения эозоона нельзя привести никаких положительных доводов и что, по всей вероятности, жилки, зерна и волокна, найденные в архейских породах, являются просто минеральными выделениями; воспользовавшись весьма обширным материалом, *Мебиус* заново расследовал вопрос и пришел к заключению, что мнимый эозоон является неорганическим образованием: он не представляет в своем строенин

той правильности, которая свойственна организмам; предполагаемые каналы, освобожденные при помощи соляной кислоты от заполняющей их массы (рися 428—430), не обнаруживают сходства с каналами корненожек: они являются в виде совершеиио плоских неправильных. трещин. У всех корнеиожек система каналов начинается вблизи начальпой камеры и открывается на поверхность скорлупки или же образует предварительно сложную сеть; наоборот, серпентиновые жилки эозоона разбросаны без всякой правильности. То же самое следует сказать и о расположепии волокои, которые, как полагали, соответствуют пористым образованиям корненожек; если бы последнее предположение было правильно, то каждое волокно должно было бы состоять главпым образом из извести и содержать в середине округлую жилку силиката; однако *Мебиус*, показал, что известь совершенно отсутствует в этих образованиях и что они состоят исключительно из тонких призматических волокон силикатов: таким образом всякая возможность сравнения с корненожками исчезает. Наконец, поры корненожек проходят с внутренней стороны камеры на паружную поверхность по кратчайшему пути; что же касается волокон эозозона, то они имеют самое разнообразное положение относительно серпентиновых ядер, которые принимались за камеры: они идут нараллельно друг другу и встречают поверхность ядра под косыми углами (см. рис. 439). Таким образом работы *Мебиуса* показали, что эозоон не может быть рассматриваем, как один из представителей корненожек; *органическое происхождение его подлежит большому сомнению*; хотя некоторые известные палеонтологи и не разделяют еще внолне мнений *Мебиуса*. Кроме эозоона, в лаврентьевских породах были открыты некоторые другие незначительные организмы; но уже с самого начала они привлекали к себе мало внимания, в настоящее же время их органическое происхождение можно считать окончательно отвергнутым. Мнимый эозоои и его спутники оказались минеральными образованиями, но это еще *не говорит против существования органической жизни в архейскую эру*, и хотя имеющиеся в нашем распоряжении данные не дают прямых доказательств в пользу существования организмов в это время, но они делают его весьма вероятным.

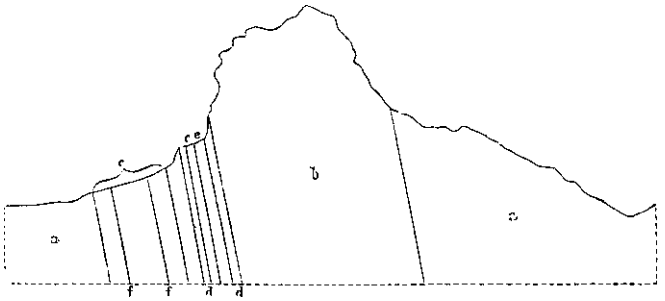


Рис. 432. **Профиль битуминозных гнейсов и слюдяных сланцев Нуллаберга в Вермланде в Швеции: a) гранитогнейс, x) гиперит, c) битуминозный гнейс и слюдяной сланец, d) битуминозный слюдяной сланец, e) мелкозернистый гнейс и слюдяной сланец, f) тонкие битуминозные слои** (по Игельштрему)

Как мы уже указывали, в массах кристаллических сланцев нередко находится графит и зернисто-кристаллический известняк. У Нуллаберга в Вермланде (в Швеции) открыты гнейсы и сланцы, обладающие мощностью около 30 м; и на всем своем протяжепии прорезывающиеся черным батуминозным веществом (рис. 432). С полпым осповапием графит можно считать конечпым членом в ряду миперальных углей: при посредстве антрацита, каменных и бурых углей он связывается с современными торфяниками; среди камениоугольных образований северных Альп графит встречается между породами, превратившимися в кри-

сталлические сланцы и сохранившими значительные остатки растений; все мощные залежи известняков, относящиеся к послеархейскому времени, а также и все битуминозные образования обладают органическим происхождением: ввиду этого мы имеем весьма серьезное основание допустить существование животной и растительной жизни в архейскую эру.

Но присутствие графитов и кристаллически-зернистых известняков еще не служит решительным доводом в пользу положительного решения вопроса: как мы уже знаем, графит встречается в массах метеоритов, которые не обнаруживают даже следов органической жизни (стр. 109); кроме того, спектральный анализ показал, что углеводороды присутствуют в кометах и накаленных космических массах (стр. 106). Таким образом, организмы не составляют необходимого условия для образования графита и битуминозных веществ, как это думали прежде. Но если отрешиться от мысли об органическом происхожденни архейских известняков, то вопрос о способах их образования становится до чрезвычайности трудным; во всяком случае при современном состоянии наших сведений мы не можем окончательно отвергать неорганическое происхождение этих пород.

Другим доводом в пользу существования органической жизни в архейский период служит теория происхождения видов: все высшие виды растений и животных образовались из них; путем постепеиных изменений население каждого предыдущего периода преобразовывалось в организмы следующих эпох. Древпейшие окаменелости кембрийского периода находятся в резком противоречии с этой теорией: здесь мы находим высоко организованных ракообразных, плеченогих и других животных; таким образом органическая жизнь должна была существовать задолго до наступления кембрийского периода, и пазванные формы животных должны были развиться из простейших организмов, соответствующих современным Protozoa. Всякнй последовательный сторонник теории Дарвина должен прийти к заключению, что органическая жизнь существовала в архейскую эру; но мы не должны забывать, что и само учение о нроисхождении видов еще нельзя считать окончательно доказанным и что одним из важнейших доводов в его пользу было бы открытие организмом в архейских образованиях: если для доказательства гинотезы мы станем прибегать к новым предположениям и догадкам, то можем впасть в грубые ошибки.

Ввиду всего сказанного выше существование органической жизнн в архейскую эру не может быть доказано, хотя и является весьма вероятным.

## Новейшие кристаллические сланцы

Архейские кристаллические сланцы обладают весьма широким распространением в Средней и Западной Европе, где и началось их изучение; ввиду этого установилось убеждение, что все кристаллические сланцы относятся к архейской эре и являются образованиями более древними, чем старейшие из кембрийских отложений. Однако во многих местностях встречаются также кристаллические сланцы более позднего времени, но некоторые геологи до такой степени сжились со старыми представлениями, что считают все эти наблюдения ошибочными

лишь потому, что они не согласуются с их теоретическими воззрениями. Только со времени плодотворных исследований *Рейша* на западном берегу Северной Норвегии все более и более стала распространяться уверенность в существовании новейших кристаллических сланцев. Правда, уже задолго до того высказывалась мысль, что на Скандинавском полуострове существуют огромные массы кристаллических сланцев кембрийского и силурийского возраста; но только названному выше исследователю удалось доказать, что горные породы в окрестностях Бергена, считавшиеся до тех пор первобытными, относятся к силурийскому периоду: в тальковых сланцах, гнейсе, глинисто-слюдяных сланцах, кварците и мраморе этой местности он нашел окаменелости трилобитов, моллюсков, плеченогих и кораллов (рис. 433—435). Сторонники старых воззрений пытались доказать, что новейшие кристаллические сланцы по своему петрографическому характеру не соответствуют первобытным породам; но по отношению к силурийским образованиям Норвегии этот довод не имел никакого значения: «самое тщательное петрографическое исследование этих сланцев показывает, что они являются совершенно однородными с архейскими сланцами» (*Розенбуш*).

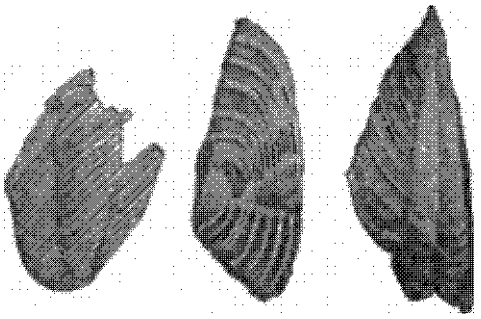


Рис. 433—435. **Остатки трилобитов из слюдяных сланцев Бергена в Норвегии** (по Ресшу)

В Арденах, на Гарце, в Таунусе, в Тюрингском Лесе и в Судетских горах также встречаются новейшие кристаллические сланцы. Гнейсы, филлиты, авгитовые и слюдяные сланцы, залегающие в Таунусе, совершенно сходны с архейскими образованиями; полукристаллические породы связывают их с девонскими отложениями, которые и в характере залегания обнаруживают с ними большое сходство; ввиду этого названные сланцы можно отнести к девонскому периоду. Особенно любопытно наблюдение, сделанное в юго-восточной части Гарца и в Арденах: оказывается, что кристаллические породы преобладают в местах, где происходили наиболее сильные нарушения; наоборот там, где горные массы пластуются правильно и спокойно, мы находим в большинстве случаев обыкновенные кластические породы.

В Судетских горах нижний и средний отделы девонской системы состоят из богатых слюдой кварцитов, изогнутых в мелкие складки филлитов и зернистых известняков; кристаллический характер этих пород выражен так резко, что до открытия окаменелостей они относились к архейской эре. Под кристаллическими девонскими образованиями лежит зеленоватый хлоритовый гнейс и гнейсовый сланец. Принадлежность последних пород к архейской группе не доказана, и их с тем же правом можно считать представителями силурийских образований.

Таким образом в сбросовых горах Северной и Средней Европы палеозойские образования приобрели во многих местах кристаллический характер; что же касается складчатых гор, то здесь эти любопытные превращения наблюдаются в мезозойских и среди них даже в третичных отложениях. При сложности строения складчатых цепей изучение подобных явлений чрезвычайно затруднено, но тем

не менее удалось установить следующий факт: в Восточных Альпах силурийские образования Радштедского Тауэрна приобретают резко выраженный кристаллический характер: здесь мы находим гнейсы и слюдяные сланцы. Еще более широкого развития достигают кристаллические породы, стоящие в связи с каменноугольными образованиями: в слюдяных и графитных сланцах и кварцевых филлитах северо-Восточных Альп найдены несомненные и хорошо сохранившиеся остатки каменноугольных растений; в связи с этими породами стоят кристаллические гнейсы и пласты каменного угля, превратившегося в графит. В Западных Альпах новейшие отложения, по своим окаменелостям принадлежащие к лейясовой эпохе, приобрели кристаллическое строение и превратились в глинистые сланцы, известковые филлиты, мраморы и роговики. Пермские образования этой области в местах наиболее сильных тектонических нарушений приобрели свойства гнейсов.

Рис. 436. **Афинский Акрополь**

Новейшие кристаллические сланцы широко распространены в прибрежных областях Греческого архипелага. В средних частях Греции плотные серые известняки с окаменелостями мелового периода достигают значительной мощности и пользуются большим распространением; они стоят в тесной связи с песчаниками и слапцеватыми глинами, известными под названием «мачиньо»; последние бедны окаменелостями и обнаруживают сходство с подобными им образованиями альпийских цепей. В западных частях названной области эти нормальные отложения приобретают кристаллическое строение: город Афины лежит приблизнтельно в том месте, где происходит это изменение; возвышенности, расположенные к западу от него, сложены из осадочных пород; на юго-востоке же простираются кристаллические горы Лавриоп; породы, на которых построен сам город и холм, лежащие в ближайших его окрестностях, отчасти принадлежат к нормальным осадкам, отчасти обладают полукристаллическим строением. В прежнее время полукристаллические слапцы Афинской низменности были прикрыты известняками, которые в значительной массе разрушились и выступают ныне в виде одиноких скал; эти породы образуют крутые стены городских холмов: Акрополя (рис. 436), Ареопага, Пникса, Ликобетта и других; они отчасти обладают кристаллическим строением, отчасти лишены его и заключают во многих местах следы меловых окамепелостей. В Лавриоиских горах сланцы Афин обнаруживают кристаллический характер: зеленые глинистые слапцы превратились здесь в темио-зеленые блестящие хлоритово-слюдяные слапцы,

мергели — в известково-глинистые сланцы, а серые известняки — в белые крупнозернистые мраморы. Существование в Аттике кристаллических меловых отложений встретило немало возражений, но точные исследования этой местности самым блестящим образом подтвердили вышеприведенные факты.

Подобные же наблюдения были сделаны и в окрестностях Греческого архипелага, не исключая и Апеннинского полуострова. Присутствие скудных, но несомненных окаменелостей доказывает, что издревле-знаменитые залежи каррарского мрамора в Апуанийских Альпах, равно как и сопровождающие их серицитовые, хлоритовые и слюдяные сланцы относятся к триасовой системе; гнейсоподобные породы, подстилающие эти триасовые образования, произошли вследствие изменения пермских конгломератов. Но кристаллические сланцы встречаются не только в вышеназванных местностях: они известны и в отдаленных странах — в Бирме, на Андаманских и Никобарских островах, на Огненной Земле, в Южно-Американских Андах и в прибрежных цепях Калифорнии. Хотя исследование таких образований принадлежит к числу наиболее трудных задач геологии, но целый ряд ученых доказал их присутствие в разных частях земли; отсюда нет никакой возможности сомневаться, что кристаллические сланцы встречаются *среди новейших отложений.*

## Происхождение кристаллических сланцев

В наше время не образуется на дне моря кристаллических сланцев, а потому мы и не можем приписывать их происхождение обычным ныне действующим процессам осаждения. *Вернер* предполагал, что гнейсы и кристаллические сланцы непосредственно выкристаллизовались из воды при тех же условиях и при той же температуре, которые наблюдаются в настоящее время; но этот взгляд давно оставлен. Остается два возможных способа происхождения кристаллических сланцев: они могли непосредственно выделиться из воды при условиях, которые ныне уже не существуют, или же, образовав первоначально нормальные осадки, подверглись позднейшим изменениям. Оба воззрения имеют многочисленных сторонников и до сих пор враждуют между собой.

Как мы видели выше, гранит и гнейс имеют одинаковый минералогический состав и отличается друг от друга только тем, что последняя из названных пород обладает более ясно выраженной сланцеватостью. Так как обе эти породы и по месту нахождения находятся в близкой связи между собой, то было бы естественно предположить, что они образовались одинаковым способом, т. е. застыли из расплавленного состояния. До сих пор еще распространено мнение, что не только древние гнейсы, но также слюдяные и глинистые сланцы, подстилающие кембрийские образования, выкристаллизовались из расплавленных масс, и что они представляют ту *первоначальную земную кору*, которая образовалась в первые моменты охлаждения нашей планеты. Другая теория опирается на вышеописанные опыты *Добре* с перегретой водой; сущность ее заключается в следующем: когда земля находилась еще в расплавленном состоянии, вся углекислота, ныне связанная известняками и доломитами, и вся вода океана находились в газообразном состоянии и составляли атмосферу раскаленного земного шара; в этой огромной

массе газов заключалась и та углекислота, которая потрачена на образование каменных углей и животных тканей; давление такой мощной газовой оболочки достигало 700—800 атмосфер. Как известно, точка кипения воды и температура сгущения пара зависит от атмосферного давления: с повышением последнего вода кипит при более высокой температуре. При давлении в 800 атмосфер сильно перегретая вода должна была выпасть на землю обильным дождем и, как показывают опыты *Добре*, могла растворить и изменить первоначальную земную кору. Первобытное море было насыщено растворенными в нем силикатами, которые, по мере охлаждения земля, постепенно выкристаллизовывались и дали начало архейским кристаллическим слаицам.

Первая из этих теорий рассматривает кристаллические сланцы, как застывшую огненно-жидкую массу, вторая считает их химическими осадками, вроде каменной соли или гипса. Последнее объяснение не согласуется со строением первобытных горных пород: в случае осаждения из воды минеральные частицы должны были бы отлагаться слоями, смотря по степени их растворимости; но этого на самом деле мы не видим; рассматриваемые породы представляют миллионы тончайших слоев слюды и кварца с полевым шпатом; такое распределение минеральных составных частей было бы немыслимо, если бы силикаты выделились из раствора. Эта теория не объясняет также чередования мощных масс гнейса, слюдяных, хлоритовых и т. п. сланцев с известняками и доломитами. Известно, что состав морской воды одинаков на протяжении всего океана; такое явление не простая случайность, а необходимое следствие физических законов: диффузия вместе с морскими течениями и ветром уравнивает состав морской воды; то же должно было происходить всегда, когда существовало море. Если воды последнего насыщены каким-либо минеральным веществом, то оно выделяется повсеместно; кристаллизация какого-нибудь другого вещества может начаться только в том случае, если изменится состав морской воды на протяжении всего океана. Для того, чтобы могли образоваться пласты известняков, прикрывающие гнейс, воды первобытного моря должны были быть насыщены сначала силикатами, а потом углекислым кальцием. Точно также и сланцы могли отложиться поверх известняков только в том случае, если состав морской воды изменился в обратном направлении. Другим затруднением является присутствие несомненных конгломератов среди кристаллических сланцев. Совершенно закругленные гальки, из которых состоят эти породы, могли образоваться только действием воды; с другой стороны, и строение такого рода сланцев указывает на их классическое происхождение: составные части их перемешаны друг с другом и до такой степени скучены, что форма каждого зерна определяется окололежащими частицами. Такое строение возможно только в тех породах, которые первоначально отложились из воды в виде простых механических осадков.

Ввиду всего сказанного, мы не можем придавать существенного значения химическому выделению осадков из перегретых растворов: этим путем не могли образоваться архейские породы; приведенные соображения заставляют нас также отвергнуть гипотезу, которая рассматривает все первобытные породы, как остаток первоначальной земной коры. Образования, содержащие конгломераты и постепенно переходящие в обыкновенные осадочные породы и обладающие строением кластических отложений, не могли произойти из расплавленной массы. Впрочем,

перечисленные признаки относятся главным образом к верхним слоям архейских пород; если же мы оставим последние в стороне и будем рассматривать доступное нашему наблюдению основание кристаллических сланцев, то дело представится в несколько ином свете.

Первоначальная земная кора должна была существовать, несомненно: без нее немыслимо образование океанов, отложение осадочных пород и излияние на поверхность вулканических масс. Первобытная твердая оболочка, по-видимому, была одинакова на протяжении всей земли: она должна была обладать тем же составом и строением, как и древнейшие из изверженных пород, т.е. граниты: массы, изливавшиеся на поверхность, были тогда близки к составу коры и охлаждались приблизительно при тех же условиях, при которых застыла и она сама.

Древнейшие из кристаллических сланцев удовлетворяют обоим вышеуказанным требованиям: они обладают гранитным или гранито-подобным составом и распространены почти повсеместно. Всюду, где только были произведены исследования, гранит и гнейс составляют фундамент всех залегающих над ними пород. Даже в тех местах, где древнейшие породы прикрыты мощной толщей новейших образований, изверженные массы выносят на дневную поверхность обломки гранита и гнейса; отсюда возможно заключить, что первобытные породы составляют оболочку, неразрывную на протяжении всей земли, и что повсеместно на более или менее значительных глубинах залегают кристаллические сланцы. Основанием всех древнейших горных пород является гнейс; минералогический состав и даже строение его до того близки к прорезывающим его гранитам, что в некоторых случаях бывает весьма трудно отличить одну породу от другой.

Эти особенности совпадают с предположенными выше свойствами первобытной земной коры, а потому мы можем с большей вероятностью допустить, что гнейсы, равно как и близкие к ним граниты, представляют первую твердую оболочку земли.

Таким образом, старая теория, рассматривавшая все кристаллические сланцы как первобытную кору, заключает в себе зерно истины; но было бы большой ошибкой приписывать всем разнообразным сланцам одно и то же происхождение и переносить свойства гнейсов даже на те слои, происхождение которых из воды не подлежит сомнению. Обращаясь к последней группе кристаллических сланцев, мы наталкиваемся на чрезвычайно трудный вопрос: каковы были те условия, которые сообщили этим породам кристаллическое строение. Одна из существующих теорий полагает, что такое превращение кластического материала в кристаллический произошло непосредственно после его отложения («diagenesis»), другая же теория относить это изменение к последнему времени, приписывая ею так называемому метаморфизму.

Каждый осадок испытывает некоторые изменения непосредственно после своего отложения: это явление может быть наблюдаемо уже в современных морях, где рыхлые отложения мало-помалу переходят в твердые массы. Такие изменения происходят в той же среде, где происходило отложение, и составляют как бы непосредственное продолжение этого процесса; они-то и называются *диагенезисом*; наоборот, метаморфизм, как явление позднейшее, происходит при условиях, совершенно отличающихся от тех, при которых совершалось осаждение. Сторонники диагенетического изменения предполагают, что кристаллические сланцы отлага-

лись первопачально в форме механических осадков и, благодаря условиям, которые существовали только в первобытном море, тотчас же приобретали кристаллическое строение. Причина явлепия кроется в высоком атмосферпом давлении, в высокой температуре и в повышенном растворении морской водой твердых масс: вследствие этого механические осадки, приносимые с материка, а может быть и первобытные вулканические туфы, переходили в кристаллические сланцы. С понижением температуры и атмосферного давления условия осаждения все более приближались к современным, и диагенетическое изменение вновь образующихся пород делалось все менее возможным; паконец, образованне кристаллических сланцев совершенно прекратилось.

На первый взгляд, диагенетическая теорня весьма близка к изложенному выше учению, которое приписывало происхождепие кристаллических сланцев выделению из перегретых растворов; но, выдвигая на первый план механическое осаждение, она обладает важным преимуществом. Эта теория удовлетворительно объясняет постепенное исчезновенне кристаллического характера в сланцах более позднего происхождепия; по, с другой стороны, кристаллический характер новейших образований, содержащих окамепелости и отложившихся при условиях, которые весьма близки к современным, с точки зрения этой теории остается непонятным. Несомненность последнего факта свидетельствует, что высокую температуру воды и высокое давление нельзя считать необходимым условием для образования кристаллических горных пород; вместе с тем является вопрос, можем ли мы этими исключительными условиями объяснять происхождение архейских сланцев; этот вопрос тем более естествен, что в основе диагенетической теории лежит недоказанное предположение, будто первобытная атмосфера и вода первобытного моря были насыщены углекислотой, хлором и т. п.: выше мы видели, что расплавленные массы обладают высокой способпостью поглощать газы, а потому весьма вероятно, что углекислота, хлор и т. п. были извлечены ими из атмосферы. Однако нельзя окончательно отрицать, что в период образования первой земной коры и в ближайшее к нему время, действительно, существовали условия, предусматриваемые диагенетической теорией, а потому возможно предположить, что кристаллические сланцы, отлагавшиеся на первобытных гнейсах и граннтах, обязаны своим происхождением диагенезису. Что же касается главпой массы кристаллических сланцев, особенно тех из них, которые содержат окаменелости, то они должны были произойти иным путем; теория метаморфизма проливает некоторый свет на процессы их образования.

Учение о *метаморфизме* кристаллических сланцев очень старо: зарождение его относится к временам шотландского геолога *Гюттона*, и с тех пор это учение претерпело множество видоизменений; из числа последних мы разберем только наиболее важные.

Причину метаморфических изменений горных пород видели *в высоком давлении и в высокой температуре*; исходной точкой этой теории служили вышеупомянутые явления коитактного метаморфизма. Если слоистая горная порода или сланец со слабо выраженным кристаллическим строением прорезается изверженными массами, то на местах соприкосновения с последними вышепазванные породы приобретают ясно выраженное кристаллическое строение. Это несомненно наблюдавшееся явление было обобщено, и строение всех вообще кристаллических

сланцев приписывалось высокой температуре. *Гюттон* предполагал, что все горные породы, отложившиеся в море, ие исключая песчаников и плотных известняков, отвердели, благодаря действию внутренней теплоты земли; кристаллические сланцы, по его мнению, представляли первоначально нормальные осадки и, вследствие жары, господствующей на глубине, приобрели свойственное им теперь строение. Однако, скоро пришли к убеждению, что одна высокая температура не объясняет таких изменений: было предположено, что они обязаны своим происхождением действию горячей воды, наров или минеральных растворов.

Как мы видели выше, температура зёмной коры постепенно увеличивается с глубиной (стр. 121). Если накапливаются огромные массы отложений, то, как показал это впервые *Баббедж*, глубокие части их чрезвычайно сильио нагреваются: если свита горизонтальных пластов обладает мощностью в 12,000 м., то иа дне ее господствует температура приблизительно в 364°; в связи с огромным давлением вышележащих слоев она приводит в нерегретое состояние воду, циркулирующую в трещииах и пустотах породы. На основании лабораторных опытов мы знаем, что при таких условиях может произойти перекристаллизация, а потому описанным путем можно объяснить превращение нормальных осадков в кристаллические сланцы. Но даже независимо от внутренней теплоты земли одно давление мощной толщи пород влечет за собой нагревание воды, так как всякое давление превращается в теплоту. Однако этим путем иельзя объяснять происхождение *всех* кристаллических сланцев. До сих пор предполагалось, что архейские образования пластуются совершенно согласио, но повейшие исследования показали, что и в это отдаленное от нас время существовали перерывы в процессах отложеиия, и что в огромной толще кристаллических сланцев присутствуют также несогласно напластованные породы. С другой стороны, известны мощные свиты осадочных пластов, которые ие приобрели в своих нижних частях кристаллического строения; наоборот, кристаллические сланцы встречаются среди новейших образований незначительной мощности. Наконец, кембрийские конгломераты состоят из кристаллических галек; таким образом архейские сланцы обладали уже кристаллическим строением раньше образования кембрийских пород. Отсюда видно, что давление нельзя считать пеобходимым условием кристалличпости, и мы во всяком случае должны искать другую причину, которая могла бы объяснить это явление.

В противоположность авторам изложенных выше теорий *Бишоф* приписывал образование кристаллических сланцев *действию воды, циркулирующей при обыкновенной температуре и обыкновенном давлении*. Он предполагал, что вода, просачивающаяся в глубину, растворяет составные части осадочных масс и взамен их откладывает другие; таким образом происходит перекристаллизация, сопровождающаяся изменением состава. С химической точки зрения такой процесс безусловно возможен; все минералы, входящие в состав сланцев, встречаются в природе при условиях, которые свидетельствуют, что они выделились из воды; таким образом составные части гнейсов могли образоваться из глины. Такие изменения, каково иапр. превращение известняка в породу, состоящую из полевого шпата, кварца и слюды, подтверждаются явлениями, происходящими ныне в природе, именно существованиием так пазываемых псевдоморфоз. Под этим именем понимают измененные минералы, которые, сохраняя свою внешнюю кристаллографическую форму, приобретают новый химический состав. Так, напр., железный колчедан, теряя серу

и приобретая вместо нее кислород и воду, превращается в бурый железняк; при этом внешняя форма железного колчедана остается неизменно. Известны псевдоморфозы, которые обладают формой известкового шпата, но не содержат ни одной из составных частей этого минерала: углекислый кальций совершенно заменился кварцем или полевым шпатом, который состоит из кремнекислоты, глинозема и окиси кальция.

Такие процессы, несомненно, происходят в природе, но вряд ли они имеют такое широкое распространение, чтобы ими можно было объяснить образование огромных масс архейских сланцев. Если вода, находящаяся при обычном давлении и температуре, превращает обыкновенные осадочные породы в кристаллические, то как же могли сохраниться в течение многих миллионов лет кембрийские глины, не обнаруживающие никаких изменений? С другой стороны, слоистое расположение составных частей сланцев не объясняется рассматриваемой теорией: если бы эта порода образовалась путем химических изменений простых осадков, то она не обладала бы слоистостью; кроме того, вдоль трещин, по которым циркулировала вода, были бы заметны более сильные изменения, которых мы на самом деле не находим: слои отдельных пород резко отграничиваются друг от друга и не содержат общих составных частей; ввиду этого одним действием воды, без участия высокого давления и температуры, нельзя объяснить происхождение кристаллических сланцев.

Старые теории метаморфизма руководствовались изучением архейских гнейсов и слюдяных сланцев, происхождение которых наиболее загадочно; новейшие исследователи пошли иным путем: они обратились к исследованию явлений метаморфизма в новейших системах и, благодаря этому, пришли к весьма важным заключениям.

Впервые посмотрел на дело с совершенно новой точки зрения *Лоссен*. Исследуя девонские кристаллические сланцы в Таунусе, он заметил, что кристаллический характер этих пород наиболее резко выражен в местах тектонических нарушений, т. е. там, где действовало наиболее сильное механическое давление, наоборот, те части пластов, которые не испытывали таких изменений, обладают преимущественно строением кластических пород. Далее он доказал, что в трещинах, которые образовались во время нарушений, происходили выделения тех же минералов, которые залегают между отдельными пластами; эти минералы стоят в тесной связи с происхождением кристаллического строения, которое явилось во время тектонических нарушений, благодаря действию высокого давления. Лоссен пришел к заключению, что кристаллические сланцы Таунуса образовались из простых осадков; причиной такого превращения было значительное давление и вызванная им высокая температура. Это объяснение было распространено и на другие породы того же типа. К тем же выводам привели исследования мрамора в Бернском нагорье; издавна было известно, что плотные верхне-юрские известняки этой области обнаруживают иногда кристаллическое строение: последнее наблюдается в тех местах, где порода приходит в соприкосновение с гнейсом. Прежде думали, что это явление представляет особый вид контактного метаморфизма, но впоследствии оказалось, что кристаллическое строение замечается вообще всюду, где известняк испытал сильные изгибы и нарушения: превращение известняка в мрамор в местах соприкосновения с гнейсом происходит только там, где горообразующие про-

цессы действовали наиболее сильно. Обе породы обладают чрезвычайно сложным характером залегания: гнейс и известняк клинообразно внедряются друг в друга, как это и показано на рис. 437; это своеобразное явление, рассмотренное нами уже выше (стр. 379) представляет один из сложнейших примеров образования складок, и именно в тех местах, где изгиб был всего сильнее, т. е. на конце клина, известняк превратился в мрамор. Все эти наблюдения привели к выводу, что *давление, развивающееся во время процессов горообразования, сообщает горным породам кристаллическое строение.* Точно также *Госселе*, производивший исследования в Арденах, установил, что метаморфические изменения наблюдаются в местах наиболее сильной дислокации, именно в поясах антиклинального изогнутия, внутри крутых сдавленных мульд, вдоль больших сбросов и, наконец, там, где вследствие образования складок, тесно сдвинулись несогласно напластованные слои. В Северной Шотландии, в области больших перебросов, силурийские и кембрийские пласты, располагающиеся над обыкновенными силурийскими осадками, приобрели кристаллическое строение (стр. 378 и 401). Подобные же явления наблюдались и в других местах; они показывают, что кристаллические сланцы всегда залегают в областях тектонических нарушений — вывод чрезвычайно важный для понимания природы этих пород.

Во многих случаях кристаллическое строение пород зависит, несомненно, от степени дислокации, образования складок и т. п., вообще, от давления, которое испытывала порода. Изменения, вызванные действием горообразующих сил, получили название динамо-метаморфизма. Они выражаются превращением песчаников, конгломератов и сланцев в гнейсы, слюдяные сланцы и филлиты, известняков — в мраморы, каменных углей — в антрацит и графит; динамо-метаморфические изменения распространяются и на изверженные горные породы, прорезывающие осадочные пласты. Так, напр., диабазы переходят в хлоритовые и роговообманковые сланцы, а граниты — в гнейсо-подобные сланцы.

Связь между давлением и строением достигает своего крайнего выражения в кристаллических сланцах; но она может быть подмечена с достаточной очевидностью также и на кластических породах; там, где слои испытывали незначительные нарушения и где толща прикрывающих их пород не обладает большой мощностью, первоначальное строение остается неприкосновеиным; так, напр., глины, принадлежащие даже к самым древним образованиям, не обнаруживают в таких случаях никаких изменений.

Примеры подобных явлений далеко нередки; таковы напр. знаменитые кембрийские глины, залегающие в окрестностях Петербурга; они являются самым древним образованием палеозойской эры и, несмотря на это, сохраняют свое первоначальное горизонтальное положение. С другой стороны, среди новейших третичных отложений мы находим новейшие пластические глины только там, где не происходило образования складок; наоборот, в местах тектонических нарушений они превратились в сланцеватые глины или даже в глинистые сланцы. Последние встречаются во всех системах, вплоть до среднетретичных отложений, но в ряду древнейших образований мы находим их наиболее часто. Известны пластические глины кембрийского периода и глинистые сланцы третичного возраста: присутствие тех или других разновидностей этих пород определяется горообразующими процессами.

Ввиду громадности материала, доказывающего связь между явлениями метаморфизма и давлением, вышеизложенная теория становится все больше и больше на прочную почву; важным доводом в ее пользу служат любопытные опыты *Шпринга,* выясняющие роль давления в образовании кристаллической структуры; эти опыты показывают также, достаточно ли для изменения пород одного давления, или же в этом процессе имеют значение и другие деятели, напр. перегретая вода. Так, напр., *Шпрингу* удалось превратить при высоком давлении смесь меди и серы в кристаллический медный блеск и из смеси разных металлов получить кристаллический сплав (стр. 381). Наоборот, порошок мела и известкового шпата при давлении в 5000, в 6000 атмосфер не спаивался в плотную массу; то же самое следует сказать и о кварцевом песке, который при давлении в 2000 атмосфер оставался неизменным.

Эти явления показывают, что чисто механические изменения, как, напр., образование сланцеватости или микробрекчиевой структуры (стр. 381), могут происходить под влиянием одного только давления, которое способствует сближению и перегруппировке молекул. Наоборот, если изменение носит химический характер и сопровождается выделением одной из прежних составных частей или приобретением новых, то в этом случае не-

Рис. 437. Известняки, клинообразно внедряющиеся в гнейсы Юнгфрау: вид с Роггаля; светлые места рисунка соответствуют известнякам, темные — гнейсам (по Бальтцеру)

обходимо действие перегретой воды: давление, как бы оно велико ни было, способствует только перемещению молекул и не может произвести обмена веществ. Нагретая давлением вода должна принимать важное участие в образовании минералов; это доказывается и тем, что динамо-метаморфические породы обнаруживают во многих случаях явления, весьма сходные с контактным метаморфизмом; изменения, происходящие в последнем случае, сводятся главным образом к действию воды, перегретой от соприкосновения с изверженными массами. Здесь открывается широкое поле для экспериментальных исследований и непосредственных наблюдений; немало труда и времени придется затратить прежде, чем явления динамометаморфизма приобретут надлежащее освещение.

Нельзя не указать, что теория динамо-метаморфизма, глубоко-справедливая в своих главных чертах, находится как бы в противоречии с некоторыми фактами, которые не нашли еще надлежащего объяснения; так, напр., присутствие неизмененных кластических пород, прикрытых новейшими кристаллическими образованиями, а также чередование кластических и кристаллических сланцев остается совершенно непонятным. Правда, такие явления наблюдаются не часто, но это не дает нам права пренебрегать ими. Кроме того, перекристаллизация не всегда сосредоточивается в местах наиболее сильной дислокации. Несмотря на образование огромных складок, во многих местах породы сохранили свой первоначальный характер, и, наоборот, метаморфические изменения наблюдаются в тех областях, где складчатость выражена весьма слабо; таковы, напр., кристаллические известняки Греции. Причины таких уклонений не известны, но мы можем надеяться, что обстоятельное исследование единичных фактов прольет новый свет и на эти явления. Но если бы даже эти ожидания не оправдались, то это нисколько не опровергает теории метаморфизма: указанные явления остаются загадочными и с точки зрения других гипотез, которые, как мы видели выше, дают в общем менее вероятное объяснение занимающих нас процессов.

Обобщая выводы, полученные главным образом при исследовании новейших образований, мы переносим их на древнейшие кристаллические сланцы только по аналогии; убедительность объяснений все более и более теряется по мере удаления в глубь прошлого; наименее вероятными являются они в применении к архейским породам. Мы имеем немало оснований думать, что древнейшие из первобытных пород, как по своему составу, так и по строению, существенно отличаются от позднейших. Только в последних мы наблюдаем явления, которые сближают их с кристаллическими сланцами новейших периодов и позволяют приписать их возникновение динамо-метаморфизму.

Необходимо было подробно остановиться на рассмотрении различных гипотез, чтобы установить вероятную точку зрения на образование кристаллических сланцев. Выводы, которые мы получаем этим путем, позволяют нам составить некоторое представление о состоянии земли в то отдаленное время, которое предшествовало появлению известных нам животных и растений. Мы видели, что гнейсы и сопровождающие их граниты являются наиболее древними из всех пород, находимых нами на поверхности земли, и что они представляют, быть может, остатки первобытной земной коры. Продукты разрушения последней, отлагавшиеся из горячих вод первобытного моря, могли быть изменены диагенетическим путем; если только это представление справедливо, то образовавшиеся при этом

породы не могли по существу отличаться от подстилавшей их первобытной коры, и весьма вероятно, что в пастоящее время мы смешиваем с последней эти первые осадки. В последовавшее затем время образовалнсь мощные и разнообразные свиты кристаллических слапцев, которые все больше и больше теряют свое характерное строение и приобретают кластический характер. Вместе с тем все яснее выступает действие текучих вод, которое выражается повторным образованием валунных отложений: перерывы в напластовании, наблюдаемые тут и там, указывают на перемещение береговой линии; присутствие гранитов и известняков позволяет предположить присутствие животной и растительной жизни; но в пластах, которые были изменены действием давления, мы не находим остатков первых организмов. Огромная масса осадков и высокая организация сохранившихся окаменелостей заставляют думать, что с момента образования первобытной коры и до конца архейского периода протекло много времени.

Углубляясь в даль прошлого, мы мало-помалу теряем под собой почву. Эпохи, ознаменованные ноявлением организмов, не могут быть резко отграиичены от конца архейской эры. Все сведения, имеющиеся в наших руках об этом отдаленном времепи, заставляют нас предположить, что уже тогда господствовали условия, близкие к современным. Наконец, мы достигаем первобытных пород, остатков первоначальной земной коры; процессы, совершавшиеся в эти первые моменты истории земли, с трудом поддаются нашему пониманию.

# СОДЕРЖАНИЕ

## Общая геология

**Введение. История и основные понятия геологии** . . . . . 3
Предмет геологии . . . . . 3
История геологии . . . . . 14
Основные понятия геологии . . . . . 31
Условия залегания . . . . . 51

### I. Физическая геология

**1. Земля в мировом пространстве** . . . . . 60
Небесный свод . . . . . 60
Планетная система . . . . . 62
Спектральный анализ . . . . . 65
Солнце . . . . . 70
Состояние мировых тел . . . . . 79
Луна . . . . . 85
Прошлое и будущее Земли . . . . . 87
Метеориты . . . . . 91
Состав метеоритов . . . . . 105
**2. Физические свойства Земли** . . . . . 111
Форма и величина Земли . . . . . 111
Вес Земли . . . . . 117
Температура внутри Земли . . . . . 119
Толщина земной коры и состояние внутренности Земли . . . . . 131

### II. Динамическая геология

**3. Вулканы** . . . . . 137
Предмет динамической геологии . . . . . 137
Везувий . . . . . 139
Продукты вулканических извержений . . . . . 156
Теория поднятия и теория накопления . . . . . 170
Флегрейские поля . . . . . 176
Прочие вулканы Италии . . . . . 184
Вулканы Атлантического океана . . . . . 201
Вулканы Европы, лежащие за пределами Италии . . . . . 218

Вулканы Азии, Восточной Африки и Индийского океана . . . 227
Вулканы Америки . . . 257
Вулканы Великого океана . . . 272
Число вулканов . . . 283
Деление вулканов . . . 283
Разрушение вулканических гор . . . 286
Причины вулканических явлений . . . 294
**4. Землетрясения** . . . 302
Общий характер землетрясений . . . 302
Число землетрясений и их продолжительность . . . 304
Области землетрясений . . . 318
Характер сотрясений и их действия . . . 325
Моретрясения . . . 338
Всемирный потоп . . . 341
Причины землетрясений . . . 344
Способы исследования землетрясений . . . 349
**5. Горообразующие процессы** . . . 369
Различные виды гор . . . 369
Нарушения в напластовании слоев . . . 371
Прежние теории горообразования . . . 384
Строение альпийской системы . . . 389
Страны, прилегающие к Альпам . . . 397
Области опускания . . . 403
Сущность горообразующих процессов . . . 414
Продолжительность горообразования . . . 422
Связь землетрясений со строением гор . . . 424
Географические гомологии . . . 430
Перемещение береговой линии . . . 433
Причины движения береговой линии . . . 443
Возраст материков . . . 450
**6. Деятельность воды и воздуха** . . . 454
Количество воды . . . 454
Подземные воды, ключи и источники . . . 455
Гейзеры и грязные вулканы . . . 470
Химическое действие воды . . . 490
Выветривание . . . 496
Размывание . . . 502
Обвалы и оползни . . . 508
Внезапные потоки . . . 518
Образование долин . . . 525
Каньоны . . . 535
Образование долин в складчатых горах . . . 542
Разрушение гор . . . 549
Карстовые образования . . . 553
Лёссовые области . . . 564
Речные террасы . . . 568
Перемещение русла рек . . . 573
Отложения текущих вод . . . 578
Разрушительная деятельность моря . . . 588
Деятельность льда . . . 601

Ледники и их движение . . . . . 603
Деятельность ледников и перенос ими продуктов разрушения . . . . . 621
Ледники Кавказа и других русских гор (дополнительная глава) . . . . . 629
Происхождение озер . . . . . 635
Плавающие льды (айсберги) . . . . . 642
Деятельность ветра . . . . . 644
Образование пустынь . . . . . 651
Общее действие разрушительных сил . . . . . 664

## III. Образование горных пород

**7. Слоистые горные породы** . . . . . 668
Образование разных видов слоистых горных пород . . . . . 668
Кластические породы . . . . . 672
Образование камеиной соли, гинса и ангидрнта . . . . . 674
Выделение углекислой извести . . . . . 680
Образование известняков растениями, моллюсками, иглокожими и кораллами . . . . 688
Образование коралловых рифов и атоллов . . . . . 692
Участие корненожек в образовании известняков. Белый глубоководный ил . . . . . 703
Красная глубоководная глина и радиоляриевый ил . . . . . 711
Доломит . . . . . 713
**8. Массивные горные породы** . . . . . 715
Состав массивных горных нород . . . . . 715
Хнмическое и микроскопнческое исследование массивных горных пород . . . . . 718
Происхождение массивных горных пород . . . . . 723
Строение массивных горных пород . . . . . 727
Главнейшие типы горных пород . . . . . 729
**9. Кристаллические сланцы** . . . . . 731
Кристаллнческие сланцы н их характер залегания . . . . . 731
Органическая жизнь в архейскую эру . . . . . 737
Новейшие кристаллические сланцы . . . . . 741
Происхождение кристаллических сланцев . . . . . 744

*Мельхиор Неймайр*

# ИСТОРИЯ ЗЕМЛИ

Том 1

Редактор
*С. Кондратов*
Художественный редактор
*И. Сайко*
Технический редактор
*Г. Шитоева*
Корректор
*И. Сахарук*

ЛР № 030129 от 02.10.91 г. Подписано к печати 17.05.94. Формат 70 × $100^{1}/_{16}$. Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 62,4. Уч.-изд. л. 74,49. Тираж 30 000 (1з – 20 000) экз. Заказ 1006.

Издательский центр «ТЕРРА».
109280, Москва, Автозаводская, 10, а/я 73.

Отпечатано на Можайском полиграфкомбинате Комитета Российской Федерации по печати. 143200, г. Можайск, ул. Мира, 93.