

В. И. ВЕРНЯДСКИЙ

ИСТОРИЯ
МИНЕРАЛОВ ЗЕМНОЙ КОРЫ

Том второй

ИСТОРИЯ ПРИРОДНЫХ ВОД

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ

Выпуск III



ОНТИ ХИМТЕОРЕТ
ЛЕНИНГРАД 1936

Этот выпуск заканчивает первый том
Истории природных вод. Он содержит
сводку имеющихся химических данных о
соленых и рассоленных водах.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
III) Класс соленых вод	403
V) Класс рассоленных вод	514

Редактор Н. Д. Лебединская

Сдано в набор 11/IV 1935 г.
Формат бумаги 72 × 110
Ленгорлит № 10435
Тираж 2000
Заказ № 1745

Техн. редактор Е. Я. Эрлих

Подписано к печати 9/V 1936 г.
Договор № 187
Тип. знаков в 1 печ. л. 56.000
Колич. авторских л. 16,7
Колич. бумажн. л. 5³/₈

ОТ АВТОРА

Книга это выходила выпусками в течение целого ряда лет, отчасти по вине моей, отчасти благодаря медленности печатания, что, конечно, не могло не отразиться на ее содержании — особенно в такой области знания, как история земных вод, тесно связанной с геохимией, находящейся в бурном развитии, как все науки об атомах.

Поэтому в конце книги (в третьем выпуске, подписанном к печати в марте 1936 г.) можно было коснуться ряда явлений, о которых не могло бы быть и речи в первом выпуске. Так только здесь можно было принять во внимание существование изотопических разностей воды — тяжелых вод, — так глубоко меняющее наши основные представления о земных водах и ставящее совершенно новые проблемы для решения.

Устарел уже сейчас список известных минералов группы природных (лучше сказать „земных“) вод, напечатанный в 1933 г. (на стр. 183—203). Сейчас выяснилось существование 43 подцарств (вместо указанных 39), 143 семейств (вместо указанных 130) и 531 вида (вместо указанных 486). Более тщательный пересмотр данных, чем это мог делать — среди других своих работ — автор, очевидно, и сейчас значительно увеличил бы эти числа. С 1933 г. число видов земных вод, существование которых мы должны считать установленным, близко к 600, т. е. благодаря росту нашего знания, мы должны увеличить число видов 1933 г. больше, чем на 23,5%. Мы далеки еще от точного учета. Это дает понятие о точности нашего современного знания и о мере его роста.

Все это заставляет автора, прежде чем издавать вторую часть книги, дать второе издание первой. Вторая часть должна была заключать геохимию земных вод¹ и историю вод в каждой геосфере отдельно.

Подготавливая второе (французское) издание, автор одновременно предполагает выпустить новым русским изданием все вышедшие выпуски в виде одного тома. Очевидно, это издание должно быть совсем независимым от „Истории минералов земной коры“. Года автора вряд ли дадут ему возможность закончить этот труд, как он это предполагал, начиная его издавая в 1923 году. На этом томе — первой части истории природных вод — „История минералов земной коры“ должна прекратиться.

Упоминаемый в предисловии к 1-му выпуску (1931 год) этой книги (стр. 4) четвертый том останется ненаписанным. Его может заменить выходящая в этом году, сданная в печать, книга автора и С. М. Курбатова „Природные силикаты, алюмосиликаты и их аналоги“ — переиздание лекций минералогии автора в Московском университете, вышедших в 1910—1912 годах. Они приведены сколько возможно к современному уровню знаний.

В виду полного отсутствия в научной литературе минералогии земных вод и огромного — по мнению автора — теоретического и практического

¹ Правильнее говорить о земных водах, а не о природных водах, так как минералы группы воды существуют и на других небесных телах.

значения минералогии вод, он хотел бы закончить книгу, написать и издать и вторую часть. Книга эта, сводящая жизненную работу автора, которую он вел в часы досуга, является не только первой минералогией земных вод, но и охватывает ее в таком аспекте, в каком многочисленные исследователи вод к ней не подходили, но который позволяет сделать выводы, имеющие значение не только для минералога или геохимика, но и для биолога, геолога и геофизика. Автор, уже когда первая часть была написана и частично напечатана, встретился (1934) с небольшой работой этнолога и гидролога В. Мак Ги в Вашингтоне (W. Mac Gee, 1908) (стр. 263), который дал в 1908 году яркое изложение своих представлений о водном строе Земли, во многом совпадающее с основными идеями, мною в научную работу вводимыми. Но, поскольку знаю, он дал только общее программное изложение своих взглядов. Реально — минералогия вод в охвате Земли, как целого, дается в этой книге впервые.

Автор ясно видит недостатки своей книги, очевидно, даже не все. Особенno ясна необходимость указания хотя бы главной литературы, которую автор хотел дать во второй части, и пересмотр таблиц химического состава, на что автор указывал в предисловии ко второму выпуску (1934, октябрь). Литература должна быть введена во второе — русское издание, так как во французском автор может указать только главнейшую.

Автор надеется получить возможность сделать эти дополнения и дать указатель — во втором издании первой части на русском языке, заглавие которой при этом должно быть изменено — История вод Земли — *Histoire des eaux terrestres* — французской переработки.

Москва
Май 1936.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Выпуск I

Стр.
3

От автора	3
---------------------	---

Второй отдел минералов

Водородистые минералы (гидриды)	5
Общие замечания (§ 1)	5

БИНАРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ ВОДОРОДА И КИСЛОРОДА

ПРИРОДНАЯ ВОДА

Значение воды в строении земли	9
1. Особое положение воды в истории земли (§ 7)	9
2. Природная вода в минералогии (§ 22)	16
3. Природная вода в ходе времени (§ 26)	17
4. Вода в космосе (§ 30)	19
5. Природная вода в земной коре (§ 38)	23
6. Диссимметрия в положении природных вод в земной коре (§ 74)	42
II. Природная вода и живое вещество	64
1. Вода и жизнь (§ 112)	64
2. Вода в организмах (§ 114)	65
3. Роль организмов гидросфера в истории воды (§ 119)	67
4. Влияние организмов суши на историю природных вод (§ 129)	72
III. Коллоиды и капиллярные воды в земной коре	82
1. Общие замечания (§ 150)	82
2. О коллоидных процессах в разных геосферах (§ 165)	91
3. Волосистые природные воды и пленки поверхностного натяжения (§ 171)	93
IV. Природные водные растворы	99
1. Общие данные (§ 181)	99
2. Основные компоненты классификационного значения для природных вод (§ 207)	110
3. Несколько соображений об энергетике природных водных растворов в земной коре (§ 270)	140
4. Несколько замечаний о магмах (§ 297)	153
V. Изменение молекул воды в земной коре	161
1. Гидратация и дегидратация (§ 309)	161
2. Синтез и распадение молекулы воды в земной коре (§ 317)	165
VI. Минералы группы воды	172
1. Принципы классификации минералов группы воды (§ 333)	172
2. Химическая классификация водных природных растворов (§ 344)	178
3. Список минералов группы природной воды (§ 353)	182

Выпуск II

Стр.

VII. Эволюция представлений о химии природных вод в связи с изучением их истории в земной коре	203
VIII. Химический состав минералов группы природной воды	265
1. Состав твердых фаз	265
2. Состав газовых фаз природной воды	270
3. Химический состав жидких фаз природных вод	279
I) Общие замечания	279
II) Класс пресных вод	292

Выпуск III

III) Класс соленых вод	403
IV) Класс рассольных вод	514

III. Класс соленых вод

Я знаю число песчинок в пустыне и границы Океана.
Дельфийский оракул. Геродот. I. 47.

736. Как уже указано (§ 213), различие между классами вод в известных пределах условно. Есть переходы между пресными и солеными и между солеными и рассольными водами.

Эти переходные воды двоякого рода. С одной стороны, они образуются механическим смешением вод пресных с водами солеными. Это смешение происходит нередко и может быть научно изучаемо; очень часто уже сейчас возможно отличать такие вторичные смешанные воды и восстановлять исходные члены смеси.

Но помимо такого, чисто механического создания промежуточных вод есть и явления в истории пресных вод более глубокого характера, которые ведут к тому же результату — к созданию промежуточных вод. С ходом времени „при геологическом старении“ пресная вода в некоторых семействах неизбежно переходит в соленую. Таково, напр., образование соленых озер из пресных озер, не имеющих стока или имеющих недостаточный сток, или образование соленых рек с ходом времени в бессточных областях (§ 771).

В общем, однако, оба эти явления захватывают небольшую массу воды и отнюдь не нарушают резкой границы между классами. Из многочисленных семейств пресных вод лишь немногие дают такие переходы, и среди видов, к ним относящихся, немногие играют большую роль в истории природных вод.

737. Переходы между этими классами наблюдаются для следующих вод:

1) В царстве поверхностных вод для родников и источников, для рек, для озер, для болот и их придонных вод.

2) В царстве подземных вод такие явления известны в подцарствах почвенных и иловых, пластовых вод, вод подземных водовместилищ.

Относительно немногочисленны они для восходящих вод, для минеральных источников в частности. Это известно для $O-Na-Cl$, $O-Na-C-Cl$, $O-Na-Cl-S$, $O-Fe-S$, $O-Ca-S$, $O-Na-S$, $O-Na-Ca-S-C$, $O-Ca-S-C$, $O-Na-C$, $O-C-Mg-Ca$, $O-C-Ca$, $O-C-Na-Ca$ и др. Из всего числа акротерм — это немного. Но среди них находятся наиболее распространенные.

Однако, невозможность — на современном научном материале — всегда с уверенностью отделить акротермы от пластовых вод позволяет только отметить эту проблему для дальнейшего изучения.

738. В доступных нашему непосредственному изучению формах природных вод — соленые воды являются господствующими по масце.

Это видно уже по тому, что к числу их принадлежит вода Всемирного Океана — гидросфера, — которая одна по весу захватывает более половины всей воды земной коры до глубины в 20—25 км (§ 40). Для правильного понимания необходимо уточнить это понятие. Оно будет обозначать, что более половины всего растворителя основного водного равновесия нашей планеты, водных природных растворов, сосредоточено в гидросфере.

Однако, если мы будем иметь в виду, что в более глубоких частях земной коры начинают все более и более господствовать рассольные растворы, насыщенные газами и растворенными компонентами — возможно и вероятно, что по весу рассолы подземных и глубинных вод дают массы, значительно превышающие массу Всемирного Океана, исчисляемого как раствор.

Как бы то ни было, соленые водные растворы господствуют в биосфере, в царстве поверхностных природных вод. Их значение увеличивается в водах подземных.

Несомненно, значительная часть пластовых вод, вод коррозионных, вод подземных водоемов, минеральных источников принадлежит к водам соленым.

Для нас ясно, что пластовые воды и коррозионные воды по мере углубления подземного водоема переходят в воды рассольные. Это менее ясно для минеральных источников; возможно, что глубокие минеральные источники не доходят до биосфера, благодаря уменьшению давления газов в связи с меньшим их растворением в богатых компонентами, более концентрированных растворах.

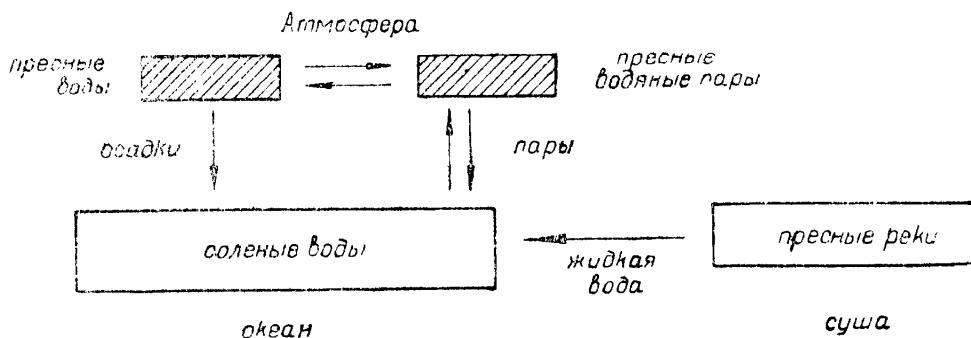
В волосных водах глубинных массивных пород и в микроскопических жидких их включениях (где существование рассольных растворов доказано Сорби — § 955) большая роль рассольных растворов является пока только гипотезой.

Но здесь мы входим в столь мало изученную область явлений, что в настоящее время правильно будет только отметить намечающееся явление и не вводить его в дальнейшее изложение — если считать нужным не выходить за границы точного эмпирического знания. Исследование этих явлений — дело будущего. Оно, мне кажется, несомненно внесет в нашу современную картину истории природных вод существенные изменения.

739. Основные черты истории соленых вод в пределах биосфера не могут при этом, однако, претерпеть сколько-нибудь существенного изменения.

Основной чертой является резкое преобладание одного раствора — Cl—Na, океанической (морской) воды. Как уже указывалось (§ 78 и сл.), в этом проявляется основная диссимметрия в строении поверхности нашей планеты.

Для Океана мы имеем сейчас следующее равновесие (ср. § 753).



Океан постоянно получает пресные воды — метеорные (§ 770) и речные (§ 770), он теряет воду в виде пресных паров, почти чистой H_2O .

Так как нет никакого истока воды из Океана, ибо переход его соленой воды в окружающие берега и в дно Океана не может иметь серьезного значения, — то Океан должен находиться в положении бессточного озера, и если нет какого-нибудь противоположного процесса, то с ходом геологического времени должен был бы становиться все солонее и солонее и в конце концов должен был бы превратиться в рассол. Мы этого однако не видим.

Равновесие, которым характеризуется солевой состав Океана, однако, гораздо более сложное, и повидимому химический состав Океана почти не меняется или даже не меняется с ходом геологического времени. Вернее, он колеблется (должно быть закономерно?) около некоторого среднего. Океан повидимому геологически является формой подвижного статического равновесия.

740. Это представление не является общепринятым, но мне кажется, оно наиболее отвечает эмпирическим фактам. Я вернусь к нему позже во

второй части, здесь же отмечу несколько эмпирических положений, которые его точнее определяют.

1. В течение недолгого, правда, но все же отвечающего четырем по крайней мере поколениям ученых, времени состав морской воды остается постоянным. Мы не видим ни одного указания на существование химического процесса, который бы вызывал какое-нибудь вероятное или возможное изменение этого постоянства, хотя бы для одного какого-нибудь химического элемента.

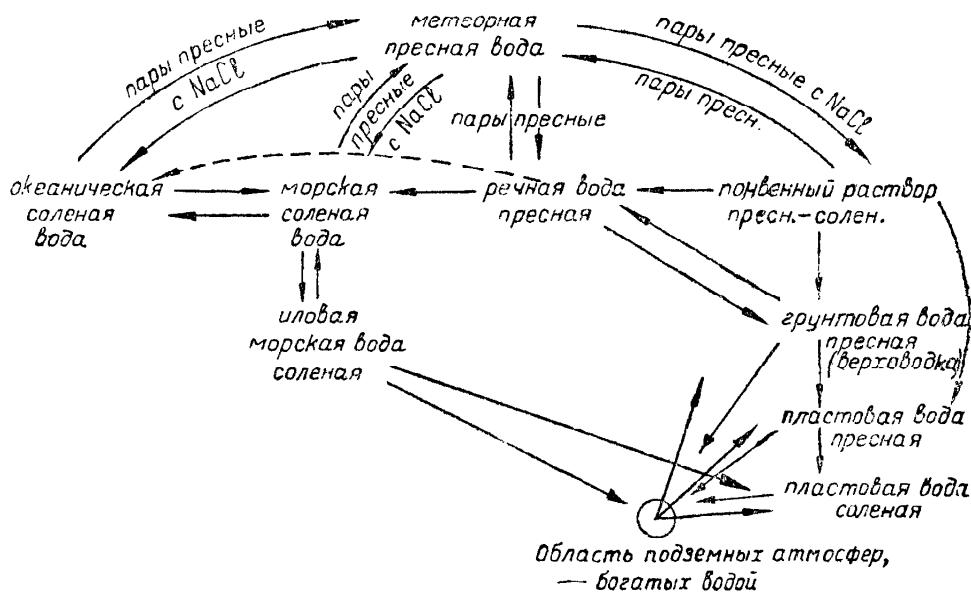
2. Изучая геохимическую историю растворенных в воде Океана химических элементов, мы всюду наблюдаем замкнутый круговой процесс: это ясно видно для Si, Ca, Fe, Mn, Cu, C, N и т. п. Циклический характер геохимической истории химических компонентов морской воды заставляет думать, что то же самое явление будет наблюдаваться для всех элементов солевого состава.

3. Все попытки охватить историю химических элементов солевого остатка океанической воды в геологическом времени указывают на сохранение неизменными ее основных современных черт¹ даже, сколько можно судить, в ее количественном проявлении.

4. Загадка морского солевого состава может быть выяснена только при условии решения проблемы о создании диссимметрии строения верхних геосфер земной коры. До сих пор ни одна космогоническая теория не дает для этого никаких серьезных указаний. Повидимому, характер Океана — и его диссимметрия — оставались неизменными с археозоя.

5. Исходя из пополнения океанических участков гидросфера речной и метеорной водами почти исключительно, — а морских участков сверх того водами пластовыми и восходящими, — принимая во внимание химическое воздействие жизни, с одной стороны, и испарение и унос ветрами солевого состава океана и непрерывно идущее образование из морских илов осадочных пород, с другой — можно построить и сейчас морскую воду, как непрерывно действующее подвижное статическое равновесие, в котором принос вещества и его унос качественно и количественно уравновешиваются.

741. Основная схема морской воды, вод метеорных и вод суши может быть представлена в следующем виде:



¹ Я вернусь к этому вопросу ниже — в главе о геохимии воды — во второй части книги.

В виду всех этих соображений является наиболее правильным принять особый характер морской воды и ее особое положение на нашей планете, как эмпирический факт первостепенного значения.

Таким же эмпирическим обобщением является химический состав морской воды. Ясно, точно и правильно выразил его Биджелоу: „И все же морская вода является несомненно наиболее однородным по составу из всех обычных для планеты веществ“ (H. Bigelow. 1929).

742. Обращаясь к обзору наших знаний о химии соленых вод, можно здесь различить все три царства вод, при чем некоторые черты химической структуры новы для соленых вод по сравнению с водами пресными.

В царстве соленых поверхностных вод можно выделить два подцарства: 1) небольшое — вод метеорных и 2) огромное — вод наземных. К первому относятся соленые туманы — в общем редкое явление. Подцарство атмосферных вод в классе соленых вод почти сходит на нет.

Вся гидросфера представляет одно семейство, но можно различить в ней несколько разных видов.

Для соленых наземных вод суши могут быть выделены семейства: 1) временные поверхностные воды, связанные с водами метеорными, 2) лужи на льду, 3) стоячие воды, 4) поверхностные коллоидальные воды, 5) соленые реки, 6) культурные ирригационные воды, 7) коллоидальные подвижные воды, 8) соленые озера, 9) подземные соленые озера, 10) азотокислые воды, 11) соленые болота, 12) органогенные воды, 13) биохимические дренажные воды, 14) воды металлического выветривания, 15) культурные воды, 16) донные воды озер, 17) культурные бескислородные, бедные коллоидами воды, 18) культурные бескислородные воды, богатые коллоидами.

Среди всех этих вод главное значение и распространение имеют соленые озера.

В царстве соленых подземных вод можно различить подцарства: 1) почвенные и иловые растворы с подпочвенными растворами, 2) пластовые воды биосфера, 3) воды подземных водоемов, 4) пластовые воды стратисфера, 5) восходящие воды, 6) маточные подземные соляные растворы, 7) волосные воды горных пород.

В подцарстве почвенных, подпочвенных и иловых вод мы имеем семейства почвенных, подпочвенных и семейства иловых вод; последние распадаются по физикогеографическому характеру водоемов и дают два ряда семейств, кислородных и бескислородных. Сюда же относятся воды соленых топей.

В подцарстве пластовых вод биосфера различимы два семейства: кислородные верхние и бескислородные нижние пластовые воды.

В подцарстве пластовых вод стратисфера различимы сейчас три семейства — пластовые воды, пластовые воды нефтяных месторождений, метаморфизованные воды стратисфера.

В подцарстве подземных водоемов пока можно различить два семейства: 1) воды, заполняющие пустоты, и 2) воды, растворяющие соленые массы.

В подцарстве восходящих вод можно выделить семейства минеральных источников, вулканических вод, гейзерных вод и гейзерных озер, сопочных вод.

В подцарстве волосных вод горных пород и минералов удобно пока выделить три семейства: волосных вод, вод включений в минералах и горных породах и кремнеалюминиевых вод, выделяющих цеолиты.

Для глубинных вод можно сейчас делать только предположения. Однако эти воды должны возбуждать сейчас наше внимание, ибо весьма возможно, что в глубинных водах, в нижней части стратисферы и в метаморфической оболочке относительно увеличивается тяжелая вода.

Это заставляет нас обратить на них сейчас особое внимание. Метаморфические сланцы являются выделениями из своеобразных водных растворов при высоких температурах, доходящих до критической температуры воды, и при давлениях, превышающих сотни атмосфер. Можно выделить в царстве глубинных вод подцарство вод метаморфических, в которых можно отличать семейства хлоритовых, хлоритоидных и вод черных слюд. Так как мы имеем здесь дело с косвенными выводами — вод этих мы в руках не имеем, — то, очевидно, все эти заключения не сравнимы по их точности с нашими заключениями, касающимися вод биосферы или вод в нее входящих. Однако воды эти существуют, а продукты их существования можно точно научно изучать.

Наиболее глубокими являются воды, дающие черные слюды. Отличить рассолы от соляных род мы здесь не можем. Возможно, что здесь есть только рассолы, а соленых (как и пресных вод) нет.

743. Усиление концентрации воды вносит существенные и важные изменения в режиме растворенных газов, т. е. в характере и в распространении подклассов.

Наряду с биохимическими явлениями — выступают чисто химические.

Их роль все увеличивается по мере концентрации раствора.

Как общее эмпирическое положение, можно повидимому выставить, что растворенность газов уменьшается по мере концентрации. Значение давления однако не может быть сейчас учтено с достаточной точностью. Эта область явлений требует сейчас экспериментального и теоретического исследования в пределах тех компонентов, которые господствуют в природных соляных растворах.

Из газов особенное значение имеет повидимому углекислота. Для нее во всяком случае мы имеем больше всего данных.

Для соленых вод сохраняются все те же явления, которые связаны с участием жизни в режиме углекислоты в пресных водах (§ 575), но здесь выступает на видное — иногда на первое — место влияние солевых компонентов воды в среде, постоянно приводящей углекислоту — из атмосферы, реже из подземных атмосфер более глубоких участков земной коры или создающей ее биохимическим путем.

Надо заметить, что вода, насыщенная или богатая углекислотой, сама по себе растворяет значительно сильнее окружающие ее породы, чем пресная вода, бедная углекислотой. Протекая в областях, богатых кальциевыми соединениями, в областях известняков и гипсов, пресные воды переходят в известковые соленые (т. е. содержащие больше $10^{-1}\%$ тв. остатка) воды, благодаря простому растворению ими окружающих пород. Богатая углекислотой вода сильнее действует не только на известковые, но и на алюмокремневые породы. Таким образом уже при воздействии углекислоты пресная вода может переходить в класс соленых вод. Вода становится активной и соленой не только потому, что быстро достигается насыщение для карбонатов щелочных земель, но и потому, что поглощенная углекислота дает ион CO_3^{2-} (и HCO_3^-) и с натрием легко получаются содовые компоненты. Вода приобретает свойства кислоты, разлагающей силикаты и алюмосиликаты.

Выпадение карбоната кальция и образование соды должно вызывать непрерывно поглощение CO_2 , но количество ее в растворе как газа едва ли увеличивается.

744. Остается неясным и требует нового исследования вопрос о нахождении свободного кислорода в растворе в минеральных источниках.

Может быть для соленых термальных источников этот вопрос становится конкретнее, чем для пресных, ибо здесь мы имеем несколько указаний на нахождение вод кислородно-азотных. Я отмечу воды Рильхингена по анализу, правда старому, авторитетного химика

Ф. Зонненшнейна. Этот анализ требует проверки и, если подтвердится, может поставить любопытные задачи. Кислород в глубинах может быть связан с распадением молекул воды, например, в связи с магматическими очагами аналогично обогащению кислородом газа подводных вулканических извержений, констатированному Ф. Фукэ во время одного из извержений Санторина.

Надо ждать, что должен проявляться другой гораздо больший по мощности процесс — радиохимический, например, для глубоких, содержащих радий и мезоторий, подземных вод (§§ 870, 935).

Но прежде всего надо убедиться, действительно ли есть свободный кислород, идущий снизу, или его нахождение является результатом ошибок опыта.

Исследования последних лет заставляют пересмотреть вопрос. С одной стороны границы биосфера выясняются точнее — в нее должны войти и стратисфера и нижняя стратосфера (Вернадский. 1934). Жизнь в ее анаэробных формах проникает неожиданно глубоко в нефть и в подземные воды. Открытие А. Малияниц и В. Малышек (1934) в глубоких нефтяных водах около Баку аэробных пурпурных бактерий должно учитываться.

745. Для соленых вод значение ионов все уменьшается, и яснее выступает гидратное представление об их химическом составе. Но выразить в этой форме их состав мы с бесспорностью не умеем, почему является наиболее удобным и здесь придерживаться выражения их состава в форме химических элементов. Однако в очень многих случаях можно идти дальше и выделять если не весь гидратный комплекс, то тот солевой комплекс, который является по нашим современным представлениям не разложенным в воде и входящим в состав сложного гидрата.

Я буду указывать те случая, когда этот комплекс может быть выделен, но никакого изменения это представление не вносит в принятую здесь классификацию. Мы имеем здесь полный переход от вод, где эти комплексы мало заметны или даже незаметны (близкие к концентрации $1 \times 10^{-1} \%$), до тех, где они преобладают (близкие к 5%). В этих последних водах количество кислорода (и водорода), связанного с компонентами воды, сильно увеличивается, но та часть, которая связана с гидратом (молекулами H_2O), исчезает из нашего рассмотрения, согласно общим принципам классификации.

В связи с малой растворимостью кальциевых солей, по сравнению с солями магния и натрия — последние два элемента выступают по количеству на первое место. Производные кислот H_2CO_3 , H_2SO_4 и HCl являются резко преобладающими в солевом остатке.

Коллоидальные воды выступают здесь на видное место и особенно ярко они выражены в почвенных и в иловых водах. Они все богаты органическими веществами и создаются большей частью биохимическими процессами. Их образование в связи с процессами наземного выветривания вероятно играет большую роль в биосфере и требует настоятельно изучения. Нельзя сейчас выявить, преобладают ли в этих всюду находящихся на земной поверхности, быстро преходящих водах — соленые или пресные воды.

746. Обращаясь к обзору поверхностных соленых вод, надо отметить, что метеорные соленые воды играют чрезвычайно малую роль и к тому же они не изучены химически.

Сюда относятся соленые туманы, которые повидимому довольно распространены в приморских областях. Они часто наблюдаются в пустынных областях Северной Африки. Это пары и капли воды, заключающие $NaCl$. Очевидно, они относятся к подклассу $N_2 — O_2 — CO_2$.

747. Главная масса соленых вод составляет гидросферу.

Это подцарство принадлежит к подклассу $\text{CO}_2 - \text{N}_2 - \text{O}_2$, в верхних частях, и к подклассу $\text{N}_2 - \text{O}_2$ — в более глубоких (§ 758 и сл.).

Океаническая вода — самая важная и распространенная природная вода. Больше половины всей воды земной коры относится сюда.

С химической точки зрения надо различать как среднюю величину состава гидросферы, так — более реально — состав собственно океанов (более глубоких частей гидросферы — примерно областей глубиной больше 2—4 км) и морей, более мелких ее областей. Моря, прилегающие и внедряющиеся в сушу, в действительности по своему геологическому строению принадлежат к суще. Под ними надо ждать развития тех же геосфер — стратисферы и т. д.; — которые отсутствуют под океанами и которые характеризуют геологическое строение континентов (§ 86).

Конечно, огромная толща морской воды должна давать местные колебания состава, но эти колебания состава не выходят за пределы минерального вида, которому отвечает океаническая или морская вода.

Обычно в вертикальном разрезе наблюдается смена слоев разной солености и разной температуры. Яркий пример представляет море Антарктики: здесь с поверхности до глубины 200 м — (иногда 400 м) наблюдается менее соленая и холодная вода (ниже — 1° С); на глубине 200 м наблюдается резкое повышение температуры (до +1,9°) и соленость 3,46—3,48%. Около 1500 метров новый скачок и быстрое охлаждение, доходящее до —0,6° С — и наблюдаемое на протяжении 400 метров.

Различие между составом океанической и морской воды прежде всего выражается в резко иной концентрации: частью они разбавляются главным образом речной водой, частью, наоборот, перевешивает для них испарение. Амплитуда колебаний в морях очень велика для сухого остатка — от $7,2 \times 10^{-1}\%$, например, для Балтийского моря (иногда еще меньше — меньше $10^{-3}\%$ — пресная, например, около Кронштадта на поверхности¹⁾), до рассолов — например, для некоторых участков Красного моря — 6,88%. В то время как для океанической воды колебания солености наблюдаются в пределах 3,4—3,7%, т. е., отношение равно 1,08 — в морях, даже если мы возьмем приведенные примеры, равно 9,44 — в действительности оно меняется больше, чем в 10 раз.

В общем, однако, состав солевого остатка остается почти неизменным. Это видно, например, из следующего сопоставления состава солевых остатков, приводимого Ф. Кларком (1924) и отвечающего 23 солевым остаткам, взятым на протяжение всех морей. Это частью хорошие единичные анализы, частью средние из многих (так число экспедиции Чаленджера — анализ В. Диттмара — 77 ан., число Макина для Атлантического океана есть среднее из 22 образцов и т. д.).

Колебания солевого остатка (проценты по весу сухого) выражаются в таком случае для океанов и морей:

Cl ²	56,0 — 54,6
Na ³	31,2 — 30,2
O ⁴	8,0 — 7,5

¹ На глубинах — до $5,0 \times 10^{-1}\%$.

² Это анализ для Красного моря (табл. К. Наттерера. 1899) и Атлантики около Аргентины (табл. А. Е. Дислоух. 1902). Если взять следующие величины, получим 55,6 (Красное море, ан. К. Шмидта. 1878) и 55,0 (Атлант. океан около Дьеппа по ан. Т. Шлезингера. 1905 и Балт. море по ан. К. Шмидта. 1878).

³ Max. — Суэцкий канал (ан. К. Шмидта. 1878). Min. — Атлант. ок. у Аргентины (ан. Е. Дислоух. 1902) и Малакский залив (ан. К. Шмидта). Следующие числа 30,9 — Ледовитый ок. (Шмидт. 1878), Индийский ок. (его же), 30,3 — Атлант. ок. (ан. Макина, С. Makin. 1898), Красное море (ан. Наттерера. 1900).

⁴ Max. — Балтийское море (ан. К. Шмидта. 1878), Северное (Сибирское) Ледов. море (ан. Форсберга. 1883), Атлант. ок. (Бразилия, ан. Е. Дислоух. 1902). Min. Мексиканский залив (ан. Г. Стейгера. 1910), Черное м. (ан. Колотова. 1893). Ближайшие цифры: 7,9 — Атлант. ок. (ан. Макина. 1898), Белое м. (ан. К. Шмидта. 1878), Средиземное море (ан.

Mg ¹	4,0	—	3,4
Ca ²	1,7	—	9 $\times 10^{-1}$
K ³	2,1	—	6,4 $\times 10^{-1}$
CO ₃ ⁴	7,2 $\times 10^{-1}$	—	1,0 $\times 10^{-2}$
Br ⁵	1,9 $\times 10^{-1}$	—	1,3 $\times 10^{-1}$
Rb ⁶	3,0 $\times 10^{-2}$	—	4,0 $\times 10^{-2}$.

Рассматривая эти числа, мы видим чрезвычайное однообразие состава; колебания не превышают одной декады (кроме K и CO₃). Учитывая огромность явления и различие местных условий, можно считать, что состав морской воды колеблется в узких пределах около определенного подвижного статического равновесия и что причина, вызывающая этот состав, так велика, что она едва изменяется местными — геологически очень мощными и различными — явлениями. Сравним, например, резкие химические различия Океана, Балтийского моря с концентрацией почти в пять раз меньшей, Черного, исключительного по своему газовому режиму, и Красного, концентрация которого почти в 1½ раза больше концентрации воды Океана. Мы увидим необычайную близость химического состава всех этих вод.

Это несмотря на то, что многие из морей геологически недавно были водами других классов, подгрупп, семейств. Так, Балтийское море было сплошь занято льдом во время последнего оледенения, было позже пресноводным озером, Черное раньше, но недавно было тоже озером (§ 765) и т. п.

Еще одну важную особенность океанической воды следует подчеркнуть: из изучения кипения и замерзания морской воды можно вычислить степень ее ионизации; из подсчета, сделанного Д. Мерреем и Д. Гиртом (1912), следует, что около 90% солевого остатка разбито на ионы и только 10% незатронуто диссоциацией.

748. Постоянство состава морской воды при теснейшей связи Океана с бесчисленным числом разнообразнейших явлений в биосфере, при пре-

Т. Шлезинга. 1906), Малакский прол. (ан. К. Шмидта. 1878). Близк. тах.: 7,6 — Атлантик. (ан. А. Виллера. Whiler. 1910), Сев. Атлантик. ок. (ан. К. Шмидта. 1882), Mare Morte в Адриатике (ан. В. Лебиш и Л. Сипеч (Sipösz). 1876).

¹ Мах. Малакский пр. (ан. К. Шмидта. 1877). Min. Атлантик. океан ок. Аргентины (ан. Дюклу. 1902). Ближайшие тах.: 3,9: Атлантич. ок. (ан. Л. Макина. 1898), Красное море (ан. К. Шмидта. 1878). Min. 3,5: Балтийское море (ан. К. Шмидта. 1878).

² Мах.: Балт. море (ан. К. Шмидта. 1878). Min.: Красное море (ан. К. Шмидта. 1878). Ближайшие: Мах. 1,4: Атлантический ок. (ан. Дюклу. 1902), Черное море (ан. С. Колотова. 1893). Min. 1,0: Суэцкий канал (ан. К. Шмидта. 1878).

³ Мах.: Атлантический ок. у Аргентины (ан. Дюклу. 1902). Min.: Суэцкий кан. (ан. К. Шмидта. 1878). Ближайшие: Мах. 1,2: Черное море (ан. С. Колотова. 1893), Северное (Сибирск.) Ледов. ок. (ан. Форсберга. 1883), Ирландское море (анал. Т. Горпа (T. Thorpe) и Э. Мартона. 1871). Min. 8,5 $\times 10^{-10}\%$: Индийский океан (ан. К. Шмидта. 1877).

⁴ Мах.: Mare Morte в Адриатике (ан. В. Лебиш и И. Сипеч. 1876). Min.: Суэцкий кан. (ан. К. Шмидта. 1878). Ближайшие: Мах. 4,6 $\times 10^{-10}\%$: Черное море (ан. С. Колотова. 1893). Min.: 2,0 $\times 10^{-2}$: Красное море (ан. К. Шмидта. 1878).

⁵ Мах.: среднее эксп. Чалленджера (ан. В. Диттмара. 1884); Mare Morte в Адриатике дает 2,6 $\times 10^{-1}$ (ан. В. Лебиш и И. Сипеч. 1876). Это явное изменение 1,9 $\times 10^{-10}\%$ дают еще — Атлантический океан (ан. Т. Шлезинга. 1906), Ирландское море (Т. Горп и Э. Мортона. 1871), Средиземное море (ан. Т. Шлезинга. 1906), Min.: Балтийское море (ан. К. Шмидта. 1878), Красное море (его же), Малакский пролив (его же), Китайское море (его же), Индийский ок. (его же). Ближайшие: Мах. 1,8 $\times 10^{-1}$: Атлантический океан (ан. К. Макина. 1898), Средиземное море (ан. Т. Шлезинга. 1906), Черное море (ан. С. Колотова. 1893), Красное море (ан. К. Шмидта).

⁶ Мах.: Балтийское море, Белое море, Баренцево море, Красное море, Китайское море. Min.: Суэцкий канал, Малакский прол., Индийский океан (анализы К. Шмидта. 1878). Вопрос о рубидии требует сейчас пересмотра. Я вернусь к нему во второй части книги, в главе о геохимии природных вод. Повидимому, порядок чисел значительно меньше, чем находил К. Шмидт, — но нет до сих пор ни одного анализа изученных Шмидтом вод, сделанных современными методами.

обладающем основном — благодаря диссиметрии земной коры (§74 и сл) — положении Океана в биосфере — заставляет с полным основанием заключать, что состав Океана вызван столь глубокими причинами, что на него не действуют значительным образом самые мощные изменения, существующие в обычном режиме биосфера.

С этим связано и то, что состав этот повидимому неизменен в течение геологического времени: едва ли средний солевой состав заметно менялся за все геологическое время. Можно говорить лишь о колебаниях состава около какой-то средней величины. Эти колебания, по скольку они изучены, представляются незначительными.

Правда, существует ряд геологов, которые придерживаются обратного представления, и еще недавно И. Вальтер (1929) выразил это ярко. Но все эти исследователи оставляют без внимания данные геохимии и минералогии. Приводимые ими данные, мне кажется, едва ли выдерживают научную критику.

Я вернусь позже во второй части книги к их обсуждению.

749. Поэтому можно говорить о среднем составе морской и океанической воды, как о чем-то в известных пределах постоянном и определенном.

Можно дать средний состав Океана и его солей с некоторой, довольно большой, точностью.

Процентный состав солевого остатка солей океанической воды в первом приближении может быть выражен следующим образом (числа Ф. Кларка. 1924):

NaCl	77,76
MgCl ₂	10,88
MgSO ₄	4,74
CaSO ₄	3,60
K ₂ SO ₄	2,46
CaCO ₃	0,34
MgBr ₂	0,22
	100,00

750. В сущности мы пошли немного глубже в знании химического состава океанической воды — в количественном аспекте, чем то представление валового солевого остатка, которое дано в предыдущем параграфе.

А между тем, огромный материал точного эмпирического наблюдения заставляет думать, что средний состав океанической воды является характерной постоянной планеты, константой, вероятно являющейся устойчивой в течение геологического времени; около нее — в ту и другую сторону — наблюдаются колебания, повидимому никогда не достигающие большой величины.

Состав тропосферы, величина p_H океанической воды, средний состав земной коры являются примерами таких постоянных планеты. Проверка этого положения для гидросферы и биосфера является сейчас одной из очередных задач. Она ставится сейчас в программу работ Биогеохимической лабор. Академии наук.

Для господствующих элементов и некоторых других можно дать числовые величины, как это дано и в таблице А, основанной в конце концов на работе поколений ученых (§ 416). Для других элементов пока нельзя дать чисел, так как мы имеем незначительное число определений, не дающее числового понятия о среднем составе.

Я вернусь к этому вопросу еще раз во второй части книги, в геохимии природных вод. Здесь же ограничусь некоторыми числами, которые отвечают, мне кажется, современному состоянию наших знаний.

Пользуясь последней критической обработкой наших знаний о составе океанической воды, сделанной в Вашингтоне Т. Томпсоном и Р. Робин-

соном (T. G. Thompson и R. J. Robinson) в 1932 году, и сколько возможно используя более новые данные, я выражаю состав океанической воды геохимически — в весовых (I) и в атомных (II) процентах, как это впервые было сделано мною для гидросферы (I) в 1923 году. Надо иметь в виду, что в эти числа включены растворенные газы (при 760 мм). Коэффициенты становятся менее точными по мере уменьшения количества элементов в океанической воде. Эта таблица только первое приближенное выражение реальности.

ТАБЛИЦА А

Атомный (II) и весовой (I) элементарный состав океанической воды¹

		Твердый остаток 3,5%
		Элементы
	I	II
I декада	O 85,92 H 10,79	H 66,31 O 33,90
II декада	Cl 1,93 Na 1,04	
III декада	Mg $1,27 \times 10^{-1}$	Cl $3,53 \times 10^{-1}$ Na $2,77 \times 10^{-1}$
IV декада	S $9,01 \times 10^{-2}$ Ca $4,17 \times 10^{-2}$ K $3,82 \times 10^{-2}$	Mg $3,48 \times 10^{-2}$ S $1,72 \times 10^{-2}$
V декада	Br $6,6 \times 10^{-3}$ C $3,5 \times 10^{-3}$ N $2,0 \times 10^{-3}$ Sr $1,3 \times 10^{-3}$	Ca $6,39 \times 10^{-3}$ K $6,02 \times 10^{-3}$ C $1,35 \times 10^{-3}$
VI декада ³	Si $3,0 \times 10^{-4}$ Fe $1,1 \times 10^{-4}$	N $8,7 \times 10^{-4}$ Br $5,0 \times 10^{-4}$

751. При таком состоянии наших знаний о составе океанической воды — не полном знании коэффициентов — полезно определять декады элементов без числовых коэффициентов. Я помещаю здесь приведенную к уровню наших знаний мою таблицу 1934 года. Сколько возможно, элементы распределены по распространенности.

ТАБЛИЦА Б

Средний состав воды гидросферы

Декады	Весовые %
I	10 O, H
II	10^0 Cl, Na
III	10^{-1} Mg
IV	10^{-2} S, Ca, K
V	10^{-3} Br, C, N
VI	10^{-4} Si, Al, B, Fe?
VII	10^{-5} F, J, Ar, Cu, P, U?, Rb?, Mn
VIII	10^{-6} Li, Th (?), As

¹ Растворенные газы сказываются в определениях этой точности для углерода и азота

² В виде $\text{SO}_4^{2-} \dots 2,7 \times 10^{-1}$.

³ Имеются числа для Al (Томпсон и Робинсон. 1932) и для Rb (А. Шмидт) — но эти цифровые здесь не даются; требуют проверки.

IX	10^{-7}	Zn, Ag
X	10^{-8}	Kr
XI	10^{-9}	Ar, He, Ne, H
XIV	10^{-12}	Ra
XXII	10^{-20}	Po?
XXIV	10^{-22}	Rn?

В воде Океана находятся несомненно еще Cd, Cr, Cs, Pb, Pt, Se, Sn.

Косвенными данными главным образом в морских организмах доказано существование следующих элементов Be, Bi, Mo, Sb, Sc, Ti, W, Se, Co, Ni.

Для некоторых, наиболее обычных элементов можно дать пределы наблюдавшихся колебаний для тех анализов, которые надо принимать во внимание.

Отдельно приведены данные для воды Океана и морей (табл. В). Для последних я принимаю во внимание и аномальные концентрации прибрежных бассейнов — лиманов, лагун и т. п., которые переходят в рассолы, и случаи разведения морей пресными водами, какие, например, наблюдаются для моря братьев Лаптевых, где под влиянием огромного притока сибирских рек верхние слои сильно опресняются ($8 \cdot 10^{-1}$ по Ю. Чигирину 1932) по сравнению с глубинными ($2,86\%$) (ср. § 749).

Это „разведение“ связано всегда с химическим процессом, так как пресная вода не есть химически чистая вода. Она не только может вызвать изменение соотношений компонентов, благодаря разному порядку концентрации их в пресной речной воде и в океанической, но и благодаря идущим при этом химическим реакциям. Так, для Черного моря А. А. Вериго (1880) показал, что состав воды Черного моря около берегов и в поверхностном слое — благодаря притоку речной воды — меняется в разное время и в разные годы. Так отношение $\frac{Cl}{Ca}$ и $\frac{Cl}{S}$ было здесь в 1868 и 1877 году:

$$1868: \frac{Cl}{Ca} = \frac{100}{3,05} \quad \frac{Cl}{S} = \frac{100}{5,9}$$

$$1877: \frac{Cl}{Ca} = \frac{100}{2,5} \quad \frac{Cl}{S} = \frac{100}{4,7}$$

При образовании лиманов приток $CaCO_3$ в речной воде вызывает выпадение S — изменение солевого состава.

752. Очевидно, все эти числа имеют значение предварительных чисел и в дальнейшем будут уточнены, но в общей основе они уже сейчас выявляют главные черты явлений. В нижеследующей таблице я пытаюсь дать наблюдаемые колебания для океанов и морей отдельно:

ТАБЛИЦА В
I. Океан II. Моря ¹

Твердый остаток

$$3,2 - 3,7\% \quad 4,3\% - 5,8 \times 10^{-1}$$

Элементарный состав твердого остатка в весовых процентах всей воды ²

$$\text{II декада } Cl 2,1 - 1,8\% \quad Cl 2,2 - 2,7 \times 10^{-1}\% \\ Na 1,7 - 9,8 \times 10^{-1} \quad Na 1,8 - 1,48 \times 10^{-1}$$

$$\text{III декада } O^3 2,0 \times 10^{-1} \quad O^4 3,1 \times 10^{-1} - 2,1 \times 10^{-2}$$

¹ Есть моря, которые местами представляют собою рассолы, например, Красное море (§ 888). Они сюда не включены.

² Для азота введены данные для газового раствора.

³ Из ионов SO_4^{2-} (мак. $2,8 \times 10^{-1}\%$) — Атлант. ок. CO_3^{2-} (мак. $1,4 \times 10^{-2}\%$), CO_2 (мак. $5,3 \times 10^{-3}\%$), растворенный O_2 (мак. $1,2 \times 10^{-3}\%$).

⁴ Из ионов SO_4^{2-} (мак. $4,5 \times 10^{-1}\%$) — Красное море, мин. $5,8 \times 10^{-2}$ — Балт. м.), CO_2 (мак. $7,8 \times 10^{-3}\%$ — Красное море, мин. $5,1 \times 10^{-4}\%$ — Суэцкий канал), раствор. O_2 (до $1,2 \times 10^{-3}\%$).

	Mg	$1,47 \times 10^{-1}$ — $1,15 \times 10^{-1}$	Mg	$2,2 \times 10^{-1}$ — $1,6 \times 10^{-2}$
	S ¹	$1,0 \times 10^{-1}$ — $7,2 \times 10^{-2}$	S ¹	$1,5 \times 10^{-1}$ — $1,2 \times 10^{-2}$
IV декада	K	$7,1 \times 10^{-2}$ — $2,8 \times 10^{-2}$	Ca	$8,6 \times 10^{-2}$ — $5,9 \times 10^{-3}$
	Ca	$5,0 \times 10^{-2}$ — $3,8 \times 10^{-2}$	K	$6,6 \times 10^{-2}$ — $3,3 \times 10^{-3}$
	Br ²	$5,3 \times 10^{-2}$ — $2,2 \times 10^{-4}$		
V декада	Br	$7,1 \times 10^{-3}$ — $4,2 \times 10^{-3}$	C ³	$6,6 \times 10^{-3}$ — $1,6 \times 10^{-4}$
	C ³	$4,8 \times 10^{-3}$ — $3,2 \times 10^{-4}$	N ⁴	$2,3 \times 10^{-3}$ — $1,0 \times 10^{-3}$?
	N ⁴	$2,3 \times 10^{-3}$	Rb	$1,6 \times 10^{-3}$ — $2,9 \times 10^{-4}$?
	Rb	$1,4 \times 10^{-3}$ — $1,1 \times 10^{-4}$		
	Sr	$1,37 \times 10^{-3}$ — $1,3 \times 10^{-4}$		
VI декада	Si ⁶	$8,0 \times 10^{-4}$ — $2,2 \times 10^{-6}$	Si ⁶	$9,4 \times 10^{-4}$ — $2,2 \times 10^{-6}$
	P	$5,3 \times 10^{-4}$ — $8,8 \times 10^{-5}$	P	$5,8 \times 10^{-4}$ — $3,1 \times 10^{-5}$
	B	$4,0 \times 10^{-4}$	H ⁸	$3,9 \times 10^{-4}$ — $8,5 \times 10^{-5}$
	Fc ¹⁰	$3,8 \times 10^{-4}$	J ⁹	$2,4 \times 10^{-4}$ — $2,0 \times 10^{-6}$
	H ⁷	$2,8 \times 10^{-4}$ — $3,0 \times 10^{-6}$		
VII декада	Al	$2,4 \times 10^{-4}$ — $6,0 \times 10^{-5}$	Fe ¹⁰	$3,0 \times 10^{-4}$ — $4,0 \times 10^{-7}$
	F	$2,4 \times 10^{-5}$	F ¹¹	$3,0 \times 10^{-5}$
	Cu	$1,4 \times 10^{-5}$	Cu	$2,0 \times 10^{-5}$ — $1,0 \times 10^{-5}$
	P	$1,3 \times 10^{-5}$ — 0	P	$2,0 \times 10^{-5}$ — $7,0 \times 10^{-7}$
	Li	$1,0 \times 10^{-5}$	Ba	$1,9 \times 10^{-5}$
			Li	$1,0 \times 10^{-5}$
			Zn	$1,0 \times 10^{-5}$ — $2,0 \times 10^{-7}$
VIII декада	As ¹²	$8,0 \times 10^{-6}$ — $1,0 \times 10^{-6}$	As	$2,5 \times 10^{-6}$ — $3,8 \times 10^{-8}$
	J ¹³	$5,2 \times 10^{-6}$		
	Zn	$7,3 \times 10^{-6}$		
IX декада	Ag ¹⁴	n $\times 10^{-7}$ — 10^{-8}		
X декада	Au ¹⁵	$4,5 \times 10^{-8}$ — $1,0 \times 10^{-8}$		
XIV декада	Ru	n $\times 10^{-12}$ — n $\times 10^{-14}$		n $\times 10^{-12}$ — 10^{-14}
XV декада	Ru	$1,6 \times 10^{-13}$ — 0		

¹ Из ионов SO_4^{2-} .

² Пределы требуют проверки.

³ Принят во внимание лишь кислород ионов. CO_2 не принята во внимание.

⁴ Связанный азот: азот нитратов — $1,3 \times 10^{-5}$ — $6,1 \times 10^{-4}$ %; азот нитритов — $6,6 \times 10^{-4}$ — $2,5 \times 10^{-7}$ %; азот аммиака — $1,1 \times 10^{-5}$ — $6,0 \times 10^{-6}$ %, в поверхностной воде иногда нет NH_4^+ .

⁵ Связанный азот: N нитратов — $5,8 \times 10^{-5}$ — $5,0 \times 10^{-6}$ %, N нитритов — $2,5 \times 10^{-6}$ — $4,0 \times 10^{-8}$, N аммиака — $4,2 \times 10^{-5}$ — $2,0 \times 10^{-6}$ %.

⁶ Большие цифры требуют проверки.

⁷ Из HCO_3^- . Для $\text{H}^+ = (10^{-8} — 10^{-9})\%$.

⁸ Из HCO_3^- . Для $\text{H}^+ = 10^{-7} — 10^{-8}$ %.

⁹ Большие числа для иода требуют проверки.

¹⁰ Пределы для Fe требуют проверки.

¹¹ Большие числа требуют проверки.

¹² Число А. Готье, требующее проверки. Новые данные не прибавили для океанов точных определений. Большая часть иода, как указывал А. Готье, в организмах, а не в растворе. Числа Reitt'a (1930) для океана и морей колеблются между $4,3 \times 10^{-6}$ — $7,0 \times 10^{-6}$ %.

¹³ Иод может быть перейдет в VII декаду.

¹⁴ Серебро может быть местами более распространено.

¹⁵ Я беру числа Габера и его сотрудников. Старые измерения дают цифры большие. Может быть повышается до 10^{-8} %, так как распределение золота неоднородное и результаты Габера единственные можно считать окончательными. Новые данные (1934) вызывают проверку чисел Габера. См. главу о геохимии вод.

Из этой таблицы ясно видны, с одной стороны, недостаточность наших знаний, но с другой стороны — быстрое накопление новых фактов, заставляющее ожидать, что в скором времени мы получим достаточно данных, которые выявят с большей точностью состав воды гидросферы.

Замечу, что в эту таблицу я не поместил числа для тория, так как нельзя быть уверенным, отвечают ли они торию (что возможно, так как они близки к его рассеянному состоянию или же к мезоторию).

В Океане и морях наблюдаются числа для

$$Th = 1,0 \times 10^{-4} - 4,8 \times 10^{-5}.$$

Я вернусь к этому вопросу во второй части, в главе о геохимии природных вод.

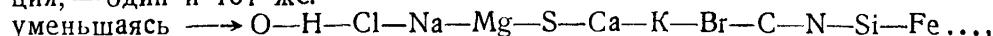
753. Постоянства состава океанической и морской воды (в последней несомненно меняется лишь концентрация)¹ вызывает неизбежно вопрос о происхождении их солевых остатков.

Наши эмпирические знания здесь не дают решения и геогеническая или космогоническая мысль не нашли научного выражения, доступного проверке.

А между тем проблема происхождения океанов и связанного с этим состава морской воды — была поставлена уже в XVII веке; ее, среди других, ставил уже Р. Бойль (§ 409).

Среди эмпирических обобщений и отдельных фактов, с этой проблемой связанных, обращает на себя внимание, отмеченное уже в начале XIX столетия, сходство между солевым составом воды Океана и составом летучих возгонов вулканических извержений.

Отрицать существование сходства едва ли можно, но степень сходства была и есть неясна. Повидимому однако и порядок обычности элементов здесь выдерживается, за исключением Br и Fe — может быть углерода и кальция, — один и тот же:



Для фумарол, к сожалению, нет достаточного числа точных количественных подсчетов; повидимому, для них Br не характерен, а Fe гораздо более обычен. В них занимают металлы — как Сп, Pb, Mp — гораздо более видное место.

Для объяснения этого сходства тогда же были предложены две гипотезы: 1) участие морской воды — непосредственно — во всех вулканических извержениях и 2) происхождение состава морской воды из явлений аналогичного современным фумарольным процессам — из летучих выделений магм — в первые стадии образования твердой коры планеты.

Оба объяснения не выдержали научной критики. Я не буду сейчас здесь этого касаться — мне придется к этому вернуться позже.

Еще два замечания. Вода, т. е. природные растворы в газообразной форме (§ 526), является одним из основных элементов фумарольных и аналогичных современных процессов. Если принять во внимание анализы этих вулканических вод, сходство не увеличится, а уменьшится.

С другой стороны, несомненно, что в современном процессе продукты вулканических извержений являются одним из серьезных источников, откуда океаническая вода черпает некоторые свои солевые части — в частности Na, Cl, SO₄.

Очень возможно, что значение этого процесса больше, чем мы сейчас это признаем. Я вернусь к этой проблеме во второй части.

753 А. В геологическое время, т. е. с археозоя, Океан получает солевые части из следующих источников:

¹ Изменения более глубокие в морях наблюдаются лишь в их небольших прибрежных участках, сообщение которых с открытым морем длительно заторможено.

1. Метеорные осадки — они как-раз несут продукты вулканических извержений.

2. Вулканические извержения — в метеорных осадках и в подводных вулканических извержениях.

3. Ветры — в метеорном остатке.

4. Реки.

5. Выходы пластовых вод суши.

6. Размывание и разъедание суши Океаном и морями.

7. Организмы суши.

754. К сожалению, количественный учет здесь может быть сделан только для метеорных осадков (через них частью и для вулканических извержений?) и для рек. Вулканические приморские извержения и подводные извержения не учтены вовсе.¹

Совершенно не учтено участие пластовых вод в балансе солевого состава Океана. В верхней части, где преобладают воды более пресные, их участие вероятно менее сильно, так как тяжелые соленые воды Океана и морей проникают в области пластовых вод. Но для более глубоких и более, следовательно (§ 856 и сл.), соленых пластовых вод условия взаимо действия могут быть иные.

Вопрос о размывании и разъедании твердых пород суши приобретает особый интерес с точки зрения происходящего эффекта для островов. Морское разъедание материков редко дает резкое изменение состава воды прилежащих морей. Но, например, лагуны коралловых островов иногда являются прямым продуктом растворения — химического (и биохимического?) — океанической водой (например, Гардинер. 1931). Химически явление не изучено. Может быть эффект (увеличение Ca^2) не так велик, так как морская вода почти насыщена кальцием (§ 756).

Влияние организмов суши на состав Океана растет, благодаря увеличивающемуся размаху культурной работы человечества. Пока что, однако, в ежегодном — и даже историческом масштабе — это воздействие не велико, м. б. даже ничтожно. Но мы живем в начале этого влияния.

Пока приходится считать, что это вхождение элементов сушишло идет в таком масштабе, что оно не нарушает установившегося ранее тем же путем — солевого состава и что оно уравновешивается обратным процессом выхода элементов солевого состава из суши. С этим последним явлением мы постоянно встречаемся, и я коснусь его позже.

755. Как и все вопросы начала земной истории, и вопрос о первоначальном составе солевого состава воды Океана пока лежит вне поля современной научной работы.

Пока виден только один научный путь таких исследований. Необходимо, во-первых, количественно точно учесть химический и весовой состав материала: 1) вносимого в океан с суши (в том числе и пластовыми водами) (тело А); 2) того, что берется сушей из океана (тело В); 3) того, что выделяется на дне и в атмосферу химическим, биохимическим или геологическим путем из водного раствора океанических и морских вод (тело С).

Если А равно В + С — качественно и количественно, — придется заключить, что современная миграция элементов во время обмена суши и Океана не влияет на солевой состав Океана, что существует полное статическое равновесие.

К сожалению, при этом упускается огромного, повидимому, значения фактор, на который недавно (в другом понимании, чем здесь) обратил внимание Тулэ: «тело» Д — принос в Океан вещества благодаря тому,

¹ Значение подводных извержений в области Тихого и Индийского океанов, напр., несомненно заслуживает серьезного внимания и должно быть учтываемо совместно с окружающими их прибрежными вулканами, самым мощным явлением этого рода на нашей планете.

что дно Океана не является неподвижным и устойчивым; оно менее устойчиво, чем суши, благодаря диссимметрии (?). Это сказывается и в значении подводных вулканических явлений и в вертикальных перемещениях, сказывающихся в своеобразном рельефе дна.

Этот фактор пока совсем не поддается учету.

Но факторы, А, В и С могут быть учтены значительно точнее, чем это сейчас делается.

Мы далеки еще здесь от точных исчислений. Я вернусь к изложению современных знаний и возникающих в связи с этим проблем во второй части книги.

Здесь же остановлюсь вкратце на некоторых частных характерных чертах состава воды Океана.

756. В солевом составе Океана и морей, наряду с резко выраженным преобладанием NaCl , о геохимическом значении которого мне придется говорить во второй части книги, — имеет большое значение положение атомов кальция.

В термодинамических условиях поверхности Океана небольшие количества этого металла в растворе находятся в состоянии насыщения или близком к насыщению. Кальций находится в сложном растворе океанической воды в форме более или менее диссоциированных молекул $\text{CaH}_2(\text{CO}_3)_2$, при чем обычно в поверхностных водах Океана углекислоты немного не хватает для полного насыщения, но в тропических, теплых водах насыщение, как давно отмечено, достигнуто. Новейшие работы Д. Джонстона и Г. Уильямсона указывают, что практически морская и океаническая вода являются насыщенным раствором $\text{CaH}_2(\text{CO}_3)_2$, кроме холодных их областей и холодных течений.

Отсюда вытекает целый ряд важнейших следствий для геохимии и углерода (в форме CO_2) и кальция.

Насыщение, достигаемое в среднем для Са при $5,0 \times 10^{-2}\%$ (весовых) или $7,7 \times 10^{-3}\%$ (атомных), при относительно небольших колебаниях (наблюдались для Океана $5,0 \times 10^{-2} - 3,8 \times 10^{-2}\%$ весовых, и для морей, где не всегда есть насыщение $8,6 \times 10^{-2} - 9,0 \times 10^{-3}\%$ весовых) не только ограничивает его дальнейшее включение в состав гидросферы, но обуславливает чрезвычайную легкость его выделения, в которой биогенные миграции играют преобладающую роль.

В главе о геохимии кальция я остановлюсь еще на своеобразном механизме, который с этой точки зрения представляет всемирный Океан — факт первостепенного значения как для истории кальция, так и для жизни и для всей планеты.

757. В составе океанической воды необходимо отметить отсутствие данных, которые относительно легко могут быть получены и имеют большое значение.

Необходимо в ближайшее время пополнить выяснившиеся пропуски.

Во-первых, необходим полный качественный (спектроскопический, соединенный с химическим) анализ одного и того же образца океанической воды, для того чтобы выяснить, какие элементы всегда находятся в океанической воде. Все ли? Например, находятся ли редкие земли и особенно Th?

Во-вторых, необходимо точное количественное определение таких элементов, как алюминий, марганец, ванадий, титан, нахождение которых во всякой пробе океанической и морской воды кажется несомненным.

В-третьих, необходимо — как количественное химическое, так равно, где возможно, и радиологическое — определение химических элементов, находящихся в радиоактивном распаде: калия, рубидия (ср. §§ 750, 752) урана, тория,protoактиния. Эти данные должны дать возможность точно вычислить термический баланс гидросферы, связанный с распадением атомов и с диссимметрией земной коры.

Наконец, органические растворенные в океанической воде вещества представляют почти *terra incognita*. Они, однако, имеют исключительное значение, так как вероятно часть их летучая, а во-вторых, возможно, что некоторые из них являются питательными веществами, даже возможно для высших организмов, как думал это, например, Пюттер — для рыб.

Ни элементарный состав этих тел, ни их количество и их колебания сколько-нибудь точно до сих пор неизвестны.¹

В экономии биосфера, и жизни в частности, эти тела, вероятно, играют важную роль.

758. Для океанов и морей огромное значение имеет газовый их режим.

Я уже указывал раньше и ход развития наших знаний (§§ 406, 424 сл.) и некоторые из тех проявлений других факторов изменения газового режима, которые наблюдаются в химии Океана.

На первое место — в своем значении — выдвигаются кислород и угольная кислота. Особенно разнообразие форм, в которых выявляется углекислота, легкий переход ее из газообразного состояния в жидкость и в разные формы химической связи с водой отражаются чрезвычайно в истории вод морей и океанов (ср. § 762).

Необходимо подчеркнуть значение двух свойств углекислоты: 1) то, что „полусвязанная углекислота“, т. е. растворенный ион HCO_3^- , в условиях гидросферы проявляется в парциальном давлении на границе тропосферы как растворенная газообразная CO_2 и 2) что почти вся область Океана целиком лежит в области термодинамического поля жидкой углекислоты и могла бы одновременно содержать и газообразную и жидкую углекислоту. Мне кажется, что это обычно не учитывается, — хотя из этого факта могут быть сделаны очень важные выводы.

Только в небольших поверхностных слоях воды, при критической температуре жидкой углекислоты, равной $30,98 - 31,1^\circ$, могут быть области Океана, где жидкой углекислоты быть не может. Максимальная средняя температура поверхностных вод для Атлантического океана равна по Г. Шотту (1926) $26,2^\circ$; для глубин в 400 м и глубже температура колеблется, падая ниже нуля в значительной части Океана и подымаясь выше 10° только для областей, лежащих между $20 - 30^\circ$ ю. ш. и $20 - 50^\circ$ с. ш. На глубине 800 м максимальная температура достигает $9,8^\circ$ (30° с. ш.), а на 1500 — всего $5,9^\circ$. Она еще ниже в более глубоких слоях. Так как при этом давление все время повышается, а при 0° и 36 атмосферах давления чистый углекислый газ легко переходит в жидкую углекислоту — понятно, какие глубокие изменения в ее режиме должны происходить в океанической воде уже на небольшой глубине в тех случаях, когда для отдельных участков или выделение (напр. на дне) CO_2 резко ослабляется, или прекращается связь углекислоты с проникающей массу воды Океана подводной океанической атмосферой. Такие случаи должны иметь место внутри морских организмов или в иловой воде и в океанических грунтах.

Давлению в 36 атмосфер отвечает глубина около 363 м. Для глубин в 400 м Атлантики только с 50° ю. ш. начинают господствовать воды более теплые, чем 1° (для $50^\circ - 1^\circ,7$), для 70° с. ш. имеем температуру, равную $0^\circ,7$. Критическое давление для углекислоты достигает 72,92 атмосфер. Ниже 735 м, отвечающих этому давлению, жидкую углекислоту должна быть более стойкой фазой, чем газообразная (вне прямой связи с подводной атмосферой). Низкая температура этих глубин только этому способствует.

Газообразная фаза может существовать лишь в присутствии жидкой, легко в нее переходит.

¹ Для Средиземного моря среднее для неорганического вещества (углерода) дается $9,4 \times 10^{-3} \%$ — требуется проверка. Едва ли возможно его рассматривать как точное количественное число. Методика возбуждает сомнения. Порядок, вероятно, $10^{-2} \%$.

Для всей массы воды Океана это верно, однако постольку, поскольку давление слоев воды отвечает тому давлению, под которым находятся газы, растворенные в морской воде.

Ибо эти газы находятся в теснейшей непосредственной связи с тропосферой, откуда они попадают в Океан, и парциальное давление углекислоты, растворенной в морской воде, зависит от парциального давления ее в тропосфере и от ее химических взаимодействий с водой, прежде всего от ее растворимости и от более глубокого ее изменения — перехода в кислотные гидраты.

Мы не можем сейчас точно установить картину того явления, которое должно наблюдаться в тех условиях, когда в однородной смеси одно из взаимодействующих тел (вода) находится под большими давлениями (в пределе больше 1000 атмосфер), а другое — газ в растворе — под малыми и когда один из компонентов газового раствора — газообразная углекислота — не существует, не устойчив при больших давлениях. Сейчас нет достаточных данных для суждения, нет ни океанографических наблюдений, сделанных при принятии во внимание того, что взятый в целом Океан является полем устойчивости жидкой, а не газообразной углекислоты — нет и физических экспериментов, приближающихся к условиям нахождения углекислоты в Океане.

Необходимы прежде всего эти наблюдения и опыты.

759. Все же можно отметить, что при больших давлениях должна чрезвычайно усиливаться устойчивость гидратов углекислоты и этим путем понижается парциальное давление углекислоты газового раствора.

Поэтому, даже если прямое влияние огромного давления глубоких слоев морских и океанических бассейнов не вызывает в газовом растворе в Океане и в морях снижения углекислоты (к тому же сильно разбавленной другими газами воздуха), газовый режим углекислоты должен претерпеть резкие изменения на глубинах, где давление достигает критического давления углекислоты или при котором (и при соответственной температуре) не связанная с тропосферой углекислота легко сжижается.

К сожалению, для этих глубин (около 350—500 и 730—900 м) систематических наблюдений нет.

Очень возможно, что здесь лежит предел газового раствора CO_2 (§ 762); углекислота, как газ, существовать не будет, — даст ионы.

Изменение газового режима углекислоты в связи с ростом давления морских глубин должно произойти и от другой причины, ибо живые организмы — важные источники углекислоты природных вод — обладают давлением и в общем температурой тех глубоких морских слоев, в которых они живут. Для них газообразная углекислота неизбежно является неустойчивой, и должно проявляться ее сжижение (или изменение ее химических функций?).

760. Очевидно, жизнь, входя в область устойчивой жидкой углекислоты, должна коренным образом меняться в своем геохимическом проявлении в биосфере. К сожалению, сейчас этот вывод может быть только отмечен. Наблюдений нет.

Любопытно, что 400 м представляют границу распространения микроскопической — планктонной — жизни. Это объясняют обыкновенно тем, что около этой глубины лежит граница проникновения солнечной световой радиации. Но около этой же глубины, где-то — судя по температуре (для Атлантического океана между 70° с. ш. и 70° ю. ш. от $0^{\circ},4$ до $14^{\circ},9$ в среднем в разных областях) от 360 до 500 м — газовый обмен организмов — выделение газообразной углекислоты при дыхании должен быть нарушен, так как газообразная чистая углекислота, ими выделяемая, здесь устойчива в жидким состоянии и неустойчива в газообразной форме, а между тем температура, отвечающая углекислоте, выделяемой при

дыхании, для этих организмов будет равна температуре среды. В то же время синие и фиолетовые излучения солнечного света проникают ниже нижней границы планктона.

Нарушение биогенной миграции CO_2 в Океане с глубиной должно скрываться в многообразных явлениях, на которых я здесь останавливаюсь не буду. Отмечу только, что оно очень резко должно проявляться в глубинных донных и иловых водах и в самих илах Океана (§ 875).

761. Я уже указывал (§ 759), что вследствие той же причины газообразная углекислота должна исчезать в глубоких морских водах.

С точки зрения классификации вод надо ждать, что где-то на глубине между 360—800 м лежит граница морской и океанической воды подкласса $\text{N}_2 - \text{O}_2 - \text{CO}_2$. Ниже может существовать только вода подкласса $\text{N}_2 - \text{O}_2$.

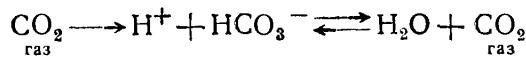
Принадлежность этих вод подкласса $\text{N}_2 - \text{O}_2$ к области устойчивости жидкой углекислоты вызывается изменением нашего обычного понимания химического взаимодействия, происходящего при соприкосновении воды и углекислого газа.

Углекислый газ дает соединение с водой, связанное с образованием ионных компонентов HCO_3^- и H^+ , которые мы представляем себе, как продукты разложения образующейся и распадающейся кислоты H_2CO_3 . Мы не знаем, как должна итти эта реакция с жидким CO_2 , и пока не можем применять к глубоким областям земной коры, ниже 730—800 м, результаты обычных опытов наблюдений над газообразной углекислотой и водой. Но мы знаем, что эти гидраты становятся все более устойчивыми по мере повышения давления и понижения температуры, т. е. в условиях Океана.

762. Надо учитывать большую сложность явления, чем это обычно допускается, и особенно неполноту как опыта, так и наблюдения и ждать их накопления.

В современной картине истории углекислоты в океанах и морях, основной представляется нам углекислота тропосферы, непрерывно приводящая сверху в поверхностные воды Океана и морей в растворяющемся в них воздухе.

Главная масса углекислоты заключается в изученных верхних частях океанической и морской воды не в виде газового раствора, а в ионах. Углекислота химически изменяется в ионы, но обладает парциальным давлением газообразной углекислоты на границе тропосферы. Это выражается равновесием:



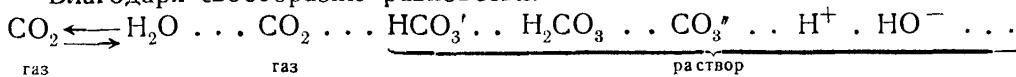
Океан регулирует этим путем постоянное (т. е. определенное небольшое колебание около постоянного среднего) содержание углекислоты тропосферы, основными источниками которого являются жизнь суши — главным образом почвы („дыхание почвы” — биогеохимический процесс), — и выделения углекислоты газовых струй, восходящих вод и вулканических извержений суши и дна Океана.

В Океане важным источником газообразной углекислоты является морская жизнь, гораздо более мощная создательница этого газа, чем жизнь суши, при чем в морях и в океанах — при приблизительном равенстве количества живого вещества на гектар — резко преобладает животная жизнь.¹ Два другие ее источника — вода рек и углекислота газовых струй, восходящих подземных вод и вулканических извержений — играют второстепенную роль по сравнению с первыми двумя основными источниками углекислоты, тем более, что большая масса углекислоты восходя-

¹ Я вернусь к этому явлению в главе о геохимии воды.

щих подземных вод и вулканических извержений связана с сушей и попадает в Океан через тропосферу.¹

Благодаря своеобразию равновесия:



количество углекислоты, которую получает Океан из тропосферы, резко — в сотню раз — превышает ту ее массу, которая могла бы находиться в газовом растворе. При $3 \times 10^{-2}\%$ по объему CO_2 в воздухе при обычных температурах должно растворяться $3 \times 10^{-1} \text{ см}^3 \text{ CO}_2$ в литре морской воды, т. е. по весу $5,9 \times 10^{-5}\%$. В действительности, все количество углекислоты в разных формах достигает порядка $1,3 - 3,3 \times 10^{-3}\%$ по весу; вместо $4,9 \times 10^{-1} \text{ см}^3$ в литре, содержится в нем 45 и больше $\text{cm}^3 \text{ CO}_2$.

Ее парциальное давление в морской воде, как показал Крог, вообще меньше парциального давления ее в атмосфере: химические процессы морской воды преодолевают.

Углекислота поглощается морской водой из атмосферы (парц. давление CO_2 ок. 0,23 мм), когда $P_{\text{н}}$ морской воды больше 8,1—8,2, т. е. когда концентрация ионов H^+ достигает $1 - 2 \times 10^{-4}\%$. При такой концентрации существует равновесие между CO_2 воздуха и CO_2 морской воды. При более высокой концентрации ионов морская вода медленно отдает CO_2 в воздух. В открытом Океане $P_{\text{н}}$ имеет величину 8,1—8,3.

Поглощение углекислоты из тропосферы и отдача ее в связи с парциальным давлением — производится верхним слоем океанической воды по крайней мере до 80—100 м глубины. Массы передвигаемой углекислоты для всей поверхности океана достигают огромной цифры — до $1,7 - 2,2 \times 10^{11}$ тонн CO_2 в год (Мур, Гердманн, Аткинс и др.).

Но процесс может ити глубже, и эти учёты оставляют в стороне биогенную углекислоту и те мощные биохимические изменения, которые связаны с режимом углекислоты в верхней планктонной пленке морей и океанов.

Следующие числа И. Гентера (J. Hunter) для поверхности вод Океана, омывающего берега Англии, могут дать (1870) понятие о колебаниях состава главных газов в наших широтах, при чем приводимые числа отнюдь не отвечают максимальным и минимальным пределам (в весовых процентах):

$$\begin{aligned} \text{CO}_2 & 3,3 \times 10^{-3} - 1,3 \times 10^{-3} (\text{CO}_2 \text{ и полусвязанная}) \\ \text{N}_2 & 1,5 \times 10^{-3} - 1,3 \times 10^{-3} \\ \text{O}_2 & 8,6 \times 10^{-4} - 6,9 \times 10^{-4} \end{aligned}$$

Главные массы, передвигаемые Океаном из тропосферы, будут массы углекислоты, ибо весовое содержание углекислоты в воздухе сравнимо с весовым содержанием ее в воде, тогда как азот и кислород в воздухе преобладают. В среднем в воздухе содержится около $3,0 \times 10^{-2}\%$ CO_2 , т. е. только в десять раз больше, чем ее содержится в Океане, а кислорода и азота в сотни раз больше. Океан вычерпывает CO_2 из воздуха.

763. Значительно менее сложны изменения в режиме других газов, поступающих из тропосферы, — кислорода, азота и благородных газов.

Для кислорода и азота Океана главным источником является тропосфера, но временами становится ярким влияние другого фактора их образования — планктонной жизни. Как уже указывалось, в планктонной пленке появляются слои воды, „пересыщенные“ кислородом или азотом биоген-

¹ Вероятно в это представление будет внесена значительная поправка, когда будут учтены вулканические процессы дна Океана.

ного происхождения, в несколько раз превышающие по весу эти растворенные газы. Это мелкие эмульсии (§ 219).

К сожалению, точные и полные анализы этих вод отсутствуют.

Отсутствуют также анализы вод класса $N_2 - CO_2$, чрезвычайно обедненных кислородом, которые найдены в последние годы в определенных глубоких слоях Атлантического океана, в которых некоторые (Ле Дануа) думают видеть остатки вод древнего Тэтиса.

Частью под влиянием жизни, а частью из газовых подземных струй наблюдается местами появление еще одного газа — сероводорода, быстро исчезающего, но местами непрерывно, благодаря возобновлению, существующего, например, в поверхностных водах у Атлантических берегов Африки (у Конго и т. д.) или же в донных водах Аравийского моря.

Вероятно более тщательное исследование откроет здесь ряд новых явлений. Можно думать, что согласно любопытным указаниям В. Г. Хлопина (1931), в глубоких слоях океанических вод можно ждать концентрации благородных газов — аргона, ксенона и криптона (см. ниже в главе о геохимии вод).

764. Для океанической и морской воды мы имеем обычные разделения наземных вод — на воду основную и на воду донную, переходящую в подземную воду — иловую, проникающую морские осадки. Основная вода Океана, в разных частях его отличаясь и в географических областях и в вертикальном разрезе по концентрации и по составу, может очень часто считаться одним телом, так как эти колебания большей частью незначительны. Получаются разновидности соленой воды, а не виды.

Но для морских вод очень часто есть несколько основных вод. Во-первых, есть воды другого класса — морские рассолы, занимающие иногда большие пространства и заключающие больше 5% по весу солевых компонентов (например, вода Красного моря). Во-вторых, некоторые участки, сообщающиеся с морем, не выходя из класса соленых вод, имеют своеобразный состав, благодаря влиянию местных условий и жизни. Таков, например, Сиваш — Гнилое море, само Черное море и т. п. Изменение химического состава здесь настолько значительно, что получаются разные виды и подклассы семейства морских соленых вод.

765. Аналогично водам пресным (§ 632) и в гидросфере надо отделять нижнюю часть воды бассейна — океаническую и морскую — донные воды, обычно более бедные и местами лишенные кислорода, обогащенные CO_2 , иногда являющиеся водой подкласса $CO_2 - N_2 - H_2S$ или $CO_2 - N_2 - CH_4$.

Обычно такие сероводородные участки донной главным образом морской воды занимают небольшие пространства в вертикальном разрезе, и исключением является Черное море площадью 411 540 km^2 (по Шпиндеру), в котором можно резко отличить нижнюю донную и застойную воду, которая резко преобладает над нормальной слабо соленой морской водой. Причина этого явления не ясна, и ее объясняют обычно биохимическими явлениями, бактериальным брожением. Однако это не может считаться доказанным. Как раз в этой области идут тектонические движения, которые на Кавказском берегу проявляются в богатых сероводородом источниках. Такие места, как Аргун, Мацеста — или в Дагестане Талгинский источник, являются максимальными известными на Земле концентрациями сероводорода. Нельзя не отметить и того, что геологическая история Черного моря благоприятна такому объяснению (Б. Л. Личков, А. Д. Архангельский). Есть данные думать, что сероводород выделялся здесь в древних третичных морях и озерах, бывших на месте Черного моря. Новые открытия аналогичного процесса на еще больших пространствах Арабского моря (1933) и Персидского залива заставляют осторожно относиться к обычному объяснению.

В Черном море нормальная, „основная“ соленая вода находится только в верхних 100—200 м. Глубина Черного моря доходит до 2244 м, объем его равен 10^5 км^3 — и большая часть этого объема — донная вода.

Различие двух вод видно из следующей таблицы, данной Н. Чигиринским и П. Данильченко (1929):

<i>Черное море</i>		<i>Донная вода</i>
<i>Поверхность</i>		A — глуб. 500 м B — , 2000 м
I.	II. A	II. B
Соляной остаток $1,8\%$	$2,25\%$	$2,28\%$
Элементы		
Cl $1,01\%$	$1,25\%$	$1,27\%$
Na $6,7 \times 10^{-1}$	$8,3 \times 10^{-1}$	$8,5 \times 10^{-1}$
O ¹ $9,1 \times 10^{-2}$	$1,2 \times 10^{-1}$	$1,1 \times 10^{-1}$
Mg $7,0 \times 10^{-2}$	$6,9 \times 10^{-1}$	$8,8 \times 10^{-2}$
S $4,4 \times 10^{-2}$	$5,2 \times 10^{-2}$	$5,5 \times 10^{-2}$
Ca $2,6 \times 10^{-2}$	$3,0 \times 10^{-2}$	$3,1 \times 10^{-2}$
C ² $2,0 \times 10^{-3}$	$2,3 \times 10^{-3}$	$2,7 \times 10^{-3}$
N ³ $1,6 \times 10^{-3}$	$1,7 \times 10^{-3}$	$1,7 \times 10^{-3}$
H ⁴ $1,7 \times 10^{-6}$	$5,6 \times 10^{-5}$	$9,5 \times 10^{-5}$

766. Другой областью более резкого изменения химического состава океанической и морской воды является поверхность моря и океана и их прибрежные области.

Я указывал уже (§ 171) на своеобразие пленок на поверхности морей и океанов в связи с жидкими веществами, выделяемыми организмами.

На поверхности морей, в области впадения больших масс пресной воды рек, образуются и в Океане временные или длительные участки сильно опресненной воды.

Такова вода морской поверхности после сильных ливней, продолжительных дождей, скоплений тающих льдин. Характер этой воды сказывается в изменении биоценозов и биогенной миграции химических элементов. Вода, этим образом изменяемая, не только связана с химическим различием вод пресных и вод соленых — иногда чрезвычайно меняется мутность воды. В мелких морских прибрежных отложениях — в коралловых рифах — подымается тонкая муть и, держась долго в воде, приводит к изменениям очень серьезного характера, например, к вымиранию кораллов. Такое вымирание произошло, например, 28/VI—1/VII 1928 г. в Паго-Паго дождь (953 мм), взмущивший воду так, что ничего не могло быть видно на глубину до 50 м. В воде находилось взмученных частиц (вулканическая и известковая муть) $-3,7 \times 10^{-3}\%$.

¹ Из SO₄²⁻, O₂, HCO₃¹⁻·CO₂ не принята во внимание.

Для O₂ до $9,2 \times 10^{-4}\%$ (I). 0 (II)

„ HCO₃¹⁻ . $1,0 \times 10^{-1}\%$ (I) $1,2 \times 10^{-1} - 1,4 \times 10^{-1}$ (II)

„ SO₄²⁻ . $1,3 \times 10^{-1}\%$ (I), $1,6 \times 10^{-1} - 1,55 \times 10^{-1}$ (II).

² Из HCO₃¹⁻. Органич. вещ. и CO₂ не приняты во внимание.

³ Из N₂. Связанный азот не влияет. N нитритов и нитратов на глубинах отсутствуют.

Для N₂ связанного: $1,7 \times 10^{-6}$ (I), $5,6 \times 10^{-5}$ (II A), $9,5 \times 10^{-5}$ (II B). Азот аммиака $3,6 \times 10^{-5}$ (II A), $1,3 \times 10^{-4}$ (II B).

⁴ Из HCO₃¹⁻, H₂S·H₂S . O (I), $5,7 \times 10^{-4}\%$ (II A), $9,4 \times 10^{-4}\%$ (II B).

В теплых странах, благодаря испарению, быстрая концентрация воды препятствует обычно длительности многих из таких явлений; иное наблюдается на севере, например, в море Лаптевых и в других морях, омывающих побережье Сибири, с огромными массами вносимой пресной воды великими сибирскими реками. Здесь только явления замерзания мешают полному опреснению, но опреснение все же и сейчас очень значительно (§ 736).

Значительная часть поверхностной воды моря Лаптевых имеет всегда температуру ниже 0.

767. Обратное явление — увеличение солености — происходит вследствие концентрации океанической или морской воды в защищенных от обмена их участках. Соленость может доходить, как мы видели, до 6,0 вместо нормальной 3,6—3,8.

Таковы же и те рассолы, которые образуются временами на границе суши и моря в жарких областях Земли, или те воды лагун, коралловых островов, атоллов и рифов, в которых идут своеобразные химические и биохимические процессы, мало, к сожалению, химически изученные.

Рассолы известны только для поверхностных областей морей и мелких их участков. На глубинах концентрация не достигает 5%. Здесь наибольшие концентрации доходят до 4% солевого остатка (Красное море, Персидский залив).

768. Отдельно должны быть поставлены воды лиманов — мелких соленых бассейнов (иногда переходящих в пресные солоноватые), которые широко развиты, напр., в устьях рек и балок на южном побережье Украины и России, Бессарабии в Черном море. Их образование связано с захватом при тектонических движениях морем речных водоемов. Они иногда свободно соединены с морем, иногда это соединение ослаблено.

Химический характер их воды, хотя источником ее и является в основной части морская вода, отличен от морской воды, частично благодаря примеси воды речной и особенно верховодок, частично благодаря тому значению, которое имеют биохимические и химические процессы, идущие в грязи дна, меняющие воду этих мелких бассейнов.

Развитые очень ярко в областях Черного и Азовского морей аналогичные лиманы наблюдаются и в других областях. Требуют изучения воды своеобразных лагун — связанных с устьями больших рек — подтропических и тропических областей.

Кроме лиманов наших областей, мне кажется, вся эта область явлений почти не изучена.

Вот несколько чисел для лиманов:

Сухой остаток 1,5—4,9%
Элементы

Cl	$2,4 - 8,9 \times 10^{-1} \%$
Na	$1,9 - 5,1 \times 10^{-1}$
Mg	$9,4 \times 10^{-1} - 3,6 \times 10^{-2}$
O ¹	$3,1 \times 10^{-1} - 5,7 \times 10^{-2}$
Ca	$1,7 \times 10^{-1} - 1,6 \times 10^{-2}$
K	$1,6 \times 10^{-1} - 2,0 \times 10^{-2}$
S ²	$1,1 \times 10^{-1} - 2,2 \times 10^{-2}$
N ³	$1,3 \times 10^{-2} - 2,9 \times 10^{-3}$
Br	$1,0 \times 10^{-2} - 3,1 \times 10^{-3}$

¹ Из SO_4^{2-} (до $3,3 \times 10^{-1} \%$), HCO_3^- (до $3,7 \times 10^{-2} \%$). O_2 и CO_2 растворенные и органические вещества не учтены.

² Из SO_4^{2-} .

³ Из NH_4^+ (до $1,7 \times 10^{-2} \%$), HCO_3^- .

C ¹	$7,0 \times 10^{-3}$	$\rightarrow 3,0 \times 10^{-3}$
H ²	$3,7 \times 10^{-3}$	$\rightarrow 2,7 \times 10^{-4}$
Si	$9,4 \times 10^{-4}$	$\rightarrow 8,4 \times 10^{-4}$
...
Rn	$5,2 \times 10^{-18}$	$\rightarrow 9,0 \times 10^{-19}$
...

Есть J.

769. Нельзя не обратить внимание на отсутствие химических анализов морских вод, очень обычных и должно быть геологически важных — вод своеобразных морских болот.

Таковы столь распространенные в тропической области воды мангровых зарослей, иногда переходящие в мангровые болота. Их состав должен быть очень отличен от обычной морской прибрежной воды. Вероятно, она близка к донной воде. Может быть иногда рассол? Газовый состав особый — без кислорода? Богаты H₂S и CH₄? Богаты органическими веществами? Несмотря на большое распространение и на вероятность нахождения их остатков в мощных геологических отложениях (например, допускалось для флиша и мне кажется не без веских оснований), даже характер основных растворенных их газов не ясен. Над ними уже задумывался такой крупный натуралист наблюдатель и химик, как А. фон Гумбольдт, почти 150 лет назад, не решаясь отнести их всецело к сероводороду.

Мангровые воды часто связаны с водами атоллов и коралловых рифов.

770. Интересно отметить, что химический состав океанической воды — по порядку чередования химических элементов — резко отличен от состава тех речных пресных вод, из которых он в значительной степени составлен и которые в него в геологическом времени непрерывно втекают.

Возможны два объяснения: или то, что исходный первичный состав воды Океана был иной и постепенно менялся под влиянием метеорной и речной воды биосфера, или то, что состав смеси речной и метеорной воды в Океане непрерывно — закономерно — меняется, благодаря геохимическим и биогеохимическим, в первую очередь, явлениям, как мы сейчас знаем, в океанических и морских водах и ныне происходящим.

Я вернусь во второй части книги к оценке фактов, заставляющих останавливаться на втором представлении.

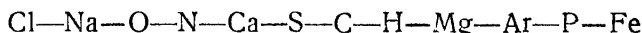
Здесь же только отмечу химически резко выявляющуюся диссимметрию, (ср. § 74 сл.), при чем замечу, что порядок элементов, отвечающий морской воде, наблюдается для соленых вод суши только для озер, генетически-геологически недавно связанных с морской водой. На суше такие воды не образуются.

Вот эти порядки:

Океаническая вода:



Метеорная вода:



Речная вода.



771. Обращаясь к соленым наземным водам суши, надо отметить, что здесь господствуют главным образом воды подклассов CO₂—N₂—O₂ и N₂—O₂.

¹ Из HCO₃[−] · CO₂ и орган. вещ. не учтены.

² Из NH₄ и HCO₃[−].

Как уже указано для пресных вод, точное распределение разных видов вод должно быть связано с климатическими и в частности с „ландшафтными“ поясами суши, с определенными геохорами. Но при современном нашем знании о химическом составе поверхностных вод мы сделать это не в состоянии (§ 561).

Временно приходится довольствоваться менее точными соображениями.

Наземные соленые воды сосредоточены в определенных участках суши и занимают в ней значительные площади. Области тройкого рода приводят к их образованию: 1) области без стока, основные в биосфере области недостаточного стока, в которых все вещество, несомое реками или большая его часть не уходит в Океан, а остается на суше, 2) области выхода легко растворимых в воде пород или пород, содержащих сухие соли, и 3) области, бывшие морем в течение исторического времени или геологически недавно.

Это процессы различного характера. В первом случае все наземные воды делаются солеными, вследствие того, что прекращается унос реками в море растворенных ими и другими связанными с ними наземными водами солевых частиц. С ходом времени — наземные воды увеличивают свою концентрацию, так как вода никуда не может уходить из данной области, кроме как в виде пресных водных паров в тропосферу.

Области без стока в Океан и области без достаточного стока должны быть, вероятно, отделены друг от друга. В последнем случае, вероятно, мы имеем главным образом дело с геологически молодыми областями, которые еще недавно были покрыты морем; соленые иловые воды, остатки которых вошли в составляющие их породы, не успели уйти и потому, несмотря на достаточный дренаж реками и метеорами, наземные воды сохраняют свой соленый характер. Таковы, например, низины Аргентины, могуче выщелачиваемые Лаплатой, Парагваем и их бассейнами.

Области недостаточного стока захватывают значительные части суши. Исключив покрытые снегом и льдом приполярные области, где пресные воды резко господствуют, по исчислению де Мартона области без стока в Океан, т. е. области господства соленых вод суши, занимают более 30% суши, больше $38 \times 10^6 \text{ км}^2$.

Области недостаточного стока очень часто связаны с процессами глубокого тектонического значения, например, тот огромный грабен, который проходит через Мертвое и Красное моря и захватывает значительную западную часть Африканского материка и часть Малой Азии. Если даже сейчас в этой области (на юге ее) расположен ряд пресных озер, — в геологическое время, если позволяют климатические условия, они превратятся — и частью превратились — во вместилища соленой воды. И здесь же на севере лежат такие рассолы, как Мертвое море (§ 898), и рассолы, образовавшиеся в связи с соленой морской водой, как Красное море.

Часть земной коры, самую богатую соляными озерами, представляет бессточная область Евразии, лежащая в пределах нашей страны. Здесь лежат самые большие соленые озера, как Каспийское и Аральское „моря“, и десятки тысяч соленых озер. В своей геологической истории и в характере своей воды они в значительной мере представляют третичную морскую воду — главным образом иловую — измененную шедшими в течение геологического времени процессами денудации и выветривания бессточной области. По своей величине это единственный случай в современной истории поверхности планеты; он обусловлен в конце концов тектоническими процессами.

772. Обычно, но не всегда, области, относительно недавно бывшие морем, совпадают с областями плохого стока. Это и понятно, потому что эти области находятся в стадии отхода от моря и часто сток не наложен сразу или прерывается. Но и помимо этого — осадочные породы всегда содержат остатки солевого состава иловой (меньше донной)

воды и потому на поверхности легко переходят в раствор; они не успели "выщелочиться" для новых отложений. Среди них — в общем случае — нет массивных и метаморфических пород, в которых воды атмосферных осадков могут остаться пресными.

Поэтому на очень значительных площадях, не прикрытых отложениями суши или ледниками, моренными, метаморфическими и гранитными породами, поверхностные воды — колодцы, родники, — связанные с верховодками, будут солеными.

Таковы, например, значительные области южной и юго-восточной России, западной и степной Сибири. Так для б. Омского и б. Акмолинского округов, по С. Кассину (1929), воды юрских пород и третичных песчаников, в главной части соленые, палеогеновые — соленые, олигоценовые смешаные — есть и пресные, в особых условиях.

Этот процесс выщелачивания поверхностными и метеорными водами молодых областей суши, связанный с существованием соленых поверхностных вод, имеет огромное значение в истории пресных подземных вод.

Наряду с пресноводными осадочными отложениями суши, роль которых все еще недостаточно учитывается геологами (в последнее время ярко выдвинута Б. Л. Личковым, 1933) и которые сохраняют в иловых осадках пресные воды, этот процесс дает возможность образования подземных пластовых пресных вод, вместилищами которых являются уже выщелоченные указанным путем морские осадочные породы.

773. Особую область составляют воды в участках биосфера легко — в течение исторического времени — растворимых горных пород. По площади среди них преобладают жесткие воды в областях развития гипсов или известковых и доломитовых пород. Эти воды, обычно причисляются к пресным, жестким водам, они однако в действительности и по классификации, здесь принятой, должны быть отнесены к водам соленым, ибо они в обычных условиях биосфера легко и часто превышают концентрацию в $10^{-1}\%$.

Воды областей, еще в историческое время бывших морем, — не занимают очень больших площадей. Таковы, например, воды культурного происхождения — в польдерах и на польдерах Голландии. Отчасти малая площадь таких областей связана с тем, что отход моря совершается в аспекте геологического времени; он идет медленнее, чем выщелачивание биосфера поверхностными водами, главным образом реками и искусственным дренажем.

774. Область развития всех этих вод — на поверхности суши непрерывно через метеорные воды получает приток пресных вод. Они не только разбавляют соленые растворы суши, но совершенно меняют их распределение, проникая более или менее глубоко в суши. Поэтому эти поверхностные воды и верховодки не дают сплошного покрова соленых вод — образуется как бы своеобразная мозаика водовместилищ (в том числе и рыхлых, проникнутых водою пород — соленых и пресных). Яркая картина этих колебаний выяснина, например, для пустынь и полупустынь Туркестана Ю. Скворцовом (1927). Она зависит от микрорельефа.

775. Учитывая все эти явления, можно различить следующие местонахождения — семейства — наземных соленых вод.

Вероятно есть временные не долго существующие лужи на солонцах и т. п., образующиеся, например, после дождей, принадлежащие к подклассу N_2-O_2 . Но они не изучены и не играют большой роли (ср. § 591).

В подклассе $CO_2-N_2-O_2$ можно различить ряд семейств: 1) поверхностные воды родников, переходящие в воды соленые колодезные (они частично связаны с метеорными водами, частично с пластовыми подземными, верховодками); 2) реки, от которых есть переходы в пресные реки того же подкласса; 3) озера и реже 4) болота; 5) органогенные воды, 6) культурные воды.

Наибольшее значение по массе захваченной воды имеют соленые озера.

776. Соленые родниковые и колодезные воды широко распространены в областях пустынь и полупустынь, в областях вне стока в море или с ограниченным стоком. В них играют большую роль Ca (отчасти Mg) и Na, а из катионов Cl, SO₄, CO₃. Другие компоненты, напр. NO₃, отходят на второй план.

Можно довольно резко разделить поверхностные типы этого ряда — на две группы: воды очень жесткие, без солевого вкуса — с преобладанием Ca, CO₃²⁻, SO₄²⁻, и воды соленые в буквальном смысле — богатые Na и обычно Cl. Это житейское деление отвечает определенным условиям их нахождения и образования.

Соленые родниковые воды оказываются в таких местах земной коры, где на поверхность выходят или горные породы, легко растворимые в воде, богатой CO₂, или же где находятся породы, заключающие растворимые соли, или же где разнообразными процессами выветривания постоянно образуются растворимые соли.

В связи с этим генезис солевого остатка этих вод различный.

Это будут: 1) известковые и магнезиальные породы — известняки, доломиты и гипсы, выходящие на поверхность; 2) выходы новейших осадочных пород, не потерявших своих растворимых солей — иловых вод морских или озерных; 3) концентрации обычных пресных вод в областях бессточных или с ослабленным стоком, с сухим климатом, с большим испарением и с малыми осадками — в предельных случаях в пустынях и полупустынях.

777. Можно различить воды этого рода, прежде всего по химическому составу:

1. Кальциевые воды:

1. O — Ca — S — C — Cl.
2. Cl — O — Ca — Mg — C — (Na).
3. O — Ca — S — (C).
4. Бурье O — Ca — C.

2. Кальциево-магниевые воды:

3. O — S — Ca — Mg — (Cl).

3. Натровые воды:

4. Cl — Na.
5. O — Cl — Na — S.
6. Cl — Na — O — C.
7. Cl — Na — O — C — S.

4. Натрово-магниевые воды:

8. Cl — Na — O — Mg — S — (Ca).

5. Селитряные воды:

9. O — N — Ca — Cl — S.

6. Натрово-кальциевые воды:

10. Cl — Na — O — Ca — S.

Систематически эти воды никогда не изучались, и поэтому средние числа здесь пока не могут быть даны со сколько-нибудь достаточной достоверностью.

778. Обращаемся к обычно бедным солевым остатком, сульфатным кальциевым и кальциево-магниевым водам. Следующие числа дают о них понятие.

I. Пределы из ряда анализов
 II. Колодезная вода из Май Кайна в Киргизской степи, по В. Катульскому (1928)

I. O—Cl—Ca—S—(C) II. O—S—Ca—Mg—(Cl)

Твердый остаток

$$3,8 \times 10^{-1} - 1,6 \times 10^{-1}\%$$

$$2,0 \times 10^{-1}\%$$

Элементы

O ¹	$9,2 \times 10^{-2}$ — $6,7 \times 10^{-2}$	O ²	$7,7 \times 10^{-2}$
Cl	$8,3 \times 10^{-2}$ — $1,3 \times 10^{-3}$	S ³	$3,7 \times 10^{-2}$
Ca	$5,0 \times 10^{-2}$ — $2,2 \times 10^{-2}$	Ca	$1,9 \times 10^{-2}$
S ⁴	$2,5 \times 10^{-2}$ — $1,9 \times 10^{-2}$	Mg	$1,8 \times 10^{-2}$
N ⁵	$2,1 \times 10^{-2}$ — $4,5 \times 10^{-3}$	Cl	$1,2 \times 10^{-2}$
C ⁶	$1,1 \times 10^{-2}$ — $4,7 \times 10^{-3}$		
Na	$1,0 \times 10^{-2}$ — $4,3 \times 10^{-3}$		
Mg	$7,1 \times 10^{-3}$ — $2,5 \times 10^{-3}$	Na	$9,3 \times 10^{-3}$
Fe	$2,1 \times 10^{-3}$ — сл.	Si	$1,3 \times 10^{-3}$
Si	$2,0 \times 10^{-3}$ — $1,4 \times 10^{-3}$		
K	$1,5 \times 10^{-3}$ — $8,4 \times 10^{-4}$		
H ⁷	$5,5 \times 10^{-4}$ — $8,4 \times 10^{-6}$	C ⁸	$7,4 \times 10^{-4}$
		Fe	нет

$$\text{Орган. вещ. } 1,9 \times 10^{-2}\%$$

779. Среди многочисленных других видов наземных вод — я отмечу еще III — анализ воды под болотом — O—Ca—S—(C) и IV — анализ лесной бурой воды. Обе воды взяты около Кемерна в Латвии. Анализ И. Купциса (1929).

III. O—Ca—S—(C)

IV. Бурая O—Ca—S

Твердый остаток

$$2,3 \times 10^{-1}$$

$$1,1 \times 10^{-1}\%$$

¹ Ионы $\text{SO}_4^{''}$ (до $6,3 \times 10^{-2}\%$), $\text{CO}_3^{''}$ (до $2,7 \times 10^{-2}$), ионы HCO_3' (до $2,3 \times 10^{-2}$), мицеллы SiO_2 (до $2,9 \times 10^{-3}\%$), ионы NO_3 ($5,0 \times 10^{-3}\%$). Растворенные O_2 и CO_2 не учтены. Кислород при их учете должен перейти в декаду $10^{-1}\%$.

² Из $\text{SO}_4^{''}$ (до $1,2 \times 10^{-1}\%$), CO_3 (до $3,5 \times 10^{-3}$), SiO_2 (до $2,8 \times 10^{-3}$). Растворенный O_3 и $\text{CO}_3^{''}$ и органические вещества не учтены.

³ Из $\text{SO}_4^{''}$. Орган. вещ. не учтены.

⁴ Из $\text{SO}_4^{''}$, раствор. H_2S (до $1,4 \times 10^{-4}\%$).

⁵ Эти верхние воды богаты азотистыми соединениями. Судя по данным английской речной комиссии, количество такого связанного азота колеблется в пределах $4,2 \times 10^{-3}$ — $2,0 \times 10^{-2}\%$ (связанного в органических соединениях до $3,0 \times 10^{-4}\%$, в аммиачной форме до $6,3 \times 10^{-4}$, в кислородных соединениях до $2,0 \times 10^{-2}\%$).

⁶ Ионы $\text{CO}_3^{''}$. Растворенная CO_2 не учтена — очевидно, процент С должен быть значительно больше. Органич. углерод до $1,8 \times 10^{-3}\%$.

⁷ Из HCO_3' . H_2S .

⁸ Из $\text{CO}_3^{''}$ орган. вещ. Растворенная CO_2 не учтена.

Элементы

O ¹	$1,2 \times 10^{-1}$		
Ca	$5,6 \times 10^{-2}$	O ²	$4,3 \times 10^{-2}$
S ³	$4,0 \times 10^{-2}$	Ca	$2,1 \times 10^{-2}$
C ⁴	$9,1 \times 10^{-3}$	S ³	$1,7 \times 10^{-2}$
Mg	$9,5 \times 10^{-3}$	N ⁶	$9,0 \times 10^{-4}$
Si	$1,7 \times 10^{-3}$	C	$7,2 \times 10^{-4}$
Cl	$9,4 \times 10^{-4}$	Al	$4,9 \times 10^{-4}$
H ⁵	$7,9 \times 10^{-4}$	Si	$4,7 \times 10^{-4}$
Al	$5,0 \times 10^{-4}$	Mg	$3,6 \times 10^{-4}$
Fe	$4,0 \times 10^{-4}$	Na ⁷	$2,4 \times 10^{-4}$
Na ⁷	$2,8 \times 10^{-4}$	Cl	$2,4 \times 10^{-4}$
N	$2,0 \times 10^{-4}$	Fe	$2,3 \times 10^{-4}$
J	$3,0 \times 10^{-6}$	H ⁸	$5,5 \times 10^{-5}$

Есть Р

Орган. вещ. $2,9 \times 10^{-2}$

К сожалению, нет полного анализа бурых вод, характерных для приполярных северных районов.⁹

780. Есть области, где в поверхностных водах преобладают атомы кальция, реже магния. Натрий отходит на второй план.

Области бессточных являются особенно благоприятными для создания таких вод. Но то же самое наблюдается и для областей с хорошо выраженным стоком (например, в Южной Америке в Аргентине).

Эти воды — создания климата, отчасти геологии местности.

Как пример таких вод можно привести данные Р. Штаппенбека (1926) для Пампасов Аргентины на основании анализов Г. Дюклу, Лавенира и Каталано. К сожалению, щелочи ими не определены, но в этих водах, как легко можно убедиться из сравнения солевого остатка с числами анализа, натрий отходит на второе место. Это воды Ca — Mg. Порядок Na по другим анализам отвечает числам порядка $1,2 - 1,3 \times 10^{-2} \%$ Na.

Числа Дюклу средние из многих анализов.

V. Приокеаническая область.

Сухой остаток: ¹⁰ $3,0 \times 10^{-2}$ — $5,60\%$ (т. е. переход от пресных к рассольным). Среднее: $1,06\%$.

¹ Из $\text{SO}_4^{''}$ (до $1,2 \times 10^{-1}\%$), $\text{HCO}_3^{'}$ (до $4,6 \times 10^{-2}$), SiO_2 ($2,2 \times 10^{-3}\%$), O_2 , CO_2 , орг. вещ. не учтены.

² Из $\text{SO}_4^{''}$ ($5,1 \times 10^{-2}\%$), $\text{CO}_3^{''}$ ($3,6 \times 10^{-3}\%$), SiO_2 ($1,1 \times 10^{-3}$). O_2 , CO_2 , орг. вещ. не учтены.

³ Из $\text{SO}_4^{''}$.

⁴ Из $\text{HCO}_3^{'}$. CO_2 и орг. вещ. не учтены.

⁵ Из $\text{HCO}_3^{'}$, NH_4 ($2,5 \times 10^{-4}$). N_2 не учтен. Передвигается в порядок $10^{-3}\%$.

⁶ Из NH_4 и др. соединений. N_2 не учтен, передвигается в порядок 10^{-3} .

⁷ Содержит K.

⁸ Из NH_4 ($2,5 \times 10^{-4}\%$).

⁹ Было бы чрезвычайно интересно проанализировать воды из других мест этого рода, обратив внимание на химический характер органических веществ как воды тундровых областей, так и нашего севера, напр., Карелии. Необходимо обратить внимание на растворенные газы (CO_2).

¹⁰ К сожалению, высущен до 180° .

Элементы — среднее

Cl	$4,2 \times 10^{-1}$	Ca	$5,8 \times 10^{-2}$
O ¹	$2,5 \times 10^{-1}$	C	$4,9 \times 10^{-2}$
S ²	$1,2 \times 10^{-2}$	Mg	$3,6 \times 10^{-2}$

VII. Срединная пампа:

Сухой остаток:³ от $1,4 \times 10^{-1}$ — до 5,1% (т. е. переход от соленых до рассольных).
Среднее: 1,03%.

Элементы — среднее:

O ⁴	$3,5 \times 10^{-1}$	Ca	$6,5 \times 10^{-2}$
Cl	$2,7 \times 10^{-1}$	Mg	$4,2 \times 10^{-2}$
S ⁵	$1,4 \times 10^{-1}$	C	$3,5 \times 10^{-2}$

VII. Горная зона.

Сухой остаток:⁶ $3,0 \times 10^{-2}$ — 5,6% (от пресной до рассольной).
Среднее: $7,7 \times 10^{-1}\%$.

Элементы — среднее:

O ⁷	$2,4 \times 10^{-1}$	S ⁸	$9,6 \times 10^{-2}$
Cl	$1,2 \times 10^{-1}$	Mg	$2,1 \times 10^{-2}$
Ca	$1,1 \times 10^{-1}$		
		Na	$1,6 \times 10^{-2}$
		Cl	$1,4 \times 10^{-2}$

Отсутствие данных для Na мешает получить ясное представление о ходе процесса.

781. Обращаясь к натровым водам, мы имеем по существу смеси трех или четырех компонентов.



Воды, богатые Na_2CO_3 (resp., NaHCO_3), отвечают более влажным, богатым жизнью областям. Следующие числа дают о них понятие:

VIII. Воды Cl — O — Na — C

Твердый остаток $4,0 \times 10^{-1}$ — 1,2%
Элементы

Cl	$4,3 \times 10^{-1}$ — $1,3 \times 10^{-2}$
O ⁹	$3,0 \times 10^{-1}$ — $7,3 \times 10^{-2}$
C ¹⁰	$2,1 \times 10^{-1}$ — $6,5 \times 10^{-3}$
Na	$1,3 \times 10^{-1}$ — $1,1 \times 10^{-2}$
S ¹¹	$3,0 \times 10^{-2}$ — $8,0 \times 10^{-5}$
N ¹²	$2,1 \times 10^{-2}$ — $8,1 \times 10^{-3}$

¹ Из $\text{SO}_4^{''}$ и $\text{CO}_3^{''}$.

² Из $\text{SO}_4^{''}$.

³ К сожалению, высушен до 180°.

⁴ Из $\text{SO}_4^{''}$ и $\text{CO}_3^{''}$.

⁵ Из $\text{SO}_4^{''}$.

⁶ К сожалению, при 180°.

⁷ Из $\text{CO}_3^{''}$ и $\text{SO}_4^{''}$.

⁸ Из $\text{SO}_4^{''}$.

⁹ Из ионов HCO_3' (до $4,3 \times 10^{-1}\%$), SO_4'' (до $9,1 \times 10^{-2}\%$), HAsO_4' (до $3,2 \times 10^{-3}$), минерала SiO_2 (до $7,3 \times 10^{-3}\%$), раствор. CO_2 (до $2,5 \times 10^{-1}\%$). Растворенный O_2 не учтен.

¹⁰ Из ионов HCO_3' , раствор. CO_2 . Органического до $2,7 \times 10^{-3}\%$.

¹¹ Ионы $\text{SO}_4^{''}$.

¹² По данным английской речной комиссии количество связанного азота в соленых на вкус водах этого типа $7,8 \times 10^{-3}$ (до $2,6 \times 10^{-2}\%$), органического до $9,4 \times 10^{-4}\%$, аммиачного до $3,1 \times 10^{-3}$, в окисленных формах до $2,6 \times 10^{-2}$.

H ¹	$7,0 \times 10^{-3}$ — $5,2 \times 10^{-4}$
Si ²	$3,4 \times 10^{-3}$ — $1,9 \times 10^{-4}$
As ³	$1,8 \times 10^{-3}$

Mn	$8,4 \times 10^{-5}$
Br	$3,3 \times 10^{-5}$
Ba	$1,0 \times 10^{-5}$

J	$9,0 \times 10^{-6}$
Li	$8,0 \times 10^{-6}$
Sr	$8,0 \times 10^{-6}$

782. Очень обычны слабо соленые воды — воды колодцев, родников, верхних грунтовых, где Na уже выступает резко. Это воды Na — (Ca) — Cl — O — S (IX).

Следующие данные дают понятие о колебании их состава:

IX.

Твердый остаток

$$6,0 \times 10^{-1} \text{ } 1 \times 10^{-1} \%$$

Элементы

Na	$2,0 \times 10^{-1}$ — $1,2 \times 10^{-2}$
Cl	$2,5 \times 10^{-1}$ — $1,4 \times 10^{-2}$
O ⁴	$1,0 \times 10^{-1}$ — $3,2 \times 10^{-2}$

S ⁵	$5,1 \times 10^{-2}$ — $2,8 \times 10^{-3}$
Ca	$4,2 \times 10^{-2}$ — $8,4 \times 10^{-3}$
Mg	$2,6 \times 10^{-2}$ — $8,4 \times 10^{-4}$
C ⁶	$1,1 \times 10^{-2}$ — $4,1 \times 10^{-4}$

Si ⁷	$4,7 \times 10^{-3}$ — $3,5 \times 10^{-4}$
-----------------	---

(Fe, Al) ⁸	$n \times 10^{-4}$ — $n \times 10^{-5}$
N ⁹	$1,3 \times 10^{-4}$ — $2,6 \times 10^{-5}$

H ¹⁰	$9,6 \times 10^{-6}$ — $1,9 \times 10^{-6}$
J	$9,0 \times 10^{-6}$ — $8,0 \times 10^{-6}$

783. Широко распространены воды, бедные CO_3'' , при чем можно различить в одних случаях преобладание Cl (X), в других SO_4'' (XI). Как пример первых, я приведу воды Палестины (Ирвин. 1925), а для других — данные П. Кащинского и Н. Веселовского (1928) для вод в Сольском округе Донской области, где суглинистые и дождевые воды соприкасаются с соленосными породами и почвами. Искусственные или естественные пруды, задерживающие метеорные воды, дают в огромном числе случаев соленые воды.

Следующие числа дают понятие об этих водах.

¹ Из ионов HAsO_4' , HCO_3' .

² Из мицеля SiO_2 .

³ Из ионов HAsO_4' .

⁴ Из SO_4'' (до $1,5 \times 10^{-1} \%$), CO_3 (до $5,5 \times 10^{-2}$). Не приняты во внимание органическое вещество, растворенные O_2 и CO_2 , ионы NO_3' и HCO_3' .

⁵ Из SO_4'' . Не принято во внимание органическое вещество.

⁶ Из CO_3'' . Не принято во внимание органическое вещество и растворенная CO_2 .

⁷ Из SiO_2 .

⁸ $\text{FeO}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$ — $4,6 \times 10^{-4}$ — max., $1,0 \times 10^{-4}$ — min.

⁹ Из NH_4 и кислородных соединений. Растворенный N_2 не учтен.

¹⁰ Из NH_4 и HCO_3' .

X. O — Cl — Na — Ca — (Mg) + S¹

XI. O — Cl — Na — S

Твердый остаток

3,0 — 3,3 × 10⁻¹ %2,8 — 5,8 × 10⁻² %

Элементы

Cl	$1,8 - 1,5 \times 10^{-1}$	O ³	$8,9 \times 10^{-1} - 1,8 \times 10^{-2}$
Na ²	$7,0 \times 10^{-1} - 7,7 \times 10^{-2}$	Cl	$7,6 \times 10^{-1} - 7,5 \times 10^{-3}$
Ca	$3,1 \times 10^{-1} - 2,1 \times 10^{-2}$	Na ²	$6,5 \times 10^{-1} - 1,5 \times 10^{-2}$
Mg	$8,2 \times 10^{-2} - 2,0 \times 10^{-2}$	S ⁴	$4,3 \times 10^{-2} - 7,3 \times 10^{-3}$
O ⁵	$4,2 \times 10^{-2} - 3,6 \times 10^{-2}$	Ca	$1,8 \times 10^{-2} - 5,8 \times 10^{-3}$
S ⁶	$1,8 \times 10^{-3} - 9,6 \times 10^{-3}$	Mg	$1,6 \times 10^{-2} - 3,8 \times 10^{-3}$
C ⁷	$4,4 \times 10^{-3}$	C ⁸	$6,4 \times 10^{-3} - 8,8 \times 10^{-4}$
Si	$4,0 \times 10^{-3}$		

Формы нахождения таких вод очень разнообразны. Для вод вида O — Cl — Na — S исходными могут являться пресные, бедные солями поверхностные или грунтовые воды, которые дают соленые, концентрируясь. Так, например, в б. Ставропольской губ. пруды, устроенные на поверхности, очень быстро осолоняются, благодаря испарению и использованию (И. Славянов. 1926).

784. Аналогичные воды наблюдаются в пустынных местностях может быть в связи с остатками тех иловых вод, которые остались — и метаморфизировались — в морских отложениях, очутившихся на земной поверхности.

Таковы, например, обычно рассольные (§ 919), соленые воды песков Каракум.

Так колодезь Чаашкын дает воду (А. Бродский. 1929):

XII. O — Cl — Na — S — (C)

Твердый остаток 2,38%

Элементы

O	$7,2 \times 10^{-1}$
Cl	$6,6 \times 10^{-1}$
Na	$6,5 \times 10^{-1}$
S	$3,0 \times 10^{-1}$
Mg	$1,0 \times 10^{-1}$
Ca	$9,6 \times 10^{-2}$
C	$9,6 \times 10^{-2}$

785. Такие соленые воды наблюдаются в колодцах (грунтовых горизонтах) около морей, лиманов, соленых и рассольных озер. Это воды Cl — Na, содержащие кислород. Они обычно более богаты карбонатами, чем сульфатами.

¹ Повидимому есть магниевая разность.

² Не отделен от калия.

³ Из CO₃²⁻ (до 2,8 × 10⁻² %), SO₄²⁻ (до 1,3 %), O₂. Орган. вещ., CO₂ не учтены.

⁴ Из SO₄²⁻.

⁵ Из SO₄²⁻ (до 5,3 × 10⁻²), CO₃²⁻ (до 1,3 × 10⁻²). Орган. вещ., O₂ и CO₂ не учтены.

⁶ Из SO₄²⁻.

⁷ Из CO₃²⁻.

⁸ Из CO₃²⁻.

Колодезные воды этого рода около рассольных озер в песчаных отложениях могут достигать довольно большой концентрации.

Следующие числа дают о них понятие:

XIII. Cl—Na

Твердый остаток	3,4% — $2,2 \times 10^{-1}\%$
Элементы	
Cl	$2,0 - 4,0 \times 10^{-2}$
Na ¹	$8,3 \times 10^{-1} - 4,0 \times 10^{-2}$
O ²	$1,9 \times 10^{-1} - 3,4 \times 10^{-2}$
Mg	$2,9 \times 10^{-1} - 9,0 \times 10^{-3}$
S ³	$9,0 \times 10^{-2} - 2,3 \times 10^{-2}$
C ⁴	$8,2 \times 10^{-3} - 2,0 \times 10^{-3}$
Ca	$6,0 \times 10^{-2} - 1,6 \times 10^{-2}$
Si	$5,0 \times 10^{-3} - 5,6 \times 10^{-4}$
K	$3,7 \times 10^{-3}$
H ⁵	$7,0 \times 10^{-4}$
Al	$1,4 \times 10^{-4}$

Есть Fe.

786. Особую группу поверхностных вод должны составлять селитряные воды, богатые NO_3' .

Это частью воды культурные, частью биогенные — повидимому в них в связи с естественными селитряниками могут встречаться калиевые, натровые и кальциевые разности.

Они должны образовываться — может быть временно и случайно — в пустынях, бедных или почти лишенных осадков, в областях, где отлагаются селитры, в областях, где распространены селитреносные солонцы и породы где находятся селитряницы, и в теплом, бедном осадками климате в связи с бактериальными процессами, часто в местах древних поселений человека или скоплений животных остатков.

Анализов этих вод я не знаю.

Богатые NO_3' воды, тесно связанные с поверхностным выветриванием, наблюдаются в измененных культурой источниках.

787. Богатые солью — соленые и солоноватые реки не достаточно исследованы (мало анализов), чтобы можно было сейчас дать вполне точную картину явления.

Повидимому, наиболее характерны ионы Cl' , SO_4'' , Na^+ — иногда Ca^{++} , который может быть близок по процентному содержанию к натрию.

Некоторое понятие дают следующие числа:

XIV. Cl—Na

Твердый остаток	3,0% — $1,1 \times 10^{-1}\%$
Элементы	
Cl	$1,7 - 7,0 \times 10^{-3}$
Na	$7,7 \times 10^{-1} - 7,3 \times 10^{-3}$
Mg	$4,3 \times 10^{-1} - 7,2 \times 10^{-4}$

¹ Калий не отделен.

² Из SO_4'' (до $2,0 \times 10^{-1}\%$), CO_2 (до $3,7 \times 10^{-3}$), CO_3'' (до $3,4 \times 10^{-2}\%$), HCO_3' (до $3,6 \times 10^{-2}\%$), SiO_2 (до $2,7 \times 10^{-3}\%$). Раств. О₂ и орган. вещ. не учтены.

³ Из SO_4'' .

⁴ Из CO_3'' . CO_2 и орган. вещества не учтены.

⁵ Из HCO_3' .

⁶ Реки — небольшие — более богаты солью, больше 20% твердого остатка.

O ¹	$4,2 \times 10^{-1} - 3,3 \times 10^{-2}$
S ²	$1,9 \times 10^{-1} - 3,3 \times 10^{-3}$
Ca	$1,1 \times 10^{-1} - 5,0 \times 10^{-3}$
Zn ³	$7,3 \times 10^{-2} - 0 (3,0 \times 10^{-5})$
C ⁴	$3,5 \times 10^{-2} - 1,1 \times 10^{-4}$
Si ⁵	$2,9 \times 10^{-2} - 1,9 \times 10^{-4}$
K	$8,2 \times 10^{-3} - 3,7 \times 10^{-4}$
Fe	$6,3 \times 10^{-3} - 2,0 \times 10^{-6}$
Al	$3,4 \times 10^{-3} - 3,1 \times 10^{-4}$
H ⁶	$2,0 \times 10^{-3} - 1,3 \times 10^{-4}$
N ⁷	$4,6 \times 10^{-4} - 1,7 \times 10^{-5}$
Rb	$2,3 \times 10^{-4} - 1,3 \times 10^{-4}$
Mn	$7,2 \times 10^{-5} ?$
Органич. вещ.	$2,9 \times 10^{-2} - 1,6 \times 10^{-8}$

788. Реки меняют свой состав, а не только концентрацию, в разные периоды своего годового цикла, например, по анализу Вилля, приводимому Ф. Кларком, река Шелиф в Алжире (XV):

I. Низкое стояние.

II. Половодье.

XV. O—Cl—Na—S

Остаток

I	II
$6,7 \times 10^{-1}$	$1,2 \times 10^{-1}$

Элементы

O ⁸	$1,9 \times 10^{-1}$	O ¹⁰	$4,1 \times 10^{-2}$
Cl	$1,8 \times 10^{-1}$	C	$3,2 \times 10^{-2}$
Na	$1,4 \times 10^{-1}$	Na	$2,0 \times 10^{-2}$
S ⁹	$9,0 \times 10^{-2}$	Ca	$1,4 \times 10^{-2}$
Ca	$5,0 \times 10^{-2}$	S ²	$1,2 \times 10^{-2}$
Mg	$2,8 \times 10^{-2}$		

¹ Ионы SO₄²⁻ (до $5,6 \times 10^{-10\%}$), CO₃²⁻ (до $7,8 \times 10^{-2}$), HCO₃⁻ (до $9,9 \times 10^{-2}$), NO₃⁻ (до $3,2 \times 10^{-4}$), мицеллы SiO₂ (до $7,4 \times 10^{-3\%}$), органич. вещества (до $2,9 \times 10^{-2\%}$). Растворенный O₂ не принят во внимание.

² Из иона SO₄²⁻.

³ Максимальное число связано с культурным влиянием (Spring River в Канзасе по Е. Вайллу 1911), но Zn находится в речных водах в области цинкосодержащих пород — известняков и т. п. — выходящих на поверхность биосфера (ср. § 609).

⁴ Из органического вещества, иона CO₃²⁻. Растворенная CO₂ не учтена.

⁵ Из мицеллы SiO₂.

⁶ Из HCO₃⁻ (до $4,3 \times 10^{-2}$).

⁷ Не учтен растворенный N₂. Очевидно это количество азота отвечает порядку $10^{-3\%}$. Из NO₃⁻.

⁸ CO₂, O₂ и органич. вещества не учтены. Из CO₃²⁻ (до $6,4 \times 10^{-3\%}$), SO₄²⁻ (до $2,7 \times 10^{-10\%}$), SiO₂ (до $5,0 \times 10^{-4}$).

⁹ Из SO₄²⁻.

¹⁰ CO₂, O₂ и органич. вещ. не учтены. Из CO₃²⁻ (до $1,1 \times 10^{-2\%}$), SO₄²⁻ (до $3,6 \times 10^{-2\%}$). SiO₂ ($4,1 \times 10^{-4}$).

C ¹	$1,3 \times 10^{-3}$	Mg	$4,9 \times 10^{-3}$
C ²	$2,2 \times 10^{-3}$		
Si	$2,4 \times 10^{-4}$	Fe	$9,8 \times 10^{-4}$
Fe	$1,4 \times 10^{-4}$	Si	$1,9 \times 10^{-4}$

Совершенно ясно, что меняется и отношение ионов, т. е. химические реакции в этом водном равновесии идут разно.

Это видно из того, что принимая в обоих случаях Cl за 100 мы имеем для других ионов следующие числа:

	I	II
Cl'	100	100
CO'' ³	3	34,4
SO ₄ ' ³	150	112,5
Na ⁺	77,7	62,5
Ca ⁺⁺	27,7	43,7

789. Особым типом рек являются реки, связанные с выходом на земную поверхность мощных вод под царства восходящих вод — главным образом минеральных источников.

Такова, например, горячая борсодержащая река в Yellowstone park.

XVI. O—Ca—S—Cl—Na

Твердый остаток $1,5 \times 10^{-1} \%$

Элементы

O ²	$6,1 \times 10^{-2} \%$
Ca	$2,4 \times 10^{-2}$
S ³	$1,7 \times 10^{-2}$
Cl	$1,6 \times 10^{-2}$
Na	$1,5 \times 10^{-2}$
Mg	$6,3 \times 10^{-3}$
C ⁴	$5,8 \times 10^{-3}$
K	$4,6 \times 10^{-3}$
Si ⁵	$2,4 \times 10^{-3}$
B ⁶	$4,2 \times 10^{-4}$
Li	$1,1 \times 10^{-4}$
Al	$n \times 10^{-4}$
Fe	$n \times 10^{-4}$
As	$7,1 \times 10^{-5}$
N ⁷	$7,8 \times 10^{-6}$
H ⁸	$2,2 \times 10^{-6}$

790. Сюда же должны быть отнесены ирригационные воды. Это — воды культурные, но ввиду их распространенности,

¹ Из CO''₃.

² Из HCO'₃ ... $4,3 \times 10^{-2}$, SO''₄ ... $5,1 \times 10^{-2}$, B₄O₇ ... $10^{-3} \%$, AsO''₂ ... $1,0 \times 10^{-2} \%$, SiO₂ ... $5,0 \times 10^{-3} \%$. Свободный кислород не учтен.

³ Из SO''₄.

⁴ Из CO''₃.

⁵ Из SiO₂.

⁶ Из B₄O₇.

⁷ Из NH₄⁺.

⁸ Из NH₄⁺. HCO'₃ не учтена.

их древности, интенсивности их влияния на окружающую природу, большого значения в биосфере — нельзя их оставить и здесь без внимания.

Они дают переходы в пресные ирригационные воды (§ 626). Мы знаем их очень недостаточно, как это указано при рассмотрении пресных ирригационных вод.

Как пример можно привести анализ вод арыка Ферганы (Туркестан-арык), данный А. Шмидтом (1881):

XVII. Cl-N

Твердый остаток $2,7 \times 10^{-1} \%$

Элементы

Cl $1,8 \times 10^{-1} \%$

N¹ $4,9 \times 10^{-2}$

O² $3,0 \times 10^{-2}$

Ca $1,6 \times 10^{-2}$

H³ $1,4 \times 10^{-2}$

S⁴ $7,6 \times 10^{-3}$

Na $5,3 \times 10^{-3}$

C⁵ $3,3 \times 10^{-3}$

Mg $3,0 \times 10^{-3}$

K $1,4 \times 10^{-3}$

Своеобразный характер этих вод ясно виден. Это воды нашатырные, N—Cl—H.

791. Наиболее изучен озерный тип воды этого подцарства. Замкнутость этих водоемов — полная или неполная — позволяет достигать большой индивидуальности химических реакций.

Газовый режим соленых озер — несмотря на большое внимание, которое уделяется в лимнологии изучению газов, далеко неясен.

Неясно прежде всего, имеем ли мы озера, бедные углекислотой, или же соленые озера все входят в подкласс N₂—O₂—CO₂. Их редкость в высокогорной области исключает или делает редким тот подкласс N²—O², который характерен для холодных, бедных жизнью, пресных озер. Для глубоких холодных озер надо учитывать еще и неустойчивость газообразной фазы CO₂.

С другой стороны, в условиях соленых озер растворенная углекислота очень легко превращается в ионы. Существование и широкое распространение содовых озер (§ 800) служат ярким проявлением этого процесса.

Очень плохо изучено распространение инертных газов — азота, благородных, метана.

Из компонентов резко выдигается Na и катионы Cl¹, CO²₃, HCO³₃, SO⁴₄. Магний увеличивается в своем значении с концентрацией. Благодаря неизбежному влиянию углекислоты, концентрация Ca⁺⁺ задерживается — он выпадает из раствора.

Хлор и комплексные ионы SO⁴₄ и CO²₃ играют основную роль в составе этих вод. При этом нередки переходы, и границы между видами Cl—Na, O—Na—C и O—Na—S не всегда могут быть четко проведены. Озера, в которых кальций преобладает над натрием, что неизбежно для SO⁴₄-иона, отличаются малой соленостью (XXV).

¹ Не принят во внимание растворенный газообразный азот и азот органического вещества

² Не принят во внимание растворенный O₂, кислород растворенного органического вещества и газообразный CO₂, возможный кислород HCO³₃.

³ Не принят во внимание HCO³₃ и органическое вещество. Из NH₄Cl.

⁴ Не принято во внимание органич. вещество. Из SO⁴₄.

⁵ Не принято во внимание органическое вещество и растворенный CO₂.

Есть озера, в которых должен быть принят во внимание бор, так как эти борсодержащие (натровые) воды играют большую роль в создании борных минералов, хотя количество бора никогда не достигает тех количеств, какие наблюдаются для Na, Cl, C, O, S, Ca и Mg.

Среди озер есть озера, происхождение воды и компонентов которых не является поверхностным или результатом механизма биосфера. Часть воды и компонентов приносится снизу восходящими водами.

Во всяком озере подземные пластовые воды — верховодки — играют значительную роль, но верховодки в отличие от других пластовых вод теснейшим образом связаны с метеорными и наземными водами, т. е. с поверхностью биосфера. Но есть другие озера, воды которых связаны с вулканами, с гейзерами, с грязевыми сопками. Состав воды их сложный, и роль подземных вод нередко господствующая. Эти озера я переношу в подцарство подземных вод (§§ 846, 850).

Среди соленых озер отдельно надо поставить содовые и поташные озера (§ 800), которые являются результатом химических реакций, частью биогенных: солевой их состав в основной части образуется в озере.

792. Газовый режим соленых озер в основных чертах повторяет явления, наблюдаемые в озерах пресных. Однако, здесь есть важные особенности.

Для кислорода и азота воздуха основным является их растворимость в зависимости от температуры, давления, солености и коэффициента растворенного газа.

Но затем — на этом общем фоне проявляются другие факторы, и прежде всего явления жизни.

В области развития фитопланктона констатирована „пересыщенность“ кислорода, достигающая многих десятков нормального процента. Так для большого горного озера Иссык-куля (высота 1717,2 м над уровнем моря) по В. П. Матвееву (1930) пересыщение достигало до 120% (112% вместо 100). Область „пересыщения“ или вернее обогащения кислородом лежит на некоторой глубине от поверхности; для летних месяцев, например, на Иссык-куле (высоком горном озере) и в Каспийском море (расположенном в низине) на одной и той же глубине — 25—50 м.

Мне неизвестны для соленых озер биогенные указания на обогащения азотом, которые должны в них наблюдаться и очевидно существуют.

Эти биогенные обогащения являются не пересыщенными растворами, но в значительной мере эмульсиями, связанными с микроскопическими организмами, находящимися в сложных равновесиях и непрерывно изменяющимися.

В больших горных и в горных озерах вообще кислород проникает до дна в значительных массах, например, в Иссык-куле на глубине 700 м наблюдались его количества, равные 75% насыщения, несмотря на потребление бесхлорофильным живым веществом.

793. Гораздо более разнообразны и существенны изменения в режиме углекислоты по сравнению с пресными водами.

В озерах соленых к эффекту, производимому жизнью, прибавляются химические реакции. Как уже указывалось не раз, углекислота может находиться в водном растворе в форме CO_2 , CO_3^{2-} и HCO_3^- . Чрезвычайно легко образуются двууглекислые соли металлов, так что в присутствии металлических ионов и CO_2 образуются ионы H^+ и HCO_3^- , а CO_2 , как газ, может отсутствовать.

Количество растворенной углекислоты благодаря этому должно уменьшаться.

Тот же эффект должно производить в глубоких и холодных озерах проявление поля устойчивости жидкой угольной кислоты.

В связи с этим, иногда вода совсем не заключает CO_2 , как это, например, указывает В. Матвеев (1930) для Иссык-куля.

С точки зрения принятой здесь классификации это будет вода подкласса $\text{N}_2 - \text{O}_2$.

Газовый режим отдельных частей озерных бассейнов (например „затонов“ Иссык-куля), которые не находятся в полном обмене с главной водой озера, может давать многочисленные особенности. Эти участки могут переходить и в пресные и в рассольные воды. Они могут обедняться кислородом и в глубоких частях обогащаться H_2S , но — благодаря развитию фитопланктона — могут достигать для поверхностных слоев высокого насыщения кислородом (до 269,4% против нормального для затонов Иссык-куля, по В. Матвееву, 322,2% в озере № 9 у Черной губы Новой Земли, по П. Ушакову и В. Тимонову и т. д.).

794. Как уже указывалось (§ 632), состав озера очень нередко в вертикальном разрезе, на всем протяжении, послойно различен. Поэтому для очень многих озер необходимо не только различать, как особый вид, донную воду, обычно другого подкласса, но несколько различных вод разных видов, подклассов и даже классов. Соленые озера иногда послойно состоят из пресных (на верху) и соленых вод, а книзу иногда наблюдаются рассольные воды. Так, например, для озера № 9 состава $\text{Cl} - \text{Na}$ на Новой Земле в „Ковши Становища“ (у Черной Губы), по Е. Крепсу (1927), наблюдается концентрация 3,1%, при содержании 1,7% Cl , и на дне количество хлора¹ доходит до 2,4%.

Но помимо изменения в вертикальном разрезе, многие озера, благодаря мелкости, благодаря сложности своего нахождения и других причин, сильно меняются и в горизонтальном сечении в своем составе, переходя из класса соленых в пресные и обратно. Уже не раз мне случалось на это указывать.

Особенно резко это сказывается в местах интенсивной культуры для мелких озер, естественных и искусственных прудов например.

В таких случаях и состав воды в разных участках озера, на равном расстоянии от его уровня, в разные времена года меняется в разных местах различно. Валовой состав очень сложный.

Это ясно, напр., в химической монографической обработке пруда Донского Института Сельск. Хоз. ок. Новочеркасска, сделанной П. А. Кашинским (1930). Здесь, например, для лета 1929 г. (XVIIa) мы имеем следующие пределы колебаний:

XVII

O_2	$6,9 \times 10^{-2} - 1,3 \times 10^{-2},0$
Na	$4,4 \times 10^{-2} - 4,8 \times 10^{-3}$
Cl	$3,4 \times 10^{-2} - 3,7 \times 10^{-3}$
S^3	$2,5 \times 10^{-2} - 3,1 \times 10^{-3}$
Ca	$1,2 \times 10^{-2} - 2,6 \times 10^{-3}$
Mg	$9,5 \times 10^{-3} - 1,4 \times 10^{-3}$
C^4	$4,6 \times 10^{-3} - 1,7 \times 10^{-3}$

Для озер, богатых кальцием, подобно тому, что наблюдается для гидросферы, мы имеем случаи насыщенного раствора для ионов кальция.

¹ Br и J не отделены.

² Из $\text{SO}_4^{''}$ ($7,6 \times 10^{-2} - 9,2 \times 10^{-3}$), $\text{CO}_3^{''}$ ($2,3 \times 10^{-2} - 8,5 \times 10^{-3}$). O_2 , органическое вещество, CO_2 не учтены.

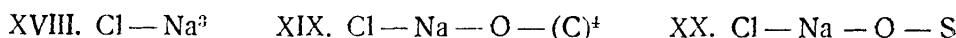
³ Из $\text{SO}_4^{''}$.

⁴ Из $\text{CO}_3^{''}$.

795. Сейчас можно выделить следующие виды соленой озерной воды, богатой хлором¹ и им бедной, богатой сульфатами и карбонатами.

I. Cl—Na		Есть между ними переходы
II. Cl—Na—O		
III. Cl—O—Na—S		
IV. Na—O—Cl—S—C		
V. O—Na—S		
VI. O—Na—S—Mg		
VII. O—Na—Cl—B—N		
VIII. O—S—Ca—Na		
IX. Na—Cl—O—C—S		
X. O—Na—C		
XI. O—Na—Cl—K—C		Содовые озера
XII. O—K—Na—S—C		
XIII. O—S—Ca—Na		
XIV. O—Ca—S—C		
XV. O—S—Ca		

796. Химический состав виден из следующих чисел анализов:²



Твердый остаток

$4,6 - 3,5 \times 10^{-1}$	$4,4 - 2,5 \times 10^{-1}$	$4,8 - 1,3 \times 10^{-1}$
----------------------------	----------------------------	----------------------------

Элементы

Cl	$2,7 - 1,4 \times 10^{-1}$	Cl	$1,9 - 4,6 \times 10^{-2}$	Cl	$1,9 - 2,9 \times 10^{-1}$
Na	$1,5 - 1,2 \times 10^{-1}$	Na	$1,5 - 1,0 \times 10^{-1}$		
O ⁵	$1,2 - 6,9 \times 10^{-2}$				
O ⁶	$9,0 \times 10^{-1} - 1,7 \times 10^{-2}$	C ⁷	$2,7 \times 10^{-1} - 1,4 \times 10^{-2}$	O ⁸	$8,6 \times 10^{-1} - 2,6 \times 10^{-2}$
S ⁸	$5,3 \times 10^{-1} - 1,9 \times 10^{-3}$	S ⁸	$1,5 \times 10^{-1} - 2,9 \times 10^{-4}$	Na	$1,3 - 2,1 \times 10^{-2}$
Mg ¹⁰	$2,0 \times 10^{-1} - 5,7 \times 10^{-4}$				
C ¹¹	$1,6 \times 10^{-1} - 5,2 \times 10^{-4}$			S ⁸	$4,8 \times 10^{-1} - 1,1 \times 10^{-2}$

¹ Мы не знаем вод K—Na—Cl (м. б. K—Na—Mg—Cl) морского происхождения, которые существовали, например, в пермскую эпоху в озерах пустынь (например, Стасфурт), их сейчас повидимому в биосфере нет.

² Нигде не анализированы растворенные газы. Для соленых и рассольных озер, в особенности, их определение имеет большой научный интерес, ибо далеко не всегда можно предвидеть химическую историю озерной воды, если не учитывать газовый ее обмен, особенно CO₂. Все числа для C, O, H и N изменяются. Порядок N всегда будет порядком декады $10^{-3}\%$.

³ Есть переходы в рассольные озера и, очевидно, в пресные.

⁴ Содовые и поташные озера стоят в стороне от этих карбонатных озер (§ 800). Они должны быть отделены и от Na—Cl—CO₃, хотя между Na—C—O и Na—Cl—C—O есть переходы. Богатые калием озера, K—C—O (где K = Na или >) не дают перехода в содовые: это озера Небраски, особого происхождения и переходят в рассолы K—C—O. Бедные или незаключающие хлора содовые соленые воды являются верхними водами самосадочных содовых рассольных озер.

⁵ Из ионов CO₃²⁻ (до $8,5 \times 10^{-1}\%$), SO₄²⁻ (до $4,5 \times 10^{-1}\%$), B₄O₇⁴⁻ ($9,4 \times 10^{-3}\%$), NO₃⁻ ($3,3 \times 10^{-3}\%$), PO₄³⁻ (до $1,8 \times 10^{-4}\%$). Мицелл SiO₂ (до $1,9 \times 10^{-2}\%$). Органическое вещество, растворенные O₂ и CO₂ не приняты во внимание.

⁶ Из ионов CO₃²⁻ (до $8,1 \times 10^{-1}\%$), SO₄²⁻ (до $5,4 \times 10^{-1}\%$), NO₃ (до $4,8 \times 10^{-3}\%$), B₄O₇⁴⁻ ($1,7 \times 10^{-3}\%$), PO₄³⁻ (до $6,1 \times 10^{-4}\%$), HCO₃⁻ (до $8,8 \times 10^{-1}\%$). Органические вещества, растворенные CO₂ и O₂ не приняты во внимание.

⁷ Из CO₃²⁻. Не приняты во внимание органические вещества и CO₂.

⁸ Из SO₄²⁻.

⁹ Из ионов SO₄²⁻ (до $1,9\%$), CO₃²⁻ (до $3,3 \times 10^{-2}\%$), PO₄³⁻ (до $2,7 \times 10^{-4}\%$), мицелл SiO₂ (до $3,4 \times 10^{-3}\%$), B₄O₇⁴⁻ (до $1,6 \times 10^{-2}\%$). Растворенные CO₂ и O₂ не приняты во внимание.

¹⁰ Может быть иногда „следы“.

¹¹ Из CO₃²⁻. Не пр. яты во внимание органические вещества и растворенная CO₂.

Ca $1,4 \times 10^{-1} - 5,2 \times 10^{-1}$ (сл.)Ca $4,2 \times 10^{-1} - 1,6 \times 10^{-3}$ Mg $2,1 \times 10^{-1} - 1,5 \times 10^{-3}$ K $1,4 \times 10^{-1} - 2,1 \times 10^{-3}$ K $6,1 \times 10^{-2} - 5,2 \times 10^{-4}$ (сл.)N² $1,4 \times 10^{-2} - 2,3 \times 10^{-5}$ Br $1,2 \times 10^{-2} - 6,0 \times 10^{-5}$ Si³ $1,1 \times 10^{-2} - 6,1 \times 10^{-5}$ K $9,4 \times 10^{-2} - 2,0 \times 10^{-3}$ Mg $4,1 \times 10^{-2} - 4,0 \times 10^{-5}$ Si³ $4,0 \times 10^{-2} - 3,1 \times 10^{-4}$ Ca $2,5 \times 10^{-2} - 9,0 \times 10^{-4}$ (сл.)H⁴ $1,4 \times 10^{-2} - 7,0 \times 10^{-3}$ P⁵ $4,8 \times 10^{-3} - 7,7 \times 10^{-5}$ Al $3,4 \times 10^{-3} - 1,8 \times 10^{-4}$ (сл.)Fe $1,1 \times 10^{-3} - 2,8 \times 10^{-5}$ Fe $7,0 \times 10^{-4} - 1,8 \times 10^{-5}$ P⁵ $2,7 \times 10^{-3} - 3,5 \times 10^{-5}$ B⁶ $2,7 \times 10^{-3}$ (сл.)H $7,4 \times 10^{-4} - 1,5 \times 10^{-5}$ B⁶ $4,8 \times 10^{-4}$ N⁷ $7,5 \times 10^{-4} - 1,6 \times 10^{-5}$ Al $5,3 \times 10^{-4} - 2,4 \times 10^{-5}$ Li $2,6 \times 10^{-4}$ Br $6,5 \times 10^{-3} - 3,3 \times 10^{-7}$ Si $1,6 \times 10^{-3} - 1,3 \times 10^{-4}$ J $2,0 \times 10^{-4} - 6,8 \times 10^{-5}$ Sr $1,8 \times 10$ - ✓ -J $2,0 \times 10^{-5}$ P $8,8 \times 10^{-5} - 4,8 \times 10^{-6}$ Li $7,2 \times 10^{-5} - 7,0 \times 10^{-5}$ Rn $8,7 \times 10^{-18} - 1,5 \times 10^{-18}$

Есть Mn

XXI. Na — O — S — C⁸ XXII. O⁹ — Na — S XXIII. O — Na — S — Mg¹⁰

Твердый остаток

9,0 $\times 10^{-1} - 2,0 \times 10^{-1\%}$ 2,7 — 2,9 $\times 10^{-1\%}$ 8,8 $\times 10^{-1} - 3,6 \times 10^{-1\%}$

Элементы

Na ¹	$2,9 \times 10^{-1} - 5,9 \times 10^{-2}$	O ¹¹	$1,8 - 4,2 \times 10^{-2\%}$
O ¹³	$2,7 \times 10^{-1} - 3,5 \times 10^{-2}$	Na	$8,4 \times 10^{-1} - 6,8 \times 10^{-2}$
	$1,2 \times 10^{-1} - 1,6 \times 10^{-2}$	S ¹⁴	$5,7 \times 10^{-1} - 1,4 \times 10^{-2}$

Na $8,4 \times 10^{-1} - 6,8 \times 10^{-2}$ O¹³ $3,7 \times 10^{-1} - 1,4 \times 10^{-1}$ S¹⁴ $5,7 \times 10^{-1} - 1,4 \times 10^{-2}$ Na $2,0 \times 10^{-1} - 4,2 \times 10^{-2}$ Cl $1,2 \times 10^{-1} - 1,3 \times 10^{-2}$ S $1,5 \times 10^{-1} - 6,7 \times 10^{-3}$ ¹ Из CO₃". Не приняты во внимание органические вещества и растворенная CO₂.² Азот белковых веществ (до $7,0 \times 10^{-3\%}$), NH₄⁺ (до $8,4 \times 10^{-3\%}$), NO₃' (до $4,8 \times 10^{-3\%}$). Растворенный азот не принят во внимание.³ Из SiO₂.⁴ Из HCO₃' (до $4,3 \times 10^{-3\%}$).⁵ Из PO₄''''. По Бурксеру, $1,5 \times 10^{-2\%}$ HPO₄ для Голопристанс. озера (1923).⁶ Из B₄O₇'.⁷ Из NO₃' (до $3,3 \times 10^{-3\%}$). Органич. вещество и растворенный N₂ не учтены.⁸ Есть разность O — Na — Cl — S — C.⁹ Есть рассольные воды.¹⁰ Есть разности, богатые Cl, т. е. O — Na — S — Mg — Cl.¹¹ Из ионов SO₄'. (до 1,7%), CO₃" (до $5,6 \times 10^{-2}$), NO₃' (до $1,6 \times 10^{-2\%}$), мицелл SiO (до $1,3 \times 10^{-3\%}$), HCO₃' (до $1,7 \times 10^{-2}$), O₂ и CO₂ растворенные не приняты во внимание¹² Из ионов SO₄" (до $4,6 \times 10^{-1}$), CO₃" (до $5,5 \times 10^{-2\%}$), HCO₃' (до $4,6 \times 10^{-3}$), мицелл SiO₂ (до $3,2 \times 10^{-4\%}$). O₂ и CO₂ растворенные не приняты во внимание.¹³ Из ионов CO₃' (до $2,1 \times 10^{-1\%}$), SO₄' (до $1,4 \times 10^{-1\%}$), PO₄''' (до $3,2 \times 10^{-3\%}$), NO₃' (до $4,1 \times 10^{-3\%}$), мицелл SiO₂ (до $1,3 \times 10^{-3\%}$). Растворенные O₂ и CO₂ не приняты во внимание.¹⁴ Из SO".

S^1	$4,7 \times 10^{-2}$ — $7,8 \times 10^{-3}$	Mg	$7,1 \times 10^{-2}$ — $1,6 \times 10^{-2}$	Cl	$8,7 \times 10^{-2}$ — $5,6 \times 10^{-2}$
C^2	$4,2 \times 10^{-2}$ — $4,2 \times 10^{-3}$	C^3	$1,2 \times 10^{-2}$ — $3,5 \times 10^{-3}$	Mg	$6,4 \times 10^{-2}$ — $4,5 \times 10^{-2}$
K	$2,6 \times 10^{-2}$ — $7,2 \times 10^{-3}$			C^2	$1,1 \times 10^{-2}$ — $9,4 \times 10^{-4}$
Mg	$1,0 \times 10^{-2}$ — $2,0 \times 10^{-4}$ (сл.)				
Ca	$4,6 \times 10^{-3}$ — $8,0 \times 10^{-4}$	K	$8,7 \times 10^{-3}$ — $3,8 \times 10^{-3}$ сл.	K	$6,8 \times 10^{-3}$ — $3,8 \times 10^{-3}$
Si^3	$2,3 \times 10^{-3}$ — $6,1 \times 10^{-5}$	Ca	$7,4 \times 10^{-3}$ — $4,4 \times 10^{-4}$	Ca	$3,8 \times 10^{-3}$ — $3,2 \times 10^{-3}$
P^4	$1,0 \times 10^{-3}$ — $4,6 \times 10^{-5}$	N^5	$2,2 \times 10^{-3}$ — $1,1 \times 10^{-3}$		
N^6	: $n \times 10^{-3}$				
Fe	$n \times 10^{-3}$ — $8,0 \times 10^{-5}$	Si^3	$6,1 \times 10^{-4}$ — $1,3 \times 10^{-4}$	Si^3	$1,5 \times 10^{-4}$ — $1,0 \times 10^{-4}$
		Al	$1,8 \times 10^{-4}$ — $1,4 \times 10^{-4}$	Al	$1,4 \times 10^{-4}$?
		H^7	$2,3 \times 10^{-4}$	Br	$1,1 \times 10^{-4}$ — ?
Al	$n \times 10^{-5}$ сл.			H^7	$9,0 \times 10^{-5}$
				P	$2,3 \times 10^{-5}$

Орган. вещ. $> 1,5 \times 10^{-3}$ ⁸

XXIV. O — Na — Cl — B — N

XXV. O⁹ — S — Ca — Na

Твердый остаток

$$4,1 \times 10^{-1} — 5,3 \times 10^{-1}$$

$$4,5 \times 10^{-1} \text{ %}$$

Элементы

$$O^{10} \quad 2,0 \times 10^{-1} — 8,9 \times 10^{-2}$$

$$Na \quad 1,7 \times 10^{-1} — 1,3 \times 10^{-1}$$

$$O^{11} \quad 1,7 \times 10^{-1}$$

$$Cl \quad 8,9 \times 10^{-2} — 6,9 \times 10^{-2}$$

$$S \quad 8,6 \times 10^{-2}$$

$$B \quad 3,9 \times 10^{-2} — ?$$

$$Ca \quad 6,1 \times 10^{-2}$$

$$N^{12} \quad 3,3 \times 10^{-2} — 2,0 \times 10^{-2}$$

$$Na \quad 5,4 \times 10^{-2}$$

$$C^{13} \quad 2,4 \times 10^{-2} — 2,2 \times 10^{-2}$$

$$Cl \quad 3,7 \times 10^{-2}$$

$$H^{14} \quad 9,0 \times 10^{-3} — 4,0 \times 10^{-3}$$

$$Mg \quad 3,3 \times 10^{-2}$$

$$Si \quad 6,6 \times 10^{-3} — 1,0 \times 10^{-3}$$

$$K \quad 1,8 \times 10^{-2}$$

$$K \quad 2,5 \times 10^{-3} — ?$$

$$Ca \quad 2,0 \times 10^{-3} — ?$$

$$Al \quad 1,1 \times 10^{-3} — ?$$

$$S \quad 5,7 \times 10^{-4} — ?$$

$$Mg \quad 5,6 \times 10^{-4} — ?$$

$$J \quad 1,6 \times 10^{-6} — ?$$

¹ Из $SO_4^{''}$.

² Из ионов $CO_3^{''}$. Органические вещества и растворенная CO_2 не приняты во внимание.

³ Из SiO_2 .

⁴ Из ионов PO_4''' .

⁵ Из ионов NO_3' . Растворенный N_2 не принят во внимание.

⁶ Из NO_3' (до $1,0 \times 10^{-4}$ %), раствор N_2 не учтен.

⁷ Из $HC\bar{O}_3'$.

⁸ Еще менее точно определены, чем для морской воды. Вероятно того же порядка, если не больше.

⁹ Выделяется гипс — $CaSO_4 \cdot 2H_2O$. Озеро Юкатана.

¹⁰ Из B_4O_7' (до $1,4 \times 10\%$), $CO_3^{''}$ (до $1,2 \times 10^{-1}$ %), SO_4''' (до $1,7 \times 10^{-3}$) из мицелл SiO_3 (до $1,4 \times 10^{-2}$). Растворенные O_2 и CO_2 не приняты во внимание.

¹¹ $SO_4^{''}$ $2,6 \times 10^{-1}$ %.

¹² Из NH_4^+ (до $4,2 \times 10^{-2}$). Растворенный N_2 не учтен.

¹³ Из $CO_3^{''}$ (до $1,2 \times 10^{-1}$ %). Растворенный CO_2 не учтен.

¹⁴ Из NH_4^+ .

797. Самые большие скопления соленой воды на суше принадлежат к виду XXVI— $\text{Cl}-\text{Na}-\text{O}-\text{S}$ —как, например, „моря“ Каспийское и Аральское.

Можно проследить очень глубоко в геологическую даль историю этих обоих озер, особенно Каспийского моря—на миллионы лет—к середине третичной эпохи. По Н. И. Андрусову, в верхнемиоценовое время—приблизительно 15—20 миллионов лет тому назад—произошло отделение Каспийского моря от Океана, закончившееся в начале плиоцена (понтическое время—миллионы лет назад). Включенный в современный Каспий, Сарматский бассейн простирался „от Вены до Карабугаза и от Новочеркаска до Мраморного моря“. Каспий входит в состав большого озера-моря морского происхождения. Это большое озеро-море начинает распадаться, и Каспий (в больших размерах, чем современный) отделяется от Черного моря и западных частей нижнеплиоценового озера вообще. В верхнеплиоценовое время (на несколько миллионов лет назад) между ним и Черным морем на время устанавливается связь—несовершенная—через Манычскую впадину. С этого времени и по сейчас, Каспий, уменьшившийся в размерах, ведет самостоятельное существование.¹

Состав его воды, исходя из океанической воды, отразил миллионы лет тянувшуюся историю и пришел к устойчивому составу соленых озер, более бедных солями, чем океанская вода, к виду $\text{Cl}-\text{Na}-\text{O}-\text{S}$ (XXVI). Его вода не морская, не вода гидросферы.

Эта вода на площади, равной $4,3634 \times 10^5 \text{ км}^2$ (по А. Тилло и Ю. Шокальскому), отвечает объему $7,9319 \times 10^4 \text{ км}^3$ (по Н. Книповичу). Одна Волга приносит в него в год $301,2 \text{ км}^3$ (по Н. Книповичу)—две трети всего его речного приноса. Все реки— $498,6 \text{ км}^3$ (по С. Ковалевскому)— $433,8 \text{ км}^3$ (по Н. Книповичу) в год. Озерный характер Каспия ярко сказывается в том, что светлая область Каспия (нацело проникнутая светом солнца) занимает больше 65% его поверхности, четверть его воды (Н. Книпович).

798. Состав воды Каспийского моря виден из следующих предельных чисел (в %):

XXVI $\text{Cl}-\text{Na}-\text{O}-\text{S}$

Солевой остаток² 1,0—1,3 (среднее 1,285)³

Элементы

Cl	$5,6 \times 10^{-1}$ — $5,2 \times 10^{-1}$	(среднее $5,4 \times 10^{-1}$) ³
Na	$3,3 \times 10^{-1}$ — $3,0 \times 10^{-1}$	
O	$2,1 \times 10^{-1}$ — $1,5 \times 10^{-1}$	
S	$1,4 \times 10^{-1}$ — $9,2 \times 10^{-2}$	

¹ По В. В. Богачеву (1928), северная половина Каспия образовалась в среднемиоценовое время, а южная—в верхнемиоценовое. Водный режим их различен (Н. Книпович, ссылаясь на А. Тилло, сообщает, что в северной части Каспия в 1915 г. наблюдалось полное замирание в постплиоценовое время).

² По Н. М. Книповичу (1921): „Если не принимать во внимание Карабугазский залив, превратившийся в сущности в самосадочное, озеро, в которое стекает непрерывно часть воды Каспийского моря, и залив Цесаревича с ведущим в него проливом открывающимся в него заливом Кайдан, и также залив Кендэрди, то можно сказать, что соленость воды Каспийского моря, колеблется в пределах от чистой речной воды, которая в Волге содержит несколько менее 0,3 (0,279) до 14 с небольшим частей на 1000", т. е. $3,0 \times 10^{-2}$ до $1,4 \%$. Указанные Книповичем части Каспия дают рассольную воду.“

³ По Н. Книповичу (1921).

⁴ CO_2 растворенный и органическое вещество не учтены. Из SO_4^{2-} (до $3,1 \times 10^{-1} \%$), CO_3^{2-} ($1,2 \times 10^{-2} \%$). В начале августа 1915 г. наблюдалось максимальное пересыщение кислородом на глубине 25 м в $169,42 \%$, т. е. больше $1,2 \times 10^{-3} \%$ O_2 . Это не предельное число. По всей вероятности получились бы значительно большие цифры, если бы были произведены наблюдения в районах мощного развития водорослей *Polysiphonia* (Н. Книпович. 1930).

Mg	$7,2 \times 10^{-2}$	$8,6 \times 10^{-2}$
Ca	$2,9 \times 10^{-2}$	$3,8 \times 10^{-2}$
K	$9,0 \times 10^{-3}$	$6,6 \times 10^{-3}$
Br	$6,5 \times 10^{-3}$	$6,0 \times 10^{-4}$
C ¹	$5,1 \times 10^{-3}$	$1,2 \times 10^{-3}$
Rb ²	$2,6 \times 10^{-4}$	$2,3 \times 10^{-4}$
Si	$9,0 \times 10^{-4}$	$9,4 \times 10^{-5}$
P	$7,0 \times 10^{-5}$	$5,3 \times 10^{-5}$
Fe	$6,0 \times 10^{-5}$	$4,0 \times 10^{-5}$

Отличие солевой массы Каспийского моря от морей современных ясно видно из сопоставления А. Лебединцева (1901). Причина различия, как все указывает,¹ кроется не в различии состава третичных морей от современных, а в том новом равновесии, в которое перешли с ходом геологического времени третичные морские воды, которые сложными путями с перерывами (была и суши) явились родоначальником вод Каспия. Перерывы могли длиться десятки тысяч лет—больше, чем вся история цивилизованного человечества.

I. Каспийское море. Среднее из 6 анализов.

II. Океан (по Тулэ).

	I	II
NaCl	62,15	77,78
MgSO ₄	23,58	6,44
CaSO ₄	6,92	3,50
MgCl ₂	4,47	9,54
KCl	1,21	2,09
CaCO ₃	1,24	0,35
MgBr	0,02	0,22

Придонная вода Каспия, насколько знаю, химически не изучена, она лишена кислорода³ и должна быть лишена CO₂.⁴ Должна принадлежать к подклассу N₂—H₂S, если только в ней нет углеводородов (CH₄), сероводорода в ней до $6,2 \times 10^{-5}\%$.

799. Существуют озерные воды более сложного характера, являющиеся промежуточными между XX и XXI. Воды, характеризующиеся одновременным значительным количеством ионов SO₄²⁻—Cl⁻—CO₃²⁻.

Таковы воды:

XXVII. Na—Cl—O—C—S

Солевой остаток $2,2\%$ — $1,9 \times 10^{-1}\%$

Элементы

Na	$8,8 \times 10^{-1}$	$5,8 \times 10^{-2}$
Cl	$6,8 \times 10^{-1}$	$1,1 \times 10^{-2}$
O ⁵	$5,2 \times 10^{-1}$	$8,0 \times 10^{-2}$
C ⁶	$1,1 \times 10^{-1}$	$1,2 \times 10^{-2}$

¹ Из CO₃²⁻—CO₂ и органическое вещество не учтены.

² Числа К. Шмидта требуют проверки.

³ От $1,4 \times 10^{-4}\%$ до 0. Глубины 500 м и глубже.

⁴ Ибо здесь должна быть область малой устойчивости газообразной углекислоты. По Н. Книповичу (1921), давление может быть больше 90 атмосфер. Температура около 5°.

⁵ Из CO₃²⁻ (до $5,1 \times 10^{-1}\%$), SO₄²⁻ (до $2,5 \times 10^{-2}$), SiO₂ (до $1,7 \times 10^{-2}$), O₂ и CO₂ и органические вещества не учтены.

⁶ Из CO₃²⁻. CO₂ и органические вещества не учтены.

S ¹	$8,3 \times 10^{-2}$ — $1,5 \times 10^{-2}$
K	$2,6 \times 10^{-2}$ — $7,1 \times 10^{-3}$
Mn	$1,3 \times 10^{-2}$ — $1,0 \times 10^{-4}$
Si	$8,0 \times 10^{-3}$ — $1,1 \times 10^{-3}$
Ca	$4,5 \times 10^{-3}$ — $8,0 \times 10^{-4}$
Al	$4,4 \times 10^{-3}$ — $1,2 \times 10^{-3}$
P	$3,3 \times 10^{-4}$ — $4,6 \times 10^{-5}$
Fe	$7,8 \times 10^{-5}$ — $2,8 \times 10^{-5}$
N ²	$6,9 \times 10^{-5}$ — $2,3 \times 10^{-5}$

800. Отдельно стоят содовые озера — мне кажется, в связи с тем, что их образование является не простым растворением, но результатом идущей в биосфере в большом масштабе биогеохимической реакции.

Сода образуется в почве при бактериальном анаэробном разложении органических веществ в присутствии натровых солей; возможно и взаимодействие между карбонатом кальция и солями натрия. Ф. Рессель допускает, что в присутствии бактериальных процессов в сульфатовых озерах с водой O—Na—S, богатых органическими веществами, идет переход их воды в воду O—Na—C. Большая часть содовых озер связана с биогенным образованием Na₂CO₃. Во время этого процесса в значительной мере благодаря воздействию CO₂ биогенного происхождения образуется сода, легко растворимое в условиях поверхности биосферы тело, дающее концентрированные растворы — содовые озера. В условиях своего образования содовые озера чрезвычайно легко дают рассольные озера (909).

Соленые содовые воды являются быстро преходящими временными образованиями: они или переходят в рассольные озера в пределах исторического времени, или — как более легкие — образуют верхние слои рассольных озер, б. ч. совершенно постепенно переходя в более глубокие рассольные содовые воды. Благодаря такому образованию, — биохимическому синтезу — содовые озера, особенно конечные рассольные их виды, отличаются необычной для поверхностных вод чистотой.

Следующие числа дают понятие об этих водах:

XXVIII. Содовые соленые воды

O — Na — Cl — C

Твердый остаток 2,8 — 4,9%

Элементы

O³ 2,0 — 1,1

Na 1,8 — 1,0

Cl $7,0 \times 10^{-1}$ — $3,6 \times 10^{-1}$

C⁴ $4,7 \times 10^{-1}$ — $2,7 \times 10^{-1}$

S⁵ $2,6 \times 10^{-2}$ — $2,3 \times 10^{-2}$

H⁶ $2,2 \times 10^{-2}$ — $1,2 \times 10^{-2}$

Ca — нет. Mg — следы.

¹ Из SO₄. Органические вещества не учтены.

² Из NO₃''. Растворенный N₂ не учтен.

³ O₃ и CO₂ и растворенные органические вещества не учтены. Из CO₃'' (до 1,1%), HCO₃' (до 1,1%), SO₄'' (до 8,0 $\times 10^{-2}$ %).

⁴ Из CO₃''', HCO₃'.

⁵ Из SO₄''.

⁶ Из HCO₃'.

801. Для XXIX и XXX есть переходы — в Небраске — в поташные рассольные озера, при чем соленые озера более бедны калием, чем рассольные: натрий все еще преобладает. Как будто — увеличение концентрации идет на счет K_2CO_3 , а не Na_2CO_3 . Характерно для этих озер отсутствие ионов кальция и малое количество — „следы“ Mg .

Следующие числа могут дать понятие об их химическом составе:



Твердый остаток 3,8—2,7

Элементы

O ¹	$1,1 - 6,5 \times 10^{-1}$	O ²	$1,8 - 1,2\%$
Na	$1,0 - 7,6 \times 10^{-1}$	K	$1,1 - 6,2 \times 10^{-1}$
Cl	$4,5 \times 10^{-1}$	Na	$8,6 \times 10^{-1} - 5,5 \times 10^{-1}$
K	$4,2 \times 10^{-1} - 2,3 \times 10^{-1}$	S ³	$2,3 \times 10^{-1} - 6,3 \times 10^{-2}$
S ³	$2,3 \times 10^{-1} - 2,4 \times 10^{-2}$	Cl	$1,7 \times 10^{-1} - 1,2 \times 10^{-1}$
C ⁴	$2,7 \times 10^{-1} - 1,4 \times 10^{-1}$	C	$1,2 \times 10^{-1} - 1,1 \times 10^{-1}$
· · · · ·	· · · · ·	Si	$4,5 \times 10^{-3}$
		H ⁵	$5,0 \times 10^{-3} - 7,8 \times 10^{-4}$
		N	$1,4 \times 10^{-3} - 3,5 \times 10^{-4}$
		Орган. вещ.	$7,0 \times 10^{-8}\%$

802. Бросается в глаза, что все рассмотренные соленые озера — озера с преобладанием натрия и калия. Тип богатый кальцием (сульфатный) более редок и менее обращал на себя внимание.

Можно различить здесь переходные виды вод — кальциево-натровые сульфатные воды (XXV) и резко кальциевые воды, всегда все-таки повидимому богатые натрием.

Среди кальциевых озер есть повидимому, две разности — кальциевые сульфато-карбонатные озера и чисто кальциево-сульфатные.

В обоих случаях биохимическими процессами в них развивается сероводород, так что они должны быть отнесены к подклассу $N_2-O_2-CO_2-H_2S$. В них помимо иона SO_4^{2-} существует ион S^2- , может быть HS^- . Сероводород образуется бактериями. К сожалению, полные анализы растворенных газов отсутствуют.

Очень часто, повидимому, мы имеем здесь дело с коллоидальными водами, в которых вода переполнена выделениями коллоидальной серы (§ 664). К сожалению, при анализе на это не обращено внимания, и мы не имеем точных количественных данных, чтобы правильно учесть это явление.

Анализы немногочисленны. Анализ XXXII отвечает Серному озеру Самарской губ., но он, как и старый анализ Клауса (1838) и как и все числа других анализов, требует проверки. Я привожу эти анализы за неимением лучших. Необходимо вновь химически изучить воду этого озера.



¹ O_2 , CO_2 и органические вещества не учтены. Из CO_3^{2-} (до $8,2 \times 10^{-1}\%$), HCO_3^- (до $7,9 \times 10^{-2}\%$), SO_4^{2-} ($6,3 \times 10^{-1}$).

² O_2 , CO_2 и органические вещества не учтены. Из CO_3^{2-} (до $1,2\%$), HCO_3^- (до $4,8 \times 10^{-1}\%$), SO_4^{2-} (до $6,7 \times 10^{-1}\%$).

³ Из SO_4^{2-} .

⁴ CO_2 и органические вещества не учтены. Из CO_3^{2-} и HCO_3^- .

⁵ Из HCO_3^- (до $5,6 \times 10^{-2}\%$), H_2S (до $7,9 \times 10^{-2}\%$), $NaHS$ (до $5,2 \times 10^{-2}\%$).

⁶ Есть переходы в пресные.

Твердый остаток

 $4,5 \times 10^{-1} \%$ $1,3 \times 10^{-1} - 2,9 \times 10^{-1} \%$

Элементы:

O¹ $1,7 \times 10^{-1}$ O² $1,7 \times 10^{-1} - 6,9 \times 10^{-2}$ S³ $8,7 \times 10^{-2}$ Ca $3,0 \times 10^{-2} - 6,5 \times 10^{-2}$ Ca $6,1 \times 10^{-2}$ S⁴ $5,9 \times 10^{-2} - 2,4 \times 10^{-2}$ Na $5,4 \times 10^{-2}$ C⁵ $1,1 \times 10^{-2} - 5,8 \times 10^{-3}$ Cl $3,7 \times 10^{-2}$ Si $1,1 \times 10^{-2} - 2,3 \times 10^{-4}$ Mg $3,3 \times 10^{-2}$ K $1,8 \times 10^{-2}$ Mg $9,5 \times 10^{-3} - 4,1 \times 10^{-3}$ Cl $8,6 \times 10^{-3} - 1,5 \times 10^{-3}$ K $6,8 \times 10^{-3} - 1,3 \times 10^{-4}$

803. Для чисто сульфатных озер мне известен только анализ J. L. Howe (1896) для Chichan Kanab (Малое море) в Юкатане.

Числа анализа проб воды из разных мест озера следующие:

XXXIII. O—S—Ca

Твердый остаток $5,2 \times 10^{-1} - 4,0 \times 10^{-1}$

Элементы

O⁶ $2,2 \times 10^{-1} - 1,7 \times 10^{-1}$ S⁷ $1,1 \times 10^{-1} - 9,1 \times 10^{-2}$ Ca $8,7 \times 10^{-2} - 6,0 \times 10^{-2}$ Na $5,3 \times 10^{-2} - 3,0 \times 10^{-2}$ Cl $3,7 \times 10^{-2} - 3,6 \times 10^{-2}$ Mg $3,3 \times 10^{-2} - 3,1 \times 10^{-2}$ K $2,5 \times 10^{-3} - 1,9 \times 10^{-3}$ H⁸ $1,0 \times 10^{-4} - 6,0 \times 10^{-5}$

804. Во всех озерах необходимо рассматривать как другой вид донные воды, которые химически отличаются от обычной озерной воды уже по своим компонентам и особенно по газовым компонентам.

Очевидно, мы имеем очень много видов донных озерных вод — больше, чем мы их отличаем по основной воде озера.

К сожалению, анализов этих вод очень мало, и они очень неполны.

Иногда эти воды резко выделяются среди вод озера, например, в тех случаях, когда и их солевой состав и газовый очень отличны от состава верхних вод озера.

Таковы случаи большого обогащения донных вод сероводородом и исчезания в них растворенного кислорода. В то время когда озеро

¹ Из ионов $\text{SO}_4^{''}$ (до $2,6 \times 10^{-1} \%$). Растворенные O_2 и CO_2 не приняты во внимание.

² O_2 и CO_2 , органические вещества не учтены. Из $\text{SO}_4^{''}$ (до $1,5 \times 10^{-1} \%$), HCO_3^- (до $5,5 \times 10^{-2}$), $\text{S}_2\text{O}_2^{''}$ (до $2,1 \times 10^{-4} \%$), SiO_2 (до $2,3 \times 10^{-2} \%$).

³ Из $\text{SO}_4^{''}$.

⁴ Из $\text{SO}_4^{''}$, $\text{S}_2\text{O}_2^{''}$, HS' (до $5,5 \times 10^{-4} \%$).

⁵ Из HCO_3^- . К сожалению, $\text{CO}_3^{''}$ не определен — неясно есть или нет.

⁶ Из $\text{SO}_4^{''}$ (до $3,4 \times 10^{-1}$). Ни CO_2 , ни O_2 , ни органические вещества не учтены.

⁷ Из $\text{SO}_4^{''}$, H_2S раств. (до $1,0 \times 10^{-3} \%$), HS' иона ($3,9 \times 10^{-3} \%$); может быть это ион серы.

⁸ Из HS' , H_2S .

но воде должно быть отнесено к подклассу углекисло-азотнокислородному, донная вода относится к подклассу азотно-углекислосероводородному (в глубоких к $N_2 - H_2S$?), иногда — может быть нередко — вместо сероводорода или вместе с сероводородом — выступает метан.

Иногда образуются озера, в которых вода донная и вода основная резко разделены, подобно тому как это наблюдается для Черного моря.

Таково например, Могильное море на острове Кильдине или озера — все морского происхождения — на Новой Земле.

Для Могильного озера до 11 м глубины идет обычная соленая морская вода, разбавленная пресной метеорной, сверху пресная, измененная смешанной жизнью пресной и морской. Глубже идет вода, соленость которой близка к морской, лишенная кислорода и обогащенная сероводородом. Следующие данные К. М. Дерюгина (1928) дают понятие об этом явлении:

Глубина (в метрах)	Твердый остаток		O_2 (весовые проценты)	H_2S (весовые проценты)	pH (по Ф. Белову)
	1901 (весовые проценты)	1921 (весовые проценты)	(1921)	(1921)	
0—4	$9,7 \times 10^{-1}$	$7,0 \times 10^{-2}$	$1,1 \times 10^{-3}$	0	8,3
5—9	3,12	$2,5 \times 10^{-1}$	$2,8 \times 10^{-7}$	$2,0 \times 10^{-5}$	
10—16	3,2	2,2		$4,0 \times 10^{-3}$	7,0

Для поверхности воды (класс $N_2 - CO_2 - O_2$) анализ К. Шмидта дает следующие числа (XXXIV):

XXXIV. Cl - Na

Остаток $2,7 \times 10^{-1}$

Элементы:

Cl	$1,4 \times 10^{-1}$
Na	$7,6 \times 10^{-2}$
K ¹	$2,8 \times 10^{-2}$
O ²	$2,1 \times 10^{-2}$
C ³	$1,8 \times 10^{-2}$
Mg	$1,0 \times 10^{-2}$
S ⁴	$6,8 \times 10^{-3}$
Ca	$6,2 \times 10^{-3}$
Fe	$3,0 \times 10^{-4}$
H ⁵	$1,4 \times 10^{-4}$
Si	$1,3 \times 10^{-4}$
P	$1,1 \times 10^{-4}$

Есть Вт (следы)

В виду своеобразия этой воды желательно иметь новый полный анализ.

¹ Содержит Rb.

² Из HCO_3^- ($1,3 \times 10^{-2} \%$), SiO_2 ($2,8 \times 10^{-4}$), PO_4^{3-} ($3,3 \times 10^{-4}$), SO_4^{2-} ($2,0 \times 10^{-2}$). O_2 и CO_2 раствор не учтены. Органическое вещество не определено.

CO_2 раствор не учтены. Органическое вещество не учтено. Из HCO^- , CO_3^{2-} и органическое вещество не учтены.

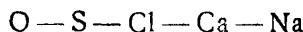
³ Из HCO_3^- , CO_2 и органич. вещество не учтено
⁴ Из SO_4^{2-} . Органическое вещество не учтено

Из SO_4^{2-} . Из HCO_3^-

805. Отдельно должны быть поставлены подземные озера в со-общающихся с земной поверхностью пещерах. Их газовый режим — и их биологические компоненты — должны быть своеобразны. Отсутствие света должно исключать тот зеленый растительный мир, который накладывает такие неизгладимые, своеобразные черты на всю химию, на всю структуру поверхностных вод.

С этой точки зрения подземные озера — в химическом характере их воды — совершенно не изучены.

Как пример такого соленого озера можно привести Бахарданское (Дурунское) подземное озеро в Копет-Даге, относящееся к виду (XXXV)



Здесь развивается анаэробная жизнь, выделяющая сероводород, разлагающая сульфатные ионы. Сера находится в виде пленки на поверхности озера.

Следующие данные взяты из анализов Г. Булгакова (1915) и более нового приведенного Никшичем (1926).

XXXV

Солевой остаток $2,9 — 2,8 \times 10^{-1} \%$

Элементы

O ¹	$1,0 \times 10^{-1} — 1,7 \times 10^{-1}$
Na	$4,9 \times 10^{-2}$
Cl	$4,7 \times 10^{-2} — 4,1 \times 10^{-2}$
S ²	$4,2 \times 10^{-2} — 5,1 \times 10^{-2}$
Ca	$3,2 \times 10^{-2} — 2,7 \times 10^{-2}$
C	$6,2 \times 10^{-3} — 2,0 \times 10^{-3}$
Mg	$5,3 \times 10^{-3} — 9,3 \times 10^{-3}$
Si	$5,2 \times 10^{-3} — 4,7 \times 10^{-3}$
K	$2,7 \times 10^{-3} — 4,0 \times 10^{-3}$
N ³	$1,4 \times 10^{-3} — 1,4 \times 10^{-4}$
Al	$2,7 \times 10^{-4}$
	$8,1 \times 10^{-5}$

Есть Fe, В.

806. Совершенно не изучены и здесь могут быть только отмечены соленые болотные воды.

Как мы видели, процесс перехода пресных озер в соленые озера противоположен и параллелен переходу пресных озер в болота. Поэтому соленые болота образуются необычным для болот путем.

Они образуются частью на океанических побережьях (мангровые болота), попадая тогда, в принятой в этой книге классификации, в семейство морских вод.

Собственно соленые болотные воды наблюдаются среди солонцов (богаты CaCl_2) и в местах выходов соленых источников и соленых верховодок.

Повидимому в тропических и в подтропических областях среди богатых органическими веществами поверхностных вод наблюдаются соленые болота, которые, судя по данным Ф. Фрейзе (1932) для Южной Америки (напр. бассейн р. С. Франциско), должны быть очень своеобразны.

¹ Из SiO_2 (до $1,1 \times 10^{-2} \%$), SO_4^{2-} (до $2,3 \times 10^{-1}$), CO_3 (до $3,1 \times 10^{-2}$).

² Из H_2S , SO_4^{2-} (до $2,3 \times 10^{-1}$).

³ Из NH_4 (до $5,4 \times 10^{-3} \text{ NH}_4\text{Cl}$).

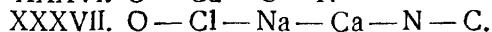
К сожалению все указанные явления не изучены. Анализы вод мне неизвестны.

807. Сложным типом вод, происхождение которых неясно, являются различные азотокислые воды. Те из них, которые изучены (Cranszак во Франции, изученные А. Карно (1890) или священный источник Zep-Zep в Мекке), изменены культурой и связаны с верховодками. Культурным изменением, повидимому, определяется сложность этих вод. Мало вероятна связь их с восходящими водами — с термальными источниками, но очень вероятна связь с верхними пластовыми водами, т. е. эти воды должны быть рассматриваемы как своеобразные верховодки или более глубокие пластовые воды, выходящие на поверхность обычно измененными жизнью человека.

Однако ионы NO_3^- не могут, как правильно отметил Ф. Кларк (1924), считаться всецело или даже в большей части продуктом жизнедеятельности человека. Кислородные сложные ионы азота широко распространены не только в поверхностных и в пластовых водах, в частности в верховодках; они образуются в почвах и в тропосфере частью жизнедеятельностью бактерий, частью процессами окисления, вызванного озоном, перекисью водорода, ультрафиолетовыми излучениями или электрическими разрядами. Широкое распространение в биосфере имеют содержащие селитру (селитренные) известняки (например у нас в б. Кубанской и в б. Терской областях). Неизвестно, к сожалению, до каких глубин идет в них селитра — есть ли такие известняки в стратисфере?

Но существование азотокислых ионов в водах напорных — в пластовых водах и в водах подземных водовмещающих, связанных с массивными породами, — несомненно. Ион NO_3^- может быть связан с окислением иона NH_4^+ , увеличивающегося в водах более глубокого происхождения. Геохимия азота в природных водах, о чем я буду говорить позже, указывает, мне кажется, с достаточной точностью на возможность образования азотокислых вод вне прямого или косвенного участия человека и на огромное значение этого химического явления в земной коре.

808. Как примеры таких вод можно привести следующие два вида воды:



Первая вода из Кранзака (анализ А. Карно) связана, вероятно, с каменноугольными пожарами и дальнейшим изменением и выщелачиванием их продуктов, в том числе из азотистых продуктов возгонки, которые здесь выделяются. Для NO_3^- возможно биогенное происхождение, но эта гипотеза Карно требует еще проверки. Вода вторая, очень сложная по составу (священный источник Zep-Zep у Мекки), явно изменена культурой, что связано с ее использованием (паломники).

Состав этих вод виден из следующих чисел:

XXXVI

Твердый остаток¹

$$2,7 \times 10^{-1} - 1,1 \times 10^{-10}\%$$

XXXVII

$$3,5 \times 10^{-1}\%$$

Элементы

$$\text{O}^2 \quad 1,3 \times 10^{-1} - 5,8 \times 10^{-2}$$

$$\text{O}^3 \quad 1,6 \times 10^{-1}\%$$

¹ Есть и пресные разности — по А. Карно, при $6,9 \times 10^{-2}\%$ твердого остатка — $7,2 \times 10^{-4} \text{NO}_3^-$; $1,0 \times 10^{-2}\%$ Ca и $4,8 \times 10^{-2}\% \text{SO}_4^{2-}$.

² Из ионов SO_4^{2-} (до $1,9 \times 10^{-1}\%$), CO_3^{2-} (до $5,4\% \times 10^{-3}$), NO_3^- (до $3,7 \times 10^{-2}$), SiO_2 (до $6,2 \times 10^{-3}\%$). Растворенный кислород и CO_2 не приняты во внимание.

³ Из NO_3^- ($8,6 \times 10^{-2}\%$), SO_4^{2-} ($4,9 \times 10^{-2}\%$), CO_3^{2-} ($4,5 \times 10^{-2}\%$). Ни растворенные O и CO_2 , ни органическое вещество не учтены.

S ¹	$6,2 \times 10^{-2}$ — $1,1 \times 10^{-2}$	Cl	$5,7 \times 10^{-2}$
Ca	$3,2 \times 10^{-2}$ — $1,1 \times 10^{-2}$	Na	$4,5 \times 10^{-2}$
Mg	$2,6 \times 10^{-2}$ — $6,0 \times 10^{-3}$	Ca	$3,1 \times 10^{-2}$
K	$1,4 \times 10^{-2}$ — $6,4 \times 10^{-4}$	K	$2,4 \times 10^{-2}$
		N ²	$2,0 \times 10^{-2}$
		S ³	$1,6 \times 10^{-2}$
N ⁴	$7,5 \times 10^{-3}$ — $2,0 \times 10^{-3}$	Mg	$9,5 \times 10^{-3}$
Cl	$6,0 \times 10^{-3}$ — $1,3 \times 10^{-3}$	C ⁵	$9,0 \times 10^{-3}$
Mn	$5,9 \times 10^{-3}$ — $7,0 \times 10^{-5}$ (сл.)	Si	$2,3 \times 10^{-3}$
Al	$4,5 \times 10^{-3}$ — 0		
Na	$4,0 \times 10^{-3}$ — $8,4 \times 10^{-4}$		
Si ⁶	$2,2 \times 10^{-3}$ — $1,5 \times 10^{-4}$		
C ⁷	$1,1 \times 10^{-2}$ — 0 (сл.)		
Fe	$2,9 \times 10^{-4}$ — $4,8 \times 10^{-5}$		

Есть Li.

Газы этих источников совершенно не изучены.

809. Очень мало изучен химически распространенный тип вод, играющих повидимому большую роль в явлении выветривания, — органогенные воды.

На значение этих вод давно обращено особое внимание биологами, нашедшими здесь совершенно особые по фауне и флоре биоценозы — особые биотопы. К числу таких биотопов принадлежат водные скопления в дуплах деревьев нашего климата. Недавно — хотя и неполно — химически изучена одна из таких вод. Первый и пока единственный количественный анализ этой воды был сделан Э. Э. Карстенсом (1927) для воды дупла ясеня в окрестностях Пятигорска.

Вот этот анализ:

XXXVIIa. Вода O — C — N

Сухой остаток: (при 150° С) $8,6 \times 10^{-1} \%$. Органических веществ в нем $8,3 \times 10^{-1} \%$.

Элементы

Неорганич. остатка воды $3 \times 10^{-2} \%$, а органических веществ $2,69 \times 10^{-1} \%$.

O ⁹	п	$\times 10^{-1}$
C ¹⁰	п	$\times 10^{-1}$
N ¹¹	п	$\times 10^{-2}$
H ¹²	п	$\times 10^{-2}$
Na		$1,2 \times 10^{-2}$

¹ Из ионов SO_4^{2-} .

² Из ионов NO_3^- . N_2 и органич. вещество не учтены.

³ Из SO_4^{2-} . Органическое вещество не учтено.

⁴ Из ионов NO_3^- .

⁵ Из CO_3^{2-} . Не принято во внимание CO_2 и органическое вещество.

⁶ Из SiO_4^{4-} .

⁷ Из CO_3^{2-} . Не приняты во внимание CO_2 и органическое вещество.

⁸ Органических веществ, очевидно, больше, так как остаток был нагрет до 150.

Из $8,3 \times 10^{-1} \%$ — перегнойных кислот — $1,10 \%$, „прочих экстрактивных” — $7,3 \times 10^{-1} \%$.

У Рамсдена для аналогичной воды $9,6 \times 10^{-1} \%$ органических веществ.

⁹ Не считая растворенного кислорода, органических веществ и части растворенной CO_2 в воде $2,5 \times 10^{-2}$, при чем расчет, сделанный Э. Карстенсом для неорганической части органических веществ, как окислов SO_3 и т. п., явно нереален.

¹⁰ Считая только связанную CO_2 , как ион CO_3^{2-} , и часть растворенной CO_2 ($8,6 \times 10^{-1} \%$) — углерод $5,2 \times 10^{-3} \%$.

¹¹ Считая $NH_4(7,5 \times 10^{-5} \%)$, как ион NH_4^+ и N_2O_5 — $(1,9 \times 10^{-4})$. Растворенный N_2 и органич. вещество не учтены. Тогда азот перейдет в следующую декаду.

¹² Из органических веществ.

Cl	$7,4 \times 10^{-3}$
K	$5,5 \times 10^{-3}$
S ¹	$2,8 \times 10^{-3}$
Ca	$2,6 \times 10^{-3}$
Si ²	$8,5 \times 10^{-4}$
Mg	$7,2 \times 10^{-4}$

Есть Р.³

Этот раствор, как правильно указывает В. Рылов (1927), является „настойкой органических веществ“. Аналогичные воды в биосфере должны наблюдаться временами в очень больших количествах; в подтропических и в тропических областях несомненно их роль должна быть очень велика в миграции химических элементов, но и в других областях биосферы она не может быть упомянута и должна быть изучена.

Очень важны полные анализы этих вод и количественный учет их массы.

810. Очень многочисленны культурные воды и среди них особое место занимают рудные воды, образующиеся во время добычи руд помимо воли человека и — подобно тому как это имеет место для рудной деятельности человечества — далеко не безразличные для истории в земной коре большинства металлов.

Очень возможно, что роль человека в истории этих вод иногда очень ограничена и что мы здесь встречаемся в действительности с видами вод поверхностных и верховодок, в значительной части своего состава существующих помимо человека.

Провести бесспорную границу между этими генетически различными водами мы пока не можем. Такова, например, своеобразная кислая сульфато-железно-мolibденовая вода (O—S—Mo—Fe), анализ которой был сделан Р. Уэлльсом и опубликован Ф. Кларком. Это темная, сине-зеленая, почти непрозрачная вода (уд. в. 1,031 при 25°) из рудного тоннеля в Idaho Springs в Колорадо. Она связана с своеобразным разрушением молибденита или продуктов его изменения. Вода, повидимому, коллоидальная.

Вот этот анализ:

XXXVIII. O—S—Fe—Mo

Твердый остаток 3,2%

Элементы

O ⁴	$1,7\%$
S ⁵	$6,3 \times 10^{-1}$
Fe ⁶	$3,8 \times 10^{-1}$
Mo	$3,3 \times 10^{-1}$
Mg	$7,3 \times 10^{-2}$
Ca	$5,0 \times 10^{-2}$
Al	$2,7 \times 10^{-2}$
Na	$2,6 \times 10^{-2}$
Cl	$1,7 \times 10^{-2}$
K	$1,4 \times 10^{-2}$
H ⁷	$1,3 \times 10^{-2}$

¹ Очевидно, часть серы содержится еще в органическом веществе. Из измеренной серы (как иона SO₄²⁻) имеем $2,8 \times 10^{-3}\%$.

² SiO₂, и органическое вещество.

³ Фосфор учтен в другом неполном анализе Рамсдена (1920) „много фосфатов“.

⁴ Растворенный CO₂ и O₂ не учтены. Принято во внимание MoO₃($8 \times 10^{-1}\%$). SO₄²⁻ ($1,8\%$).

⁵ Из SO₄²⁻.

⁶ Fe⁺⁺ — $2,0 \times 10^{-1}\%$, Fe⁺⁺⁺ — $1,8 \times 10^{-1}\%$.

⁷ Из H₂SO₄.

811. Металлы вносятся в эти воды частью из фреатических вод, поступающих снизу, частью берутся, благодаря выветриванию и проникновению метеорных вод из выведенных в биосферу человеком природных металлических соединений.

Газовый режим этих вод нам не ясен, но бедность или отсутствие в них жизни и соприкосновение их с воздухом, хотя и обогащенным углекислотою, заставляют думать, что накопления углекислоты в них не происходит.

Повидимому это большое семейство, из которого нам с достоверностью известны немногие сульфатные и фосфорные воды, часто заключающие свободные кислоты.

Точных анализов немного.

Среди сульфатных вод мы имели с глубины 192 метров воды цинковые, медные, железные, никелевые. Менее обычны сульфитно-железные — известны оба иона железа.

Состав некоторых из этих вод виден из следующих чисел анализов:

XXXIX.—O—Zn—S

XL.—O—S—Fe

Твердый остаток

$1,0\%$ — $1,9 \times 10^{-1}\%$

$1,1\%$ — $1,8 \times 10^{-1}\%$

Элементы

O ¹	$4,3 \times 10^{-1}$ — $2,8 \times 10^{-2}$	O ²	$6,6 \times 10^{-1}$ — $1,0 \times 10^{-1}$
Zn	$2,4 \times 10^{-1}$ — $4,5 \times 10^{-2}$	S ³	$2,3 \times 10^{-1}$ — $6,9 \times 10^{-2}$
S ⁴	$2,1 \times 10^{-1}$ — $1,0 \times 10^{-2}$	Fe ⁵	$2,2 \times 10^{-1}$ — $6,1 \times 10^{-2}$
Fe	$8,6 \times 10^{-2}$ — $1,8 \times 10^{-4}$	Al	$4,3 \times 10^{-2}$ — $2,5 \times 10^{-3}$
Ca	$6,1 \times 10^{-2}$ — $1,4 \times 10^{-2}$	Cu	$3,1 \times 10^{-2}$ — $3,1 \times 10^{-4}$
Si ⁶	$4,8 \times 10^{-2}$ — $9,5 \times 10^{-4}$	Ca	$2,4 \times 10^{-2}$ — $5,2 \times 10^{-3}$
Mn	$3,1 \times 10^{-2}$ — $2,0 \times 10^{-4}$	Zn	$2,0 \times 10^{-2}$ — $1,0 \times 10^{-4}$
Al	$3,0 \times 10^{-2}$ — $1,4 \times 10^{-4}$	Na	$1,5 \times 10^{-2}$ — $4,0 \times 10^{-4}$
Mg	$2,2 \times 10^{-2}$ — $1,9 \times 10^{-4}$	Mg	$1,2 \times 10$ — $2,6 \times 10$
Pb	$5,7 \times 10^{-3}$ — $3,7 \times 10^{-3}$	Cl	$7,9 \times 10^{-3}$ — $1,0 \times 10^{-5}$
Na	$4,9 \times 10^{-3}$ — $4,6 \times 10^{-3}$	H ⁷	$7,0 \times 10^{-3}$ — $2,3 \times 10^{-4}$
K	$4,2 \times 10^{-3}$ — сл.	Si	$6,1 \times 10^{-3}$ — $1,4 \times 10^{-3}$
Cl	$3,8 \times 10^{-3}$ — $2,9 \times 10^{-4}$	Mn	$5,7 \times 10^{-3}$ — $2,0 \times 10^{-5}$
Cd	$1,4 \times 10^{-3}$ — $8,4 \times 10^{-4}$	P	$5,5 \times 10^{-3}$ — $1,1 \times 10^{-3}$
		N ⁸	$2,4 \times 10^{-3}$ — $4,0 \times 10^{-5}$
		K	$2,0 \times 10^{-3}$ — $1,7 \times 10^{-4}$
		C ⁹	$1,9 \times 10^{-3}$

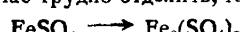
¹ Из ионов $\text{SO}_4^{''}$ (до $6,2 \times 10^{-1}\%$), мицелл SiO_2 (до $1,1 \times 10^{-2}\%$).

² Из ионов $\text{SO}_4^{''}$ (до $6,7 \times 10^{-1}\%$), HSO_4' (до $3,1 \times 10^{-1}\%$), AsO_4''' (до $9,1 \times 10^{-4}\%$), NO_3' (до $1,8 \times 10^{-4}\%$), мицелл SiO_2 (до $1,3 \times 10^{-2}\%$), органич. вещ. (до $3,9 \times 10^{-3}\%$).

³ Из ионов $\text{SO}_4^{''}$ и HSO_4' . HS' (max. $4,0 \times 10^{-4}$), орган. вещ.?

⁴ Из ионов $\text{SO}_4^{''}$.

⁵ Обычно два иона Fe^{++} и Fe^{+++} , при чем иногда преобладают FeSO_4 , иногда $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$. Очевидно два разных вида вод. Сейчас трудно отделить, так как возможно, что есть равновесие



при чем в биосфере преобладают ионы Fe^{+++} . Наблюдались отношения Fe^{++} к Fe^{+++} от 24,4 до 0,13, может быть есть воды без Fe^{+++} .

⁶ Из SiO_2 .

⁷ Из ионов HSO_4' , HS', NH_4^+ (до $3,0 \times 10^{-3}\%$).

⁸ Из ионов NH_4^+ и NO_3' . N₂ не учтен.

⁹ Из органич. вещ.

Cu	$3,9 \times 10^{-4}$	H	$6,7 \times 10^{-4} - 1,0 \times 10^{-5}$
As ¹	$4,9 \times 10^{-4}$	As ¹	$4,9 \times 10^{-4} - 1,7 \times 10^{-4}$
Co	$2,5 \times 10^{-4}$	Co	$2,5 \times 10^{-4} - 3,0 \times 10^{-5}$
Ni	$1,5 \times 10^{-4}$	Ni	$1,5 \times 10^{-4} - 3,0 \times 10^{-5}$
Pb	$7,5 \times 10^{-5}$	Pb	$7,5 \times 10^{-5}$
Mo	$3,6 \times 10^{-5}$	Mo	$3,6 \times 10^{-5} - 6,0 \times 10^{-5}$
Cr	$3,3 \times 10^{-5}$	Cr	$3,3 \times 10^{-5}$
Ti	$1,5 \times 10^{-5}$	Ti	$1,5 \times 10^{-5}$
Li	$8,3 \times 10^{-6}$		

Rn $1,2 \times 10^{-15} - 2,6 \times 10^{-16}$

Есть Li

Есть Sb, HCl

Орган. вспш. $3,9 \times 10^{-3}$

812. XLI. O—Cu—Zn—S

XLII. Fe—O—S—P—H

(Saalfeld. Анализ Г. Швейгарт а)

Твердый остаток

$9,7 \times 10^{-1} \%$ $3,5 \times 10^{-1} \%$

Элементы

O ²	$4,2 \times 10^{-1}$	Fe	$2,0 \times 10^{-1}$
Cu	$3,7 \times 10^{-1}$	O	$1,0 \times 10^{-1}$
Zn	$2,4 \times 10^{-1}$		
S	$2,1 \times 10^{-1}$		
Fe ⁺⁺⁺ + Fe ⁺⁺	$4,8 \times 10^{-2}$	S ³	$3,3 \times 10^{-2}$
Ca	$3,5 \times 10^{-2}$	P	$1,7 \times 10^{-2}$
Al	$1,4 \times 10^{-2}$	H	$1,7 \times 10^{-3}$
Na	$5,0 \times 10^{-3}$		
Si	$4,7 \times 10^{-3}$		
Mg	$2,5 \times 10^{-3}$		
Cd	$9,0 \times 10^{-4}$	As	$2,2 \times 10^{-4}$
Cl	$2,7 \times 10^{-1}$		
Mn	$1,7 \times 10^{-4}$		
K	$5,0 \times 10^{-5}$		

Есть Mo, Cu, Al, Mn, Ca, Mg, Na, K

813. Особый тип вод, близких к рудничным, представляют воды каменноугольных копей, связанные с процессами образования сульфатов при разложении железных колчеданов, находящихся в этих копях.

¹ Из ионов AsO₄⁴⁻⁴.

² Из SO₄²⁻ ($6,2 \times 10^{-1} \%$), SiO₂ ($1,1 \times 10^{-2} \%$). Ни O₂, ни CO₂, ни органические вещества не учтены.

³ Из SO₄²⁻.

Для Канзаса Э. Бэли (E. Bailey. 1911) дает следующие предельные числа для этих вод:

XLIII. O—S—Fe

Нераств. остаток $2,0 - 3,7 \times 10^{-10,0}$

Элементы

O¹ $7,2 \times 10^{-1} - 1,4 \times 10^{-1}$

S² $4,0 \times 10^{-1} - 7,0 \times 10^{-2}$

Fe $2,7 \times 10^{-1} - 1,0 \times 10^{-3}$

Mg $7,2 \times 10^{-2} - 7,8 \times 10^{-3}$

Ca $6,7 \times 10^{-2} - 2,5 \times 10^{-2}$

Al $5,4 \times 10^{-2} - 1,0 \times 10^{-3}$

Si $9,4 \times 10^{-3} - 1,2 \times 10^{-3}$

Cl $7,5 \times 10^{-3} - 3,6 \times 10^{-3}$

Это кислые сульфатные воды, богатые Fe, Al, Mg, Ca.

Так же, как рудные воды — эти воды происходят или непосредственно из метеорных вод или из верховодок.

814. В царстве подземных соленых вод подцарства аналогичны пресным водам (§ 552); однако, здесь для подцарства пластовых соленых вод удобно отделять воды стратисферы от вод биосфера. Даже если это сейчас представляет большие затруднения, — сгремление к этому разделению необходимо, так как оно позволит точнее наблюдать явления и в конце концов отделить воды, в которых мы имеем большую примесь метеорных вод, — пластовые воды биосфера от пластовых вод стратисферы,³ где это влияние постепенно и быстро уменьшается.

Соленость пластовых вод увеличивается с глубиной; эти воды обладают в связи с этим более высокой температурой, чем пресные пластовые воды; они переходят в глубоких горизонтах в рассольные воды.

Из всех подцарств — пластовых, почвенных, подпочвенных и иловых, восходящих вод, вод подземных водовместилищ, волосных вод пород — наибольшее значение имеют или вернее более изучены воды пластовые и минеральные источники (восходящие). На них я главным образом здесь и остановлюсь.

Они же здесь достигают таких мощных проявлений, которые отсутствуют для пресных вод.

Волосные соленые воды пород, как химически неизученные, можно оставить в стороне. Они проникают массивные метаморфические и осадочные породы, должно быть богаты кремнеземом и имеют некоторые свойства коллоидальных вод. Не желая входить в область гипотез, хотя может быть и полезных в некоторых отношениях, я оставлю их здесь все же в стороне.

815. Трудность различения пластовых вод и минеральных источников, указанная уже для пресных вод, здесь еще увеличивается.

Ибо благодаря, в общем, большей глубине, для большинства соленых пластовых вод не только повышается их температура, но чрезвычайно уменьшается влияние метеорных вод на их образование. В то же время для них повышается влияние подземных атмосфер — фреатических и юве-

¹ Из SO₄²⁻ (до 1,2%), SiO₂ (до $2,0 \times 10^{-2}$).

² Из SO₄²⁻.

³ Новые работы заставляют относить стратисферу к той земной оболочке, которая захвачена жизнью, к биосфере, отмечая в биосфере (сверху) стратосферу, тропосферу, гидросферу, кору выветривания, стратисферу. Стратисфера — область с резким преобладанием анаэробной жизни.

нильных водных паров, которые в свою очередь характерны для водных жил — минеральных источников, и играют большую роль в их образовании.

Для этих вод в то же время ярко сказывается и влияние вмещающих их горных пород, на которые сильно химически действуют, переполненные глазами, горячие соленые пластовые воды, к тому же находящиеся в областях высоких давлений.

Все это очень часто не позволяет точно разделить соленые минеральные источники и соленые пластовые воды. Часто должно быть наблюдаются их смешения, особенно резко выраженные в восходящих минеральных источниках, но существование их не исключается и для пластовых вод, которые восходящими водами пронизываются.

Как бы то ни было, сейчас здесь еще труднее, чем для акротерм, быть вполне уверенным в правильности чисел химического состава минеральных источников и пластовых вод.

Лишь тщательное дальнейшее изучение приведет к более точному различию и исправит цифры, приводимые в нижеследующих параграфах.

Необходимо провести тщательную проверку и внести поправки, так как многие из знаменитых даже „минеральных источников“ являются напорными пластовыми водами, искусственный выход которых, благодаря бурению, создал минеральный источник. Житейское название не отвечает их подцарству.

816. Хотя я вернусь к вопросу о минеральных источниках во второй части книги, является необходимым вкратце остановиться здесь на соленых минеральных источниках, так как мне кажется, что новый минералогический охват химического состава природных вод, делаемый в этой книге, позволяет уточнить наше понимание минеральных источников и выдвинуть новые проблемы, которые не ставились.

В обычном изучении минеральных вод очень часто говорится об ювенильных и вадозных минеральных источниках. Я здесь нигде не употребляю этих терминов, ибо думаю, что они кроме произвола и путаницы ничего не вводят в наши знания. Точного критерия в различии вадозных и ювенильных источников нет.

Восходящие воды, водные жилы, минеральные источники явно могут быть двоякого происхождения: 1) связанные с магматическими очагами, отвечающие наиболее легко летучим их частям — парам воды и внутренним фумаролам, и 2) связанные с пластовыми водами, поднимающимися по трещинам и пустотам под влиянием газового или гидростатического давления.

По мере того, как мы углубляемся дальше от поверхности геоида, температура повышается, и на глубине немногих километров, уже на 3—4 км, достигает температуры кипения чистой воды. Здесь исчезает возможность различия вод магматического происхождения и восходящих вод, связанных с водами пластовыми.

Огромное большинство природных минеральных источников не идет с этих глубин, но сейчас буровая техника все увеличивает принос вод с глубин от земной поверхности выше 3 км. Говоря о 3—4 км, я имею в виду уровень геоида, а не земной поверхности.

Если для акротерм связь с магматическими очагами, как мы увидим еще во второй части, во многих случаях весьма вероятна и может быть устанавливаема из геологических соображений (настоящие „ювенильные“ источники), — это делается более затруднительным для соленых минеральных источников и не может быть установлено ни в одном случае для рассольных.

По мере углубления воды становятся более насыщенными и более тяжелыми, в то же время количество паров увеличивается, и характер глубоких пластовых вод должен меняться (§ 957) и приближаться по составу к магматическим водам.

Среди соленых источников очень много (их число все увеличивается) буровых вод, которые дают понятие не о восходящих водах, а о более глубоких водах пластовых напорных и водах подземных водоемов.

Некоторая — большая может быть — часть и естественных соленых минеральных источников имеет такое происхождение, но какая, — мы не знаем.

Очень возможно, что глубокие магматические очаги и глубокие части этих вод не отделены от глубоких вод напорных.

Я вернусь к этим вопросам во второй части книги.

817. Сейчас наиболее важны для нас точное описание явления и количественный учет, возможно углубленный, соленых минеральных вод.

К сожалению, это делается в настоящее время чрезвычайно недостаточно.

Для соленых минеральных источников прежде всего необходимо подчеркнуть недостаток точного определения растворенных газов.

Вследствие этого очень трудно сейчас выяснить те подклассы, на которые они распадаются.

Нам известны пока следующие подклассы: 1) CO_2 , 2) N_2 , 3) $\text{CO}_2 - \text{N}_2$, 4) $\text{O}_2 - \text{N}_2$, 5) $\text{N}_2 - \text{CO}_2$, 6) $\text{CO}_2 - \text{H}_2\text{S}$, 7) $\text{CO}_2 - \text{N}_2 - \text{H}_2\text{S}$, 8) $\text{N}_2 - \text{CO}_2 - \text{CH}_4$. Очевидно дальнейшее изучение увеличит значительно этот список.

Изучение растворимых газов — количественный их анализ — является сейчас настоятельнейшей потребностью.

818. В основу деления можно положить господствующие компоненты, при чем, подобно пресным акротермам, мы будем различать подсемейства: 1) заключающие Cl^- в числе господствующих элементов; 2) не заключающие в них хлора, но заключающие в них серу (SO_4^{2-} и HS^-) и 3) не заключающие в них ни хлора, ни серы, но заключающие в них углерод (CO_3^{2-} и HCO_3^-).

К первому подсемейству относятся следующие соленые минеральные воды:

1. $\text{Cl}^- - \text{Na}^+$
2. $\text{Cl}^- - \text{Ca}^{2+}$
3. $\text{Cl}^- - \text{Na}^+ - \text{Ca}^{2+}$
4. $\text{Cl}^- - \text{Na}^+ - \text{Mg}^{2+}$
5. $\text{O}^- - \text{Cl}^- - \text{Na}^+ - \text{C}^{3+}$
6. $\text{O}^- - \text{Cl}^- - \text{Na}^+ - \text{S}^{4-}$
7. $\text{Cl}^- - \text{Na}^+ - \text{O}^- - \text{Fe}^{2+}$
8. $\text{Cl}^- - \text{Na}^+ - \text{O}^- - \text{Fe}^{2+} - (\text{S})$
9. $\text{O}^- - \text{Cl}^- - \text{Na}^+ - \text{S}^{4-} - \text{Mg}^{2+}$
10. $\text{O}^- - \text{Cl}^- - \text{Na}^+ - \text{C}^{3+} - \text{Ca}^{2+}$
11. $\text{Cl}^- - \text{Na}^+ - \text{O}^- - \text{C}^{3+} - \text{S}^{5-}$
12. $\text{O}^- - \text{S}^{4-} - \text{Ca}^{2+} - \text{Na}^+ - \text{Cl}^-$
13. $\text{O}^- - \text{C}^{3+} - \text{Na}^+ - \text{Cl}^- - (\text{B})$
14. $\text{Cl}^- - \text{O}^- - \text{S}^{4-} - \text{Fe}^{2+} - \text{Al}^{3+} - (\text{H})$
15. $\text{Cl}^- - \text{O}^- - \text{Na}^+ - \text{Ca}^{2+} - \text{S}^{4-} - \text{C}^{3+}$
16. $\text{Na}^+ - \text{O}^- - \text{Cl}^- - \text{S}^{4-} - \text{C}^{3+} - \text{Si}^{4+}$
17. $\text{O}^- - \text{Cl}^- - \text{C}^{3+} - \text{Na}^+ - \text{Ca}^{2+} - \text{Mg}^{2+}$
18. $\text{Cl}^- - \text{O}^- - \text{Na}^+ - \text{Ca}^{2+} - \text{S}^{4-} - \text{C}^{3+} - \text{Mg}^{2+}$

В отличие от пресных вод, нельзя не отметить исчезновения среди господствующих компонентов — кремния и аммония. Может быть, это связано с тем, что их процентное содержание не может увеличиваться

¹ Есть переходы в пресные и рассолы. Есть разности, богатые Mg^{2+} . Переход в № 4. По де-Маринье, источник *Bains de la Reine* около Орана содержит при 1,03% сух. ост. — $6,0 \times 10^{-10}\%$ NaCl и $4,3 \times 10^{-10}\%$ MgCl_2 (А. Добрэ).

² Несомненно для пластовых вод. Для минеральных источников вероятны более бедные Ca^{2+} разности.

³ Есть разности, богатые Mg^{2+} (переход в № 9) и кальцием в (№ 10).

⁴ Надо различать S^{4-} в форме SH^- и $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ от S^{4-} в форме SO_4^{2-} . Между ними есть генетические переходы. Есть разности богатые Mg^{2+} — переход в № 9.

⁵ Надо различать разности S^{4-} (предыдущий прим.). Есть переход в №№ 13 и 12.

⁶ Есть Mg^{2+} разность — переход в № 17.

в мере, сравнимой с повышением процентов в других ионах: для кремния — в связи с коллоидальным характером содержащих его частиц, для NH_4^+ — в связи с условиями их концентрации, благодаря их распространенности в земной коре, или возможной устойчивости и быстроте синтеза (аммоний). Об этом ниже в главе о геохимии.

819. Учитывая все вышесказанное, химический состав соленых минеральных источников сведен в следующих анализах, выраженных пределами колебаний компонентов (в весовых %).

XLIV. $\text{Na} - \text{Cl}^2$ XLV. $\text{Cl} - \text{Na} - \text{Ca}^4$

Твердый остаток

$4,9 - 1,7 \times 10^{-1}$	$4,9 - 4,2 \times 10^{-1}$
Элементы	
Cl $2,7 - 2,6 \times 10^{-2}$	Cl $3,1 - 2,3 \times 10^{-1}$
Na $1,7 - 1,6 \times 10^{-2}$	Na $1,5 - 8,7 \times 10^{-2}$
O ⁵ $6,0 \times 10^{-4} - 5,9 \times 10^{-4}$	Ca $1,5 - 4,5 \times 10^{-2}$
Ca $4,2 \times 10^{-1} - 5,3 \times 10^{-2}$	O $5,5 \times 10^{-1} - 4,4 \times 10^{-5}$
S ⁶ $1,5 \times 10^{-1} - 1,2 \times 10^{-4}$	Mg $2,4 \times 10^{-1} - 1,1 \times 10^{-2}$
Mg $1,3 \times 10^{-1} - 2,9 \times 10^{-5}$	
K $1,0 \times 10^{-1} - 1,0 \times 10^{-4}$	
C ⁷ $8,6 \times 10^{-2} - 9,3 \times 10^{-5}$	K $9,2 \times 10^{-2} - 5,7 \times 10^{-4}$
H ⁸ $6,8 \times 10^{-2} - 4,6 \times 10^{-6}$	C ⁹ $8,9 \times 10^{-2} - 8,2 \times 10^{-4}$

¹ Странная вода из Rilchingen'a кислородно-азотная по анализу Ф. Зонненшайна ($0,2 - 1,1 \times 10^{-3}$ %), $\text{N}_2 - 2,8 \times 10^{-4}$ %, CO_2 — нет).

Для сероводорода определение Э. Карстенса 1915 г. для Талгинского источника $2,9 \times 10^{-2}$ % есть максимальное известное.

² Есть воды:

1. CO_2 (вес. %)	2. $\text{H}_2\text{S} - \text{CO}_2 - \text{N}_2$ (вес. %)	3. N_2 (вес. %)
CO_2 $2,1 \times 10^{-1} - 7,4 \times 10^{-2}$	H_2S $2,9 \times 10^{-2} - 2,9 \times 10^{-4}$	N_2 $9,1 \times 10^{-4}$
N_2 $4,6 \times 10^{-5} - 2,1 \times 10^{-3}$	CO_2 $2,7 \times 10^{-2} - 7,4 \times 10^{-3}$	CH_4 $2,1 \times 10^{-5}$
O_2 $3,7 \times 10^{-4} - 1,1 \times 10^{-4}$	N_2 $9,4 \times 10^{-3} - 1,6 \times 10^{-3}$	O_2 $1,3 \times 10^{-5}$

³ Есть подклассы: (есть $\text{N}_2 - \text{CO}_2$)

1. CO_2	2. $\text{CO}_2 - \text{N}_2$
CO_2 $2,2 \times 10^{-1} - 2,1 \times 10^{-1}$	CO_2 $3,7 \times 10^{-2} - 1,4 \times 10^{-3}$
N_2 $4,1 \times 10^{-4}$	N_2 $5,6 \times 10^{-3} - 9,1 \times 10^{-4}$
	O_2 $7,4 \times 10^{-4} - 2,4 \times 10^{-6}$
	CH_4 $6,3 \times 10^{-5} - 2,1 \times 10^{-5}$
3. $\text{CO}_2 - \text{N}_2 - \text{CH}_4$	4. $\text{N}_2 - \text{CO}_2 - \text{H}_2\text{S}?$
CO_2 $2,9 \times 10^{-3}$	CO_2 $1,3 \times 10^{-2}$
N_2 $1,5 \times 10^{-3}$	N_2 $1,6 \times 10^{-3}$
CH_4 $1,8 \times 10^{-3}$	H_2S $2,9 \times 10^{-4}$
	O_2 $2,5 \times 10^{-4}$
	CH_4 $2,7 \times 10^{-4}$

⁴ Богатые кальцием разности (возможны воды $\text{Cl} - \text{Ca}$, бедные $\text{Na} - \text{Ca}$ такие анализы есть) вероятно отвечают пластовым водам; они получаются при бурении. Так как эти воды обладают давлением, возможны и их естественные выходы. Лишь тщательное изучение конкретных случаев позволит вырешить вопрос и убедиться в принадлежности этих вод (всех или частью) к подцарству вод восходящих — семейству минеральных источников.

⁵ Из $\text{CO}_3^{''}$ (до $5,4 \times 10^{-3}$ %), $\text{SO}_4^{''}$ (до $4,5 \times 10^{-1}$ %), HCO_3' (до $2,0 \times 10^{-1}$ %), SiO_2 (до $6,4 \times 10^{-3}$ %), CO_2 (до $1,2 \times 10^{-1}$ %).

⁶ Из $\text{SO}_4^{''}$, $\text{S}_2\text{O}_3'$. Орган. вещ. не учтено.

⁷ HCO_3' , CO_2 , органические вещества.

⁸ HCO_3' , H_2 (до $6,4 \times 10^{-3}$ %).

⁹ $\text{CO}_3^{''}$.

Si	$4,3 \times 10^{-2}$ — $1,9 \times 10^{-5}$	Br	$1,8 \times 10^{-2}$ — $1,0 \times 10^{-4}$
Br	$2,5 \times 10^{-2}$ — $3,0 \times 10^{-7}$	Fe	$1,6 \times 10^{-2}$ — $3,0 \times 10^{-5}$
N ¹	$2,0 \times 10^{-2}$ — $4,6 \times 10^{-5}$		
F	$1,0 \times 10^{-2}$ — $2,5 \times 10^{-5}$		
Sr	$9,0 \times 10^{-3}$ — $7,2 \times 10^{-5}$	Al	$6,6 \times 10^{-3}$ — $1,1 \times 10^{-5}$
B ²	$7,3 \times 10^{-3}$ — $4,5 \times 10^{-5}$	Ba	$5,3 \times 10^{-3}$ — $6,0 \times 10^{-4}$
Ba	$6,3 \times 10^{-3}$ — $5,9 \times 10^{-7}$	Si	$5,0 \times 10^{-3}$ — $1,1 \times 10^{-5}$
Al	$6,6 \times 10^{-3}$ — $2,9 \times 10^{-6}$ (сл.)	N ³	$3,3 \times 10^{-3}$ — $1,9 \times 10^{-4}$
J	$6,6 \times 10^{-3}$ — $1,1 \times 10^{-6}$	Li	$2,5 \times 10^{-3}$ — $1,4 \times 10^{-5}$
Li	$6,0 \times 10^{-3}$ — $2,8 \times 10^{-6}$	Zn	$1,2 \times 10^{-3}$
Fe	$7,2 \times 10^{-3}$ — $5,0 \times 10^{-6}$		
As	$3,4 \times 10^{-3}$ — $1,6 \times 10^{-6}$		
P	$1,2 \times 10^{-3}$ — $6,4 \times 10^{-8}$		
Mn	$8,0 \times 10^{-4}$ — $1,5 \times 10^{-5}$	Sr	$7,6 \times 10^{-4}$ — $2,4 \times 10^{-2}$
Sb	$3,4 \times 10^{-4}$?	Mn	$6,6 \times 10^{-4}$ — $2,6 \times 10^{-5}$
Zn	$6,1 \times 10^{-4}$ — сл.	H ⁴	$3,8 \times 10^{-4}$ — $4,0 \times 10^{-5}$
He	$5,0 \times 10^{-5}$	J	$2,1 \times 10^{-4}$ — $8,0 \times 10^{-6}$
Cs	$5,0 \times 10^{-5}$ — $1,3 \times 10^{-5}$	P	$2,5 \times 10^{-5}$ — $1,4 \times 10^{-5}$
Rb	$1,5 \times 10^{-5}$	Rb	$1,5 \times 10^{-5}$
Cr	$1,5 \times 10^{-5}$	Cs	$1,3 \times 10^{-5}$
Cu	$5,1 \times 10^{-6}$ — сл.	As	$4,3 \times 10^{-5}$ — $5,4 \times 10^{-6}$
Tl	$3,4 \times 10^{-7}$ — сл.		
• • • • •			
Ra	$3,2 \times 10^{-12}$ — $6,9 \times 10^{-11}$	Ra	$9,7 \times 10^{-12}$
Nt	6×10^{-12} — 3×10^{-13}		
• • • • •			
		Rn	$7,2 \times 10^{-15}$
• • • • •			

Есть Pb, Sn, Ag, Tl, Ga, Ge.
Bi

Есть В.

Орган. вещ. $4,8 \times 10^{-2}$ — $2,5 \times 10^{-4}$
Свободно выделяющиеся газы
(в объемных процентах)

Орган. вещ. $4,0 \times 10^{-5}$ — $6,5 \times 10^{-3}$
Свободно выделяющиеся газы
(в объемных процентах)

1. N₂

2. N₂ — O₂

N₂ 97,2—90,9⁵

CO₂ 6,2—4,0

H₂S 2,4—1,2

O₂ 0—2,9

He $8,5 \times 10^{-1}$

Ar — есть

H₂ — есть

1. CO₂

2. CO₂ — N₂

CO₂ 96,2

— 75,8

N₂ 3,8⁵

N₂ — 24,21⁵

O₂ } сл.

O₂ } сл.

CH₄ } сл.

CH₄ } сл.

H₂S } сл.

H₂S } сл.

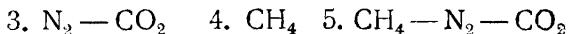
¹ Из NO₃', раствор. N₂ (до $4,6 \times 10^{-3}$ %), NH₄⁺ (до $8,3 \times 10^{-4}$ %).

² B₄O₇'.

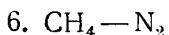
³ NH₄⁺, растворенный N₂ (до $3,3 \times 10^{-3}$ %).

⁴ NH₄⁺, HCO₃', H₂SiO₃, H₂S, HS'. Органическое вещество не учтено.

⁵ Благородные газы не отделены.



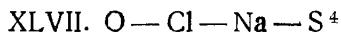
N_2	86,7—61,5 ¹	CH_4	90,4	CH_4	47,4
CO_2	38,5—13,3	N_2	6,8 ¹	N_2	37,3 ¹
O_2	сл. 0	CO_2	2,8	CO_2	13,1
C_nH_m	сл.	O_2	0	H_2S	2,2



CH_4	76,2—75,3	CO_2	85,6
N_2	24,0—17,5 ²	N_2	13,4 ²
C_3H_6	2,2—8,0 $\times 10^{-1}$		
O_2	8,2 $\times 10^{-1}$ сл.		
H_2S	5 $\times 10^{-2}$		
CO_2	4 $\times 10^{-1}$ сл.		

Благор. газы — 3×10^{-1}

820. Следующие цифры отвечают следующим более сложным водам



Твердый остаток

$2,8 - 1,5 \times 10^{-1}$

$2,6 - 1,0 \times 10^{-1}$ %⁵

Элементы

O^6	$1,4 - 3,0 \times 10^{-2}$	O^7	$1,1 - 4,3 \times 10^{-2}$
Cl	$1,4 - 1,1 \times 10^{-2}$	Cl	$7,8 \times 10^{-1} - 1,5 \times 10^{-2}$
Na	$1,1 - 2,8 \times 10^{-2}$	Na	$5,1 \times 10^{-1} - 2,1 \times 10^{-2}$
C^8	$3,1 \times 10^{-1} - 8,8 \times 10^{-3}$	S^9	$3,2 \times 10^{-1} - 1,2 \times 10^{-2}$
Mg	$7,1 \times 10^{-2} - 3,0 \times 10^{-5}$	Mg	$2,2 \times 10^{-1} - 8,0 \times 10^{-5}$ сл.
Ca	$7,6 \times 10^{-2} - 4,4 \times 10^{-4}$	Ca	$7,2 \times 10^{-2} - 2,0 \times 10^{-3}$
K	$6,2 \times 10^{-2} - 2,8 \times 10^{-4}$	C^{10}	$1,8 \times 10^{-2} - 2,9 \times 10^{-3}$
S^{11}	$4,1 \times 10^{-2} - 3,6 \times 10^{-5}$	Fe	$1,2 \times 10^{-2} - 7,0 \times 10^{-7}$
		K	$1,1 \times 10^{-2} - 1,6 \times 10^{-3}$ сл.

¹ Благородные газы не отделены.

² Благородные газы не отделены.

³ Есть кислородно-азотные.

⁴ Есть подвиды, более богатые серой.

⁵ Есть углекисло-азотные: $\text{CO}_2 - \text{N}_2$:

CO_2	$2,1 \times 10^{-2}$
N_2	$1,9 \times 10^{-3}$
O_2	$3,0 \times 10^{-5}$

⁶ Из ионов HCO_3' (до $4,8 \times 10^{-1}$), SO_4'' (до $2,5 \times 10^{-1}$), $\text{B}_4\text{O}_7'$ (до $3,2 \times 10^{-2}$), NO_3' (до $2,6 \times 10^{-3}$), PO_4''' (до $5,2 \times 10^{-4}$), $\text{S}_2\text{O}_3'$ (до $4,4 \times 10^{-4}$), мицелл SiO_2 (до $3,8 \times 10^{-2}$), орг. вещ. (до $7,4 \times 10^{-2}$), своб. CO_2 (до $3,8 \times 10^{-1}$ %), O_2 (до $7,4 \times 10^{-4}$).

⁷ SO_4'' (до $9,3 \times 10^{-1}$ %), HCO_3' (до $2,9 \times 10^{-1}$ %), NO_3' (до $8,5 \times 10^{-3}$), PO_4 (до $1,2 \times 10^{-3}$), мицелл SiO_2 (до $8,2 \times 10^{-3}$ %), орг. вещ. (до $1,0 \times 10^{-3}$), CO_2 (до $3,2 \times 10^{-1}$ %).

⁸ Из CO_3'' , HCO_3' , CO_2 . Растворенное органическое вещество не учтено. CH_4 (до $3,7 \times 10^{-5}$).

⁹ Из SO_4'' , H_2S (до $4,0 \times 10^{-3}$ %).

¹⁰ Из HCO_3' , CO_2 . Органич. вещ. и газообразные углеводороды не учтены.

¹¹ Из SO_4'' , орган. вещ., S_2O_2 (до $4,4 \times 10^{-4}$), H_2S (до $3,8 \times 10^{-4}$), HS (до $5,3 \times 10^{-4}$).

H ¹	$2,2 \times 10^{-2}$ — $1,3 \times 10^{-4}$	H ³	$5,3 \times 10^{-3}$ — $1,6 \times 10^{-6}$
B ²	$2,0 \times 10^{-2}$ — $6,5 \times 10^{-6}$	Si ⁴	$9,4 \times 10^{-3}$ — $1,4 \times 10^{-3}$
Si	$1,8 \times 10^{-2}$ — $9,6 \times 10^{-5}$	N ⁵	$2,6 \times 10^{-3}$ — $7,6 \times 10^{-6}$
J	$8,1 \times 10^{-3}$ — $4,0 \times 10^{-7}$	F	$1,8 \times 10^{-3}$ — $4,0 \times 10^{-6}$
Br	$7,6 \times 10^{-2}$ — $2,4 \times 10^{-6}$	Li	$1,3 \times 10^{-3}$ — $2,9 \times 10^{-6}$
Fe	$6,7 \times 10^{-3}$ — $4,0 \times 10^{-6}$	Br	$1,3 \times 10^{-3}$ — $2,0 \times 10^{-6}$
Li	$2,8 \times 10^{-3}$ — $1,0 \times 10^{-6}$	Mn	$6,4 \times 10^{-4}$ — $5,0 \times 10^{-7}$
N ⁶	$5,1 \times 10^{-3}$ — $3,3 \times 10^{-5}$	Sr	$4,5 \times 10^{-4}$ — $2,2 \times 10^{-5}$
Al	$1,5 \times 10^{-3}$ — $4,0 \times 10^{-6}$	P	$3,9 \times 10^{-4}$ — $6,6 \times 10^{-8}$
Ba	$1,2 \times 10^{-3}$ — $6,0 \times 10^{-6}$	Al	$2,6 \times 10^{-4}$ — $6,0 \times 10^{-6}$ (сл.)
Sr	$1,1 \times 10^{-3}$ — $1,0 \times 10^{-5}$	J	$2,0 \times 10^{-4}$ — $8,5 \times 10^{-7}$
As	$8,4 \times 10^{-4}$ — $5,0 \times 10^{-6}$	B	$6,6 \times 10^{-5}$ — $1,5 \times 10^{-6}$
Mn	$2,6 \times 10^{-4}$ — $5,0 \times 10^{-6}$	As	$4,9 \times 10^{-5}$ — $1,6 \times 10^{-5}$
P	$2,6 \times 10^{-4}$ — $4,3 \times 10^{-7}$	Rb	$7,2 \times 10^{-6}$
P	$8,0 \times 10^{-5}$ — $1,4 \times 10^{-5}$	Ar	$5,2 \times 10^{-6}$ — $4,3 \times 10^{-6}$
Zn	$1,8 \times 10^{-5}$ — $5,0 \times 10^{-6}$	Ne	$5,8 \times 10^{-7}$ — $7,6 \times 10^{-8}$
Cu	$6,7 \times 10^{-6}$ — $5,7 \times 10^{-8}$		
Rb ⁷	$6,8 \times 10^{-6}$		
Co ⁸	$1,2 \times 10^{-6}$		
• • • • •			
• • • • •			
Ra	$6,8 \times 10^{-13} \%$	Ra	$1,3 \times 10^{-12}$ — $2,9 \times 10^{-13}$
Rn	$4,2 \times 10^{-13}$ — $8,2 \times 10^{-17}$	Rn	$2,7 \times 10^{-14}$ — $9,5 \times 10^{-15}$
• • • • •			
• • • • •			

Есть Cs, Ni, Sb, Mo, Pb, Ag, B,
Sn, Bi, Ge, Be

Есть Cr, Cu, Pb, Sn, Ag, Bi,
He, Ga, Zn, Ni, V, Be, Ge, Ti, X, Kr

Органич. вещ. — $9,8 \times 10^{-3}$ — $5,2 \times 10^{-5}$

Органич. вещ.

$$P_{\text{н}} = 7,0$$

Свободно выделяющиеся газы (в объемных процентах):

¹ Из HCO_3' , орган. вещ. NH_4^+ (до $1,3 \times 10^{-3} \%$), H_2S , HS' , CH_4 (до $1,8 \times 10^{-3}$).

² Из B_4O_7 . Может быть иногда нет. Есть борный подвид (?).

³ Из ионов HCO_3' , H_2S (до $4,0 \times 10^{-3}$), NH_4^+ (до $5,9 \times 10^{-4}$). Газообразные углеводороды и органическое вещество не учтены.

⁴ Из SiO_2 .

⁵ Из ионов NO_3' , NH_4^+ , N_2 (до $2,1 \times 10^{-3}$).

⁶ Из NO_3' , орган. вещ., NH_4^+ (до $1,3 \times 10^{-3}$), N_2 (до $2,4 \times 10^{-3} \%$).

⁷ К. Шмидт дает до $3,5 \times 10^{-4} \%$.

⁸ Содержит Ni.

1. N₂

N ₂	99,6 — 90,1
CO ₂	7,8 — 0
O ₂	6,9 — 0
H ₂ S	4,4 × 10 ⁻¹
CH ₄	сл.

2. CO₂ — N₂

CO ₂	87,6 — 59,1
N ₂	48,2 — 12,1
O ₂	4,6 — 3 × 10 ^{-1~0}
CH ₄	3,6 × 10 ⁻¹
H ₂ S	сл.

3. CH₄

CH ₄	92,4 — 76,0
N ₂	17,5 — 6,2
H ₂	5,5 — 0
CO ₂	2,2 — 4,0 × 10 ⁻¹
O ₂	7,3 × 10 ⁻¹ — 1,6 × 10 ⁻¹
H ₂ S	5,0 × 10 ⁻² — 0

1. CO₂

CO ₂	99,9 — 88,1
N ₂	8,7 — 1,0 × 10 ⁻¹
O ₂	9,0 × 10 ⁻¹ — 0
CH ₄	1,5 × 10 ⁻¹ — 5,0 × 10 ⁻² (0)
H ₂ S	2,0 × 10 ⁻²
O ₂ H ₄	2,5

2. N₂

N ₂	90,5%
CO ₂	8,9
O ₂	6,4 × 10 ⁻¹

3. CO₂ — CH₄

CO ₂	85,0 — 79,6
CH ₄	14,0 — 6,1

4. CH₄ — N₂ — OC

CH ₄	59,0 — 47,4
N ₂	37,3 — 27,1
CO ₂	13,1 — 12,4
H ₂ S	2,2
O ₂	1,5 — 0

4. CH₄ — H₂

CH ₄	— 75,4
H ₂	20,6
N ₂	3,2
CO ₂	4,4 × 10 ⁻¹
O ₂	1,6 × 10 ⁻¹
H ₂ S	— 0

5. N₂ — CO₂

N ₂	81,7 — 67,0
CO ₂	30,9 — 17,6

6. CO₂ — CH₄ — N₂

CO ₂	45,6 — 41,8
CH ₄	38,3 — 26,3

7. N₂ — CH₄

N ₂	45,8 — 45,5
CH ₄	37,5 — 35,3
CO ₂	3 × 10 ⁻¹
O ₂	2,6 × 10 ⁻¹

821. Еще более сложными являются следующие минеральные воды (XLVIII) Cl — Na — O — Fe — (S) и (XLIX) O — Cl — Na — S — Mg, при чем однако для XLVIII может быть есть разности, бедные сульфатными ионами.

Их химический состав виден из следующих предельных чисел колебаний.

XLVIII. Cl — Na — O — Fe — (S)

XLIX. O — Cl — Na — S — Mg¹

Твердый остаток

2,8%	2,1%
------	------

Элементы

Cl	1,3%
Na	6,6 × 10 ⁻¹
O ³	3,4 × 10 ⁻¹
Fe ⁴	1,7 × 10 ⁻¹
S ⁵	1,4 × 10 ⁻¹
O ²	5,8 × 10 ⁻¹
Cl	5,6 × 10 ⁻¹
Na	4,9 × 10 ⁻¹
S ⁶	2,7 × 10 ⁻¹
Mg	1,0 × 10 ⁻¹

¹ Лысогорский источник на Кавказе. Анализ Э. Карстена (1919).

² Из SiO₂ (1,3 × 10⁻³ %), SO₄²⁻ (7,8 × 10⁻¹ %), HCO₃⁻ (5,5 × 10⁻² %), CO₂ (3,2 × 10⁻² %).

³ SO₄²⁻ (до 2,6 × 10⁻¹ %), H₂SO₄ (до 1,6 × 10⁻¹ %), мицеллы SiO₂ (до 6,5 × 10⁻² %), PO₄³⁻ (до 3,5 × 10⁻² %).

⁴ Fe⁺⁺ : Fe⁺⁺⁺ — 1 : 6,35.

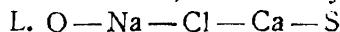
⁵ Из SO₄²⁻, HSO₄⁻.

⁶ Из HSO₄⁻.

K	$3,8 \times 10^{-2}$		
Si	$3,1 \times 10^{-2}$		Ca $6,2 \times 10^{-2}$
Mg	$2,7 \times 10^{-2}$ —?		C ¹ $2,0 \times 10^{-2}$
Cu	$1,5 \times 10^{-2}$ —?		
Al	$1,5 \times 10^{-2}$ —?		K $2,0 \times 10^{-3}$
P	$1,1 \times 10^{-2}$ —?		
H ²	$3,3 \times 10^{-3}$		
		H³ $8,8 \times 10^{-4}$	
		Si $6,1 \times 10^{-4}$	

821. А. Есть довольно редкие, повидимому, воды, отвечающие виду
 $O-Cl-Na-Ca-S$

Такова вода из Allevard в Альпах, по анализу (1930):



Твердый остаток

$$1.8 \times 10^{-1} \text{ } \mu\text{m}$$

Электропроводность при 18° . . . $2,44 \times 10^{-3}$ mhs

H_p . . . 7,0

Элементы

O ⁴	$7,8 \times 10^{-2}$
Na	$3,5 \times 10^{-2}$
Cl	$3,4 \times 10^{-2}$
S ⁵	$2,5 \times 10^{-2}$
Cu	$1,8 \times 10^{-2}$
C	$9,4 \times 10^{-3}$
Mg	$5,7 \times 10^{-3}$
N ⁶	$3,0 \times 10^{-3}$
H ⁷	$7,8 \times 10^{-4}$
Si ⁸	$6,6 \times 10^{-4}$
K	$5,8 \times 10^{-4}$
Sr	$2,2 \times 10^{-4}$
Br	$8,0 \times 10^{-5}$
Al	$7,3 \times 10^{-5}$
Fe	$4,3 \times 10^{-5}$
Li	$4,0 \times 10^{-5}$
B	$3,1 \times 10^{-5}$
F	$3,0 \times 10^{-5}$
Ar ⁹	$1,4 \times 10^{-5}$
P	$6,0 \times 10^{-6}$
As	$2,2 \times 10^{-7}$
He ¹⁰	$2,1 \times 10^{-7}$

1 Из HCO_3^- и CO_2 .

Из HCO_3

3 Из HCO_3^-

⁴ Из CO_3^{2-} ($4,7 \times 10^{-3} \%$), SO_4^{2-} ($6,7 \times 10^{-2}$), HCO_3^- ($3,6 \times 10^{-2}$), HAs_3 , O_4^{2-} ($4,0 \times 10^{-7}$), HPO_4^{2-} ($2,0 \times 10^{-5}$), SiO_4^{4-} ($1,4 \times 10^{-3}$), BeO_4^{2-} ($1,10^{-4} \%$).

Из SO_4^{2-} , HgS ($2.1 \times 10^{-3} \%$)

3 Из SO_4^2- ,
6 Из N_3 .

• ИЗ №₂.

Из H_2S , HPO_4^{2-} , NaSO_4^{2-} , HCO_3^- .

⁹ Со следами К.

¹⁰ С иеоном.

— C H E O H U M .

Ra $3,6 \times 10^{-13}$

Rn $6,6 \times 10^{-15}$

Есть еще Sb, Ag, Bi, Cr, Cu, Sn, Ga, Ge, Ni, Pb, Ti, W, Zn, Br, Xe, Ne.

822. Для воды минеральных источников (LI) формулы Cl—Na—O—C—S, богатых Cl—Na, надо, как указано (§ 717), различать две воды с ионами S''(?), HS' (или S_2O_3') и SO_4'' , часто, но повидимому не всегда генетически связанные. Это богатые Na—Cl источники Пиринейского типа (§ 720). Сюда относится (LII) Карлсбадский источник, более соленый и богатый SO_4'' , чем большинство других сюда относящихся.

Для (LI) и (LII) следующие данные дают понятие о химическом составе:

LI. O—Cl—Na—C—Ca¹ LII. Cl—Na—O—C—S²

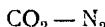
Твердый остаток³

$5,2 \times 10^{-1} - 1,6 \times 10^{-1}$ $6,3 \times 10^{-1} - 1,1 \times 10^{-1}$

Элементы

Cl	$1,9 \times 10^{-1} - 4,6 \times 10^{-2}$	O ⁴	$1,1 \times 10^{-1} - 3,1 \times 10^{-2}$
Na	$1,5 \times 10^{-1} - 2,8 \times 10^{-2}$	Cl	$1,6 \times 10^{-1} - 3,3 \times 10^{-2}$
O ⁵	$1,4 \times 10^{-1} - 4,5 \times 10^{-2}$	Na	$1,6 \times 10^{-1} - 3,4 \times 10^{-2}$
C ⁶	$2,9 \times 10^{-2} - 1,1 \times 10^{-2}$	S ⁷	$9,2 \times 10^{-2} - 7,2 \times 10^{-3}$
Ca	$1,5 \times 10^{-2} - 1,5 \times 10^{-2}$	C ⁸	$7,0 \times 10^{-2} - 3,8 \times 10^{-3}$
		Ca	$4,7 \times 10^{-2} - 1,4 \times 10^{-3}$
		K	$1,0 \times 10^{-2} - 6,0 \times 10^{-4}$

³ Есть углекисло-азотный подкласс



CO_2 $3,0 \times 10^{-2} - 1,1 \times 10^{-2}$
 N_2 $3,2 \times 10^{-3}$
 O_2 $5,6 \times 10^{-4}$

² Есть углекислые: CO_2 (Аахен для сероводородного)

CO_2 $1,2 \times 10^{-2} \%$
 N_2 $1,6 \times 10^{-3} \%$
 O_2 $2,5 \times 10^{-4} \%$
 H_2S $2,9 \times 10^{-4} \%$
 CH_4 $3,7 \times 10^{-5} \%$

³ Для некоторых из этих вод, напр. для Карлсбада, имеются многочисленные количественные данные, их характеризующие. Напр. для Карлсбада: уд. в. — 1,00527 (Mühlbrunnen), 1,00514 (Sprudel). Диссоциации 96,9% (по V. Zeupert), понижение точки замерзания Δ :

Sprudel 0,307
Mühlbrunnen 0,293,

электропроводность = $74,10^{-4} \Omega$ (при 27° C).

⁴ Из S_2O_3' (до $1,6 \times 10^{-3} \%$), SO_4'' (до $2,7 \times 10^{-1}$), HCO_3' (до $1,0 \times 10^{-1}$), CO_3'' (до $1,7 \times 10^{-1}$), SiO_3'' (до $8,3 \times 10^{-3}$), O_2 (до $2,5 \times 10^{-4}$), VO_4' (до $3,4 \times 10^{-4}$), CO_2 (до $1,9 \times 10^{-3} \%$). Органическое вещество не учтено.

⁵ Из HCO_3' (до $5,5 \times 10^{-2}$), CO_2 (до $3,0 \times 10^{-2}$), SO_4'' (до $6,3 \times 10^{-3}$), SiO_3'' (до $2,0 \times 10^{-3}$), O_2 (до $5,6 \times 10^{-4}$).

⁶ HCO_3' , CO_2 .

⁷ Из S_2O_3' , SO_4'' , иона S'' (до $3,6 \times 10^{-3} \%$), HS' (до $1,9 \times 10^{-3} \%$), H_2S (до $1,1 \times 10^{-2} \%$). Органическое вещество не учтено.

⁸ Из HCO_3' , CO_2 .

K	$4,1 \times 10^{-3}$ — $1,5 \times 10^{-3}$	Si	$3,4 \times 10^{-3}$ — $1,1 \times 10^{-3}$
N ¹	$3,2 \times 10^{-3}$	P	$2,8 \times 10^{-3}$ — $9,2 \times 10^{-6}$
S ²	$2,1 \times 10^{-3}$ — $1,8 \times 10^{-3}$	H ³	$2,7 \times 10^{-3}$ — $1,2 \times 10^{-3}$
Si	$1,5 \times 10^{-2}$ — $5,7 \times 10^{-4}$	Mg	$6,0 \times 10^{-3}$ — $6,5 \times 10^{-5}$ (сл.)
H	$1,2 \times 10^{-3}$ — $8,6 \times 10^{-4}$	N ⁴	$1,6 \times 10^{-3}$
Mg	$1,2 \times 10^{-3}$ — $5,1 \times 10^{-4}$		
Fe	$5,3 \times 10^{-4}$ — $1,4 \times 10^{-5}$	Fe ⁵	$4,4 \times 10^{-4}$ — $1,0 \times 10^{-4}$ (сл.)
Al	$3,1 \times 10^{-4}$ — $4,8 \times 10^{-5}$	Br	$4,7 \times 10^{-4}$ — $1,6 \times 10^{-4}$
Mn	$4,9 \times 10^{-5}$	Li	$2,8 \times 10^{-4}$ — $1,8 \times 10^{-4}$
		F	$2,3 \times 10^{-4}$
		B	$4,5 \times 10^{-5}$ — $2,4 \times 10^{-5}$
		J	$4,5 \times 10^{-5}$ — сл.
		Al ⁶	$4,2 \times 10^{-5}$ — $1,6 \times 10^{-5}$
		Sr	$2,4 \times 10^{-5}$ — $1,3 \times 10^{-5}$
		Mn	$9,6 \times 10^{-5}$

Есть Cs, Rb, Cu, Pb, Mn, Ag,
Be, Ge

Есть NH₄, Cs, Rb, As, Sb, Zn, Pb, Ba, B
Cu, Nb, Tl, Y, Zn, As, Ga, Ge, S
Sn, Dy, Ho, Tb, Yt, Hf.

Орган. вещ. $7,5 \times 10$ — $5,4 \times 10$

Свободно выделяющиеся газы (в объемных %)

1. N ₂	
N ₂	90,3 — 90,1
O ₂	7,0 — 6,9
CO ₂	3,0 — 2,8

Свободно выделяющиеся газы (в объемных %)

1. CO ₂		2. CO ₂ —N ₂	
CO ₂	98,7 — 93,7	CO ₂	83,0
N ₂	4,6 — 1,1	N ₂	16,8
H ₂ S	1,6 — 0	O ₂	$2,0 \times 10^{-1}$
O ₂	$3,7 \times 10^{-1}$ — $7,0 \times 10^{-2}$	H ₂ S	сл.

3. N₂

N ₂	93,4
CH ₄	1,8
CO ₂	$4,0 \times 10^{-1}$
O ₂	$3,7 \times 10^{-1}$
H ₂ S	$6,0 \times 10^{-2}$

823. Следующие две минеральные воды являются еще более сложными по господствующим компонентам. Это (LIII) Cl—O—S—Fe—Al—(H) и (LIV) Cl—O—Na—Ca—S—C. Вероятно, в дальнейшем выяснится значительно больше видов этого типа.

¹ Из N₂.

² Из SO₄''.

³ Из HCO₃', H₂S.

⁴ Из N₂.

⁵ Fe вероятно дойдет до декады 10^{-3} , а Al до 10^{-4} %.

Следующие числа дают понятие о химическом составе (в весовых %):

LIII. Cl—O—S—Fe—Al—(H)

LIV. Cl—O—Na—Ca—S—C¹

Твердый остаток

$1,8 \times 10^{-1} - 3,0 \times 10^{-1}$

$1,5\% - 1,8 \times 10^{-1}$ ²

Элементы

Cl	$7,7 \times 10^{-1} - 3,0 \times 10^{-1}$
O ³	$3,4 \times 10^{-1} - 8,8 \times 10^{-2}$
S	$1,7 \times 10^{-1} - 4,3 \times 10^{-2}$
Fe	$8,5 \times 10^{-2}$
Al	$7,9 \times 10^{-2} - 2,1 \times 10^{-2}$
Ca	$3,8 \times 10^{-2} - 7,5 \times 10^{-3}$
Na	$2,3 \times 10^{-2} - 9,3 \times 10^{-3}$
H ⁷	$2,2 \times 10^{-2} - 3,0 \times 10^{-3}$
Mg	$1,7 \times 10^{-2} - 0 ?$

K	$7,0 \times 10^{-3}$
Si	$2,8 \times 10^{-3} - 1,1 \times 10^{-3}$

Cl	$7,0 \times 10^{-1} - 3,3 \times 10^{-2}$
O ⁴	$4,0 \times 10^{-1} - 7,7 \times 10^{-2}$
Na	$4,7 \times 10^{-1} - 3,5 \times 10^{-2}$
Ca	$1,2 \times 10^{-1} - 1,6 \times 10^{-2}$
S ⁵	$8,0 \times 10^{-2} - 2,5 \times 10^{-2}$
C ⁶	$4,6 \times 10^{-2} - 8,5 \times 10^{-3}$
Mg	$3,5 \times 10^{-2} - 3,2 \times 10^{-3}$
K	$9,0 \times 10^{-3} - 5,8 \times 10^{-4}$
N ⁸	$2,1 \times 10^{-3}$
Si	$1,9 \times 10^{-3} - 1,4 \times 10^{-4}$
H ⁹	$1,9 \times 10^{-3} - 1,8 \times 10^{-4}$
Al	$6,6 \times 10^{-4} - 7,3 \times 10^{-5}$
Fe	$5,3 \times 10^{-4} - 4,3 \times 10^{-5}$
Sr	$4,4 \times 10^{-4} - 4,1 \times 10^{-4}$
Li	$2,4 \times 10^{-4} - 1,0 \times 10^{-5}$
Br	$1,2 \times 10^{-4} - 5,7 \times 10^{-5}$
B	$6,6 \times 10^{-5} - 3,1 \times 10^{-5}$
P	$6,4 \times 10^{-5} - 6,0 \times 10^{-6}$
As	$6,5 \times 10^{-5} - 4,9 \times 10^{-5}$
F	$6,0 \times 10^{-5} - 3,0 \times 10^{-5}$
Mn	$1,5 \times 10^{-5} - 1,4 \times 10^{-5}$
Ar	$4,1 \times 10^{-6} - 2,2 \times 10^{-7}$

¹ Преобл. SO₄²⁻. См. § 822 — воду с преобладанием HS и S₂O₃²⁻. Есть воды бедные C и богатые Ca и S, т. е. S—Cl—O—Ca—Na.

² Повидимому, есть подклассы углекисло-сероводородные и углекисло-азотно-сероводородные:

CO₂ — H₂S (в % вес.)

CO₂ $6,1 \times 10^{-3}$
H₂S $3,8 \times 10^{-3}$
N₂ ?

CO₂ — N₂ — H₂S (в % вес.)

CO₂ $7,5 \times 10^{-2}$
N₂ $2,6 \times 10^{-3}$
H₂S $8,2 \times 10^{-4}$

³ Из ионов SO₄²⁻ (до $4,9 \times 10^{-1}$ %), H₂SO₄ (до $5,7 \times 10^{-3}$ %), мицелл SiO₂ (до $5,9 \times 10^{-3}$ %).

⁴ Из SO₄²⁻ (до $4,5 \times 10^{-2}$ %). Из CO₂ (до $7,5 \times 10^{-2}$ %), CO₃²⁻, HCO₃⁻ (до $1,2 \times 10^{-1}$ %), S₂O₃²⁻ (до $1,1 \times 10^{-1}$ %), HPO₄²⁻ (до $2,0 \times 10^{-4}$ %). Органические вещества не учтены.

⁵ Из SO₄²⁻, H₂S, S₂O₃²⁻. Органич. вещ. не учтено.

⁶ Из CO₃²⁻, HCO₃⁻, CO₂. Органич. вещ. не учтено.

⁷ H₂SO₄²⁻, HCl (до $7,9 \times 10^{-1}$ %).

⁸ Растворенный N₂ ($2,1 \times 10^{-3}$). Азот другого характера не изменяет весового порядка его содержания.

⁹ Из HCO₃⁻, HPO₄²⁻, H₂S, HAsO₄²⁻.

Ne $2,7 \times 10^{-7}$

Ra $1,8 \times 10^{-12}$

Rn $9,2 \times 10^{-14} - 5,3 \times 10^{-14}$

Есть J, X, Kr, He, Ag, Br, Cr,
Cu, Sn, Ga, Ge, Ni, Pb, Zn

Орган. вещ. до $1,4 \times 10^{-8}$. Газо-
образн. углеводороды.

824. Воды, содержащие магний в господствующем комплексе, должно быть более обычны, чем это видно из списка.

Неясно, не связано ли это с примесью водозных вод?

Есть повидимому еще вода класса O—Cl—C—Na—Ca—Mg (LV) (эти данные дает минеральный источник Chateau Guyon).

Вот числа анализа.

LV. O—Cl—C—Na—Ca—Mg¹

Твердый остаток $5,9 \times 10^{-1} - 5,8 \times 10^{-1}$

Элементы

O² $4,1 \times 10^{-1} - 3,1 \times 10^{-1}$
Cl $3,0 \times 10^{-1} - 2,0 \times 10^{-1}$
C³ $1,1 \times 10^{-1} - 8,3 \times 10^{-2}$

Na $9,3 \times 10^{-2} - 7,0 \times 10^{-2}$
Ca $7,2 \times 10^{-2} - 6,4 \times 10^{-2}$
Mg $4,3 \times 10^{-2} - 3,6 \times 10^{-2}$
S⁴ $1,2 \times 10^{-2} - 1,2 \times 10^{-2}$

K $8,3 \times 10^{-3} - 7,3 \times 10^{-3}$
Si $6,1 \times 10^{-3} - 5,2 \times 10^{-3}$
H⁵ $3,0 \times 10^{-3} - 2,7 \times 10^{-3}$

Fe $3,0 \times 10^{-4} - 1,9 \times 10^{-4}$
Li $2,6 \times 10^{-4} - 1,8 \times 10^{-4}$

As $5,5 \times 10^{-5} - 3,4 \times 10^{-5}$

Есть Sn, Ag, Br, Mr, Cu, Sb, Zn, Cr, V, Ga, Ge.

825. Воды с преобладанием SO₄²⁻, с одной стороны, и, с другой, менее окисленных ионов как S₂O₃²⁻ или иеокисленных как NaHS' и HS часто резко различны. Часть вод с SO₄²⁻ образуется из менее окисленных и не окисленных сернистых вод.

Сейчас различия не могут быть выражены ясно.

¹ Подкласс CO₂?

² Из HCO₃' (до $1,9 \times 10^{-1}$ %), CO₂ (до $1,7 \times 10^{-1}$), CO₃²⁻ (до $3,2 \times 10^{-3}$), SO₄ (до $3,6 \times 10^{-2}$), SiO₂ (до $1,3 \times 10^{-2}$).

³ Из CO₃²⁻, HCO₃', CO₂.

⁴ Из SO₄²⁻.

⁵ Из HCO₃.

Следующие числа дают понятие о воде $\text{Na}-\text{O}-\text{Cl}-\text{C}-\text{S}$, богатой кальцием — с преобладанием менее окисленных ионов серы:

LVI. Na—Cl—O—C—S—(Ca)

Твердый остаток $8,2 \times 10^{-1} - 1,8 \times 10^{-1}$

Элементы

Na	$5,9 \times 10^{-1}$	$- 4,5 \times 10^{-2}$
Cl	$4,6 \times 10^{-1}$	$- 3,3 \times 10^{-2}$
O ¹	$2,1 \times 10^{-1}$	$- 5,0 \times 10^{-4}$
C ²	$1,1 \times 10^{-1}$	$- 9,5 \times 10^{-3}$
Ca	$1,0 \times 10^{-1}$	$- 7,6 \times 10^{-4}$
S ³	$8,5 \times 10^{-2}$	$- 1,4 \times 10^{-4}$
Mg	$2,2 \times 10^{-2}$	$- 2,2 \times 10^{-4}$
K	$2,2 \times 10^{-2}$	$- 3,3 \times 10^{-4}$
J	$6,0 \times 10^{-3}$	$- 8,0 \times 10^{-6}$
H ⁴	$3,8 \times 10^{-3}$	$- 1,8 \times 10^{-6}$
Si	$3,4 \times 10^{-3}$	$- 1,0 \times 10^{-4}$
Sr	$2,4 \times 10^{-3}$	$- 1,2 \times 10^{-5}$
Al	$1,1 \times 10^{-3}$	$- 2,5 \times 10^{-5}$
Br	$1,0 \times 10^{-3}$	$- 4,1 \times 10^{-5}$
N ⁵	$6,2 \times 10^{-4}$	$- 4,3 \times 10^{-5}$
Fe	$3,1 \times 10^{-4}$	$- 6,0 \times 10^{-6}$
Li	$2,3 \times 10^{-4}$	$- 1,8 \times 10^{-5}$
B ⁶	$2,1 \times 10^{-4}$	$- 1,1 \times 10^{-4}$
Ba	$1,7 \times 10^{-4}$	$- 1,9 \times 10^{-7}$
As ⁷	$5,4 \times 10^{-5}$	$- 3,2 \times 10^{-6}$
F	$2,4 \times 10^{-5}$	$- 7,0 \times 10^{-6}$
Mn	$1,8 \times 10^{-5}$	$- 3,0 \times 10^{-6}$
Zn	$6,9 \times 10^{-6}$	$- 1,6 \times 10^{-6}$
P	$4,9 \times 10^{-6}$	$- 1,3 \times 10^{-6}$
Pb	$1,0 \times 10^{-6}$?	

$$N_t = 1.3 \times 10^{-13}$$

Органическ. вещ. $3,9 \times 10^{-3} - 2,2 \times 10^{-3}$.

¹ Ионы HCO_3^- (до $1,6 \times 10^{-1} \%$), $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ (до $3,5 \times 10^{-3}$), $\text{B}_4\text{O}_7^{4-}$ (до $6,9 \times 10^{-4}$), SO_4^{2-} (до $8,2 \times 10^{-2}$), PO_4^{3-} (до $1,5 \times 10^{-5}$), AsO_4^{3-} (до $1,0 \times 10^{-4}$), мицеллы SiO_2 (до $7,3 \times 10^{-3}$), свободный CO_2 (до $1,0 \times 10^{-1} \%$). Органические вещества не учтены.

² Из HCO_3' , CO_2 . Органическое вещество не учтено.

⁸ Из SO_4^2- , S_2O_3^2- , HS^- (до $5,0 \times 10^{-3}$), H_2S (до $2,4 \times 10^{-2}$).

• Из SO_4^2- , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, HS^-

⁵ Из NH_3^+ , H_2 , H_2S . Не учтен азот газообразный, органическое вещество. Перейдет в следующую высшую декаду.

⁶ Из В.О. '

⁸ Из B_4O_7 .

826. Своеобразную группу минеральных вод представляют **борные источники**.

Пока можно различить два вида — O—Na—Cl—C—B (LVII) и Na—O—Cl—C—S—B (LVIII).

Таковы Бураханские источники в Малой Азии, в бывшем Ольтинском округе, анализированные В. Г. Хлопиным:

LVII. O—Na—Cl—C—B¹

LVIII. O—Cl—Na—S—(C)—(B)¹

Твердый остаток

$2,1 - 7,8 \times 10^{-1} \%$

$1,4\%$

Элементы

O² $1,3 - 7,3 \times 10^{-1}$

Na³ $7,2 \times 10^{-1} - 2,5 \times 10^{-1}$

Cl⁴ $5,9 \times 10^{-1} - 2,5 \times 10^{-1}$

C⁵ $2,2 \times 10^{-1} - 1,5 \times 10^{-1}$

B⁷ $5,9 \times 10^{-2} - 2,0 \times 10^{-2}$

S⁸ $1,9 \times 10^{-2} - 8,0 \times 10^{-3}$

Ca⁹ $1,5 \times 10^{-2} - 2,0 \times 10^{-3}$

K¹⁰ $1,2 \times 10^{-2}$

Mg¹¹ $4,8 \times 10^{-3} - 3,8 \times 10^{-3}$

H¹² $4,3 \times 10^{-3}$

O⁴ $3,9 \times 10^{-1}$

Cl¹³ $3,4 \times 10^{-1}$

Na⁶ $3,4 \times 10^{-1}$

S⁸ $9,7 \times 10^{-2}$

Mg¹⁴ $7,6 \times 10^{-2}$

C⁹ $4,8 \times 10^{-2}$

B⁷ $3,1 \times 10^{-2}$

Ca¹⁰ $3,0 \times 10^{-2}$

H¹² $2,0 \times 10^{-3}$

827. Из числа соленых Cl—Na вод надо отметить воды, связанные в своем происхождении с морской водой — донной и иловой. Это воды, обычно сосредоточенные в стратисфере, которые в огромном большинстве случаев окажутся водами пластовыми.

Но повидимому такие воды могут по условиям своего создания быть во многих случаях относимы к термальным источникам, принимать более высокую температуру и выходить в капельно-жидкое состояние, характеризующее восходящие воды в отличие их от пленочно-капельно-жидкой структуры пластовых вод. Во время начиナющегося процесса метаморфизаций проникающие морские осадки донные и иловые морские воды могут и должны выделяться, выпираться давлением и двигаться под влиянием напора газов, их проникающих (гл. обр. CO₂), благодаря идущему в среде метаморфизации повышению температуры, в те пустоты (трещины и т. п.), которые неизбежно образуются в тектонически нарушенных участках земной коры. Образуются особые водные жилы, т. е. минеральные источники, которые как бы выдавливаются из окружающей породы. Воды терм этого рода резко отличаются от ювенильных

¹ Должно быть подкласс CO₂?

² Из BO₂' (до $2,3 \times 10^{-1}$), SO₄" (до $5,8 \times 10^{-2}$), CO₂ (до $3,2 \times 10^{-1} \%$), CO₃" (до $2,6 \times 10^{-1}$), HCO₃' (до $2,6 \times 10^{-1} \%$).

³ Минимальное число содержит калий.

⁴ Из BO₂' ($1,2 \times 10^{-1} \%$), SO₄" ($2,9 \times 10^{-1}$), HCO₃' и CO₂ до $1,2 \times 10^{-1} \%$.

⁵ Из HCO₃', CO₃" и CO₂.

⁶ Содержит калий.

⁷ Из BO₂'. Комплексы бора (ионные) могут быть меньше, если их исчислять иначе, напр. B₄O₇" вместо BO₂'.

⁸ Из SO₄'.

⁹ Из CO₃" и HCO₃'.

¹⁰ Из HCO₃'.

или фреатических источников, связанных с перегонкой воды застывающих магматических очагов. Они, вероятно, очень распространены в стратосфере и являются одной из частей общего механизма метаморфизации — механизма, совершенно неизученного.

Я вернусь во второй части еще раз к обсуждению этого явления, здесь же отмечу имеющиеся анализы восходящих минеральных источников, которые вероятно должны быть обособлены от обычных минеральных источников при дальнейшем изучении.

Такие воды изучены, например, в Швеции (О. Гофман — Банг, 1905). Следующий анализ соляного источника Торпа в Западной Готландии Берлина (1862) дает о них понятие нам:

LIX. Cl—Na

Остаток 1,26 — 1,5%

Элементы

Cl	$6,9 \times 10^{-1}$ — $9,0 \times 10^{-1}$
Na	$4,3 \times 10^{-1}$ — $5,1 \times 10^{-1}$
O ¹	$6,1 \times 10^{-2}$ — $2,1 \times 10^{-2}$
Mg	$3,6 \times 10^{-2}$ — $3,9 \times 10^{-2}$
C ²	$1,4 \times 10^{-2}$ — $4,7 \times 10^{-3}$
K	$1,0 \times 10^{-2}$ — $1,3 \times 10^{-2}$
Ca	$8,8 \times 10^{-3}$ — $8,7 \times 10^{-3}$
Si	$2,2 \times 10^{-3}$
Br	$2,2 \times 10^{-3}$ — $1,9 \times 10^{-3}$
J	$1,4 \times 10^{-3}$ — $6,9 \times 10^{-4}$
N ³	$1,4 \times 10^{-3}$
S ⁴	$8,8 \times 10^{-4}$
Li	$5,6 \times 10^{-4}$
Fe	$4,2 \times 10^{-4}$ — $4,9 \times 10^{-5}$
H ⁵	$4,0 \times 10^{-4}$
P	$1,2 \times 10^{-4}$

В этой воде характерно вторичное — очевидно — удаление серы в виде H_2S , характерное для многих „ископаемых“ напорных вод. Очень характерно богатство аммонием.

828. Следующее подсемейство образуют минеральные солевые источники, не содержащие хлора в числе господствующих компонентов, но содержащие серу в виде ионов $\text{SO}_4^{\prime\prime}$, $\text{S}_2\text{O}_3^{\prime\prime}$, $\text{HS}^{\prime\prime}$.

Сюда принадлежат следующие виды вод минеральных источников (располагаю их по числу характерных компонентов):

19. O — Na — S — есть переход в (6)
20. O — S — Ca — • — • — (12)
21. O — S — Al
22. O — S — Fe
23. O — S — Na — Mg
24. O — Ca — S — Mg

1 Из $\text{CO}_3^{\prime\prime}$ ($7,0 \times 10^{-3}\%$). CO_2 не принята во внимание. Органические вещества тоже.
Из $\text{SO}_4^{\prime\prime}$ (до $2,7 \times 10^{-3}\%$).

2 Из $\text{CO}_3^{\prime\prime}$. CO_2 и органические вещества не учтены.

3 Из NH_4Cl (до $5,3 \times 10^{-3}\%$). N_2 не учтен.

4 Из $\text{SO}_4^{\prime\prime}$.

5 Из NH_4Cl . Органические вещества не учтены.

25. O — S — N — H
26. O — S — (Al) — (H)
27. O — S — Al — Si?
28. O — Na — C — (S)?
29. O — C — Ca — S
30. O — Ca — S — N
31. O — C — Fe — S
32. O — S — N — B — H
33. O — Na — Ca — C — S
34. O — H — Ca — Fe — S
35. O — S — Na — Ca — Al
36. O — S — Al — Ca — Fe
37. O — C — S — Mg — Ca — есть переход в № 38
38. O — S — Mg — Na — Ca — Fe
39. O — C — S — Mg — Ca — Na?

829. Следующие числа дают понятие о составе этих вод (в %):

LX. O — Na — S

LXI. O — S — Ca ¹

Твердый остаток:

$$1,2 - 1,3 \times 10^{-1}$$

$$2,7 \times 10^{-1} - 1,3 \times 10^{-1}$$

Элементы

O ²	$6,7 \times 10^{-1} - 4,7 \times 10^{-3}$	O ³	$1,7 \times 10^{-1} - 7,7 \times 10^{-2}$
Cl	$4,3 \times 10^{-1} - 1,0 \times 10^{-4}$	Ca	$7,3 \times 10^{-2} - 2,3 \times 10^{-2}$
Na	$3,3 \times 10^{-1} - 2,0 \times 10^{-3}$	Na	$3,5 \times 10^{-2} - 1,6 \times 10^{-4}$
S ⁴	$2,5 \times 10^{-1} - 1,4 \times 10^{-3}$	C ⁶	$3,2 \times 10^{-2} - 6,5 \times 10^{-4}$
Ca	$5,8 \times 10^{-2} - 2,2 \times 10^{-3}$	S ⁵	$9,5 \times 10^{-2} - 3,2 \times 10^{-2}$
C ⁶	$4,5 \times 10^{-2} - 1,2 \times 10^{-3}$	Ca	$7,3 \times 10^{-2} - 2,3 \times 10^{-2}$
Mg	$4,8 \times 10^{-2} - 7,8 \times 10^{-4}$	Na	$3,5 \times 10^{-2} - 1,6 \times 10^{-4}$
Si ⁷	$2,1 \times 10^{-2} - 1,4 \times 10^{-4}$	C ⁶	$3,2 \times 10^{-2} - 6,5 \times 10^{-4}$
K	$7,5 \times 10^{-3} - 1,6 \times 10^{-4}$	Cl	$2,4 \times 10^{-2} - 4,2 \times 10^{-4}$ (сл.)
Al	$4,6 \times 10^{-3} - 1,0 \times 10^{-5}$	Mg	$1,5 \times 10^{-2} - 6,0 \times 10^{-4}$
H ⁸	$3,7 \times 10^{-3} - 9,0 \times 10^{-5}$	Al	$6,6 \times 10^{-3} - 4,2 \times 10^{-5}$ (сл.)
Fe	$3,0 \times 10^{-3} - 3,9 \times 10^{-6}$	Fe	$3,0 \times 10^{-3} - 2,6 \times 10^{-5}$ (сл.)
Li	$1,1 \times 10^{-3} - 1,3 \times 10^{-5}$	Si ⁷	$2,4 \times 10^{-3} - 1,9 \times 10^{-4}$
N ⁹	$1,0 \times 10^{-3} - ?$	K	$1,3 \times 10^{-3} - 1,7 \times 10^{-4}$
		H ¹⁰	$1,1 \times 10^{-3} - 1,1 \times 10^{-5}$

¹ Может быть, есть переход в Ca — S — O — Na — Cl. Есть натровые разности.

² SO₄'' (до $7,3 \times 10^{-1}$ %), HCO₃' (до $2,0 \times 10^{-1}$ %), SiO₂ (до $4,4 \times 10^{-2}$ %), CO₂ (до $2,2 \times 10^{-2}$ %), B₄O₇' (до $2,6 \times 10^{-3}$ %), AsO₄''' (до $4,4 \times 10^{-1}$ %), орган. вещ. (до $4,0 \times 10^{-2}$ %), NO₃' (до $1,1 \times 10^{-4}$ %), PO₄''' (до $5,4 \times 10^{-5}$ %).

³ SO₄'' (до $1,3 \times 10^{-1}$ %), HCO₃' (до $6,8 \times 10^{-2}$ %), SiO₂ (до $3,1 \times 10^{-3}$ %), CO₂ (до $2,5 \times 10^{-2}$ %), CO₃'' (до $1,2 \times 10^{-1}$ %), NO₃' (до $6,8 \times 10^{-4}$ %).

⁴ Из SO₄'' · H₂S (до $2,6 \times 10^{-3}$ %), HS (до $3,2 \times 10^{-3}$ %), SO₃ (до $2,2 \times 10^{-3}$ %).

⁵ Из SO₄'' · H₂S (до $2,5 \times 10^{-3}$ %), HS' (до $3,5 \times 10^{-3}$ %).

⁶ Из HCO₃', своб. CO₂.

⁷ Из SiO₂.

⁸ Из HCO₃' · H₂S, HS', орг. вещ. NH₄⁺ (до $1,3 \times 10^{-4}$ %).

⁹ Из NH₄⁺, орг. вещ., NO₃'. Азот газообразный не принят во внимание. Повысит коэффициент.

¹⁰ Из NH₄⁺ (до $1,3 \times 10^{-4}$ %), H₂S, HCO₃', HS'.

Mn	$9,5 \times 10^{-4}$ — $5,0 \times 10^{-5}$	Sr	$8,4 \times 10^{-4}$ — $1,0 \times 10^{-4}$
B ¹	$7,3 \times 10^{-4}$	Br	$1,9 \times 10^{-4}$ — $2,4 \times 10^{-5}$
Sr	$5,7 \times 10^{-4}$ — $4,1 \times 10^{-6}$	N ²	$1,8 \times 10^{-4}$ — $3,9 \times 10^{-5}$
As ³	$2,4 \times 10^{-4}$ — $7,1 \times 10^{-6}$	B	$1,3 \times 10^{-1}$ — $1,3 \times 10^{-5}$
F	$1,6 \times 10^{-4}$?	Li	$3,1 \times 10^{-5}$ — $6,0 \times 10^{-6}$
Br	$1,2 \times 10^{-4}$	Mn	$2,9 \times 10^{-5}$ — $2,0 \times 10^{-6}$
J	$6,2 \times 10^{-5}$	P	$1,1 \times 10^{-5}$ — $1,5 \times 10^{-6}$
P	$1,8 \times 10^{-5}$	As	$4,2 \times 10^{-6}$ — $4,1 \times 10^{-6}$
Rb	$8,0 \times 10^{-6}$	J	$3,3 \times 10^{-6}$ — $1,8 \times 10^{-6}$

Rn $1,4 \times 10^{-12}$ — $8,0 \times 10^{-13}$

Есть Ba, NH₄, P

Органич. вещ. $1,3 \times 10^{-2}$

Свободно выделяющиеся газы (в объемных %):

1. N₂ — CO₂

N ₂	87,0
CO ₂	13,1

830. Воды (LXII — LXIII) являются сульфатными водами алюминия и железа — квасцовыми водами.

Характерной особенностью этих вод, не всегда учитываемой, является равновесие между ионами Fe⁺⁺⁺ и Fe⁺⁺, при чем алюминий, заменяющий в твердых продуктах Fe⁺⁺⁺, в виде иона Al⁺⁺⁺ (едва ли часто коллоид) дает преобладание иону Fe⁺⁺. Наблюдались отношения между

Fe⁺⁺⁺:Fe⁺⁺ в пределах от 21 до 1,4

Сульфатоалюминиевые воды O — S — Al требуют проверки, как самостоятельный вид. Следующие числа дают понятие о химическом составе (в %):

LXII. O — S — Al⁴

LXIII. O — S — Fe⁵

Твердый остаток:

$3,3 \times 10^{-1}$ — $1,4 \times 10^{-2}$ ⁶

$2,7$ — $1,1 \times 10^{-1}$

¹ Из B₄O₇'

² Из NH₄⁺ и NO₃'. Газообразный азот не учтен. Он передвинет азот в декаду 10⁻³ %.

³ AsO₄".

⁴ Есть подкласс CO₂ — N₂ (в весовом %): CO₂ — $1,0 \times 10^{-2}$ — $9,5 \times 10^{-3}$

N₂ — $2,2 \times 10^{-3}$ — $1,8 \times 10^{-3}$

O₂ — $9,4 \times 10^{-4}$ — $8,3 \times 10^{-4}$

Есть разности богатые кремнием, т. е. O — S — Al — Si.

⁵ Есть переходы в пресные воды. Большое количество свободной H₂SO₄ (до $3,1 \times 10^{-1}$ % и больше) заставляет относить их к виду O — S — Fe — (H). Fe всегда преобладает.

⁶ Не принята во внимание H₂SO₄.

Элементы:

	O ¹	$1,2 - 3,9 \times 10^{-2}$	
O ²	$1,8 \times 10^{-1} - 5,4 \times 10^{-2}$	S ³	$6,0 \times 10^{-1} - 2,0 \times 10^{-2}$
		Fe ⁴	$5,9 \times 10^{-1} - 1,7 \times 10^{-2}$
S ⁵	$7,7 \times 10^{-2} - 2,5 \times 10^{-2}$	Na	$9,6 \times 10^{-2} - 1,8 \times 10^{-4}$
Al	$4,7 \times 10^{-2} - 7,9 \times 10^{-3}$	Ca	$5,5 \times 10^{-2} - 5,1 \times 10^{-3}$
Ca	$1,7 \times 10^{-2} - 9,4 \times 10^{-4}$	Al	$2,5 \times 10^{-2} - 2,0 \times 10^{-4}$ (0)
Fe	$1,3 \times 10^{-2} - 2,0 \times 10^{-3}$	Zn	$1,3 \times 10^{-2} - 4,9 \times 10^{-4}$
Si ⁷	$1,4 \times 10^{-2} - 2,6 \times 10^{-4}$		
As	$1,1 \times 10^{-2} - 1,5 \times 10^{-4}$		
Mg	$9,6 \times 10^{-3} - 2,6 \times 10^{-4}$	H	$6,0 \times 10^{-3}$
Mn	$8,9 \times 10^{-3} - 2,0 \times 10^{-4}$	N ⁶	$3,6 \times 10^{-3} - 4,5 \times 10^{-5}$
Cl	$7,0 \times 10^{-3} - 4,1 \times 10^{-5}$	Si	$5,6 \times 10^{-3} - 2,0 \times 10^{-3}$
Ni	$6,8 \times 10^{-3} - 2,3 \times 10^{-5}$		
Cu	$5,6 \times 10^{-3} - 7,8 \times 10^{-5}$		
C ⁸	$4,1 \times 10^{-3} - 1,3 \times 10^{-10}$		
P ⁹	$3,7 \times 10^{-3} - 2,6 \times 10^{-4}$ (сл.)		
H ¹⁰	$3,4 \times 10^{-3} - 9,5 \times 10^{-5}$		
K	$2,5 \times 10^{-3} - 1,4 \times 10^{-4}$		
N ¹¹	$2,3 \times 10^{-3} - 9,8 \times 10^{-5}$		
Co	$1,4 \times 10^{-3} - 1,7 \times 10^{-5}$		
J	$6,1 \times 10^{-4} - 2,4 \times 10^{-4}$		
Pb	$1,3 \times 10^{-4}$		
Na	$2,3 \times 10^{-4} - 1,6 \times 10^{-4}$		
Zn	$1,9 \times 10^{-4} - 1,8 \times 10^{-4}$		
Br	$3,2 \times 10^{-5} - 4,4 \times 10^{-6}$		
Li	$2,2 \times 10^{-5} - 2,2 \times 10^{-6}$		
P	$4,1 \times 10^{-6} - 4,0 \times 10^{-6}$		

Есть F.

Орг. вещ. $2,2 \times 10^{-3}$

Муравьиная, пропионовая кислоты — сл.

Смолистые вещества — $2,0 \times 10^{-3} - 2,7 \times 10^{-4}$ Гуминовые вещества — $1,9 \times 10^{-3} - 1,7 \times 10^{-3}$

¹ Из $\text{SO}_4^{''}$ (до 1,8%), $\text{CO}_3^{'}$ (до $1,5 \times 10^{-2}$ %), HCO_3' (до $4,1 \times 10^{-3}$ %), SiO_2 (до 1,2 $\times 10^{-2}$ %), $\text{PO}_4^{'''}$ (до $1,2 \times 10^{-2}$ %), орган. вещ. (до $1,1 \times 10^{-2}$ %), CO_2 (до $4,1 \times 10^{-2}$ %), NO_3 (до $1,6 \times 10^{-3}$ %), H_2SO_4 (до $2,0 \times 10^{-3}$ %).

² Из $\text{SO}_4^{''}$ ($2,3 \times 10^{-1}$ %), SiO_2 ($4,2 \times 10^{-3}$ %).

³ Из $\text{SO}_4^{''}$.

⁴ Для $\text{Fe}^{++}: \text{Fe}^{++} = 4,1 \times 10^{-3}: 8,6 \times 10^{-2}$ (Roncogno), $5,6 \times 10^{-2}: 7,8 \times 10^{-2}$ (Sulfur mine).

⁵ Из $\text{SO}_4^{''}$.

⁶ Из NO_3' .

⁷ Из SiO_2 .

⁸ Из HCO_3' . Орган. вещ. не учтено. Из CO_2 .

⁹ Из $\text{PO}_4^{'''}$.

¹⁰ Из NH_4^+ , HCO_3' , HSO_4' .

¹¹ Из NH_4^+ (до $3,0 \times 10^{-2}$ %).

831. Следующие воды — более сложные — характеризуются четырьмя господствующими компонентами.

Таковы:

LXIV. O — S — Na — Mg¹

LXV. O — Ca — S — Mg

Твердый остаток

$$4,2 - 4,4 \times 10^{-1} \%$$

$$3,7 \times 10^{-1} - 1,3 \times 10^{-1} \%$$

Элементы (в %)

$$\text{O}^2: 2,8 - 1,5 \times 10^{-1}$$

$$\text{S}^3: 1,3 - 3,2 \times 10^{-1}$$

$$\text{Na}: 8,2 \times 10^{-1} - 5,5 \times 10^{-2}$$

$$\text{Mg}: 5,4 \times 10^{-1} - 4,4 \times 10^{-2}$$

$$\text{Cl}: 1,8 \times 10^{-1} - 1,0 \times 10^{-2}$$

$$\text{N}: 6,7 \times 10^{-2}$$

$$\text{Ca}: 4,6 \times 10^{-2} - 1,4 \times 10^{-2}$$

$$\text{C}^6: 3,4 \times 10^{-2} - 4,8 \times 10^{-3}$$

$$\text{K}: 2,4 \times 10^{-2} - 3,4 \times 10^{-4}$$

$$\text{Fe}: 6,2 \times 10^{-3} - 2,0 \times 10^{-5}$$

$$\text{Si}^8: 5,5 \times 10^{-3} - 5,2 \times 10^{-5}$$

$$\text{Li}: 2,5 \times 10^{-3} - ?$$

$$\text{H}^{10}: 1,9 \times 10^{-3} - 3,1 \times 10^{-4}$$

$$\text{Al}: 1,3 \times 10^{-3} - 7,2 \times 10^{-5}$$

$$1,2 \times 10^{-3} - ?$$

$$\text{P}: 7,8 \times 10^{-4} - 6,5 \times 10^{-6}$$

$$\text{Be}: 6,6 \times 10^{-4} - ?$$

$$\text{Mn}: 6,4 \times 10^{-4}$$

$$\text{J}: 4,6 \times 10^{-4} - 5,0 \times 10^{-5}$$

$$\text{O}^4: 2,3 \times 10^{-1} - 7,5 \times 10^{-2}$$

$$\text{Ca}: 6,6 \times 10 - 1,9 \times 10^{-2}$$

$$\text{S}^5: 5,8 \times 10^{-2} - 3,2 \times 10^{-2}$$

$$\text{Mg}: 1,7 \times 10^{-2} - 3,2 \times 10^{-3}$$

$$\text{C}^7: 1,7 \times 10^{-2} - 6,8 \times 10^{-3}$$

$$\text{Cl}: 1,0 \times 10^{-2} - 9,0 \times 10^{-4}$$

$$\text{Na}: 9,9 \times 10^{-3} - 3,9 \times 10^{-4}$$

$$\text{K}: 2,7 \times 10^{-3} - 4,5 \times 10^{-4}$$

$$\text{N}^9: 2,0 \times 10^{-3} - 1,8 \times 10^{-3}$$

$$\text{Si}: 1,9 \times 10^{-3} - 5,6 \times 10^{-4}$$

$$\text{H}^{11}: 8,7 \times 10^{-4} - 2,2 \times 10^{-5}$$

$$\text{Sr}: 6,0 \times 10^{-4}$$

$$\text{Al}: 1,4 \times 10^{-4} - 3,4 \times 10^{-5}$$

$$\text{Fe}: 5,2 \times 10^{-5} - 1,3 \times 10^{-5}$$

$$\text{Li}: 2,5 \times 10^{-5} - 2,1 \times 10^{-6}$$

$$\text{Be}: 2,4 \times 10^{-5}$$

$$\text{B}: 1,8 \times 10^{-5}$$

$$\text{P}: 6,2 \times 10^{-6}$$

$$\text{J}: 3,3 \times 10^{-6}$$

$$\text{Mn}: 2,0 \times 10^{-6}$$

$$\text{Rn}: 6,6 \times 10^{-17} - 1,1 \times 10^{-17}$$

¹ Есть разности, более богатые или Mg или Na, т. е. O — S — Na — Mg и O — S — Mg — Na. Иногда кальция много.

² SO₄²⁻ (до 2,0%), HCO₃⁻ (до 1,1 × 10⁻¹ %), своб. CO₂ (до 3,9 × 10⁻² %), SiO₂ (до 5,6 × 10⁻³ %), PO₄³⁻ (до 2,4 × 10⁻³ %), NO₃ (до 2,9 × 10⁻¹ %).

³ Из SO₄²⁻.

⁴ Из SO₄²⁻ (до 1,5 × 10⁻¹ %), CO₃²⁻ (до 5,5 × 10⁻² %), своб. CO₂ (до 3,7 × 10⁻⁴ %), S₂O₃²⁻ (до 2,3 × 10⁻⁴ %), SiO₂ (до 1,9 × 10⁻³ %).

⁵ Из SO₄²⁻, H₂S (до 7,9 × 10⁻³ %), S₂O₃²⁻·HS (до 8,0 × 10⁻⁴ %).

⁶ Из HCO₃⁻, CO₂. Органич. вещ. не учтено.

⁷ Из CO₃²⁻, CO₂, CH₄.

⁸ Из SiO₂.

⁹ Неполное определение. Порядок не изменится.

¹⁰ Из HCO₃⁻. Органич. вещ. не учтено.

¹¹ Из H₂S, CH₄.

832. Следующие цифры характеризуют (в весовых %) мало изученные минеральные воды (LXVII) и (LXVI). Принадлежность их к восходящим минеральным водам требует проверки.

LXVI. O—S—N—H

LXVII. O—S—(Al)—(H)

Твердый остаток

$$3,1 \times 10^{-1} - 1,2 \times 10^{-1} \%$$

$$7,6 \times 10^{-1} - 2,8 \times 10^{-1}$$

Элементы

O ¹	$1,7 \times 10^{-1} - 6,1 \times 10^{-2}$	O ²	$4,0 \times 10^{-1} - 2,2 \times 10^{-1}$
S ³	$7,9 \times 10^{-2} - 2,9 \times 10^{-2}$	S ³	$1,9 \times 10^{-1} - 8,2 \times 10^{-2}$
N ⁶	$6,1 \times 10^{-2} - 1,4 \times 10^{-2}$	Cl ⁵	$8,6 \times 10^{-2} - 4,1 \times 10^{-2}$
Ca	$2,1 \times 10^{-2} - 4,1 \times 10^{-3}$	Al	$4,7 \times 10^{-2} - 2,1 \times 10^{-2}$
H ⁷	$1,8 \times 10^{-2} - 5,1 \times 10^{-3}$	Na	$2,7 \times 10^{-2} - 4,4 \times 10^{-3}$
Fe	$1,2 \times 10^{-2} - 4,5 \times 10^{-3}$	Mg	$1,9 \times 10^{-2} - 9,2 \times 10^{-4}$
Si	$1,2 \times 10^{-2} - 4,3 \times 10^{-3}$	Fe	$1,7 \times 10^{-2} - 4,6 \times 10^{-3}$
Al	$3,6 \times 10^{-3} - 3,3 \times 10^{-4}$	Si	$8,4 \times 10^{-3} - 5,1 \times 10^{-3}$
Mg	$3,2 \times 10^{-3} - 4,0 \times 10^{-4}$	H ⁸	$7,4 \times 10^{-3} - 2,9 \times 10^{-3}$
C ⁹	$1,8 \times 10^{-3}$	K	$2,7 \times 10^{-3}$
B	$1,6 \times 10^{-3}$		
Na	$1,0 \times 10^{-3}$		
K	$8,2 \times 10^{-4} - 1,4 \times 10^{-4}$	N ¹⁰	$1,5 \times 10^{-4}$
Cl	$5,9 \times 10^{-4} - 1,8 \times 10^{-4}$		
Ni	$8,0 \times 10^{-5}$		
Li	$3,5 \times 10^{-5}$		
Mn	$1,6 \times 10^{-5}$		

833. Из двух следующих вод, вода (LXVIII) — O—Na—C—S обычно бедна серой, хотя сульфатный ион попадает в ту же декаду, куда попадает Na и C. Это — разность обычной воды O—C—Na (§ 839). Есть разности, богатые Cl, т. е. переходящие в вид Cl—Na—O—C—S.

Вот числа (в %):

LXVIII. O—Na—C—(S)¹¹LXIX. O—C—Ca—S¹²

¹ Из $\text{SO}_4^{''}$ ($2,3 \times 10^{-1}$), H_3BO_3 ($9,2 \times 10^{-3}$), SiO_2 ($9,2 \times 10^{-3}$), своб. CO_2 (до $6,5 \times 10^{-3}$ %), H_2SO_4 ($4,4 \times 10^{-3}$).

² Из H_2SO_4 (до $3,0 \times 10^{-1}$), $\text{SO}_4^{''}$ ($2,8 \times 10^{-1}$), SiO_2 (до $1,8 \times 10^{-2}$), HNO_3 (до $6,6 \times 10^{-4}$).

³ Из H_2SO_4 , $\text{SO}_4^{''}$.

⁴ Из $\text{SO}_4^{''}$, H_2SO_4 , H_2S (до $5,0 \times 10^{-4}$ %).

⁵ Из Cl и HCl (до $4,6 \times 10^{-2}$ %).

⁶ Из NH_4^+ ($7,8 \times 10^{-2}$). Азот в растворе не принят во внимание. Не изменит порядка.

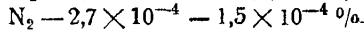
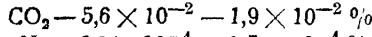
⁷ Из HN_4^+ , H_3BO_3 , H_2SO_4 , H_2S , HCl (до $6,1 \times 10^{-4}$):

⁸ Из H_2O_4 , HCl.

⁹ Из CO_2 .

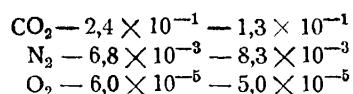
¹⁰ Из HNO_3 . N_2 не принят во внимание.

¹¹ Сера всегда в виде иона $\text{SO}_4^{''}$. Определен углекислый подкласс CO_3 :



Твердый остаток

$1,2 - 1,1 \times 10^{-1}$	$4,6 \times 10^{-1} - 2,3 \times 10^{-1} \text{ \%}$
Элементы	
O ¹	$6,9 \times 10^{-1} - 4,0 \times 10^{-2}$
Na	$1,8 \times 10^{-1} - 1,4 \times 10^{-3}$
C ³	$1,7 \times 10^{-1} - 4,8 \times 10^{-3}$
Ca	$8,9 \times 10^{-2} - 3,1 \times 10^{-3}$
Cl	$6,8 \times 10^{-2} - 2,6 \times 10^{-4}$
Mg	$6,4 \times 10^{-2} - 4,2 \times 10^{-4}$ (сп.)
S ⁶	$6,1 \times 10^{-2} - 8,2 \times 10^{-3}$
K	$1,2 \times 10^{-2} - 4,1 \times 10^{-4}$
H ⁷	$8,3 \times 10^{-3} - 9,6 \times 10^{-6}$
Fe	$4,4 \times 10^{-3} - 3,1 \times 10^{-6}$
Si ⁸	$3,5 \times 10^{-3} - 5,2 \times 10^{-4}$
N ⁹	$2,0 \times 10^{-3} - 2,3 \times 10^{-5}$
Sr	$1,3 \times 10^{-3} - 2,0 \times 10^{-5}$
Al	$3,5 \times 10^{-4} - 7,0 \times 10^{-5}$
B	$2,6 \times 10^{-4} - 3,7 \times 10^{-6}$
Mn	$2,5 \times 10^{-4} - 8,1 \times 10^{-6}$
Li	$2,2 \times 10^{-4} - 2,1 \times 10^{-6}$
F	$2,3 \times 10^{-4} - 2,0 \times 10^{-5}$
P	$9,8 \times 10^{-5} - 2,9 \times 10^{-6}$
Br	$5,0 \times 10^{-5} - 1,0 \times 10^{-5}$
Ba	$2,0 \times 10^{-5}$
J	$1,0 \times 10^{-5} - 8,0 \times 10^{-7}$
As	$7,5 \times 10^{-6}$
	$8,8 \times 10^{-6} - 3,9 \times 10^{-6}$
• • • • •	

¹² Есть источники углекислые: CO₂Есть H₂S, CH₄.

¹ Из HCO₃' (до $5,0 \times 10^{-1} \text{ \%}$), CO₃'' (до $2,4 \times 10^{-1} \text{ \%}$), CO₂ (до $1,4 \times 10^{-1} \text{ \%}$), SO₄'' (до $1,7 \times 10^{-1} \text{ \%}$), орган. вещ. (до $3,9 \times 10^{-1} \text{ \%}$), NO₃' (до $8,1 \times 10^{-3} \text{ \%}$), SiO₂ (до $7,4 \times 10^{-3} \text{ \%}$), CO₃ (до $4,6 \times 10^{-3} \text{ \%}$), B₄O₇' (до $9,1 \times 10^{-4} \text{ \%}$), PO₄'' (до $3,0 \times 10^{-4} \text{ \%}$), HAsO₄' (до $1,6 \times 10^{-5} \text{ \%}$).

² Из CO₂ (до $1,5 \times 10^{-1} \text{ \%}$), CO₃'' (до $5,5 \times 10^{-2} \text{ \%}$), HCO₃' (до $1,4 \times 10^{-1} \text{ \%}$), S₂O₃' ($1,8 \times 10^{-4} \text{ \%}$), SO₄'' ($7,6 \times 10^{-3} \text{ \%}$), SiO₂ (до $1,9 \times 10^{-1} \text{ \%}$), PO₄ (до $9,4 \times 10^{-6} \text{ \%}$), O₂ (до $6,0 \times 10^{-5} \text{ \%}$).

³ Из HCO₃', CO₂, орган. вещ., COS.⁴ Из CO₃''', CO₂ (до $1,5 \times 10^{-1} \text{ \%}$).⁵ Из SO₄''', SO₃, S₂O₃, H₂S, HS.⁶ Из орган. вещ. SO₄'''', COS, HS' (до $2,1 \times 10^{-3} \text{ \%}$).⁷ Из HCO₃', орган. вещ., HS'.⁸ Из SiO₂.⁹ Из NO₃', NH₄⁺. Растворенный азот не учтен — изменит (повысит) коэффициент.¹⁰ Из NH₄⁺, HCO₃', HPO₄', H₂SiO₃. Органич. вещество не учтено.¹¹ Есть источники углекислые: CO₂

Есть Br, J,
CH₄, O₂

Орган. вещ. $3,9 \times 10^{-2}$ — $6,0 \times 10^{-5}$ Есть орган. вещ.

Свободно выделяющиеся газы (в объемных %)

1. CO₂

CO₂ — 99,7 — 92,3

N₂ — 7,8 — 3,0 $\times 10^{-1}$
O₂ — $1,4 \times 10^{-1}$ — $1,8 \times 10^{-1}$

2. CO₂ — H₂

CO₂ — 82,0

N₂ — 17,5
O₂ — 5×10^{-1}

1. N₂ — CO₂

N₂ — 87,0

CO₂ — 13,0
CH₄ — сл.
O₂ — $1,0 \times 10^{-2}$

2. CO₂

CO₂ — 99,7 — 95,8

N₂ — 4,2 — 3,5 $\times 10^{-1}$
CH₄ — $6,0 \times 10^{-3}$ — $3,0 \times 10^{-3}$
O₂ — $1,0 \times 10^{-2}$

3. N₂ — CO₂

N₂ 81,0
CO₂ 16,9

H₂S 2,1
O₂ 0

4. N₂

N₂ 97,4
CH₄ 1,8
CO₂ $4,0 \times 10^{-1}$
O₂ $3,7 \times 10^{-1}$
H₂S $6,0 \times 10^{-2}$

3. CO₂ — N₂

CO₂ 93,6
N₂ 6,2
CH₄ $1,3 \times 10^{-1}$
O₂ $1,3 \times 10^{-1}$
Есть H₂S.

833A. Есть воды купоросные, железные, богатые углекислотой, как напр., воды Карелии состава:



Как пример можно привести воду у дер. Дворца близ Кончозера (справочник Карелии 1933).



Твердый остаток $1,98 \times 10^{-1}$

Элементы

O¹ $4,6 \times 10^{-2}$ Cl $2,6 \times 10^{-3}$
C² $1,4 \times 10^{-2}$ Ca $2,3 \times 10^{-3}$

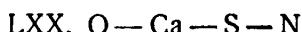
Fe³ $5,8 \times 10^{-3}$ Si⁵ $1,3 \times 10^{-3}$
Na $5,5 \times 10^{-3}$
S⁴ $3,6 \times 10^{-3}$ Лед $1,2 \times 10^{-3}$

Fe $3,0 \times 10^{-4}$
K $2,6 \times 10^{-4}$

Есть Mn

834. Своеобразная богатая NO'₃ вода (LXX) может быть не является минеральным источником, а связана с пластовыми водами. Следующая вода (LXXI) открывает ряд более сложных вод с пятью господствующими компонентами.

Вот числа:



¹ Из SO₄'' $1,1 \times 10^{-2}$, SiO₂ — $2,7 \times 10^{-3}$, CO₂ — $5,1 \times 10^{-2}$.

² Из CO₂.

³ Всего Fe — $6,1 \times 10^{-3}$.

⁴ Из SO₄''.

⁵ Из SiO₂.

Твердый остаток

 $1,2 \times 10^{-1} \%$ $1,9 \%$

Элементы

	O ¹	1,0	
	S ²	$3,0 \times 10^{-1}$	
	N ³	$2,4 \times 10^{-1}$	
O ⁴	$6,1 \times 10^{-2}$	B ⁵	$9,7 \times 10^{-2}$
Ca	$1,9 \times 10^{-2}$	H ⁶	$9,3 \times 10^{-2}$
S ⁷	$1,2 \times 10^{-2}$	Mg	$3,7 \times 10^{-2}$
		K	$1,9 \times 10^{-2}$
		Na	$1,7 \times 10^{-2}$
N ⁸	$9,7 \times 10^{-3}$	Cl	$7,2 \times 10^{-3}$
Cl	$6,6 \times 10^{-3}$	Ca	$2,0 \times 10^{-3}$
Mg	62×10^{-3}		
Na	$4,2 \times 10^{-3}$		
Si	$1,5 \times 10^{-3}$		
K	$8,2 \times 10^{-4}$		
C ⁹	$6,2 \times 10^{-4}$		
Mn	$7,2 \times 10^{-5}$		
Fe	$7,2 \times 10^{-5}$		

835. Состав следующих минеральных вод (LXXII) и (LXXIII) выражается следующими числами анализов (в весовых %):

LXXII. O—Na—Ca—C—(S)¹⁰ LXXIII. O—S—Na—Ca—(Al)

Твердый остаток

 $4,4 \times 10^{-1} — 1,3 \times 10^{-1}$ $5,9 \times 10^{-1}$

Элементы

O ¹¹	$4,0 \times 10^{-1} — 2,9 \times 10^{-2}$	O ¹²	$2,4 \times 10^{-1}$
		S ¹³	$1,2 \times 10^{-1}$

¹ Из SO₄²⁻ ($9,1 \times 10^{-1}$), H₃BO₃ ($5,0 \times 10^{-1}$), BO₄ ($5,9 \times 10^{-2}$).

² Из SO₄²⁻.

³ Из NH₄⁺ ($3,1 \times 10^{-1}$). Растворенный азот не изменит этого числа (10^{-3} ?).

⁴ Из NO₃⁻ (до $4,3 \times 10^{-2} \%$), CO₃²⁻ ($3,1 \times 10^{-3} \%$), SiO₂ ($3,1 \times 10^{-3}$), SO₄²⁻.

⁵ Из H₃BO₃.

⁶ Из H₃BO₃, NH₄⁺.

⁷ Из SO₄²⁻.

⁸ Из NO₃⁻. Азот растворенный не принят во внимание. Передвинет в декаду $10^{-2} \%$.

⁹ Из CO₃²⁻.

¹⁰ Есть углекислый подкласс: CO₂

 $\text{CO}_2 — 2,3 \times 10 — 1,4 \times 10^{-1} \%$
 $\text{N}_2 — 4,6 \times 10 — 4,0 \times 10^{-5} \%$
 $\text{O}_2 — 3,0 \times 10^{-6} \%$

Есть разности, где преобладает Na, и такие, где преобладает Ca.

¹¹ Из SO₄²⁻ (до $8,9 \times 10^{-2} \%$), HCO₃⁻ (до $1,9 \times 10^{-1} \%$), SiO₂ (до $3,3 \times 10^{-3} \%$), CO₂ (до $1,4 \times 10^{-1} \%$), H₂SiO₃ (до $3,4 \times 10^{-2} \%$).

¹² Из SO₄²⁻ (до $3,5 \times 10^{-1} \%$), SiO₂ ($7,7 \times 10^{-3} \%$).

¹³ Из SO₄²⁻, H₂S, HS⁺.

C ¹	$9,8 \times 10^{-2}$ — $3,8 \times 10^{-4}$	Na	$4,6 \times 10^{-2}$
Na	$6,2 \times 10^{-2}$ — $2,8 \times 10^{-2}$	Ca	$4,1 \times 10^{-2}$
Ca	$5,5 \times 10^{-2}$ — $1,5 \times 10^{-2}$	Al	$3,0 \times 10^{-2}$
S ²	$3,7 \times 10^{-2}$ — $5,0 \times 10^{-3}$	Cl	$2,8 \times 10^{-2}$
Cl	$3,2 \times 10^{-2}$ — $2,6 \times 10^{-3}$	Mg	$1,9 \times 10^{-2}$
K	$1,3 \times 10^{-2}$ — $3,5 \times 10^{-4}$	Fe	$1,5 \times 10^{-2}$
Si	$1,2 \times 10^{-2}$ — $1,0 \times 10^{-3}$		
Mg	$1,1 \times 10^{-2}$ — $2,9 \times 10^{-3}$		
Fe	$4,5 \times 10^{-3}$ — $4,4 \times 10^{-4}$	Si	$2,8 \times 10^{-3}$
H ³	$4,0 \times 10^{-3}$ — $4,7 \times 10^{-5}$	K	$2,2 \times 10^{-3}$
Al	$9,2 \times 10^{-4}$ — $3,0 \times 10^{-5}$		
N ⁴	$4,6 \times 10^{-4}$ — $4,0 \times 10^{-5}$		
Li	$2,9 \times 10^{-4}$		
Mn	$3,5 \times 10^{-4}$ — $6,9 \times 10^{-5}$		
P	$3,5 \times 10^{-4}$ — $6,4 \times 10^{-6}$		

Есть As, Cu, Pb, Sn.

Есть органич. вещества.

Свободно выделяющиеся газы (в объемных %):

1. CO₂

CO ₂	80,8
N ₂	1,2
O ₂	4,0

836. Я приведу данные (в весовых %) еще для двух видов соленых вод этого подсемейства (LXXIV) (горячие источники Идаго, Пирмонт и т. д.) и (LXXV)

LXXIV. O—C—S—Mg—Ca⁵

LXXV. O—S—Mg—Na—Ca—Fe

Твердый остаток

$$4,8 \times 10^{-1} — 2,6 \times 10^{-1} \quad 7,2 \times 10^{-1}$$

Элементы

O ⁶	$3,5 \times 10^{-1}$ — $6,5 \times 10^{-2}$	O ⁷	$2,1 \times 10^{-1}$
		S ⁸	$1,0 \times 10^{-1}$

¹ Из HCO₃', CO₂ (до $1,4 \times 10^{-1}$ %). Органическое вещество не учтено.

² Из SO₄”, S” (до $1,4 \times 10^{-1}$ %), H₂S (до $1,5 \times 10^{-3}$ %).

³ Из NH₄ (1,4 × 10⁻¹%), H₂S (до $1,5 \times 10^{-3}$ %), HCO₃'.

⁴ Из NH₄⁺ (до $2,1 \times 10^{-4}$ %), N₂ (до $4,6 \times 10^{-4}$ %), NO₃' (до $7,9 \times 10^{-4}$ %).

⁵ Есть углекислые воды (весовые %):

CO ₂	$2,5 \times 10^{-1}$
H ₂ S	$3,9 \times 10^{-5}$
Есть N ₂ , CH ₄ .	

Есть разности более богатые Ca и более богатые Mg.

⁶ Из SO₄” (до $1,1 \times 10^{-1}$ %), HCO₃' (до $1,1 \times 10^{-1}$ %), HSiO₃' (до $4,7 \times 10^{-3}$ %), HPO₄ (до $4,7 \times 10^{-5}$ %), CO₂ (до $2,5 \times 10^{-1}$ %), NO₃ (до $2,7 \times 10^{-5}$ %).

⁷ Из SiO₂ (до $1,3 \times 10^{-4}$ %), SO₄” (до $3,0 \times 10^{-1}$ %), AsHO₄' ($3,4 \times 10^{-5}$ %).

⁸ Из SO₄”, H₂S, HS'.

C ¹	$2,5 \times 10^{-2}$ — $1,0 \times 10^{-2}$	Mg	$5,8 \times 10^{-2}$
Ca	$6,5 \times 10^{-2}$ — $2,1 \times 10^{-2}$	Ca	$4,4 \times 10^{-2}$
Mg	$4,9 \times 10^{-2}$ — $1,1 \times 10^{-2}$	Na	$4,3 \times 10^{-2}$
S ²	$3,7 \times 10^{-2}$ — $2,6 \times 10^{-2}$	Fe	$2,0 \times 10^{-2}$
Cl	$2,8 \times 10^{-2}$ — $7,5 \times 10^{-3}$	Cl	$2,0 \times 10^{-2}$
Na	$1,5 \times 10^{-2}$ — $7,5 \times 10^{-3}$		
K	$4,1 \times 10^{-3}$ — $2,9 \times 10^{-4}$	Al	$5,4 \times 10^{-3}$
Fe	$2,6 \times 10^{-3}$ — $1,9 \times 10^{-5}$	K	$1,6 \times 10^{-3}$
H ³	$2,0 \times 10^{-3}$ — $1,0 \times 10^{-3}$		
Si	$1,5 \times 10^{-3}$ — $4,3 \times 10^{-4}$		
Al	$1,5 \times 10^{-3}$ — $1,9 \times 10^{-6}$		
Sr	$1,3 \times 10^{-3}$ — $1,7 \times 10^{-4}$		
Mn	$2,6 \times 10^{-4}$ — $2,1 \times 10^{-4}$	H ⁴	$8,2 \times 10^{-4}$
N ⁵	$8,5 \times 10^{-5}$ — $5,9 \times 10^{-5}$	Si	$2,8 \times 10^{-4}$
Br	$4,7 \times 10^{-5}$ — $7,0 \times 10^{-6}$	Li	$1,3 \times 10^{-4}$
B	$3,5 \times 10^{-5}$ — $3,0 \times 10^{-5}$	As	$1,7 \times 10^{-5}$
Li	$2,0 \times 10^{-5}$ — $4,5 \times 10^{-6}$		
Ba	$1,9 \times 10^{-5}$ — $1,8 \times 10^{-5}$		
P	$1,5 \times 10^{-5}$ — $2,6 \times 10^{-6}$		
J	$1,4 \times 10^{-6}$ — $1,0 \times 10^{-7}$		

Есть H₂S (сл.). Орг. вещ.

Есть свободно выделяющиеся газы — в см³

1. CO₂

CO ₂	99,3
N ₂	$7,0 \times 10^{-1}$
CH ₄	$1,0 \times 10^{-2}$

837. Вероятно воды, содержащие алюминий и железо, более разнообразны, чем это здесь приведено. Еще отмечу источник Alum Well в Миссури (ан. Швейцера), отвечающий воде: O—S—Al—Ca—Fe.

LXXVI. O—S—Al—Ca—Fe

Твердый остаток $3,3 \times 10^{-1} \%$

Элементы

O ⁶	$1,7 \times 10^{-1}$
S ⁷	$8,4 \times 10^{-2}$
Al	$2,5 \times 10^{-2}$
Ca	$1,9 \times 10^{-2}$
Fe ⁸	$1,4 \times 10^{-2}$
Mg	$1,1 \times 10^{-2}$
Na	$3,9 \times 10^{-3}$
Si	$2,0 \times 10^{-3}$

¹ Из HCO₃'.

² Из SO₄"', HS', H₂S.

³ Из HCO₃', H₂S (до $3,9 \times 10^{-5} \%$), HS' (до $3,8 \times 10^{-6} \%$), HPO₄', NH₄⁺ (до $9,8 \times 10^{-5} \%$).

⁴ Из H₂S (до $7,9 \times 10^{-3} \%$), HS' (до $5,3 \times 10^{-4} \%$).

⁵ Растворенный N₂ не учтен; NH₄⁺, NO₃'.

⁶ Из SO₄" (2,5 × 10⁻¹), SiO₂ (4,6 × 10⁻³ %).

⁷ Из SO₄".

⁸ Закисное.

838. Третье подсемейство не имеет в господствующем комплексе компонентов ни хлора, ни серы.

Сюда относятся следующие воды минеральных источников:

- 38.¹ O — C — Na²
- 39.³ O — C — Ca⁴
40. O — C — Mg — есть переходы в № 43
41. O — C — Na — Ca
42. O — C — Ca — Mg — есть переходы в № 45 и № 32
43. O — C — Na — Mg?
44. O — C — Ca — Fe?
45. O — C — Fe — Na
46. O — C — Ca — Mg — Na?

839. Следующие числа дают понятие о составе этих вод.

LXXVII. O — C — Na⁵

LXXVIIa. O — C — Ca⁶

Твердый остаток

$$1,2 - 1,2 \times 10^{-1} \%$$

$$6,4 \times 10^{-1} - 1,1 \times 10^{-1}$$

Элементы

$$\text{O}^7 \quad 9,6 \times 10^{-1} - 2,6 \times 10^{-2}$$

$$\text{C}^9 \quad 3,0 \times 10^{-1} - 1,1 \times 10^{-2}$$

$$\text{Na} \quad 2,6 \times 10^{-1} - 1,7 \times 10^{-2}$$

$$\text{Mg} \quad 9,6 \times 10^{-2} - 1,7 \times 10^{-4}$$

$$\text{Cl} \quad 6,9 \times 10^{-2} - 1,0 \times 10^{-3}$$

$$\text{S}^{10} \quad 6,5 \times 10^{-2} - 2,2 \times 10^{-4}$$

$$\text{Ca} \quad 5,5 \times 10^{-2} - 4,0 \times 10^{-4}$$

$$\text{K} \quad 2,9 \times 10^{-2} - 1,4 \times 10^{-4}$$

$$\text{O}^8 \quad 6,9 \times 10^{-1} - 4,2 \times 10^{-2}$$

$$\text{C}^9 \quad 1,1 \times 10^{-1} - 3,1 \times 10^{-2}$$

$$\text{Ca} \quad 9,4 \times 10^{-2} - 7,5 \times 10^{-3}$$

$$\text{Fe} \quad 6,7 \times 10^{-2} - 1,3 \times 10^{-4}$$

$$\text{Na} \quad 5,2 \times 10^{-2} - 1,1 \times 10^{-3}$$

$$\text{Cl} \quad 3,8 \times 10^{-2} - 1,0 \times 10^{-4}$$

$$\text{S}^{11} \quad 3,0 \times 10^{-2} - 1,3 \times 10^{-5}$$

¹ Есть переходы в пресные воды и в рассолы.

² Есть переходы в Na — Ca — SO₄ — CO₃ и в богатые магнием разности: O — C — Na — Mg.

³ Есть переходы в пресные воды.

⁴ Есть разности, богатые железом: O — C — Ca — Fe.

⁵ Есть подклассы: 1. CO₂ — N₂, 2. CO₂

$$\text{CO}_2 \quad 2,8 \times 10^{-1}$$

$$\text{N}_2 \quad 1,5 \times 10^{-2}$$

$$\text{CO}_2 \quad 2,3 \times 10^{-1} - 2,6 \times 10^{-1}$$

$$\text{H}_2\text{S} \quad 3,3 \times 10^{-4}$$

$$\text{N}_2 ?$$

⁶ Есть углекислые подклассы: CO₂

$$\text{CO}_2 \quad 2,9 \times 10^{-1} - 1,4 \times 10^{-1}$$

$$\text{N}_2 \quad 1,1 \times 10^{-2} - 4,0 \times 10^{-5}$$

$$\text{O}_2 \quad 8,0 \times 10^{-5} - 1,0 \times 10^{-5}$$

⁷ Из HCO₃' (до 7,4 × 10⁻¹ %), своб. CO₂ (до 6,9 × 10⁻¹ %), SO₄'' (до 1,9 × 10⁻¹ %), B₄O₇' (до 1,5 × 10⁻² %), орган. вещ. (до 1,5 × 10⁻² %), PO₄''' (до 8,8 × 10⁻³ %), NO₃' (до 1,1 × 10⁻³ %), AsO₄ (до 5,5 × 10⁻⁴ %), CO₂ (до 2,4 × 10⁻⁴ %), SiO₂ (до 1,5 × 10⁻² %).

⁸ Из HCO₃' (до 4,6 × 10⁻¹ %), CO₂ (до 2,9 × 10⁻¹ %), SO₄'' (до 5,1 × 10⁻² %), SiO₃ (до 1,1 × 10⁻² %), B₄O₇' (до 5,7 × 10⁻³ %), NO₃' (до 3,4 × 10⁻³ %), орг. вещ. (до 4,0 × 10⁻³ %), S₂O₃' (до 1,4 × 10⁻⁴ %), TiO₂ (до 1,1 × 10⁻⁴ %).

⁹ Из HCO₃', своб. CO₂, орган. вещ.

¹⁰ Из SO₄'''. Орган. вещ., H₂S (до 4,8 × 10⁻³ %).

¹¹ Из SO₄'''. H₂S (до 3,9 × 10⁻⁴ %), орган. вещ.

N ¹	$1,5 \times 10^{-2}$ — $3,9 \times 10^{-5}$	Mg	$2,3 \times 10^{-2}$ — $2,0 \times 10^{-5}$
H ²	$1,4 \times 10^{-2}$ — $1,6 \times 10^{-5}$		
Sr	$1,3 \times 10^{-2}$ — $3,8 \times 10^{-6}$ (O)		
Si ³	$7,4 \times 10^{-3}$ — $4,1 \times 10^{-6}$	K	$8,5 \times 10^{-3}$ — $5,0 \times 10^{-5}$
Li	$5,8 \times 10^{-3}$ — $1,6 \times 10^{-5}$	H ⁴	$7,6 \times 10^{-3}$ — $1,1 \times 10^{-4}$
B ⁵	$4,2 \times 10^{-3}$ — $9,3 \times 10^{-6}$	Si	$4,9 \times 10^{-3}$ — $3,8 \times 10^{-4}$
Fe	$5,0 \times 10^{-3}$ — $4,0 \times 10^{-6}$ (O)	Al	$1,8 \times 10^{-3}$ — $2,0 \times 10^{-6}$
P ⁶	$2,9 \times 10^{-3}$ — $1,2 \times 10^{-6}$	B ⁵	$1,9 \times 10^{-3}$ — $7,6 \times 10^{-6}$
F	$1,9 \times 10^{-3}$ — $7,0 \times 10^{-6}$	Sr	$1,5 \times 10^{-3}$ — $2,6 \times 10^{-6}$
Al	$1,6 \times 10^{-3}$ — $2,0 \times 10^{-6}$ (O)	N ⁷	$1,2 \times 10^{-3}$ — $2,8 \times 10^{-6}$
J	$1,3 \times 10^{-3}$ — $6,0 \times 10^{-7}$	P ⁶	$1,1 \times 10^{-3}$ — $1,5 \times 10^{-6}$
Mn	$4,6 \times 10^{-4}$ — $3,0 \times 10^{-6}$ (O)	Mn	$1,9 \times 10^{-3}$ — $2,7 \times 10^{-5}$
As	$3,0 \times 10^{-4}$ — $1,6 \times 10^{-6}$	Li	$2,3 \times 10^{-4}$ — $4,0 \times 10^{-6}$
Ba	$2,3 \times 10^{-4}$ — $4,0 \times 10^{-7}$	Cu	$1,0 \times 10^{-4}$ — 0
Br	$1,5 \times 10^{-4}$ — $3,9 \times 10^{-6}$		
r b	$1,4 \times 10^{-4}$ — $1,0 \times 10^{-6}$	Br	$7,0 \times 10^{-5}$ — $3,0 \times 10^{-5}$
Zn	$3,4 \times 10^{-5}$ — $1,6 \times 10^{-6}$	Tl	$6,3 \times 10^{-5}$ — ?
		J	$2,0 \times 10^{-5}$ — $3,4 \times 10^{-7}$
Cu	$2,0 \times 10^{-6}$	Se	$2,0 \times 10^{-5}$
Tl	$6,8 \times 10^{-7}$	Ba	$1,2 \times 10^{-5}$ — $8,6 \times 10^{-7}$
Ge	$1,7 \times 10^{-8}$ — сл.		
Ra	$4,9 \times 10^{-12}$ — O		

..... Rn $1,5 \times 10^{-11}$ — $8,4 \times 10^{-17}$

..... Rn $6,1 \times 10^{-16}$ — $2,2 \times 10^{-14}$

Есть Th, Ti, Rb, Co, Ni p. s.
(Боржом?) Sh, Bi, Mo, Tb, V,
Ga, W, Be, Cs.

Есть As, Pb, Sn.

Орган. вещ. $6,7 \times 10^{-3}$ — $6,7 \times$
 $\times 10^{-4}$

Орган. вещ. $2,4 \times 10^{-3}$ — $1,2 \times$
 $\times 10^{-2}$

Fe в орган. вещ. $6,0 \times 10^{-5}$

Гумус. $2,2 \times 10^{-3}$ — $2,4 \times 10^{-5}$

Смол. $7,2 \times 10^{-4}$ — $2,0 \times 10^{-5}$

Свободно выделяю-
щиеся газы (в объем-
ных %)

Свободно выделяю-
щиеся газы (в объем-
ных %)

1. CO₂

1. CO₂

CO₂ 99,7 — 94,9

CO₂ 99,6

N₂ 4,2 — 3,0 × 10⁻¹

N₂ 4,0 × 10⁻²

O₂ 9,0 × 10⁻¹ — 6,0 × 10⁻¹

O₂ 1,7

Благор. газы — следы

¹ Из N₂ (до $1,5 \times 10^{-2}$ %), NH₄⁺ (до $2,1 \times 10^{-4}$ %).

² Из HCO₃⁻, орган. вещ., H₂S (до $2,6 \times 10^{-4}$ %), NH₄⁺.

³ Из SiO₂.

⁴ Из HCO₃⁻, орган. вещ., H₂S, NH₄ (до $5,6 \times 10^{-4}$ %).

⁵ Из B₄O₇²⁻.

⁶ Из PO₄³⁻.

⁷ Из NO₃⁻, орган. вещ., NH₄⁺, раствор. азот (до $1,1 \times 10^{-3}$ %).

2. N₂

N ₂	99,6
H ₂ S	$4,4 \times 10^{-1}$
O ₂	0
CO ₂	0

2. CO₂—N₂

CO ₃	80,8
N ₂	15,2
O ₂	4,0

840. Следующие числа дают понятие о составе воды (LXXVIII) (O—C—Mg) и более сложной (LXXIX) (O—C—Na—Ca):

LXXVIII. O—C—Mg

$$7,8 \times 10^{-1} - 1,9 \times 10^{-1}$$

LXXIX. O—C—Na—Ca¹

$$5,1 \times 10^{-1} - 1,2 \times 10^{-1}$$

Твердый остаток

Элементы

O ²	$6,4 \times 10^{-1} - 1,2 \times 10^{-1}$	O ³	$4,2 \times 10^{-1} - 7,1 \times 10^{-2}$
C ⁴	$1,7 \times 10^{-1} - 2,8 \times 10^{-2}$	C ⁴	$1,2 \times 12^{-1} - 1,5 \times 10^{-2}$
Mg	$1,2 \times 10^{-1} - 2,1 \times 10^{-2}$	Na	$7,3 \times 10^{-2} - 1,2 \times 10^{-2}$
Cl	$3,5 \times 10^{-2} - 1,5 \times 10^{-4}$	Ca	$6,5 \times 10^{-2} - 1,2 \times 10^{-2}$
Na	$2,9 \times 10^{-2} - 5,2 \times 10^{-3}$	Cl	$6,6 \times 10^{-2} - 6,4 \times 10^{-4}$
Ca	$1,7 \times 10^{-2} - 5,6 \times 10^{-3}$	S ⁶	$2,0 \times 10^{-2} - 1,6 \times 10^{-4}$
H ⁵	$1,0 \times 10^{-2} - 2,3 \times 10^{-3}$	Si	$1,8 \times 10^{-2} - 1,3 \times 10^{-4}$
		N ⁷	$1,6 \times 10^{-2} - 9,0 \times 10^{-5}$
		Mg	$1,4 \times 10^{-2} - 1,1 \times 10^{-3}$
		K	$1,1 \times 10^{-2} - 2,0 \times 10^{-4}$
Si	$6,1 \times 10^{-3} - 3,9 \times 10^{-3}$	Fe	$6,6 \times 10^{-3} - 7,7 \times 10^{-5}$
S ⁸	$2,5 \times 10^{-3} - 2,0 \times 10^{-3}$	H ⁹	$4,6 \times 10^{-3} - 1,8 \times 10^{-4}$
K	$1,2 \times 10^{-3} - 3,6 \times 10^{-4}$	Al	$2,5 \times 10^{-3} - 1,3 \times 10^{-5}$
		Ba	$1,0 \times 10^{-3} - 9,0 \times 10^{-5}$
Fe	$8,1 \times 10^{-4} - 3,3 \times 10^{-4}$	Li	$8,8 \times 10^{-4} - 5,6 \times 10^{-6}$
Mn	$6,7 \times 10^{-4} - 1,3 \times 10^{-4}$	Br	$3,8 \times 10^{-4} - 3,0 \times 10^{-5}$
Al	$3,2 \times 10^{-4} - 7,0 \times 10^{-6}$	P	$3,2 \times 10^{-4} - 5,2 \times 10^{-6}$
B	$1,4 \times 10^{-4}$	Sr	$2,5 \times 10^{-4} - 8,0 \times 10^{-6}$
		Mn	$1,8 \times 10^{-4} - 1,3 \times 10^{-6}$

¹ Есть разности, более богатые магнием, т. с. O—C—Na—Ca—Mg. Есть углекислые подклассы: (вес. %)

1. CO₂

CO ₂	$2,0 \times 10^{-1} - 1,8 \times 10^{-1}$
N ₂	$5,0 \times 10^{-5} - 1,3 \times 10^{-4}$
O ₂	$8,6 \times 10^{-5}$

2. CO₂—N₂

CO ₂	$2,0 \times 10^{-1}$
N ₂	$1,6 \times 10^{-2}$

² Из HCO₃' (до $6,3 \times 10^{-1}$), своб. CO₂ (до $1,8 \times 10^{-1}$ %), SiO₂ (до $1,3 \times 10^{-2}$ %), SO₄'' (до $7,5 \times 10^{-3}$ %), орган. вещ. (до $1,7 \times 10^{-3}$ %), B₄O₇ (до $5,1 \times 10^{-4}$ %), PO₄ (до $5,0 \times 10^{-5}$ %).

³ Из HCO₃' (до $2,8 \times 10^{-1}$ %), своб. CO₂ (до $2,3 \times 10^{-1}$ %), SO₄ (до $7,7 \times 10^{-2}$ %), SiO₂ (до $4,7 \times 10^{-3}$), B₄O₇ (3,9 × 10⁻⁵ %), PO₄ (до $1,6 \times 10^{-5}$ %).

⁴ Из HCO₃', CO₂.

⁵ Из HCO₃'.

⁶ Из SO₄''.

⁷ Из N₂ (до $1,6 \times 10^{-3}$ %), NH₄⁺ (до $1,7 \times 10^{-4}$), NO₃ (до $5,7 \times 10^{-4}$ %).

⁸ Из SO₄''.

⁹ Из HCO₃', NH₄⁺ (до $1,7 \times 10^{-4}$).

P	$1,6 \times 10^{-5}$	As	$9,1 \times 10^{-5}$
		B	$1,1 \times 10^{-5}$
		Zn	$1,1 \times 10^{-5} - 3,2 \times 10^{-6}$
		J	$6,3 \times 10^{-6} - 1,6 \times 10^{-5}$
		Cu	$6,0 \times 10^{-6}$
		Pb	$5,6 \times 10^{-6} - 1,6 \times 10^{-5}$
		Ni	$1,6 \times 10^{-6}$

Rn $2,8 \times 10^{-16} - 8,0 \times 10^{-17}$ Nt $9,1 \times 10^{-17}$

Есть Co, Rb

Орган. вещ. $3,6 \times 10^{-3} - 4,0 \times 10^{-5}$ Орган. вещ. $1,8 \times 10^{-4} - 1,4 \times 10^{-4}$

Свободно выделяющиеся газы (в объемных %)

1. CO₂

CO₂ 99,6 — 98,4
N₂¹ $10,0\%$ — $6,8 \times 10^{-1}$
 $2,0 \times 10^{-1}$ — 0
1,0% — 0

2. CO₂

CO₂ 98,3 — 64,9
35,1 — 8,7
 $7,0 \times 10^{-2}$
3,0% 1,0 — 0

841. Я приведу еще анализ (в вес. %) воды (LXXX) — O — C — Ca — Mg, и анализ Нарзана, сделанный Э. Карстеном (LXXXI), который может быть рассматриваем, как богатая кальцием разность (LXXIX) O — C — Ca — (Na).

LXXX. ² O — C — Ca — Mg³ LXXXI. O — C — Ca — Na⁴

Твердый остаток

$5,6 \times 10^{-1} - 1,1 \times 10^{-1}$ 1,7 $\times 10^{-1}$

Элементы

O ⁵	$4,9 \times 10^{-1} - 5,0 \times 10^{-2}$	O ⁷	$2,7 \times 10^{-1}$
C ⁶	$1,4 \times 10^{-1} - 1,2 \times 10^{-2}$		

¹ С благородными газами.

² Есть магниевые разности, где Mg > Ca.

³ Есть подклассы: 1) CO₂ — N₂: CO₂ (до $3,6 \times 10^{-2}$ вес. %), N₂ (до $1,9 \times 10^{-3}$ %) и 2) CO₂: CO₂ (до $2,5 \times 10^{-1}$ %).

⁴ К сожалению, подкласс неизвестен. Для Нарзана это казалось бы не следовало допускать (CO₂ — N₂?)

⁵ Из раств. CO₂ (до $2,7 \times 10^{-1}$ %), HCO₃' ($1,9 \times 10^{-1}$ %), SiO₂ ($7,6 \times 10^{-8}$ %), SO₄" (до $1,6 \times 10^{-2}$ %), HPO₄" (до $6,1 \times 10^{-5}$ %), HAsO₄' (до $5,4 \times 10^{-5}$ %), растворенный O₂ (до $3,9 \times 10^{-4}$ %).

⁶ Из CO₂, HCO₃'.

⁷ Из SO₄" ($4,5 \times 10^{-2}$ %), HCO₃' ($1,07 \times 10^{-1}$ %), CO₂ ($2,0 \times 10^{-1}$ %). Орган. вещество не учтено. Есть CSO?

Ca	$3,9 \times 10^{-2}$ — $8,3 \times 10^{-3}$	C ¹	$6,9 \times 10^{-2}$
Mg	$3,6 \times 10^{-2}$ — $3,4 \times 10^{-3}$	Ca	$3,6 \times 10^{-2}$
Na	$2,4 \times 10^{-2}$ — $1,1 \times 10^{-3}$	N ²	$3,2 \times 10^{-2}$
Cl	$1,8 \times 10^{-2}$ — $3,1 \times 10^{-4}$	Cl	$1,3 \times 10^{-2}$
S ³	$1,0 \times 10^{-2}$ — $2,8 \times 10^{-4}$	Na	$1,2 \times 10^{-2}$
		S ⁴	$1,5 \times 10^{-2}$
K	$3,9 \times 10^{-3}$ — $9,0 \times 10^{-5}$	Mg	$8,5 \times 10^{-3}$
H ⁵	$3,7 \times 10^{-3}$ — $3,0 \times 10^{-5}$	H ⁶	$2,2 \times 10^{-3}$
Si	$3,6 \times 10^{-3}$ — $4,2 \times 10^{-4}$	K	$1,3 \times 10^{-3}$
Mn	$3,2 \times 10^{-3}$ — $3,2 \times 10^{-5}$		
Fe	$2,8 \times 10^{-3}$ — $4,3 \times 10^{-5}$		
N ⁷	$1,9 \times 10^{-3}$		
B	$1,3 \times 10^{-3}$		
Al	$6,4 \times 10^{-4}$ — $6,9 \times 10^{-6}$	Si	$4,8 \times 10^{-4}$
Sr	$3,0 \times 10^{-4}$ — $8,8 \times 10^{-7}$	Fe	$1,3 \times 10^{-4}$
Li	$3,3 \times 10^{-4}$ — $9,2 \times 10^{-6}$		
Ba	$1,7 \times 10^{-4}$ — $9,0 \times 10^{-7}$		
Br	$1,4 \times 10^{-4}$		
P	$8,6 \times 10^{-5}$ — $1,7 \times 10^{-6}$	Sr	$7,5 \times 10^{-5}$
As	$2,9 \times 10^{-5}$	Br	$3,0 \times 10^{-5}$
		Al	$1,3 \times 10^{-5}$
J	$4,8 \times 10^{-6}$	Zn	$1,1 \times 10^{-5}$
		B	$9,5 \times 10^{-6}$
		Mn	$6,5 \times 10^{-6}$
		P	$5,3 \times 10^{-6}$
		Li	$4,7 \times 10^{-6}$
		Ba	$2,9 \times 10^{-6}$
		Ni	$1,6 \times 10^{-6}$
		F	$1,6 \times 10^{-6}$
		I	$1,1 \times 10^{-6}$
		Ca	$6,0 \times 10^{-7}$

¹ Из HCO_3' и CO_2 .

² Растворенный N_2 . Выведен косвенным путем из указаний и чисел Карстенса для CO_2 сгущенной углекислоты из баллонов „добывающегося главным образом из поглощенного водою газа“ (Э. Ка рстенс. 1926), принимая за исходное $2,0 \times 10^{-1} \%$ растворенной CO_2 . Заслуживает внимания большое количество растворенного N_2 . Однако это же число ($10^{-2} \%$), превышающее обычный порядок процентного весового содержания азота ($10^{-3} \%$), вызывает сомнение. „Поглощенный газ“, может быть, отвечает свободно выделяющемуся газу? Ибо для него мы имеем 15,2% газов по объему, между тем как Ка рстенс дает для растворенных газов 6,1% по объему; принимая $2,0 \times 10^{-1} \%$ по весу растворенной углекислоты, мы получим $1,0 \times 10^{-2} \%$ по весу растворенного азота: число тоже исключительно большое и необычного порядка и заслуживающее серьезного внимания. Необходимо внимательно изучить режим газов Нарзана: 1) убедиться в отсутствии в них CO_2 , 2) точно определить растворенные газы (и благородные) и 3) обратить внимание на количественный состав выделяющегося газа в пузырях разного размера. Удивительно, что вода такого источника, как Нарзан, так недостаточно изучена.

³ Из SO_4'' , H_2S .

⁴ Из SO_4'' .

⁵ Из HCO_3' , H_2S (до $5,0 \times 10^{-6} \%$).

⁶ Из HCO_3' . Орган. вещ. не учтено.

⁷ Растворенный N_2 (до $1,9 \times 10^{-2} \%$).

Rn $5,7 \times 10^{-15}$

Есть Cu, Be, Ti, As
Нет NH₄, NO₂, NO₃

Свободно выделяющиеся газы (в объемных %)

1. CO₂

	CO ₂	99,8 — 97,0
N ₂	9,3 × 070 — 2,0 × 10 ⁻¹	
O ₂	1,7 — 0	
CH ₄	0,9	

1. CO₂ — N₂

	CO ₂	80,8
	N ₂ ¹	15,2
	O ₂	4,0

2. CO₂ — N₂

	CO ₂	73,0
	N ₂ ¹	26,5
	O ₂	0,5

3. N₂ — CO₂

	N ₂ ¹	53,2
	CO ₂	46,8

Дебит воды около $1,57 \times 10^6$ м³
в сутки (около $1,6 \times 10^6$ тонн).

842. Последним членом соленых минеральных вод являются борные источники — O — Na — (B) — (C).

Для них может быть приведен следующий анализ (W. Melville'я Sulfur Bank, 1888) (в весовых %):

LXXXII. O — Na — (B) — (C)²

Твердый остаток $4,6 \times 10^{-1}$

Элементы

O ³	$1,8 \times 10^{-1}$
Na	$1,2 \times 10^{-1}$
Cl	$6,6 \times 10^{-2}$
B	$5,1 \times 10^{-2}$
S ⁴	$1,5 \times 10^{-2}$
C ⁵	$4,4 \times 10^{-3}$
K	$3,8 \times 10^{-3}$
Ca	$2,0 \times 10^{-3}$
Si ⁶	$1,9 \times 10^{-3}$

¹ С благородными газами.

² Ср. воду O — Na — Cl — B — C.

³ Из B₄O₇ ($1,8 \times 10^{-1}$ %), SO₄²⁻ ($4,6 \times 10^{-2}$), CO₃²⁻ ($2,2 \times 10^{-2}$), SiO₂ ($4,1 \times 10^{-3}$ %).

⁴ Из SO₄²⁻.

⁵ Из CO₃²⁻. Растворенная CO₂ (много) не принята во внимание. Органические вещества тоже не учтены.

⁶ Из SiO₂.

Mg $1,4 \times 10^{-4}$

N¹ $7,2 \times 10^{-5}$

Fe $4,6 \times 10^{-5}$

H² $2,0 \times 10^{-5}$

Органич. вещ.
H₂S.

843. К этому же подцарству относятся разные воды вулканические, сгущающиеся из вулканических паров (§ 730), гейзерные и сопочные воды.

Эти воды всегда являются смесью вод, из областей фреатических, поднимающихся из более глубоких частей земной коры и биосферы, из областей вод пресных метеорных, чаще верховодок.

Это воды в общем очень бедные солевым остатком — значительная часть их является пресными.

Соленые — в сущности солоноватые — разности наиболее изучены для гейзеров.

Вероятно, мы имеем здесь довольно большое разнообразие вод, характеризующихся явным обогащением B, NH₄, Si. Дальнейшее изучение выяснит вероятно многие неожиданные черты этих вод.

Можно пока отметить несколько видов для семейств гейзерных вод, при чем часть условно (поставлен ?).

1. Ca — C — O?
2. Na — C — O?
3. Ca — S — C — O?
4. O — Na — Si — Cl?
5. Cl — Na — O — S
6. S — N — O — H — Si
7. Cl — O — Na — Si — S
8. O — S — N — Mg — H
9. O — S — N — H — Mg — C

844. Своеобразны минеральные источники, связанные с гейзерами в Калифорнии. Сюда относятся воды (LXXXIII) — NH₄ — Mg — SO₃.

Вот числа анализов (в весовых %):³

LXXXIII. O — S — N — Mg — H
(O — S — NH₄ — Mg)

LXXXIV. O — S — N — H — Mg — C
(O — S — NH₄ — Mg — C)

Твердый остаток

$7,8 \times 10^{-1} - 2,2 \times 10^{-1}$

$3,3 \times 10^{-1} - 1,1 \times 10^{-1}$

Элементы

O⁴ $4,0 \times 10^{-1} - 2,0 \times 10^{-1}$

O⁵ $2,0 \times 10^{-1} - 4,2 \times 10^{-1}$

S⁶ $1,9 \times 10^{-1} - 9,3 \times 10^{-1}$

N⁷ $1,1 \times 10^{-1} - 1,3 \times 10^{-1}$

Mg $5,7 \times 10^{-1} - 1,7 \times 10^{-1}$

S⁸ $8,0 \times 10^{-2} - 1,4 \times 10^{-2}$

¹ Связанный азот. Растворенный азот не принят во внимание. Повысит его в декаду до 10^{-3} .
² Из NH₄⁺ (до $9,2 \times 10^{-5}$).

³ В анализах гейзерных вод пропущен бром. Отдельные его определения для гейзерных, богатых кремнием, вод дают maximum $3,5 \times 10^{-1} \%$. Надо обратить внимание.

⁴ Из SO₄²⁻ (до $5,7 \times 10^{-1} \%$), SiO₂ (до $3,8 \times 10^{-2} \%$), B₂O₃ (до $3,6 \times 10^{-3} \%$).

⁵ Из SO₄²⁻ (до $2,3 \times 10^{-1} \%$), HCO₃⁻ (до $4,4 \times 10^{-2} \%$), SiO₂ (до $8,4 \times 10^{-3} \%$), B₂O₃ (до $4,8 \times 10^{-3} \%$), CO₃²⁻ (до $5,9 \times 10^{-3} \%$), S₂O₃²⁻ (до $5,5 \times 10^{-3} \%$).

⁶ Из SO₄²⁻.

⁷ Из NH₄⁺ (до $1,4 \times 10^{-1} \%$).

⁸ Из SO₄²⁻, S₂O₃²⁻. H₂S не учтено.

H ¹	$3,4 \times 10^{-2}$ — $4,3 \times 10^{-3}$	N ²	$5,8 \times 10^{-2}$ — $7,6 \times 10^{-3}$
Si	$2,1 \times 10^{-2}$ — $1,0 \times 10^{-3}$	H ³	$2,1 \times 10^{-2}$ — $3,1 \times 10^{-3}$
Fe	$1,2 \times 10^{-2}$ — $2,8 \times 10^{-3}$	Mg	$1,1 \times 10^{-2}$ — $4,3 \times 10^{-3}$
		C ⁴	$1,0 \times 10^{-1}$ — $3,4 \times 10^{-3}$
Al	$6,5 \times 10^{-3}$ — $5,4 \times 10^{-4}$	Ca	$9,0 \times 10^{-3}$ — $5,8 \times 10^{-3}$
Ca	$4,7 \times 10^{-3}$ — $1,0 \times 10^{-3}$	Na	$7,0 \times 10^{-3}$ — $1,7 \times 10^{-3}$
Na	$1,2 \times 10^{-3}$ — $3,0 \times 10^{-4}$	Si	$4,0 \times 10^{-3}$ — $1,7 \times 10^{-3}$
B	$1,1 \times 10^{-3}$ — 0	B	$1,5 \times 10^{-3}$ — $4,0 \times 10^{-4}$
K	$6,0 \times 10^{-4}$ — $1,0 \times 10^{-4}$	Fe	$2,0 \times 10^{-4}$ — сл.
Cr	$4,9 \times 10^{-4}$ — $2,0 \times 10^{-4}$	Cl	$1,5 \times 10^{-4}$ — $7,0 \times 10^{-5}$
Ni	$4,3 \times 10^{-4}$ — сл.		
Mn	$2,2 \times 10^{-4}$ — $7,0 \times 10^{-5}$		
Cl	$1,3 \times 10^{-4}$ — сл.		
		Mn	$5,5 \times 10^{-5}$ — $4,0 \times 10^{-5}$

Раств. CO₂?Раств. CO₂?

845. Для гейзерных вод Йеллоустона состав (анализы Гу ча, Уайтфилльда и др.) виден из следующих предельных чисел (в %);

LXXXV. O—Na—Si—Cl

LXXXVI. O—Si—S—N

Твердый остаток

 $2,9 \times 10^{-1} \%$ — $1,6 \times 10^{-1} \%$ $3,4 \times 10^{-1}$ — $n 10^{-1} \%$ (Devil's Ink Pot, Yellowstone).

Элементы

Cl	$1,0 \times 10$ — $1,5 \times 10$ %	S ⁶	$7,7 \times 10^{-2}$
O ⁵	$8,5 \times 10^{-2}$ — $1,7 \times 10^{-2}$	N ⁷	$6,2 \times 10^{-2}$
Na	$7,3 \times 10^{-2}$ — $1,2 \times 10^{-2}$	O ⁹	$2,3 \times 10^{-2}$
Si ⁸	$3,8 \times 10^{-2}$ — $1,0 \times 10^{-2}$	H ¹¹	$1,6 \times 10^{-2}$
S ¹⁰	$2,6 \times 10^{-2}$ — $4,4 \times 10^{-4}$		
K	$1,6 \times 10^{-2}$ — $9,7 \times 10^{-4}$		
Cl ¹²	$1,3 \times 10^{-2}$ — $4,8 \times 10^{-5}$		
Ca	$7,0 \times 10^{-3}$ — $7,0 \times 10^{-5}$ (сл.)	Si	$4,6 \times 10^{-3}$
Mg	$5,3 \times 10^{-3}$ — $1,0 \times 10^{-5}$ (O?)	Ca	$4,1 \times 10^{-3}$
B	$1,1 \times 10^{-3}$ — $1,6 \times 10^{-4}$	Na	$2,5 \times 10^{-3}$
Fe	$1,5 \times 10^{-3}$ — $2,0 \times 10^{-6}$ (сл.)	C ¹⁴	$1,9 \times 10^{-3}$
		B	$1,7 \times 10^{-3}$
		Mg	$1,2 \times 10^{-3}$

¹ Из NH₄⁺ (до $1,4 \times 10^{-1} \%$), H (из H₂SO₄ до $2,6 \times 10^{-3} \%$).² Из NH₄⁺ (до $7,4 \times 10^{-2} \%$).³ Из NH₄⁺, HCO₃⁻. H₂S не учтено.⁴ Из HCO₃⁻.⁵ Из ионов CO₃²⁻ (до $3,3 \times 10^{-2} \%$), SO₄²⁻ (до $1,4 \times 10^{-2} \%$), B₄O₇ (до $3,4 \times 10^{-3} \%$), AsO₄³⁻ (до $3,6 \times 10^{-4} \%$), PO₄³⁻ (до $1,4 \times 10^{-4} \%$), минимум SiO₂ (до $8,1 \times 10^{-2} \%$), своб. CO₂ (до $4,3 \times 10^{-3} \%$).⁶ Из H₂S, SO₄²⁻.⁷ Из NH₃⁺, H₂S.⁸ Из SiO₂.⁹ Из SO₄²⁻, CO₃²⁻.¹⁰ Из SO₄²⁻ (до $1,4 \times 10^{-2} \%$), HS' (до $3,5 \times 10^{-4} \%$), H₃S (до $2,0 \times 10^{-5} \%$).¹¹ Из NH₄, гл. обр.¹² Из CO₃²⁻, своб. CO₂.

Li	$8,1 \times 10^{-4}$ — $9,0 \times 10^{-5}$ (O)	K	$8,3 \times 10^{-4}$
N ¹	$8,9 \times 10^{-4}$ — $8,0 \times 10^{-7}$	Cl	$5,8 \times 10^{-4}$
Al	$7,9 \times 10^{-4}$ — $1,0 \times 10^{-5}$	Al	$3,7 \times 10^{-4}$
As	$5,5 \times 10^{-4}$ — $2,3 \times 10^{-5}$ (O)		
Br	$3,5 \times 10^{-4}$		
H ²	$2,0 \times 10^{-4}$ — $2,0 \times 10^{-7}$		
P ³	$4,6 \times 10^{-5}$ — $5,3 \times 10^{-6}$	Li	$4,0 \times 10^{-5}$
		Следы:	Fe

Гейзерные воды, повидимому, сгущаются из паров, содержащих B, Li, NH₄, H₂S. Постоянное нахождение Si и Al вероятно объясняется их воздействием на кремниевые и алюмокремниевые соединения их вместилиш. Возможно участие летучих (хлористых?) соединений алюминия и кремния, принесенных снизу?

846. Особый тип представляют озера, связанные с гейзерами, — например в Новой Зеландии. Большая часть их пресная (§ 734); озеро Rotorohana в его современном состоянии является соленым. Его состав по анализу F. Grigg:

LXXXVII. Гейзерное озеро

Твердый остаток $1,6 \times 10^{-1} \%$

Элементы

Cl	$7,0 \times 10^{-2}$
Na	$4,7 \times 10^{-2}$
O ³	$2,5 \times 10^{-2}$
S ⁴	$2,6 \times 10^{-3}$
C ⁵	$2,5 \times 10^{-3}$
Ca	$2,3 \times 10^{-3}$
Mg	$8,9 \times 10^{-4}$
H ⁶	$2,5 \times 10^{-4}$
Al	$2,4 \times 10^{-4}$
N ⁷	$2,5 \times 10^{-5}$

847. Тесно связаны с гейзерными — воды вулканические. Здесь однако несомненно влияние фумарольных выделений.

Воды эти, хотя изучались и изучаются многократно, сейчас не дают достаточно ясной картины. Обычно мы здесь встречаемся одновременно как с водами, сопровождающими само извержение (большей частью, быстро проходящими), так равно с водами в результате фумарольных процессов и с восходящими водами минеральных источников, — может быть, генетически связанными (Кнебель) с вулканическим процессом. Я вернусь к рассмотрению этого процесса во второй части книги — здесь же приведу несколько аналитических данных.

Таковы воды Al—O—S—Si—Fe, указанные Ларсеном для вулканов Аляски,⁸ фумаролы Сольфатары и т. д. Анализ их (в вес. %):

LXXXVIII. Al—O—S—Fe—Si

¹ Из NH₄⁺.

² Из NH₄⁺, HS', H₂S.

³ Из SO₄²⁻ ($7,7 \times 10^{-3}$), HCO₃¹⁻ ($1,3 \times 10^{-2}$), SiO₃²⁻ ($1,5 \times 10^{-2} \%$). Газы, органическое вещество не учтены.

⁴ Из SO₄²⁻.

⁵ Из HCO₃¹⁻.

⁶ Из HCO₃¹⁻, NH₄⁺.

⁷ Из NH₄⁺.

⁸ Есть железные разности, отнесенные к минеральным источникам: Fe—O—S — см. § 722.

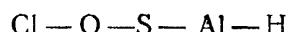
Твердый остаток $4,0 \times 10^{-1} - 1,2 \times 10^{-1} \%$

Элементы

Al	$2,3 \times 10^{-1} - 2,0 \times 10^{-4}$
O ¹	$1,3 \times 10^{-1} - 6,6 \times 10^{-2}$
S ²	$5,4 \times 10^{-2} - 2,6 \times 10^{-2}$
Fe	$2,0 \times 10^{-2} - 5,1 \times 10^{-3}$
Si	$1,2 \times 10^{-2} - 1,7 \times 10^{-2}$
Ca	$7,2 \times 10^{-3} - 3,7 \times 10^{-3}$
Na	$4,2 \times 10^{-3} - 3,1 \times 10^{-3}$ (сл.)
Mg	$3,3 \times 10^{-3} - 2,5 \times 10^{-3}$
N ³	$1,5 \times 10^{-3} - 7,3 \times 10^{-4}$
K	$1,4 \times 10^{-3} - 7,0 \times 10^{-4}$
H ⁴	$1,3 \times 10^{-3} - 2,4 \times 10^{-4}$
Cl	$8,6 \times 10^{-4}$
B ⁵	$1,8 \times 10^{-5}$

848. Воды, генетически связанные с вулканическими процессами, создаются в результате ряда разнообразных, иногда очень преходящих, иногда длительных процессов. В связи с этим их состав изменчив.

Как пример можно привести воду реки Винагре (ок. Риасе) в Ю. Америке, изученную И. Буссенго (1874), LXXXIX и воду, скопившуюся в кратере вулкана Попокатепетль, образовавшуюся из его фумарол и анализированную Лефором (1863) ХС. Обе содержат свободный HCl и должны быть отнесены к одному виду. Вот числа этих анализов:



LXXXIX. ХС.

Твердый остаток

$3,0 \times 10^{-1} \%$ $1,8 \%$

Элементы

Cl ⁶	$1,05 \%$
Cl ⁷	$1,2 \times 10^{-1} \%$
O ⁸	$2,9 \times 10^{-1}$
S	$1,4 \times 10^{-1}$
Al	$1,1 \times 10^{-1}$
O ⁹	$9,3 \times 10^{-2}$
Na	$2,5 \times 10^{-2}$
S ¹¹	$4,4 \times 10^{-2}$
Al	$2,1 \times 10^{-2}$

¹ Из SO₄²⁻ (до $1,0 \times 10^{-1} \%$), SiO₂ (до $3,6 \times 10^{-2} \%$), CO₂ не учтена.

² Из HSO₄⁻.

³ Из NH₄⁺ (до $1,9 \times 10^{-3} \%$).

⁴ Из NH₄⁺, HSO₄⁻.

⁵ Из B₂O₃ (до $6,0 \times 10^{-5} \%$).

⁶ Свободный HCl (1,1%).

⁷ Свободный HCl ($1,2 \times 10^{-1} \%$).

⁸ Из SO₄²⁻ ($4,4 \times 10^{-1} \%$).

⁹ Из SO₄²⁻ ($1,3 \times 10^{-1} \%$).

¹⁰ Из HCl.

¹¹ Из SO₄²⁻.

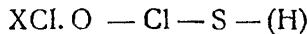
C ₄	$9,5 \times 10^{-3}$	Fe	$2,9 \times 10^{-3}$
Na	$9,1 \times 10^{-3}$		
H ¹	$6,7 \times 10^{-3}$		
Si	$1,1 \times 10^{-3}$		

Следы Ca, Mg, As, J, Br, P
Органич. вещ.

849. Воды вулканического происхождения, обычно кислые, богаты свободными HCl и H₂SO₄, бедны Al и Fe.

Таковы воды состава O—Cl—S—(H).

Числа колебаний следующие:



Солевой остаток $8,3 \times 10^{-1} — 1,9 \times 10^{-1}\%$

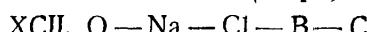
Элементы;

O ²	$5,5 \times 10^{-1} — 3,7 \times 10^{-2}\%$
Cl	$3,1 \times 10^{-1} — 7,7 \times 10^{-2}$
S ³	$2,7 \times 10^{-1} — 1,7 \times 10^{-2}$
Ca	$3,3 \times 10^{-2} — 2,3 \times 10^{-3}$
Mg	$3,1 \times 10^{-2} — 1,2 \times 10^{-3}$
Fe	$2,8 \times 10^{-2} — 6,3 \times 10^{-3}$
Na	$2,7 \times 10^{-2} — (\text{сл.})$
Al	$2,7 \times 10^{-2} — 5,1 \times 10^{-3}$
Si ⁴	$1,7 \times 10^{-2} — 3,1 \times 10^{-3}$
H ⁵	$1,8 \times 10^{-2} — 2,0 \times 10^{-4}$
K	$5,5 \times 10^{-3} — 6,3 \times 10^{-4}$
J	$5,0 \times 10^{-4} — 4,6 \times 10^{-4}$
P	$9,1 \times 10^{-5}$

850. Для сопочных вод характерно нахождение бора. Эти воды принадлежат к карбонатным водам.

Таков, например, анализ (в весовых %) кратерного озера Большой Булганакской сопки в Крыму (Э. Штебера):

Сопочная вода (озеро)



Твердый остаток 1,25%

Элементы

Cl	$3,8 \times 10^{-1}$
Na	$4,1 \times 10^{-1}$
O ⁶	$3,6 \times 10^{-1}$
B	$6,0 \times 10^{-2}$
C ⁷	$2,4 \times 10^{-2}$

¹ Из HCl.

² Из H₂SO₄ (до $4,3 \times 10^{-1}\%$), SO₄²⁻ (до $3,7 \times 10^{-1}\%$), PO₄³⁻ (до $2,8 \times 10^{-4}\%$), SiO₂ (до $3,6 \times 10^{-2}\%$).

³ Из H₂SO₄, SO₄²⁻.

⁴ Из SiO₂.

⁵ Из H₂SO₄, HCl (до $2,8 \times 10^{-1}\%$).

⁶ Из CO₃²⁻ (до $1,2 \times 10^{-1}\%$), HCO₃ ($2,0 \times 10^{-3}\%$), SiO₂ (до $3,2 \times 10^{-5}\%$), B₂O₃ (до $1,8 \times 10^{-1}\%$). О₂ и CO₂ не учтены.

⁷ Растворенный CO₂ не учтен.

K	$3,8 \times 10^{-3}$
Ca	$2,2 \times 10^{-3}$
Si	$1,5 \times 10^{-3}$
Br	$1,2 \times 10^{-3}$
Mg	$9,0 \times 10^{-4}$
J	$3,4 \times 10^{-4}$
Li	$5,2 \times 10^{-5}$
H ¹	$3,2 \times 10^{-5}$

Химический состав этих вод весьма характерен: помимо бора, нельзя не отметить относительно большого количества Br, J, Li и малого количества NH₄ (следы).² Воды эти мало изучены. Вероятно есть несколько видов.

851. Подцарство соленых пластовых верховодок и напорных вод мало изучено, и многие из них нашли место среди минеральных источников, так как очень трудно — более трудно, чем для пресных вод — отличать эти два подцарства подземных вод.

Эти воды гораздо распространеннее по массе, чем пресные верховодки и артезианские воды, но химически они меньше изучены, так как меньше их значение в человеческой жизни. Как для питья, так и для обихода, для техники и для орошения имеют значение гл. обр. солоноватые, слабо соленые воды, число анализов которых поэтому преобладает. Соленые верховодки, относительно богатые кислородом и бедные солью и углекислотой, подкласса N₂ — O₂ — CO₃, составляют непосредственный переход к пресным водам (§ 703 сл.). Воды эти нестойки и очень быстро, обогащаясь углекислотой, увеличивают свой солевой осадок и переходят в соленые воды углекисло-азотно-кислородные.

Может быть, должны быть среди них выделены кальциевые воды в областях богатых гипсом, где создаются мало пригодные условия для жизни (кроме микробов, связанных с серой и азотом) и накопление углекислоты идет очень медленно. Таковы, например, некоторые верховодки гипсонасных областей Англии. Неполный средний анализ для них, дающий господствующие элементы, виден из чисел ан. XCIII.

XCIII. O — Ca — S

Твердый остаток $2,4 \times 10^{-1} \%$

Элементы

O	$7,3 \times 10^{-1} \%$
Ca	$5,5 — 7,0 \times 10^{-2}$
S	$3,7 \times 10^{-2}$
Cl	$1,6 \times 10^{-2}$
Mg	$1,2 \times 10^{-2}$

Гипсонасные верховодки дают начало гипсонасным наземным родниковым водам (§ 699). Здесь наблюдаются почти чистые насыщенные гипсом воды, состав которых должен выражаться (на основании опытов Геллета — Hullet) в интервале 0—35° следующими величинами:

XCIV. O — Ca — S — (H)

Твердый остаток (CaSO₄·2H₂O)

$1,8 \times 10^{10-1} — 2,1 \times 10^{-1}$

¹ Из HCO₃.

² Растворенный азот не учтен.

Элементы

O $1,2 \times 10^{-1} - 9,8 \times 10^{-2}$

Ca $4,4 \times 10^{-2} - 4,1 \times 10^{-2}$

S $3,9 \times 10^{-2} - 3,3 \times 10^{-2}$

H $4,9 \times 10^{-3} - 4,1 \times 10^{-3}$

Такие насыщенные гипсом воды окрестностей Веймара по анализам Э. Эргарта и Э. Рейкардта (1875) давали по весу газовых компонентов:

CO₂ $1,0 \times 10^{-2} - 6,2 \times 10^{-3}$

N₂ $2,2 \times 10^{-3} - 1,8 \times 10^{-3}$

O₂ $7,2 \times 10^{-4} - 5,9 \times 10^{-4}$

Учитывая неизбежное присутствие в природных растворах этих газов, состав таких насыщенных гипсовых грунтовых верхних вод должен быть близок к водам со следующим, отличным от молекул воды, элементарным остатком:

XCV. O—Ca—S

Твердый остаток $2,3 \times 10^{-1} - 1,8 \times 10^{-1}\%$

O $1,3 \times 10^{-1} - 1,0 \times 10^{-1}$

Ca $4,9 \times 10^{-2} - 4,1 \times 10^{-2}$

S $3,9 \times 10^{-2} - 3,3 \times 10^{-2}$

H $4,9 \times 10^{-3} - 4,1 \times 10^{-3}$

C $2,7 \times 10^{-3} - 1,7 \times 10^{-3}$

N $2,2 \times 10^{-3} - 1,8 \times 10^{-3}$

852. Благодаря значительной роли, какую играет в этой воде углекислота, гипсовые верховодки O—Ca—S—C, может быть переходящие в O—Ca—S—C—Cl, иногда принимаются за минеральные источники O—Ca—S, не выходящие из предела биосфера. Явление требует проверки и исследования,

Состав этих вод, близких к поверхности (заключающих кислород), виден из нижеследующих чисел анализов: XCVI. Он очень сложен. Сложность состава характерна для верховодок.

XCVI. O—Ca—S—Cl—C—Na

Твердый остаток $2,0 \times 10^{-1} - 1,6 \times 10^{-1}\%$

Элементы

O¹ $9,2 \times 10^{-2} - 6,7 \times 10^{-2}$

Ca $3,5 \times 10^{-2} - 2,2 \times 10^{-2}$

S² $2,1 \times 10^{-2} - 1,9 \times 10^{-2}$

Cl $1,3 \times 10^{-2} - 1,1 \times 10^{-2}$

C³ $1,1 \times 10^{-2} - 5,3 \times 10^{-3}$

Na $1,0 \times 10^{-2} - 4,3 \times 10^{-3}$

¹ Из SO₄²⁻ (до $6,3 \times 10^{-2}$), CO₃²⁻ (до $5,6 \times 10^{-2}$), NO₃⁻ (до $5,0 \times 10^{-3}\%$), SiO₂ (до $2,9 \times 10^{-3}$). Орган. вещ., CO₂ и O₂ не учтены.

² Из SO₄²⁻, H₂S (до $1,4 \times 10^{-4}\%$). Орган. вещ. не учтено.

³ Из CO₃²⁻. Не учтено орган. вещ. и CO₂.

Mg	$7,1 \times 10^{-3} - 5,8 \times 10^{-3}$
Fe	$2,1 \times 10^{-3}$ сл.
Si	$2,0 \times 10^{-3} - 1,4 \times 10^{-3}$
N ¹	$1,2 \times 10^{-3}$
K	$8,4 \times 10^{-4}$
Li	$1,3 \times 10^{-4}$
H ²	$8,4 \times 10^{-6}$

Эти воды часто выделяют вторичный — фреатический — сероводород, обедняясь ионами SO₄²⁻.

853. Помимо этих жестких гипсовых грунтовых вод можно различить среди верховодок соленые, богатые Na, хлористые воды, переходящие в Na—Cl—S—O и сосредоточенные в областях, связанных с историей замирания морских бассейнов, или верходок в бессточных, богатых растворимыми солями, областях.

Химический состав этих вод должен быть различен; в последнем случае сульфатные и сульфатокарбонатные воды должны играть крупную роль.

Как пример таких вод, можно дать следующие числа анализов для соленых вод колодцев XCVII. Воды эти подкласса N₂—CO₂—O₂.

XCVII. Cl—Na—O—S

Солевой остаток $1,9 - 9,2 \times 10^{-1}\%$

Элементы

Cl	$8,2 \times 10^{-1} - 3,7 \times 10^{-1}\%$
Na	$4,7 \times 10^{-1} - 2,4 \times 10^{-1}$
O ³	$3,8 \times 10^{-1} - 5,5 \times 10^{-2}$
S ⁴	$1,8 \times 10^{-1} - 1,8 \times 10^{-2}$
Mg	$1,4 \times 10^{-1} - 2,9 \times 10^{-2}$
Ca	$3,0 \times 10^{-2} - 1,3 \times 10^{-2}$ (сл.)
C ⁵	$7,0 \times 10^{-3} - 1,9 \times 10^{-3}$
Si ⁶	$5,2 \times 10^{-3} - 5,6 \times 10^{-4}$
H ⁵	$5,4 \times 10^{-4} - 1,5 \times 10^{-4}$

Всегда содержит калий, часто пропускаемый в анализах.

854. Очень соленые — рассолы (§ 917) и почти рассолы — встречаются и вблизи поверхности — подобно верховодкам. Возможно, что они часто так или иначе связаны с соляными залежами.

Эти химически почти неизученные явления могут принимать очень различную форму и вероятно вскроют при исследовании разные виды вод. Так, например, такие „грунтовые“ соленые воды — вероятно, связанные не с пластовыми, а с коррозионными водами, выходят иногда в виде соленых источников на земную поверхность и могут давать начало соленым озерам. Такой источник выходит, например, в Малом Тамбуканском озере (Н. Славянов в 1926).

¹ Из NO₃⁻.

² Из H₂S. HCO₃⁻ не учтен.

³ Из SO₄²⁻ (до $5,4 \times 10^{-1}\%$), HCO₃⁻ (до $3,4 \times 10^{-2}\%$), SiO₂ (до $1,1 \times 10^{-2}\%$), CO₃ (до $2,6 \times 10^{-2}\%$). Кислород растворенный не принят во внимание.

⁴ Из SO₄²⁻.

⁵ Из HCO₃⁻.

⁶ Из SiO₂.

Приведу один пример (ХCVIII). На глубине 28,8 м встречен очень соленый водный горизонт около Ново-Сергиевки в Бессарабии. По анализу Е. Буркера (1928), его состав:

XCVIII. Cl—Na

Твердый остаток 4,89%

Элементы

Cl	2,2
Na	$9,4 \times 10^{-1}$
Ca	$1,9 \times 10^{-1}$
Mg	$1,7 \times 10^{-1}$
O ¹	$1,5 \times 10^{-1}$
K	$1,1 \times 10^{-1}$
S ²	$6,9 \times 10^{-2}$
C ³	$2,0 \times 10^{-2}$
H ⁴	$1,6 \times 10^{-4}$

855. Относительно более близкие к поверхности напорные воды, соленость которых относительно невелика (примерно, до 300 м глубины), дают (в весовых %) следующие числа анализов (воды эти обычно кислорода не содержат):

XCIX. Cl—Na—O

Солевой остаток 2,3% — $1,2 \times 10^{-1}$

Элементы

Cl	$1,3\% - 5,3 \times 10^{-3}$
Na	$8,8 \times 10^{-1} - 8,2 \times 10^{-3}$
O ⁵	$5,6 \times 10^{-1} - 6,2 \times 10^{-3}$
Ca	$3,9 \times 10^{-1} - 4,8 \times 10^{-5}$
S ⁶	$2,6 \times 10^{-1} - 6,9 \times 10^{-5}$
Mg	$2,1 \times 10^{-1} - 4,2 \times 10^{-4}$
C ⁷	$1,8 \times 10^{-1} - 7,0 \times 10^{-4}$
Si ⁸	$2,1 \times 10^{-2} - 1,4 \times 10^{-4}$
H ⁹	$1,2 \times 10^{-2} - 1,0 \times 10^{-6}$
K	$2,3 \times 10^{-3} - 9,5 \times 10^{-4}$
Fe	$2,8 \times 10^{-3} - 8,0 \times 10^{-5}$
N ¹⁰	$3,6 \times 10^{-4} - 2,3 \times 10^{-5}$ ($5,5 \times 10^{-3}$?)
Al	$3,1 \times 10^{-4}$
Mn	$1,5 \times 10^{-4}$

Эти воды находятся еще под сильным влиянием аэробной жизни, и температура в них лежит далеко от точки кипения чистой воды; давление едва ли выходит за пределы десятков атмосфер. Надо думать, что

¹ Из O_4'' (до $2 \times 10^{-1}\%$), HCO_3' (до $1,0 \times 10^{-2}\%$). Органическое вещ. и CO_2 не учтены.

² Из SO_4 .

³ Из HCO_3 .

⁴ Из HCO_3' (max. $6,0 \times 10^{-1}\%$), SO_4'' (max. $7,3 \times 10^{-1}\%$), SiO_2 (max. $6,1 \times 10^{-3}\%$), NO_3' , CO_2 и O_2 не приняты во внимание. CO_2 (до $9,8 \times 10^{-2}\%$).

⁵ Из SO_4'' .

⁶ Из HCO_3' (до $1,7 \times 10^{-2}$). CO_2 , орган. вещ. не приняты во внимание.

⁷ Из SiO_2 .

⁸ Из HCO_3' и NH_4 .

⁹ Из NO_3 и NH_4 . Белковый азот (до $2 \times 10^{-6}\%$ и больше).

более точное их изучение позволит выделить среди них ряд видов, может быть связанных с определенными геохорами. Может быть будут магниевые виды.

Формула этих видов верно упростится при более тщательном исследовании.

Сейчас временно она очень сложна: $\text{Cl}-\text{Na}-\text{O}-\text{S}-\text{Mg}-\text{Ca}-(\text{C})$.

856. Книзу — в более глубоких слоях — состав меняется, но достаточного числа достоверных и достаточно полных анализов нет в нашем распоряжении. Мы не знаем также и тех газов, которые растворены в этих более глубоких водах, несмотря на их огромное использование человеком.

Значительная часть воды и ее компонентов, — все увеличивающаяся по мере углубления, — происходит в них от сгущения в жидкость подземных нагретых атмосфер, в которых, сколько можно судить, пары воды — в сущности при температурах и давлениях этих областей легкий подвижный газ H_2O — в конце концов играет господствующую роль азота нашей тропосфера.

Вся стратисфера, вероятно до самих глубоких частей своих, проникнута такими теплыми, горячими пластовыми водами.

Они представляют нередко совершенно грандиозные явления, не отражающиеся на земной поверхности, вскрываемые бурением.

Таковы, например, пластовые глубокие воды Австралии, частью в областях ее пустынь и полупустынь, восходящие при бурении до нескольких сот метров под давлением, представляющие артезианские бассейны — воды $\text{Cl}-\text{Na}$ и $\text{Na}-\text{C}-\text{O}-\text{Cl}$.

Общая площадь этих вод — в песках и песчаниках, главным образом, юрской системы — доходит до $2,48 \times 10^6 \text{ км}^2$, а один из подводных бассейнов — Большой бассейн — занимает площадь до $1,45 \times 10^6 \text{ км}^2$, превышая второе площадь Франции.

Повидимому, правы те геологи (Грегори), которые считают эти воды не связанными в основной своей части с современной тропосферой, с современными метеорными водами.

857. Учитывая недостаточное количество анализов, все же можно выделить здесь воды резко разного химического состава.

В первом охвате можно отделить воды, в которых в господствующий комплекс попадает хлор, и воды, в которых он отсутствует.

В первом подсемействе можно пока различить:

1. $\text{Cl}-\text{O}-\text{Na}-\text{C}-(\text{S})-(\text{Ca})$
2. $\text{Cl}-\text{Na}-\text{O}-\text{S}$
3. $\text{Cl}-\text{Na}$
4. $\text{Cl}-\text{Na}-\text{Ca}$,

при чем, повидимому, второй вид вод $\text{Cl}-\text{Na}-\text{O}-\text{S}$ с глубиной исчезает (исчезновение иона SO_4^{2-} и удаление серы в виде H_2S), а четвертый — $\text{Cl}-\text{Na}-\text{Ca}$ — увеличивается с глубиной, переходя в $\text{Ca}-\text{Na}-\text{Cl}$. Между 1 и 2 может быть есть переходы, т. е. воды $\text{Cl}-\text{Na}-\text{O}-\text{C}-\text{S}$.

Воды, содержащие серу, не могут идти глубоко, так как при температуре этих вод и при обилии, как теперь начинает выявляться, анаэробной флоры в стратисфере, S уходит из ее вод в виде H_2S . Рассолов им отвечающих нет.

858. Следующие данные дают понятие об этих водах (в весовых %):

C. $\text{Cl}-\text{O}-\text{Na}-\text{C}-(\text{Ca})-\text{S}^1$ Cl. $\text{Cl}-\text{Na}-\text{O}-(\text{S})^2$

Твердый остаток

$1,7 - 1,2 \times 10^{-1}$

$9,1 \times 10^{-1} - 1,6 \times 10^{-1}$

¹ Повидимому есть два направления изменения состава этих вод: более богатые и более бедные Cl и более богатые и более бедные Ca.

² Повидимому есть разности, где хлор отходит на второй план.

Элементы

Cl	$6,3 \times 10^{-1} - 1,3 \times 10^{-2}$	Cl	$3,6 \times 10^{-1} - 4,3 \times 10^{-3}$
O ¹	$3,6 \times 10^{-1} - 1,4 \times 10^{-2}$	Na	$2,0 \times 10^{-1} - 1,1 \times 10^{-2}$
Na	$3,7 \times 10^{-1} - 1,1 \times 10^{-2}$	O ²	$1,5 \times 10^{-1} - 1,1 \times 10^{-2}$
C ³	$2,1 \times 10^{-1} - 2,5 \times 10^{-3}$		
Ca	$1,6 \times 10^{-1} - 4,0 \times 10^{-4}$		
S ⁴	$1,5 \times 10^{-1} - 2,6 \times 10^{-5}$		
Mg	$3,8 \times 10^{-2} - 1,9 \times 10^{-4}$	Ca	$9,0 \times 10^{-2} - 6,0 \times 10^{-4}$
K	$1,7 \times 10^{-2} - 7,8 \times 10^{-4}$	S ⁵	$7,6 \times 10^{-2} - 2,7 \times 10^{-2}$
		Mg	$1,8 \times 10^{-2} - 4,2 \times 10^{-4}$
		C ⁶	$1,3 \times 10^{-2} - 2,8 \times 10^{-3}$
		Cl	$1,2 \times 10^{-2} - 4,8 \times 10^{-3}$
H ⁷	$7,0 \times 10^{-3} - 5,2 \times 10^{-4}$	K	$5,0 \times 10^{-3}$
Si	$3,4 \times 10^{-3} - 1,9 \times 10^{-4}$ (с.л.)	Si	$1,2 \times 10^{-3} - 3,8 \times 10^{-4}$
Fe	$2,7 \times 10^{-3} - 6,0 \times 10^{-4}$		
As	$1,8 \times 10^{-3}$		
Li	$1,2 \times 10^{-3} - 8,0 \times 10^{-6}$		
Al	$3,0 \times 10^{-4} - 6,4 \times 10^{-4}$	Fe	$5,0 \times 10^{-4} - 2,0 \times 10^{-3}$
Mn	$8,4 \times 10^{-5}$		
Br	$3,3 \times 10^{-5}$ (с.л.)		
Ba	$1,0 \times 10^{-5}$		
J	$9,0 \times 10^{-6}$	N ⁸	$3,3 \times 10^{-6}$
Sr	$8,0 \times 10^{-6}$		
N ⁹	$1,6 \times 10^{-6}$		
H ¹⁰	$4,0 \times 10^{-7}$	H ¹¹	$7,0 \times 10^{-7}$
· · · · ·	· · · · ·	· · · · ·	· · · · ·

Есть Li : K

Повидимому, это воды богатые связанной CO_2 и связанные с иловой „ископаемой водой“ стратисфера.

859. Для галоидных вод имеются следующие данные (в %):

CII. Cl—Na

CIII. Cl—Na—Ca

Твердый остаток

 $3,6\% - 3,5 \times 10^{-1}$ $1,5 - 4,3$

¹ Из HCO_3' (до $4,3 \times 10^{-1}\%$), SO_4'' (до $9,1 \times 10^{-2}\%$), SiO_2 (до $2,5 \times 10^{-3}\%$), CO_2 (до $2,5 \times 10^{-1}\%$), HASO_4' (до $3,3 \times 10^{-3}\%$), CO_3'' (до $3,0 \times 10^{-1}\%$). Орг. вещ. не учтено.

² Из CO_3'' (до $6,6 \times 10^{-2}\%$ CO_2). CO_2 и орг. вещ. не учтено. Из SO_4'' (до $9,9 \times 10^{-2}\%$).

³ Из HCO_3' , CO_2 . Орган. вещество не учтено.

⁴ Из SO_4'' и H_2S . Орган. вещество не учтено.

⁵ Из SO_4'' и H_2S .

⁶ Из CO_3'' .

⁷ Из HCO_3' .

⁸ Из NH_4^+ (до $6,0 \times 10^{-6}$), нахождение аммиака (аммония NH_4^+ ?) в этих водах обычно.

⁹ Из NH_4^+ (до $2,0 \times 10^{-8}$), встречается и азот, связанный с организмами (белковый и т. п.). Очевидно и здесь (и для примечания 8) числа для N и для H не дают понятия о их количестве; растворенный N_2 не учтен, также не учтены и содержащие азот органические вещества.

Элементы

Cl	$2,0 - 6,7 \times 10^{-1} \%$	Cl	$2,5 - 1,9$
Na	$1,1 - 1,4 \times 10^{-1}$	Na	$1,1 - 5,5 \times 10^{-1}$
O ¹	$2,7 \times 10^{-1} - 8,1 \times 10^{-4}$	Ca	$7,9 \times 10^{-1} - 2,9 \times 10^{-1}$
Ca	$1,8 \times 10^{-1} - 4,6 \times 10^{-3}$		
S ²	$1,5 \times 10^{-1} - 9,0 \times 10^{-3}$		
Mg	$1,3 \times 10^{-1} - 1,4 \times 10^{-4}$		
C ⁴	$7,4 \times 10^{-3} - 2,0 \times 10^{-4}$	Mg	$5,7 \times 10^{-2}$
H ²	$5,4 \times 10^{-3} - 4,2 \times 10^{-4}$	O ³	$6,7 \times 10^{-2} - (0)$
Br	$4,8 \times 10^{-4}$	C ⁴	$5,8 \times 10^{-3} - (0)$
Si	$5,6 \times 10^{-4} - 2,3 \times 10^{-1}$	H ²	$6,0 \times 10^{-4}$
Fe	$3,8 \times 10^{-4} - 4,0 \times 10^{-5}$		
Li	$4,1 \times 10^{-5}$		
J	$2,2 \times 10^{-6}$		
Rn	$2,0 \times 10^{-6}$		

Есть Al, Sr

860. Следующие числа дают понятие о водах второго подсемейства.

CIV. O—Na—S—(Cl—Ca)

Твердый остаток $2,56 \times 10^{-1} - 2,01 \times 10^{-1}$

Элементы

O ⁵	$9,8 \times 10^{-2} - 8,3 \times 10^{-2}$
Na	$8,9 \times 10^{-2} - 4,4 \times 10^{-2}$
S ⁶	$5,5 \times 10^{-2} - 3,3 \times 10^{-2}$
Cl	$2,5 \times 10^{-2} - 9,1 \times 10^{-3}$
Ca	$1,8 \times 10^{-2} - 1,2 \times 10^{-3}$
C ⁷	$7,0 \times 10^{-3} - 2,3 \times 10^{-3}$
Mg	$5,5 \times 10^{-3} - 1,0 \times 10^{-3}$
Fe	$8,4 \times 10^{-4} - 2,8 \times 10^{-4}$
Si	$5,2 \times 10^{-4} - 2,8 \times 10^{-4}$
N ⁸	$8,2 \times 10^{-6} - 1,6 \times 10^{-6}$
H ⁹	$1,8 \times 10^{-6} - 4,7 \times 10^{-7}$

Это воды с глубины 290—421 м, с температурой 36,8—44,3°. Давление близится к 100 атмосферам. Есть калий (следы), Li.

¹ Из CO₃' (до $7,0 \times 10^{-3} \%$), SC₄" (до $4,5 \times 10^{-1} \%$), SiO₂ (до $4,9 \times 10^{-4} \%$).² Из H₂S.³ Из SO₄" (до $3,0 \times 10^{-3} \%$) и CO₃' (до $3,9 \times 10^{-2} \%$). CO₂ не учтена.⁴ Из CO₃'.⁵ Из SO₄" (до $1,2 \times 10^{-1} \%$), CO₃" (до $3,5 \times 10^{-1} \%$). Орган. вещ. не учтено.⁶ Из SO₄".⁷ Из CO₃". Органическ. вещество не учтено.⁸ Из NH₃ (NH₄⁺?) и белкового NH₃. Растворенный N₂ не учтен. Изменения азота.⁹ Из NH₃.

861. Особую группу представляют среди этих вод — воды нефтяных месторождений.

Эти воды обладают не только высокой температурой, как и все глубокие напорные воды, но отличаются от всех вод своеобразным химическим составом.

Удобно выделить их в особое семейство не только по различию их химического состава, но и по своеобразному подклассу, богатому углеводородами. Само месторождение жидкых углеводородных тел является очень замечательным и своеобразным местом в земной коре — газогенной областью в биосфере еще далеко не изученной в нужной степени, меняющей все химические процессы, происходящие в этих участках земной коры.

Здесь идут оригинальные радиохимические изменения, воды эти богаты двумя изотопами радия — радием и мезоторием I; здесь скапляются в известных условиях огромные количества гелия; воды богаты анаэробной (и аэробной?) флорой и должны содержать свободный радиогеный кислород.

Это своеобразные газогенные области в земной коре с особым метаморфизмом. Пластовые воды отражают здесь это особое состояние метаморфизма. Я вернусь к ним во второй части.

Ближайшее будущее выяснит более точно химию этих вод, но пока удобно их выделить отдельно, учитывая это будущее.

862. К сожалению, несмотря на множество химических анализов, состав этих вод невыяснен. Уловлены только некоторые своеобразные их особенности.

Это является следствием отчасти того, что одновременно в нефтяных месторождениях наблюдаются воды разного происхождения, которые к тому же здесь образуют смеси, сглаживающие свойства отдельных видов, образующих смесь. С другой стороны, методика обычного химического исследования чрезвычайно недостаточна.

Такая неполнота наших знаний о нефтяных водах удивительна. Ибо благодаря огромному значению нефтяного дела — и нефтяных вод в нем — существует большая литература в нашем Союзе, в частности о нефтяных водах. Огромная работа затрачивается на получение точных данных о их свойствах. И в результате мы имеем ту чрезвычайно несовершенную картину явления, которую приходится давать в этой сводке.

Причиной отчасти является медленность опубликования ценных данных, но главным образом их неполнота и неправильная методика. Основные даты не изучаются. Большой труд затрачен на обработку материала исследования по так наз. геохимическому методу Роджерса, и Пальмера, который связан с неполнотою исследования и в своих геологических посылках чрезвычайно сомнителен. Большую часть этих данных, к сожалению, приходится оставлять — для целей этой книги — почти без использования и работу приходится переделывать снова, — но это возможно в немногих случаях, так как самые воды уже исчезли и не восстановимы.

Мы имеем среди этих вод как воды соленые ($0,1 - 5,0\%$ солевого остатка), так и рассолы, при чем переход от соленых вод в рассолы часто совершенно постепенен. Пресные воды этого типа (больше $8,10^{-2}\%$ солевого остатка), повидимому, так же как и слабо соленые, должны быть редки и требуют переисследования.

Одно из ярких отличий этих вод — характер и количество растворенных в них органических веществ и растворенных в них газов — обычно не принимается во внимание и не исследуется.¹ А между тем эти компоненты отличают их от всех нам известных вод и являются следствием взаимодействия между водами и нефтями, с которыми они совместно встречаются.

¹ Работа в этом у нас начинается, но медленно развивается.

В этих водах растворены органические кислоты, к сожалению, неизученные даже химически в достаточной степени. Повидимому часть этих кислот принадлежит к ряду жирных кислот, но часть является своеобразными стойкими соединениями, может быть связанными с нафтенами и с теми своеобразными циклическими углеводородами, которые характерны для некоторых нефтей. Уже из этого изложения фактов ясно, что „нафтеновые кислоты“ сопровождающих нефти вод должны быть различны для различных типов нефтяных месторождений. Для парафиновых нефтей они должны быть иными, чем например, для нефтей нафтеновых. Никакого отражения в анализах этих вод, отражения количественного — и даже качественного, удовлетворяющего нашим современным научным требованиям, — эти компоненты вод до сих пор не получили. А между тем они должны иметь, как кажется, очень большое значение для будущей научной классификации этих вод и выяснения относящихся сюда видов вод.

863. Точно так же совершенно неясен подкласс этих вод, так как нет ни одного анализа, который бы дал количественное содержание растворенных в них углеводородов, да и других газов. Неизвестен даже с точностью качественный состав этих углеводородов. Несомненно, среди газов присутствует всегда метан, но ничто не указывает, чтобы он был преобладающим углеводородом во всех случаях. Высокая температура — выше 40—70°, которую имеют эти воды, должна отражаться на их газовых компонентах очень резким образом. Качественные пробы, например, для Грозненских районов, дают в этих водах бутан и пропан. Характер химического положения нафтеновых кислот тоже неясен. Неясно, являются ли они в свободном состоянии или связанными.

Может быть будет недалеким от реальности отнести эти воды в подкласс углекисло-углеводородных; неясно количество в них азота, что сейчас представляет одну из самых очередных задач их исследования. Благородные газы, в том числе гелий (в растворе), не изучены.

Очень возможно — и теоретически неизбежно — образование в этих водах вторичного свободного кислорода (и водорода), образующегося на больших глубинах в стратисфере. Дело в том, что почти все известные нам случаи очень богатых радием вод повидимому (больше $10^{-10}\%$ Ra) относятся к этим водам; ниже $10^{-11}\%$ Ra, радий обычно в этих водах повидимому не спускается.¹ Дальнейшие исследования выяснят этот факт, и может быть эти воды являются органогенными метаморфизованными, — являются в значительной своей части тесно связанными с генезисом природных углеводородов — нефтей, — сложным процессом метаморфизаций в стратисфере и в нижних частях биосферы органического вещества определенных биоценозов, связанным с радиохимическим изменением и созданием в земной коре газообразного состояния материи.

864. Сейчас для объяснений особенностей состава этих вод имеет большой успех теория, которая считает эти воды несколько измененными или смешанными с обычными пластовыми водами — и скопаемыми морскими водами. Считают, что эти воды зародились — в своей основной части — на месте, из тех подземных вод, которые остались в осадочных породах, при их образовании, при диагенезе их из морских илов. Их называют поэтому также водами врожденными, присущими тем осадочным породам, в которых они находятся.

Это название лучше определяет их характер, чем то, в котором скрывается гипотеза о морском их происхождении.

Возможно, что действительно есть тесная связь этих вод с теми, точно невыясненными процессами, которые характерны для генезиса нефти. В та-

¹ Возможно, что есть нефтяные воды, бедные Ra и Ms Th I или не заключающие последнего.

ком случае едва ли выступит однако на видное место обычная, химически нам хорошо известная морская вода.

Ибо надо отметить, что в основе всех сравнений этих вод с морской водой лежит неизменно повторяющаяся логическая ошибка. Сравнивают эти воды с основной морской водой, хотя состав вод, могущих дать начало буровым водам, сильно отличен от состава морской воды — это воды морских илов, относящиеся к другому подцарству соленых вод — иловых подземных, химически очень мало изученных, но явно резко химически отличные от морской воды.

865. Имея общие признаки, эти нефтяные воды, известные нам в виде буровых, все же химически различны для разных местностей, что во всяком случае указывает на сложность связи этих вод с нефтью.

Было бы чрезвычайно интересно сравнить эти различия с разным характером нефтей, которые они сопровождают.

Если бы оказалось, что такой связи нет, возможно — при связи этих вод с генезисом нефтей, — что к водам этим примешаны воды другого происхождения. Но вполне допустимы и позднейшие химические изменения этих вод.

Прежде всего очень характерно отношение этих вод к иону SO_4^2- . В значительном числе случаев эти воды не содержат этого иона или содержат его в ничтожных количествах. Обычно отсутствие SO_4^2- объясняется вторичным его восстановлением, благодаря присутствию в этих водах большого количества органических веществ. Существование анаэробной флоры пока не учитывается, а оно очевидно гораздо более активно. Сероводород довольно обычен в этих водах.

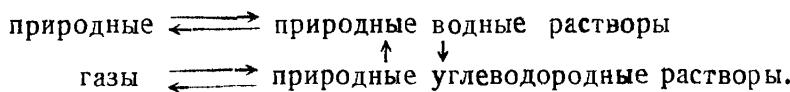
Однако известны многие нефтяные буровые воды, которые содержат SO_4^2- ; следовательно, одно присутствие растворенных органических веществ недостаточно для объяснения его отсутствия. Возможная, однако, вторичная причина этого явления — присутствие или отсутствие жизни, восстанавливающей сульфаты, анаэробных бактерий, которые несомненно встречаются на глубинах до 2—3 километров в областях, где наблюдаются эти воды. Вопрос о причине отсутствия SO_4^2- и кислорода в некоторых из этих вод (в большинстве?) не может считаться выясненным.¹

Он может быть поставлен в общей плоскости: взаимодействия двух природных жидкостей — природных водяных масс и природных углеводородов и их спутников, — неизбежно наблюдаемых вместе и химически по отношению друг к другу неинертных при тех условиях, при каких они в природе наблюдаются.

Нефти и воды собираются вместе в зависимости от общих условий, которым подчинены в земной коре двигающиеся жидкости. Они, так же как и газы, собираются в дислоцированных участках земной коры, тесно смешиваются и разделяются, образуя несмешивающиеся растворы или эмульсии только благодаря резко отличным физическим свойствам.

При таких смещениях, при длительности соприкосновения, при проникновении газами, при высокой температуре, приближающейся, а может быть иногда глубже и превышающей 100° , идут многочисленные, неизученные химические взаимодействия между водами и углеводородами.

Каждое нефтяное месторождение, создаваемое человеком бурением, — есть нарушенное им, находящееся в процессе метаморфизма, природное сложное равновесие



¹ Недавнее (1934) открытие (А. Малинци и В. Малышек) в этих водах аэробных пурпурных бактерий может быть приведено к более точному выяснению этого огромного природного явления.

Химическое взаимодействие в процессе метаморфизации может быть сказывается в особенностях элементарного химического состава этих вод.

Может быть в связи с этим характерно — по крайней мере для некоторых из вод — присутствие в больших, чем обычно, количествах ионов NH_4^+ , бедность магнием и богатство кальцием. Калий, повидимому, тоже наблюдается иногда в количествах больших, чем в обычных напорных водах. Все эти отрывочные указания получат свое объяснение, когда эти воды будут, наконец, точно изучены. Повидимому есть концентрация иода, брома, бария, стронция и бора. Роль кальция требует особого внимания.

866. Я сведу здесь имеющиеся данные, — во-первых, в общей таблице для всех нефтяных буровых вод (CV) и, во-вторых, для отдельных частных случаев. В одном и том же нефтяном месторождении различают обычно несколько разных нефтяных вод, идущих из разных горизонтов.

Только частью они связаны генетически (геологически или химически) с нефтью, но находятся в нефтяных областях.

Следующая таблица дает понятие о колебаниях всех различных нефтяных вод:

CV. Cl—Na

Твердый остаток $4,9\%$ — $1,1 \times 10^{-1} \%$
(Уд. вес до 1,02)

Элементы

Cl	$9,8 - 5,0 \times 10^{-2} \%$
Na	$4,8 - 3,9 \times 10^{-2}$
O ¹	$8,5 \times 10^{-1} - 1,6 \times 10^{-3}$
Ca	$6,1 \times 10^{-1} - 1,9 \times 10^{-4}$
Mg	$3,9 \times 10^{-1} - 7,6 \times 10^{-5}$ сл.
S ²	$2,5 \times 10^{-1} - 9,3 \times 10^{-4}$
C ³	$1,6 \times 10^{-1} - 1,6 \times 10^{-4}$
K	$2,7 \times 10^{-1} - 1,4 \times 10^{-4}$ сл.
Sr	$1,0 \times 10^{-1} - 7,6 \times 10^{-3}$
P	$7,5 \times 10^{-2}$
Br	$2,8 \times 10^{-2} - 6,5 \times 10^{-3}$ (сл.)
Si ⁴	$2,5 \times 10^{-2} - 5,6 \times 10^{-5}$
Ba	$1,0 \times 10^{-2} - 1,2 \times 10^{-4}$ (0)
H ⁵	$8,6 \times 10^{-3} - 1,3 \times 10^{-4}$ ⁶
J	$7,8 \times 10^{-3} - 2,0 \times 10^{-4}$
Fe	$6,8 \times 10^{-3} - 1,0 \times 5$ (сл.)
Al	$2,4 \times 10^{-3} - 2,0 \times 10^{-4}$
N	$1,0 \times 10^{-3}$

¹ O_2 , CO_2 и органич. вещ. не учтены. O_2 может быть в связи с Ra. Из $\text{SO}_4^{''}$ (до $7,3 \times 10^{-1} \%$), $\text{CO}_3^{''}$ (до $1,9 \times 10^{-1} \%$), HCO_3' (до $6,0 \times 10^{-1} \%$), SiO_2 (до $4,4 \times 10^{-2} \%$), NO_3' (до $4,5 \times 10^{-3} \%$).

² Из $\text{SO}_4^{''}$ и H_2S (до $2,7 \times 10^{-3} \%$).

³ Из HCO_3' и $\text{CO}_3^{''}$. CO_2 и орган. вещество не учтены.

⁴ Из SiO_2 .

⁵ Из HCO_3' и H_2S .

⁶ Если принять нефтяную воду $\text{NH}_4 - \text{SO}_4$ (§ 869), то $\%$ N увеличится до $1,0 \times 10^{-1} \%$,

^a H до $2,9 \times 10^{-2} \%$.

Ra	$1,8 \times 10^{-9} - 6,5 \times 10^{-12}$
Rn	$2,7 \times 10^{-14} - 5,8 \times 10^{-16}$
Есть B, Li, Mn	

Свободно выделяющиеся газы (в объемных %):

Углеводород	97,9 — 90,5
N ₂ и редкие газы	8,6 — 1,4
CO ₂	3,6 — 1,0 × 10 ⁻¹
Тяжелые углеводороды	3,0 × 10 ⁻¹
CO	3,0 × 10 ⁻¹
O ₂	2,0 × 10 ⁻¹ — 1,0 × 10 ⁻¹
Ar + X + Kr	1,9 × 10 ⁻¹
Ne + Xe	2,5 × 10 ⁻¹

Генезис этих вод вероятно очень разнообразен, и они объединены вместе только благодаря особым условиям своего происхождения, связанного с нефтью и проявляющегося в нахождении нефтяных кислот, особом характере газов (углеводороды) и богатстве радием и мезоторием. Переходы в пресные редки, но часты в рассольные (§ 935).

867. Я приведу здесь несколько примеров отдельных видов природных вод этого семейства из разных местностей. Таковы воды Грозненского района, изученные в своем солевом неорганическом составе, с одной стороны, А. Н. Сахановым и И. Лучинским, с другой — Маляровым. Но несмотря на их большой труд, наше представление об этих водах очень неполно, ибо пропущен анализ газов, растворенных в водах, и возможно, что разные воды района связаны с разными нефтями — ибо среди грозненских нефтей мы имеем резко выраженные парафиновые и нафтеновые (афсальтовые) нефти (по А. Н. Саханову). Подклассы этих вод не уточнены. Среди нефтяных вод большую роль играют рассолы (§ 935).

Не только отсутствие анализов растворенных газов делает наше знание о буровых водах Грозненских нефтяных районов неполным, но и отсутствие изучения растворенных органических («нефтяных») кислот.

Все деления — и представления о их составе — делаются на основании изучения ионов. На этом основании А. Саханов и И. Лучинский делят их на следующие группы (я отбрасываю подгруппы): I. Соленые. II. Горькощелочные и III. Соленощелочные.

Числа, даваемые ими, следующие:

	CVI	CVII	CVIII
Твердый остаток			
Cl	$4,5 \times 10^{-1} - 4,5\%$	$1,1 \times 10^{-1} - 4,0 \times 10^{-1}$	$1,0 \times 10^{-1} - 1,2\%$
Na	$1,1 - 1,6 \times 10^{-1}$	Элементы	
O ¹	$1,7 \times 10^{-1} - 1,2 \times 10^{-2}$	O ² $1,5 \times 10^{-1} - 3,3 \times 10^{-2}$	Na $6,0 \times 10^{-1} - 7,3 \times 10^{-2}$
S ³	$1,4 \times 10^{-1}$	Na $1,5 \times 10^{-1} - 2,8 \times 10^{-2}$	Cl $4,9 \times 10^{-1} - 5,7 \times 10^{-2}$
			O ⁴ $2,3 \times 10^{-1} - 4,2 \times 10^{-2}$

¹ Из SO₄²⁻ (до $1,7 \times 10^{-1}$, может быть $4,3 \times 10^{-1}\%$), CO₃²⁻ (до $1,2 \times 10^{-1}$), SiO₂ (до $6,7 \times 10^{-2}$), Al₂O₃ + Fe₂O₃ (до $1,3 \times 10^{-2}\%$). CO₂ не опред., орган. кислоты тоже.

² Из SO₄²⁻ (до $7,6 \times 10^{-2}$), CO₃²⁻ (до $1,9 \times 10^{-1}$), SiO₂ (до $2,5 \times 10^{-2}$), Al₂O₃ + Fe₂O₃ (до $2,7 \times 10^{-3}$). CO₂ и органич. кислоты не приняты во внимание.

³ Если принять SO₄²⁻ max. $1,7 \times 10^{-1}$, то $6,0 \times 10^{-2}\%$.

⁴ Из SO₄²⁻ (до $8,3 \times 10^{-2}$), CO₃²⁻ (до $2,9 \times 10^{-1}$), SiO₂ (до $8,1 \times 10^{-3}\%$). CO₂ и органические кислоты не приняты во внимание.

Ca	$9,1 \times 10^{-2} - 1,2 \times 10^{-3}$	C¹	$5,7 \times 10^{-2} - 2,7 \times 10^{-3}$	C¹	$5,7 \times 10^{-2} - 6,2 \times 10^{-3}$
Mg	$5,0 \times 10^{-2} - 8,6 \times 10^{-4}$	Cl	$3,7 \times 10^{-2} - 5,3 \times 10^{-3}$	S	$2,8 \times 10^{-2} - 0$
K	$3,3 \times 10^{-2} - 4,8 \times 10^{-3}$	S	$2,5 \times 10^{-2} - 0$	K	$1,8 \times 10^{-2} - 2,2 \times 10^{-3}$
C	$3,0 \times 10^{-2} - 2,3 \times 10^{-4}$				
Si	$5,3 \times 10^{-3} - 2,4 \times 10^{-4}$	Mg	$7,3 \times 10^{-3} - \text{с.л.}$	Mg	$4,2 \times 10^{-3} - 0$
Fe	$n \times 10^{-3} - n \times 10^{-4}$	Ca	$6,8 \times 10^{-3} - 3,4 \times 10^{-4}$	Si	$3,8 \times 10^{-3} - 5,2 \times 10^{-4}$
Al	$n \times 10^{-3?} - n \times 10^{-4}$	K	$4,5 \times 10^{-3} - 8,4 \times 10^{-4}$	Ca	$3,0 \times 10^{-3} - 5,6 \times 10^{-4}$
		Si	$3,5 \times 10^{-3} - 5,2 \times 10^{-4}$	Fe	$n \times 10^{-3} - \text{с.л.}$
		Fe	$n \times 10^{-3} - n \times 10^{-4}$		
		Al	$n \times 10^{-3?} - n \times 10^{-4}$	Al	$n \times 10^{-4?} - \text{с.л.}$

Глубины, откуда добыты эти воды, — разные. Соленые (CVI) происходят из скважин глубиной 215—1082 метров, горько-щелочные (CVII) доходят до 1146 метров, солено-щелочные (CVIII) до 1387 метров.

Несколько соленых вод представляют рассолы и потому не входят в эту таблицу. Как видно из указанных здесь данных глубин скважин, появление рассолов не связано с глубиной скважин. Глубина рассольных буровых нефтяных вод тоже не может объяснить их появления; она не велика—370 метров. Рассолы слабые, на границе соленых вод (до 6,4% солевого остатка).

868. К совершенно иному виду принадлежат нефтяные буровые воды Ухтинского края. Это подымающиеся в метаморфических породах воды, повидимому заполнения пустот воды подземных водоемов.

Их состав виден из следующих чисел анализов (9 анализов):

CIX. Cl—Na Ca

Твердый остаток 4,4—1,1

Элементы

Cl	$2,7 - 6,8 \times 10^{-1}$
Na	$1,3 - 4,0 \times 10^{-1}$
Ca	$2,8 \times 10^{-1} - 6,3 \times 10^{-2}$
Mg ¹	$7,4 \times 10^{-2} - 1,2 \times 10^{-2}$
O	$4,4 \times 10^{-2} - 5,6 \times 10^{-3}$
K	$1,3 \times 10^{-2} - 6,0 \times 10^{-3}$
Br	$1,2 \times 10^{-2} - 6,5 \times 10^{-3}$
Ba	$1,2 \times 10^{-2} - 4,4 \times 10^{-3}$
C ²	$9,0 \times 10^{-3} - 1,1 \times 10^{-3}$
Si ³	$2,4 \times 10^{-2} - 7,6 \times 10^{-4}$
Fe	$1,3 \times 10^{-3} - 3,2 \times 10^{-4}$
H	$9,6 \times 10^{-4} - 1,4 \times 10^{-4}$
J	$7,9 \times 10^{-4} - 2,0 \times 10^{-4}$

$$\text{Ra} = 6.4 \times 10^{-10} = 2.3 \times 10^{-11}$$

Есть MsTh 1 (по эманационному эффекту того же порядка, как Ra , но по весу $n \times 10^{-13} \%$).

¹ Следующая по Mg вода содержит его $1,3 \times 10^{-3}\%$.

* Следующая по Mg вода содержит его $1,5 \times 10^{-7}$.

з Из SiO_3 .

От этих вод есть переходы в рассольные и в свою очередь есть случаи слабо соленых (разбавленных поверхностной водой?).

I. Как пример можно привести анализ:

CX. Cl—Na

Твердый остаток $4,4-1,1\%$

Элементы

Cl	$3,1 \times 10^{-1}\%$
Na	$2,1 \times 10^{-1}$
O	$4,8 \times 10^{-2}$
C	$1,2 \times 10^{-2}$
Mg	$7,3 \times 10^{-3}$
Ca	$6,7 \times 10^{-3}$
K	$1,6 \times 10^{-3}$
H	$1,0 \times 10^{-3}$
Si	$5,4 \times 10^{-4}$
Ra	$1,0 \times 10^{-10}$
Ba, Br, J	

Изменение менее соленой воды ясно по отношению $\text{Na}/\text{Ca} + \text{Mg}$. Оно здесь 14,5. Для сильно соленых вод оно колеблется между 3,4—4,3. Где то в воде около твердого осадка 1—1,5% влияние другой воды меньше чувствуется: растет Ca.

Вот анализ менее соленой воды:

CXI. Cl—Na

Твердый остаток $5,9 \times 10^{-1}\%$

Элементы

Cl	$3,1 \times 10^{-1}$
Na	$2,0 \times 10^{-1}$
O ¹	$5,3 \times 10^{-2}$
C ²	$1,2 \times 10^{-2}$
Ca	$6,7 \times 10^{-3}$
Mg	$6,3 \times 10^{-3}$
K	$1,6 \times 10^{-3}$
Si ³	$1,6 \times 10^{-3}$
H ⁴	$1,1 \times 10^{-3}$
Fe	$1,4 \times 10^{-4}$
Ra	$1,1 \times 10^{-10}$
Есть следы Ba, Br, J	

869. Совершенно особняком стоит вода пермских отложений Соликамска, недавно анализированная С. С. Наливкиным (1929). К сожалению, в ней не определены ни газы, ни нефтяные кислоты. Ее состав $\text{NH}_4-\text{SO}_4-\text{Cl}$, и она — если бы не концентрация — напоминает пресные воды вулканического происхождения.

Следующие числа дают понятие об этой воде:

CXII. $\text{NH}_4 \cdot \text{SO}_4 \cdot \text{Cl}$, т. е. N—O—Cl—Ca—(S)—(H)

¹ Из H_2SiO_3 ($1,5 \times 10^{-3}\%$), HCO_3' ($6,1 \times 10^{-3}$).

² Из HCO_3' .

³ Из H_2SiO_3 .

⁴ Из H_2SiO_3 и HCO_3 .

Твердый остаток $5,0 \times 10^{-1} \%$

Элементы

N ¹	$1,0 \times 10^{-1}$
O ²	$8,8 \times 10^{-2}$
Cl	$7,6 \times 10^{-2}$
Ca	$6,6 \times 10^{-2}$
K	$4,9 \times 10^{-2}$
S ²	$4,3 \times 10^{-2}$
Na	$3,5 \times 10^{-2}$
H ³	$2,9 \times 10^{-2}$
Fe	$6,2 \times 10^{-3}$
Mg	$3,4 \times 10^{-3}$
Al	$1,7 \times 10^{-3}$
Si	$5,9 \times 10^{-4}$

Нет CO₃¹ и HCO₃².

870. Для нефтяных буровых вод недавно выяснилось их исключительное богатство изотопами радия — радием и мезоторием первым. Явление еще находится в стадии изучения; еще не ясно содержание в этих водах урана и тория,⁴ но богатство изотопами радия бесспорно.

Именно здесь, среди нефтяных вод, встречены воды с максимальным содержанием радия — порядка от 10^{-8} до $10^{-10} \%$, при чем мы имеем эти указания для таких разнообразных бассейнов — по возрасту и геологическим условиям — как Бакинский, Грозненский, Берекейский, Челекенский, Нафтедагский, Эльзасский (Гейдельберг), Ухтинский, Ферганский, Дагестанских Огней и др. Эти воды идут уже для добычи солей Ra и M₂ThI.

Однако воды не всех нефтяных районов богаты радием. Сальянский район в Баку и Майкопский район такой концентрации не дают (меньше $1 \times 10^{-12} \%$ Ra). Геологически это вероятно другие воды. Для Майкопа это повидимому несомненно. Эти факты очевидно не нарушают общего вывода о концентрации Ra в нефтяных водах, но указывают, что явление недостаточно четко изучено. Может быть существует природное равновесие радия между

нефть \rightleftharpoons пластовые воды

Вопрос будет решен, когда будет выяснено нахождение радия и урана в самих нефтях, что до сих пор неясно.

Ни одна из восходящих вод — минеральных источников или вод вулканических — не дает такой концентрации радия. Наблюдалась максимальная порядка $10^{-11} \%$. Единственno только одна из португальских вод — среди месторождений урановых руд в Гуардии — входит в ту же категорию (дает до $10^{-9} \%$ Ra). Скважина в рудном месторождении радия в Иоахимове дает 1% Ra — $2,4 \times 10^{-11} \%$, по М. Бегоунеку. Ни одна поверхностная вода или пластовые воды других типов не дают таких концентраций; в них мы наблюдаем концентрации 10^{-12} — $10^{-13} \%$ Ra.

Явление только что начинает изучаться — оно вероятно выяснит очень многое не только в генезисе нефти, но и в истории радиоактивных элементов. Я вернусь к нему в главе о геохимии воды.

¹ Из NH₄⁺ (до $1,3 \times 10^{-1} \%$).

² Из SO₄²⁻ (до $1,3 \times 10^{-1} \%$).

³ Из NH₄⁺.

⁴ Как будет указано в главе о геохимии природных вод, нахождения тория в земных водных растворах сомнительно.

Уран и торий в этих водах не найдены, но найдены ThX, что указывает на идущее на наших глазах, вновь создаваемое равновесие, так как ThX существует только дни. На то же самое указывает бренность атомов Ra и MsTh — радий существует около 2000 лет, а мезоторий меньше 10 лет: они постоянно возобновляются, мигрируют в воды — мигрируют как разного происхождения изотопы. То же наблюдается в рассолах еще резче.

Открывается огромная и важная область новых явлений.

871. Следующее подцарство подземных соляных вод — подцарство почвенных и иловых вод — с точки зрения знания количественного химического их состава очень мало выяснено, несмотря на огромное практическое его значение.

Повидимому, может считаться установленным, что главная масса всех почвенных вод принадлежит к классу вод соленых, принимая установку этой книги, — т. е. что их солевой остаток превышает $1,0 \times 10^{-1} \%$. Во всяком случае во всякой почве он должен превышать эту цифру в сухое время или в определенные теплые периоды года, бедные осадками. Но, как уже указано раньше (§ 693), — мы не имеем возможности дать сейчас числовые данные — хотя, как я указывал, путь решения найден, и в ближайшие годы нужные данные получатся и сильно изменят наши современные представления.

Пока, как пример, можно привести почвенный раствор, выделенный давлением. Он дает некоторое понятие о составе этих вод (П. Эренберг и И. Ван Циль. 1917). Это соленые воды состава O—C(Na)—Ca—S, при чем они богаты органическими веществами. Так как органическое вещество не анализировано точно и его элементы условно включены в господствующие компоненты,¹ то этот состав не дает полного понятия о составе этих вод. Увеличается при включении органических веществ C, N и H.

Следующие числа отвечают этим анализам:

CXIII. Почвенный раствор O—C—(Na—Ca—Cl)

Твердый остаток $1,9 \times 10^{-1} — 1,4 \times 10^{-1} \%$

Органическое вещество $5,1 \times 10^{-2} — 3,7 \times 10^{-2}$

Элементы

O² $8,8 \times 10^{-2} — 4,9 \times 10^{-2}$

C³ $2,1 \times 10^{-2} — 1,8 \times 10^{-2}$

Na $2,0 \times 10^{-2} — 6,6 \times 10^{-3}$

Ca $1,8 \times 10^{-2} — 1,0 \times 10^{-2}$

Cl $1,6 \times 10^{-2} — 6,8 \times 10^{-3}$

N $6,0 \times 10^{-3} — 1,0 \times 10^{-3}$

K $5,3 \times 10^{-3} — 1,4 \times 10^{-3}$

Mg $4,0 \times 10^{-3} — 1,7 \times 10^{-3}$

H $3,1 \times 10^{-3} — 2,2 \times 10^{-3}$

Si $1,1 \times 10^{-3} — 7,1 \times 10^{-4}$

P $2,2 \times 10^{-4}$

872. Для некоторых классов почв — для солонцов в обычном понимании этого слова — казалось бы и эти данные с некоторой долей вероятности

¹ Органическое вещество принято как C — 40%, O — 52%, N — 2%, H — 6%.

² Из CO₂ (макс. $1,8 \times 10^{-2}$), SO₄ (макс. $3,8 \times 10^{-2} \%$), N₂O₅ (средн. $1,6 \times 10^{-2} \%$), O₂ и CO₂ не учтены.

³ CO₂ не учтено.

могли бы быть даны уже сейчас. Здесь возможно с некоторой осторожностью пользоваться водными вытяжками.

Здесь мы имеем воды, богатые сульфатами (отдельно Na и Ca), галоидами (Na и реже Ca), карбонатами (Na и Ca), нитратами. Карбонатные (Ca и Na) повидимому преобладают. Хлористокальциевые повидимому являются рассолами. Не заключающие карбонатов воды наблюдаются как будто реже.

Но такие вытяжки не дадут нам никакого точного понимания воды солонца, значительно более концентрированной, чем это видно в водных вытяжках, даже в самое дождливое время. Огромной важности органическое вещество, частью легко переходящее в коллоидальный раствор, при таком изучении исчезает из рассмотрения.

Пока безопаснее оставить в стороне водные вытяжки и в этом частном случае.

Надо ждать анализа выжимок или иных захватов почвенного раствора солонцов.

Элементарный раствор солонцов не может ограничиваться одними легко растворимыми солями; важны коллоиды.

873. Может быть водные вытяжки могут дать однако понятие об аналогичном явлении для поверхностных вод, не связанных с почвой в обычном ее понимании.

Аналогично тому, что мы видели для пресных вод, и здесь наблюдаются их соленые аналоги в областях, где едва ли можно говорить о настоящей почве — в областях безжизненных или угнетенной жизни (особенно жизни микроскопической) — в областях пустынь и вечного льда и снега.

Среди анализа водных вытяжек (ср. § 675), приводимых В. А. Дубянским для окрестностей Репетека, есть анализ вытяжки из розовой глины, который дает даже для 500 см³ воды соленую воду (1,45%). Это сульфатная вода Cl—Na—SO₄ (CXIV), из розовой глины у Керкинского оазиса. Но есть воды другого типа — гипсонасные — O—Ca—S, — каковою является вода из песка Келижского узбоя. Для вытяжки в 500 см³ она является почти соленой — почти пресной ($9,45 \times 10^{-2}\%$); уже при небольшой концентрации — для 400 см³ — она является соленой ($1,18 \times 10^{-10}\%$) — CXV. Вот их — неполный — состав (в %):

CXIV. Cl—Na—O—S CXV. O—Ca—S

Твердый остаток

1,45%¹ $1,18 \times 10^{-10}\%$ ²

Элементы

Cl $5,9 \times 10^{-1}$

Na + K $4,8 \times 10^{-1}$

O $2,3 \times 10^{-1}$

S $1,1 \times 10^{-4}$

Ca 5×10^{-2}

Mg $5,6 \times 10^{-3}$

C $3,2 \times 10^{-3}$

H $2,6 \times 10^{-4}$

O $3,4 \times 10^{-2}$

Ca $2,7 \times 10^{-2}$

S $1,3 \times 10^{-2}$

Na + K $3,3 \times 10^{-3}$

C $1,8 \times 10^{-3}$

Mg $8,8 \times 10^{-4}$

Cl $1,7 \times 10^{-4}$

H $1,4 \times 10^{-4}$

¹ Ионы HCO₃⁻ ($1,6 \times 10^{-2}\%$), SO₄²⁻ ($3,2 \times 10^{-1}\%$).

² Ионы HCO₃⁻ ($8,9 \times 10^{-3}\%$), SO₄²⁻ ($4,0 \times 10^{-2}\%$).

Все эти воды очень мало изучены. Вероятно, детальное исследование позволит выделить новые виды.

Сейчас это почти-что *terra incognita*.

Совершенно не изученными являются подпочвенные воды, существование соленых видов среди которых кажется мне неизбежным. На значение изучения этих вод уже указывалось (§ 679).

874. Почвенные растворы, поддерживая жизнь и давая возможность существования зеленой наземной растительности, являются очевидно основным элементом механизма биосфера, ее суши. Не меньшее, если не большее значение имеет в геохимии и в геологии семейство иловых соленых вод. Оно покрывает все дно океанов и морей, а равно соленых водоемов суши.

Таким образом, в виде ли почвенных и иловых растворов суши (в значительной части пленочных и волосных вод) или морских иловых вод, воды этого подцарства покрывают наш земной шар непрерывной тонкой пеленой.

В отличие от окисленной, богатой свободным кислородом среды почвенных растворов, лишь временами дающих мощные покровы (лессы и делювиальные суглинки), и такой же среды подпочвенных растворов иловые воды — воды восстановительные; они играют огромную роль в создании биогенных руд и минералов. Они же дают начало той воде, которая входит в состав вод осадочных пород, образовавшихся из морских и наземных илов путем диагенезиса. Горные породы этого типа, связанные в своем генезисе с солеными водами (илами) суши, огромного значения в биосфере, все же ничтожны по массе по сравнению с морскими осадочными породами.

Как уже указано, только морские иловые воды входят в состав пластовых вод и волосных вод стратисферы (§ 86). Океанические иловые воды, т. е. воды главной площади дна гидросферы, нам не только пока совершенно неизвестны, но нет никаких следов их участия в создании осадочных пород.

Характер углекислоты в них очевидно указывает, что это должно быть воды особого рода.

875. В строении и в свойствах вод почвенных и иловых огромную роль играют биогенные миграции и первым делом биогенная углекислота.

Для почвенных вод повидимому углекислота (биогенная) господствует и определяет их подкласс: это надо заключать на основании состава почвенного воздуха, в котором иногда углекислота резко преобладает и обычно одного порядка с количеством азота. Почвенный воздух имеет состав $\text{CO}_2-\text{N}_2-\text{O}_2$ или $\text{N}_2-\text{CO}_2-\text{O}_2$ в отличие от тропосферы состава N_2-O_2 .

Для иловых вод, как указано, кислород, уменьшающийся уже в донной воде, сходит на нет, и эти воды должны относиться к подклассу N_2-CO_2 или CO_2-N_2 . К сожалению, анализов нет. Для илов суши кислород должен играть несколько большую роль.

Подклассы, богатые CO_2 , могут быть в холодных слоях морской и океанической воды характерны только для мелких частей бассейнов.

Глубже начинают появляться своеобразные свойства углекислоты, для которой воды океанов и большинства морей отвечают полям устойчивости ее жидкой фазы. Так или иначе, газообразная углекислота из таких иловых вод должна исчезать, и эти воды могут принадлежать только к подклассам N_2 , $\text{N}_2-\text{H}_2\text{S}$, N_2-CH_4 .

Все биогенные процессы должны здесь идти по-иному, но как — мы не знаем.

Во всяком случае ясно, что необходимо отличать по крайней мере три резко разных семейства иловых соленых вод — иловые воды морские, иловые воды океанические и иловые воды

наземных соленых водоемов. Вторые совершенно неизвестны, третьи — наиболее разнообразны, а первые — очень мало химически изучены.

Этих вод тоже, повидимому, должно существовать много в связи с разной температурой, флорой и фауной, населяющих илы.

Должно существовать для низких температур и различие в связи с термодинамическим полем углекислоты. Здесь резких изменений надо ждать для глубин уже с 300 м (30 атмосфер давления и температуре около 0°), и за пределами критического давления углекислоты — 730 м — своеобразный характер этих вод должен проявляться особенно резко.

Перед нами огромная область неизученных явлений.

876. Как раз сейчас действенное внимание геохимиков и океанографов в нашем Союзе обращено к количественному изучению состава морской и океанической иловой воды. В ближайшее время, можно думать, будут в нашем распоряжении точные данные.

Это воды Cl—Na, подкласса N₂—CO₂, отличающиеся другим отношением компонентов, катионов, обогащенные отдельными элементами, U, повидимому AsJ и т. д.

Как пример, можно взять пока старый анализ иловой воды Д. Меррея и Р. Ирвина (1895).

Вода взята из грязи голубого ила (blue mud) прибрежных вод Шотландии, недалеко от Эдинбурга (континентальная часть океана). Ее состав:

CXVI. Cl—Na

Солевой остаток — 3,4%

Элементы (% веса воды)

Cl	1,9
Na	1,1
O ¹	$1,7 \times 10^{-1}$ ($3,3 \times 10^{-1} - 1,0 \times 10^{-1}$) ²
Mg	$1,3 \times 10^{-1}$
S ³	$4,9 \times 10^{-2}$ ($1,0 \times 10^{-1} - 4,3 \times 10^{-2}$) ²
K	$3,8 \times 10^{-2}$
Ca ²	$3,7 \times 10^{-2}$ ($2,7 \times 10^{-3} - 7,0 \times 10^{-2}$) ²
C ³	$1,5 \times 10^{-2}$ ($1,6 \times 10^{-2} - 8,2 \times 10^{-3}$) ²
Br	$6,5 \times 10^{-3}$
N ⁴	$1,5 \times 10^{-3}$ ($7,8 \times 10^{-3} - 1,8 \times 10^{-3}$) ²
H ⁵	$4,3 \times 10^{-4}$ ($2,2 \times 10^{-4} - 8,8 \times 10^{-4}$) ²

В этих неполных анализах бросается в глаза большое количество связанныго азота. Очевидно и числа для углерода и водорода — должно быть для фосфора — будут резко иные.

К сожалению, нельзя дать точные цифры и для иловых вод резко ограниченных морей. Даже такие иловые воды, как целебные

¹ Из ионов SO₄²⁻ ($1,4 \times 10^{-1}\%$), CO₃²⁻ ($6,8 \times 10^{-2}\%$). Кислород органического вещества не принят во внимание.

² Колебания неполных анализов того же сбора.

³ Органическое вещество и растворенная CO₂ не приняты во внимание. Только CO₃²⁻.

⁴ Не принят во внимание N₂. Солевой NH₄⁺ (до $8 \times 10^{-3}\%$) и сверх того белковый (N до $5,6 \times 10^{-4}\%$ в воде).

⁵ Только водород солевого NH₄⁺. Не приняты во внимание возможность существования HCO₃⁻ и нахождение водорода в растворенном органическом (белковом, жирах и т. д.) веществе и может быть в углеводородах.

грязи побережья Балтийского моря и его островов химически изучены недостаточно, полных анализов нет, и самые важные составные части — органические вещества — качественно не выяснены. Очень часто берутся и анализируются водные вытяжки, подобно почвам так же мало дающие понятия о составе этих вод, как мало понятия они дают о составе почвенных растворов. Это в общем напрасный и ненужный труд.

Для илов необходимы анализы вод, выделенных центрифугами или отжатых. В илах около Либавы в водные вытяжки переходит очень много органического вещества (И. Купцис. 1927. В 10% вытяжке $5,0 \times 10^{-2}$, $2,7 \times 10^{-1}\%$; азот не указан).

В последние годы значение химического исследования всех этих вод и их отличия от основной морской воды стало ясным, и надо думать, что скоро будут собраны новые количественные данные и наше понимание морских иловых вод резко изменится.

877. С своеобразный вид иловых вод представляют иловые воды лиманов, отличающиеся еще более, чем сама лиманная вода, от соответственной воды моря. Это связано с мощными биохимическими процессами, идущими в грязях лиманов. Повидимому, эти воды различны в разных слоях, из которых состоит грязь лимана, и находятся в стадии быстрого изменения — перехода в волосные воды осадочных пород. Слабое понятие об этих водах могут дать многочисленные водные вытяжки — легко растворимых в воде частей — лиманной грязи Черного и Азовского морей.

Бот несколько чисел:

CXVII. Cl—Na—O—C

Твердый осадок 1,40₀

Элементы

Cl $6,3 \times 10^{-1}$

Na $3,8 \times 10^{-1}$

C¹ $2,3 \times 10^{-1}$

C² $5,0 \times 10^{-2}$

Mg $4,3 \times 10^{-2}$

Ca $3,7 \times 10^{-2}$

K $2,6 \times 10^{-2}$

Si³ $1,0 \times 10^{-2}$

S⁴ $9,7 \times 10^{-3}$

Мне кажется, этот тип анализов, стоящий больших денег и огромного труда, надо прекратить и перейти к более точному исследованию продуктов центрифуг или выжимок из иловых вод.

То же самое относится, как я много раз указывал, и к почвенным вытяжкам.

Здесь мы видим устанавливающуюся рутину неправильной научной работы.

Мне представляются все выводы из так неправильно поставленной задачи недостоверными. Надо эту форму работы прекратить.

¹ Растворенный O₂ не учтен, кислород растворенного органического вещества и растворенного CO₂ тоже. Учен только кислород SO₄²⁻ (до $2,9 \times 10^{-2}$), CO₃²⁻ (до $2,5 \times 10^{-1}\%$), SiO₂ (до $2,4 \times 10^{-2}\%$).

² Только из CO₃²⁻. Ни CO₂, ни органическое вещество не учтены.

³ Только из SiO₂. Органическое вещество не учтено.

⁴ Только из SO₄²⁻. Органическое вещество не учтено.

878. Еще резче и разнообразнее, чем для морских иловых вод, должны проявляться разные виды в иловых водах соленых озер.

Наши знания здесь ничтожны, но очевидно все главные виды вод соленых озер (напр., $\text{Na}-\text{Cl}$, $\text{Na}-\text{C}-\text{O}$, $\text{Na}-\text{S}-\text{O}$ и т. п.) должны иметь свои собственные аналоги, свои особенные виды в своих иловых представителях.

Дело будущего — выяснение этого явления.

879. Отдельно от этих илов должны быть поставлены илы других поверхностных вод — болот, топей, источников, минеральных источников.

Эти илы местами пронизаны не солеными водами, а рассолами.

Они тоже мало изучены. Характерно для них большое содержание органических веществ (химически почти не изученных).

Все указывает, что мы имеем здесь много разных видов вод.

К сожалению, имеющиеся хорошие анализы часто относятся к илам, употребляемым для медицинских целей, т. е. не к нетронутому культурным воздействием природному явлению, а к явлению, измененному — иногда очень сильно — человеческими потребностями главн. обр. с лечебными целями. Даже в тех случаях, когда исследуется природное явление, состав иловой воды выражен в такой форме, что не дает возможности правильно судить о концентрации природной воды.

Можно — и то не часто — пока дать общее качественное представление о составе и о порядке концентрации компонентов раствора. К сожалению, я не мог найти анализов, удовлетворяющих требованиям, предъявляемым к научному химическому анализу природного тела.

В случае торфяных иловых вод — это кислые, богатые кальцием, железом и гумусом, сульфатные воды. Их формула будет:



Необходимо обратить внимание на отсутствие точных научных количественных данных для этой практически важной группы иловых вод.

Пора обратить внимание на эту запущенную в научной работе область явлений.

880. Можно отметить здесь ряд резко различных семейств, характеризующих определенные геохоры.

Очень большая область разнообразных проявлений этого рода связана с приливами и отливами и с вековым отходом моря — с озерами морского происхождения. Ее правильнее относить к проявлениям морской или океанической воды, хотя в этих водах проявление явлений суши преобладает над проявлением моря.

Соленые болота этого типа — со своей особой жизнью и со своей особой иловой водой — облекают значительную часть морского побережья суши и островов. Химически эти воды не изучены. В области сухого и жаркого климата они переходят в рассолы.

881. Особое место занимают иловые воды, связанные с выходом на земную поверхность — в биосферу, — минеральных источников. Одним из ярких примеров таких вод, создающихся в результате взаимодействия верховодок в аллювиальной речной долине (реки Вага, притока Дуная) и мощного минерального источника, выходящего из миоценовых песчаников и берущего свои составные части частью из осадочных пород (преобладают известняки и доломиты), частью из кислых массивных пород [О. Гынье (O. Hupie). 1927—1933], являются иловые воды грязей Пещан в Словакии. Температура минеральных вод достигает 67°. В секунду главный источник дает 40 л (все выходы — многие сотни л), площадь центрального грязевого резервуара с температурой выше 50° занимает 10 000 м².

Состав этой иловой воды (CXIX) и минерального источника (Trajani) Пещан (CXVIII) виден из следующих чисел анализов (Д-ра Веселаго. 1930):

CXVIII



Источник Trajani-Beneshovianи
Уд. в. 1,00136

Твердый остаток $1,54 \times 10^{-1}$ %

Элементы

O ⁵	$6,8 \times 10^{-2}$	H ⁸	$6,1 \times 10^{-4}$
Ca	$2,2 \times 10^{-2}$	Sr	$2,5 \times 10^{-4}$
S ⁶	$1,7 \times 10^{-2}$	B ⁹	$7,7 \times 10^{-5}$
Cl	$1,1 \times 10^{-2}$	Br	$4,1 \times 10^{-5}$
C ⁷	$9,7 \times 10^{-3}$	Li	$3,6 \times 10^{-5}$
Na	$7,8 \times 10^{-3}$	N ¹⁰	$2,2 \times 10^{-5}$
Mg	$4,4 \times 10^{-3}$	Al	$1,5 \times 10^{-5}$
Si	$2,0 \times 10^{-3}$	Fe	$8,4 \times 10^{-6}$
K	$1,4 \times 10^{-3}$	J	$7,2 \times 10^{-6}$
		P ¹¹	$7,1 \times 10^{-6}$
		Mn	$1,8 \times 10^{-6}$

Свободно выделяющиеся газы (в объемных %)

N ₂	71,7
CH ₄	17,8
CO ₂	10,5
O ₂	0

882. Для подцарства волосных вод горных пород и минералов наши знания еще меньше, чем для пресных их разностей (§ 735).

Два семейства могут здесь уже сейчас быть выделены. Во-первых, волосные (пленчатые?) воды, которые, как губка, проникают все породы и минералы. Об этих соленых водах мы ничего не знаем.

Во-вторых, воды включений. Для включений в кварцы некоторые данные даны Г. Сорби (1858). Это соленые воды, заключающие Ca, Na, K, Cl, SO₄, реже CO₂, — характерной их особенностью является нахождение свободных кислот HCl и H₂SO₄. Есть воды с преобладанием Na—Cl и Na—SO₄. Карбонатные воды наблюдаются реже. Есть переходы в рассолы.

Необходимо обратить внимание на эти воды.

¹ Очевидно, это смесь двух вод — O—Ca—S верховодки азотноуглекислой, и минерального источника Cl—Na—Ca (азотного?).

² Должно быть азотноуглекислый

³ Из SO₄', CO₃'

⁴ Из SO₄.

⁵ Из NO₃' ($1,1 \times 10^{-4}$), HBO₂' ($3,1 \times 10^{-4}$), SO₄' ($5,2 \times 10^{-2}$), HCO₃' ($2,7 \times 10^{-2}$), CO₂ ($2,2 \times 10^{-2}$), HPO₄ ($2,2 \times 10^{-5}$), H₂SiO₃ ($5,9 \times 10^{-3}$).

⁶ Из SO₄', своб. H₂S ($3,5 \times 10^{-4}$), связ. H₂S ($9,1 \times 10^{-5}$).

⁷ Из CO₃', HCO₃'.

⁸ Из H₂S связ., H₂S своб., HBO₂', HCO₃', HPO₄', H₂SiO₃

⁹ Из HBO₂'.

¹⁰ Из NO₃'. Растворенный N₂ и органич. вещество не учтены.

¹¹ Из HPO₄'.

IV. Класс рассольных вод.

883. Последнюю группу вод составляют рассолы. Хотя нижняя их граница — 5% твердого остатка — принята условно (§ 215), мы ясно видим их совершенно своеобразное строение.

Это воды тяжелые, мало подвижные. Их удельный вес в известных нам случаях достигает 1,2—1,3, т. е. увеличивается больше, чем на 25—30% по сравнению с пресными водами. Вероятно, в более глубоких горизонтах земной коры он еще выше, еще более отличается от удельного веса чистой воды. Высокая температура этих вод (до 90° и выше для пластовых вод, например) делает их более подвижными.

Это увеличение удельного веса является очень важным и основным явлением. Оно указывает на резкое изменение состава раствора: раствор все более и более переходит в гидрат.

Отсюда следует, что есть предел концентрации рассолов и этот предел определяется, с одной стороны, химическими свойствами жидкой воды — теми богатыми водою гидратами, которые образуются входящими в их состав солями и определяются существующими между ними равновесиями. Повидимому, 40% компонентов вне молекулы воды, к которым близка максимальная концентрация природных растворов, уже отвечает не раствору, а смеси богатых водою гидратов, смеси, находящейся в жидким сдавленном состоянии.

В предельном случае все молекулы воды рассола захвачены в молекулярные гидратные группы: свободных молекул воды в системе нет. Эта система уже не является в сущности раствором.

Природные рассолы — да и рассолы вообще — не изучены с этой точки зрения.

Несомненным мне кажется, что в продуктах глубинных растворов мы встречаемся в земной коре и с другим явлением.

На некоторой глубине (немногих километров) достигается температура, когда гидрат не может существовать — даже при больших давлениях, там проявляющихся, — в жидким состоянии, — он переходит в газообразное состояние, должно быть в аэрозоль, где водяной пар выше критической точки чистого окисла водорода меняет свою химическую функцию — становится кислым ангидридом — входит в комплекс с SiO_2 и Al_2O_3 (в этих областях господствующих) — и не связан с металлами.

Получается своеобразная форма перегретых сжатых „газообразных“ растворов, продуктами которых являются минеральные образования метаморфических геосфер, не являющиеся результатом метаморфического изменения массивных пород.

Физическое состояние этой среды научно сейчас не охвачено ни экспериментом, ни теоретической мыслью.

Мы — в пределах принятой в книге химической классификации — можем без всяких противоречий в области изучаемых нами явлений оставить в стороне эти углубленные представления и ограничиться тем же геохимическим определением рассолов, каким мы пользовались для пресных и соленых вод: весом и числом атомов химических элементов.

884. Основное деление по газам здесь выдерживается довольно резко: есть ряды вод кислородных и бескислородных. Среди обеих отдельно могут быть поставлены бедные и богатые углекислотой. Во всех водах играет большую роль азот. Повидимому, в более глубоких рассолах, температура которых выше 31°, увеличивается значение растворенной углекислоты. Это выявляющееся сейчас обстоятельство требует внимания.

Мы имеем здесь в конце концов следующие подклассы рассолов:

I. Кислородноазотные.

II. Кислородноазотно-углекислые.

III. Азотные.

IV. Азотноуглекислые.

В I, II и III можно отделить в целом ряде случаев разности сероводородные. Метановые подклассы этих вод — несомненно существуют, но очень мало обращали на себя внимание и не изучены. Еще менее внимания обращают воды, богатые более тяжелыми газообразными углеводородами, сопровождающие нефтяные месторождения.

То, что указано раньше для углекислоты, существует и здесь, может быть в еще большей степени, чем для соленых вод. Бедные ю кислородные воды очень редки, и в действительности II подкласс характерен для всех рассолов биосферы.

885. В рассольных водах мы встречаемся впервые с изменением значения подцарств — явлением, которое резко выступает на первый план в царстве вод глубинных, где вероятно царят одни рассолы, резко отличные от всего, что до сих пор наблюдается среди изученных вод.

Вероятно рассолы — этот наименее нам известный класс природных вод — есть по существу самое характерное выявление единого водного равновесия нашей планеты.

Существование подцарств рассольных волосных вод и рассольных минеральных вод может подвергаться сомнению, и может быть дальнейшее исследование докажет их существование только в виде немногих представителей в отличие от того, что мы наблюдаем в классах пресных и соленых вод.

Рассольные воды еще менее изучены, чем соленые воды. Про „волосные рассолы“ мы ничего точного не знаем, и само их существование не может считаться установленным.

Точно также и для почвенных растворов рассолы (больше 5% солевого остатка) должны быть или очень редки, или существовать временами, например, в засушливое время. Возможно однако, что для гигроскопических солонцов, например богатых CaCl_2 , как раз обычны такие воды. Допустимо увеличение органических соединений в некоторых почвенных растворах, отвечающих этим путем этому классу.

В поверхностных водах рассолы движущихся вод — рек — очень редки. Преобладают резко рассольные озера. Среди подземных вод отходят на дальний план, относительно редкие, восходящие воды, а являются преобладающими пластовые воды. Повидимому, по мере углубления в слои стратисфера и приближения к метаморфической геосфере пластовые воды и воды подземных водовместилищ все становятся рассолами, при чем, как уже указывалось, в них увеличивается значение кальция по сравнению с натрием. К значению этого явления я вернусь позже в главе о геохимии вод.

Повидимому, мы сейчас знаем для подземных вод только немногие виды рассолов из многих.

Вопрос о положении рассолов в глубоких горизонтах напорных вод, несмотря на все его значение, сейчас не охвачен теоретической мыслью. Сейчас здесь не собран и критически не обработан и эмпирический материал.

В восходящих водах рассолы отсутствуют для вод, связанных с вулканами и с грязевыми сопками, а среди минеральных источников являются редким типом, почти исключительно связанным с $\text{Na}-\text{Cl}$ водами.

На этом общем фоне существуют менее распространенные рассольные воды, чрезвычайно мало сейчас охваченные научной мыслью и не входящие в господствующие пока типы.

Есть рассолы культурного происхождения, например, некоторые из рудничных вод; рассолами являются воды некоторых морей или их участков (например, воды Красного моря) и т. п.

В дальнейшем изложении будут указаны некоторые из более известных сюда относящихся вод.

Огромно должно быть значение глубинных вод. Здесь не только не собраны аналитические химические данные, которые почти всегда будут косвенными, но не охвачен логическим научным анализом огромный уже имеющийся точный материал, главным образом связанный с учением о метаморфизме.

Я вернусь к этому во 2-й части книги, здесь же коснусь данных явлений хотя и очень кратко.

886. Обратимся к поверхностным рассолам. Среди них небольшую группу, но очень определенное явление, представляют морские рассолы, связанные с отделением от морей участков или в виде озер, или же в виде слабо или временами соединенных с морем разного типа заливов. Наконец, временами значительные участки моря под влиянием усиленного испарения в сухих жарких местностях на всем протяжении или в более мелких, более подвижных местах превращаются в рассолы,— так, например, это явление очень часто наблюдается для поверхностных вод Красного моря.

Процессы отщепления прибрежных водоемов от морей и образования рассолов,— а потом самосадочных бассейнов, идут постоянно, особенно в более жарких местностях, в которых испарение превышает осадки и в тех случаях, когда в эти отщепленные части не впадают реки или ручьи.

Самосадочными бассейнами называются такие бассейны, в которых концентрация достигает такой силы, что начинают выкристаллизовываться в определенном порядке соли.

Явление это, совершенно закономерное для морей, было впервые изучено молодым итальянским, рано умершим, химиком И. Узилис в 1849 году, а позже, уже в свете новой физической химии в конце XIX, начале XX века, выражено в форме определенных законов, точно сводимых к геометрическим поверхностям— Г. Вант-Гоффом и его учениками (§ 453 и сл.), развитых позже в работах Н. С. Курнакова и его школы.

Явление это неизменно повторяется во всех геологических эпохах, что доказывает неизменность в течение геологического времени состава морской воды.

Этот процесс самосадочной концентрации моря при замирании морских бассейнов играет огромную роль в истории солевых отложений, по крайней мере от кембрия до современного нам геологического времени.

887. Я могу лишь остановиться на этом процессе в самой малой степени.

И. Узилио делал опыты над водой Средиземного моря. По мере концентрации воды начинается выпадение из нее менее растворимых составных частей— сперва выпадает окись железа (гематит ?), потом кальцит (CaCO_3), гипс ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), галит (NaCl) и остается— после выделения главной части хлористого натрия— маточный рассол, являющийся исходным телом для образования залежей природных магниево-калиевых солей, связанных в своем генезисе с океаном и с морями.

Из морской воды Средиземного моря (CXX) получился маточный раствор— рассол CXXI.

Вот эти числа:

CXX. Cl—Na

CXXI. Cl—Mg—Na—O—S—K—Br.

Твердый остаток

3,84 — 4,12%

29,4%

Элементы

Cl 19,4%

Cl 2,1 — 2,5%
Na 1,3 — 1,2%Mg 5,4%
Na 5,2%
O¹ 4,7%
S² 2,3%
K 1,3%
Br 1,1%

O³ 2,8 — 2,6 × 10⁻¹
 Mg 1,6 — 1,4 × 10⁻¹
 S⁴ 1,1 × 10⁻¹ — 9,9 × 10⁻²
 Ca 4,9 — 4,6 × 10⁻²
 K 4,6 × 10⁻²
 C⁵ 1,6 — 1,4 × 10⁻²
 Br 7,4 — 6,1 × 10⁻³

Ряд таких или аналогичных рассолов наблюдается вдоль морей, где человек создает их искусственно или где часто без его участия отделяются мелкие участки моря, вода которых медленно концентрируется.

Состав этих рассолов будет несколько иной, так как процесс в природе идет более медленно и химически иначе, чем в опыте Узилио, а главным образом потому, что связан с длительным влиянием проникающей морскую воду жизни.

888. В природе очень часто наблюдаются промежуточные рассолы, не дошедшие до большой концентрации таких маточных растворов и даже до самосадочного состояния вообще.

Мы имеем здесь бесконечное разнообразие. Приведу несколько примеров. Таковы например:

CXXII. Рассол при участии человека — в Santo Mateo в Калифорнии. Анализ Р. Гарднера.

CXXIII. Красное море. Анализы К. Шмидта и К. Наттерера.

CXXII. Cl—Na—(Mg—O)

31,82%

CXXIII. Cl—Na

5,1 — 6,85%

Соляной остаток

Cl 17,95%

Na 7,07
Mg 2,4
O⁶ 1,9S⁷ 9,8 × 10⁻¹
K 8,2 × 10⁻¹
Br 3,0 × 10⁻¹
Ca 1,2 × 10⁻¹Cl 3,9 — 2,8
Na 2,1 — 1,6O⁸ 3,5 — 2,6 × 10⁻¹
Mg 2,5 — 2,0 × 10⁻¹
S⁹ 1,7 — 1,3 × 10⁻¹
Br 1,2 × 10⁻¹ — 6,8 × 10⁻³

¹ Из SO₄²⁻, CO₂ и CO₃²⁻ не приняты во внимание, так же как и растворенный воздух.

² Из SO₄²⁻.

³ Из CO₃²⁻ (макс. 7,7 × 10⁻²%), SO₄²⁻ (макс. 2,79 × 10⁻¹%). O₂ растворенный и CO₂ не приняты во внимание. Также не учтено органическое вещество.

⁴ Из SO₄²⁻.

⁵ Из CO₃²⁻.CO₂ и органическое вещество не учтены.

⁶ Растворенный O₂, органическое вещество, CO₂ и CO₃²⁻ не приняты во внимание. Из SO₄²⁻.

⁷ Из SO₄²⁻.

⁸ Из SO₄²⁻, CO₃²⁻. Растворенный O₂ и органическое вещество не учтены.

⁹ Из SO₄²⁻. Органическое вещество не учтено.

Ca	$8,4 \times 10^{-2}$ — $5,4 \times 10^{-2}$
K	$7,3 - 5,4 \times 10^{-2}$
C ¹	$1,8 - 1,3 \times 10^{-3}$
Rb ²	$1,9 \times 10^{-3}$
Fe	$2,4 \times 10^{-4}$
Si	$1,4 \times 10^{-4}$
P	$8,8 \times 10^{-5}$

Явления этого рода очень разнообразны и часто не дают скоплений большого масштаба.

Вот, например, еще анализы воды заливов Сиваша (Гнилого моря) по новым анализам (1916—1926):

CXXIV. Cl—Na

Сухой остаток 13,3% — 6,9%

Элементы

Cl	$8,0\%$ — 3,9
Na	$4,2 - 2,0$
Mg	$4,5 \times 10^{-1}$ — $3,0 \times 10^{-1}$
Ca	$2,8 \times 10^{-1}$ — $6,0 \times 10^{-2}$
O ³	$2,0 \times 10^{-1}$ — $5,2 \times 10^{-1}$
K	$1,4 \times 10^{-1}$ — $7,8 \times 10^{-2}$
C ⁴	$5,6 \times 10^{-2}$
S ⁵	$3,7 \times 10^{-2}$
Br	$1,5 \times 10^{-2}$

Морские концентраты играют видную роль в истории рассолов. Я коснусь их еще раз при рассмотрении приморских озер, которые из них происходят. Здесь образуются рассолы Cl—Na—Mg и Cl—Na—Mg—SO₄.

Концентраты морской воды играют большую роль и в создании соляных залежей, установленных с нижнекембрийской эпохи, что может служить указанием на устойчивость этого явления в геологическом времени и относительной неизменности состава морской воды и происходящих из нее рассолов.

889. Особый тип морских рассолов представляют лиманы.

От соленых лиманов есть все переходы в рассольные лиманы. Различие воды лиманов — например, лиманов Черного моря — от морской воды отчасти зависит, как это указал А. А. Вериго (1880), от того, что морская вода смешивается с водой речной пресной, несущей Ca—C—O₃. С другой стороны, морская вода в прибрежном песке дна и стенок лимана фильтруется, смешиваясь с наземной пресной, водой, богатой CaCO₃, и входит в лиман уже обогащенная известью, содержа CaSO₄. При концентрации воды лимана и превращении соленой его воды в рассольную избыток гипса может выделяться из лимана. Аналогичные процессы как раз идут в лиманной грязи, своеобразном образовании, переполненном биохимическими явлениями. Грязь химически активна, меняя состав воды лимана — всегда мелкого.

¹ Из CO₃²⁻·CO₂ не учтено.

² Требует проверки.

³ Из CO₃²⁻ ($1,8 \times 10^{-1}\%$), SO₄²⁻ ($7,8 \times 10^{-1}$). Растворенные O₂ и CO₂, а равно органическое вещество не приняты во внимание.

⁴ Из CO₃²⁻. Органические вещества и растворенная CO₂ не учтены.

⁵ Из SO₄²⁻. Органические вещества не приняты во внимание.

Следующие числа дают понятие о составе лиманной рассольной воды — Cl—Na (CXXV).

CXXV. Cl—Na

Солевой остаток 5,1 — 31,4⁰₀

Элементы

Cl 19,7 — 2,8

Na 8,9 — 1,0

Mg 3,4 — 1,9 × 10⁻¹

O¹ 5,6 × 10⁻¹ — 2,9 × 10⁻¹

Ca 6,6 × 10⁻² — 3,8 × 10⁻²

K 3,6 × 10⁻² — 2,2 × 10⁻²

S² 7,0 × 10⁻² — 7,7 × 10⁻²

Br 8,5 × 10⁻³ — 5,8 × 10⁻³

C³ 2,4 × 10⁻³ — 5,0 × 10⁻³

N⁴ 8,6 × 10⁻⁴

H 1,3 × 10⁻⁴ 4,0 × 10⁻⁴

Si 8,5 × 10⁻⁵

J 5,5 × 10⁻⁵ сл. 4,4 × 10⁻⁵

Rn 1,6 × 10⁻¹⁶ — 1,2 × 10⁻¹⁷

От лиманов, связанных с реками, должны быть отделены лагуны и соленые болота, представляющие другую черту изменений береговых очертаний. Они химически не изучены. Рассолы здесь сосредоточены в сухих жарких областях.

890. Особый вид рассольных морских вод представляют рассолы при замерзании морского льда, постоянно образующегося, непрерывно существующие в приполярных странах.

Нигде не собираясь в больших бассейнах, этот вид рассолов в действительности захватывает большие массы воды.

Он получается при реакции:



Состав рассола, отношения между его компонентами, изменен по сравнению с исходной морской водой.

Аналитов очень мало. Следующие числа Форсбера во время экспедиции „Веги“ (А. Норденшильд) по Северным морям вдоль берегов Сибири дают понятие о составе получающегося рассола. Рассол взят при —30 — 32°. Очевидно он меняется в зависимости от колебаний температуры.

Следующие числа дают о нем понятие:

Рассол естественного вымораживания морской воды

CXXVI. Na—Cl—(Mg)

¹ Приняты во внимание только SO₄²⁻ (до 2,1%), CO₃²⁻ (до 9,0 × 10⁻¹ %), HCO₃¹⁻ (до 3,8 × 10⁻² %), SiO₂ (до 1,8 × 10⁻³ %), NO₂ (до 7 × 10⁻⁵ %). Растворенный кислород, органическое вещество, растворенный CO₂ не учтены.

² Из SO₄²⁻. Орган. вещества не учтены.

³ Из HCO₃¹⁻. Орган. вещества и CO₂ не учтены.

⁴ Из белковых тел — до 5,6 × 10⁻³ %. Из NH₄⁺ (до 1,0 × 10⁻² %), NO₂¹⁻ (до 6,7 × 10⁻⁵ %). Растворенный азот не учтен.

Твердый остаток 25,4 — 16,9₀

Элементы

Cl 15,7 — 10,6

Na 6,8 — 4,7

Mg 1,9 — 9,2 × 10⁻¹

Ca 5,0 × 10⁻¹ — 2,7 × 10⁻¹

K 2,4 × 10⁻¹ — 1,9 × 10⁻¹

O¹ 2,1 × 10⁻¹ — 9,7 × 10⁻²

S² 1,0 × 10⁻¹ — 4,8 × 10⁻²

К сожалению, более полных анализов нет. Интересны как раз числа более редких элементов: Fe, Al, Mn и т. п.

891. Из поверхностных рассолов суши наибольшее значение имеют рассольные озера.

Рассольные реки и ручьи встречаются в сухих пустынных областях, но особого значения не имеют. Они частично представляют рассольные текучие воды в областях, богатых солонцами и рассольными озерами, отчасти связаны с солеными (рассольными) источниками, выходящими на поверхность.

Это тяжелые своеобразные воды. Повидимому, мы имеем два резко различных их вида: 1) более бедные солью (всегда преобладает NaCl), являющиеся как бы крайними членами соленых рек, и 2) концентрированные рассольные текучие воды, образующиеся в особых условиях.

По существу это все же всегда маломощные мелкие „реки“.

Следующие числа дают понятие о их воде:

Рассольные реки.

CXXVII. Cl—Na—Mg

Твердый остаток 5,1 — 8,6₀

Элементы

Cl 4,9 — 1,4₀

Na 3,0 — 1,2

O³ 1,5 × 10⁻¹ — 5,9 × 10⁻²

Mg 1,0 — 1,4 × 10⁻¹

K 5,4 × 10⁻¹ — 2,5 × 10⁻¹

S⁴ 5,3 × 10⁻¹ — 3,3 × 10⁻²

Ca 2,1 × 10⁻¹ — 3,7 × 10⁻³

C 8,7 × 10⁻²

H 7,2 × 10⁻³

Как пример рек другого типа — концентрированных рассолов — можно привести неполный анализ Р. Штадеба р. Малой Смарагды, впадающей в Эльтон:

CXXVIII. Na—Cl

¹ Из SO₄²⁻ (до 3,4 × 10⁻¹). Ни O₂, ни CO₂, ни органические вещества не учтены.

² Из SO₄²⁻.

³ Гл. обр. из SO₄²⁻ (до 1,6%), HCO₃⁻ (до 4,4 × 10⁻¹). Ни растворенные CO₂ и O₂, ни органические вещества не учтены.

⁴ Из SO₄²⁻. Органич. вещества не учтены.

Твердый остаток 25,0%

Элементы

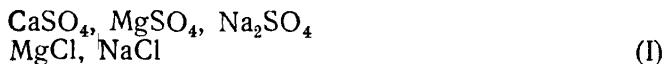
Na	12,6	(определен по разности; содержит K)
Cl	10,1	
O ¹	1,6	
S	$6,0 \times 10^{-1}$	
Mg	$5,5 \times 10^{-1}$	
Ca	$3,0 \times 10^{-2}$	
Si	$9,4 \times 10^{-4}$	

Морфологические явления этого рода проявляются очень разнообразно. Соленые ручьи образуются очень быстро, например, при размывании соленых залежей — в соляных копях под влиянием деятельности человека. Ручьи в разработке соли Велички содержат до 28,5% NaCl.

892. Наиболее распространены и наиболее разнообразны рассольные озера, непрерывно проходящие иногда реально в своей геологической истории через соленые озера в озера пресные. Часть этих рассольных озер связана с морскими концентратами, часть — с вторичным растворением соляных залежей, часть — с своеобразными процессами, независящими от морской воды и связанными с процессами выветривания в областях сухого климата, в пустынях и в полупустынях.

Химическое различие, связанное с этими двумя различными процессами, — проявление основной диссимметрии земной коры — (§ 74 сл.) было ярко установлено Н. С. Курнаковым (1896), позже при участии Н. С. Жемчужного (1916).

Соляная масса рассольных озерных вод, связанных с морской водой, отвечает составу самой морской воды и ее концентратам. Она проявляется уже в соленных водах и может быть характеризована следующим составом соленой массы:



Совсем другой состав имеют рассольные озерные воды, а отчасти и соленые — сушки, в которых сульфаты отступают на второй план, фиксируются и выходят из раствора с ионами кальция или же уходят в тропосферу, в виде сероводорода биохимическими процессами. Для CaSO₄ они часто насыщены. Соленая масса этих озер выражается следующим составом:



Эти основные черты двух разных процессов приводят к целому ряду своеобразных явлений. Отмежеванные от моря участки морской воды в конце концов переходят в рассольные воды второго типа.

Основную черту этого изменения — выветривания² — правильно указал А. А. Вериго (1880): это действие поверхностных богатых ионами CO₃²⁻ и HCO₃⁻ вод — создания жизни, организмов на просачивающиеся

¹ Кислород растворенный, органич. вещество, CO₂ растворенная не учтены. SO₄²⁻ (1,8%), SiO₂ ($2,0 \times 10^{-3}$ %).

² Н. С. Курнаков, Н. Е. Жемчужный и часто другие говорят об идущей здесь метаморфизации. Согласно терминологии, очень распространенной и много здесь принятой, изменения под влиянием жизни в тропосфере называются выветриванием.

приморские верховодки суши, играющие такую роль в создании лиман-
ных рассольных вод. Этим путем уходит из растворов (может быть
в виде $\text{CaMg C}_2\text{O}_6$ — доломита) значительная часть магния, и солевая масса
(I) переходит в солевую массу (II).

893. Одновременно (Н. Курнаков и Н. Жемчужный. 1916) идет
второй процесс, действующий в том же направлении, — поглощение и восста-
новление сульфатов — иона SO_4^{2-} — жизнедеятельностью бактерий. Сера
уходит из озер в тропосферу в виде H_2S .

В связи с этим получает большое значение коэффициент k , названный
Н. С. Курнаковым (1896), „коэффициентом метаморфизациии соляных
растворов“.

$$k = \frac{\text{MgSO}_4}{\text{MgCl}_2}$$

Для Крымских и Черноморских соляных и рассольных озер отношение
это равно 0,4—0,8. Для солевого состава морской воды 0,43.

Для соляных озер материка величина k уменьшается и в „типических
соляных озерах материкового образования приближается к нулю“ (Н. Кур-
наков и С. Жемчужный. 1916).

Рассмотрение того случая, над которым работал Н. С. Курнаков
и его сотрудники, ясно показывает, что этот коэффициент зависит еще
от каких то причин, не принятых во внимание, так как k часто очень
значительно (вдвое) превышает отношение для океанической (морской)
воды.

894. Мы увидим, что и в дальнейшем процессы на суше далеко не
идут только в направлении уменьшения величины k , связанного с умень-
шением сульфатного иона, но и в направлении его увеличения, явно
не связанного с исходной морской водой.

Поэтому исходная точка зрения в классификации соленых озер
Н. С. Курнакова явно недостаточна, как исходная для общей класси-
фикации. Она, например, не охватывает карбонатных озер — или таких,
в которых выдвигается на первое место не натрий, а калий.

Но в то же время она отмечает характерную черту в строении био-
сферы — резкое различие между рассолами гидросферы и суши и законо-
мерный переход морских рассолов в рассолы суши, как только они выхо-
дят из под влияния процессов гидросферы.

Два явления здесь очень характерны — уход сульфатов и увеличение зна-
чения CaCl_2 и MgCl_2 наряду с NaCl . Едва ли случайно, что то же самое
явление наблюдается и для глубоких напорных вод, выходит за пределы
биосферы.

Учитывая эти и другие правильности, я построю классификацию рас-
сольных озер не на генетическом признаке, а на чисто химическом —
подобно тому, как это имело место для озер соленых и пресных.

Рассольные, часто самосадочные, озера должны бы — могло казаться —
постепенно меняться в своем составе, высыхая. Но этот процесс не
есть тот, который мы изучаем в поверхностных рассольных озерах. Они
представляют динамические равновесия — в течение исторического вре-
мени. Для ряда наших рассольных озер — в течение десятков если не
сотен лет заметного изменения не наблюдается (для Тинакского оз., нап-
пример, по С. А. Щукареву (1929) в течение 50 лет).

895. Рассольные озера можно классифицировать на основании
кислотных остатков — хлористые, сульфатные, карбонатные и т. д.

Остановимся прежде всего на хлористых рассолах.

Здесь мы имеем следующие виды, характеризующиеся господствующим
комплексом солевого остатка:

1. Cl—Na.
2. Cl—Mg.

- и может быть 3. Cl—Mg—Na
4. Cl—Ca—Na
5. Ca—Mg—Ca—Na.

Не исключена возможность существования (в виде ничтожных скоплений, но не в виде соленых озер) и рассола $\text{Ca}-\text{Cl}$ (§ 901).

Натровые и магниевые разности преобладают. Взявши во внимание все известные случаи, можно подобрать все переходы между хлористыми озерными водами (бедными сульфатами и карбонатами) с резким преобладанием натрия и обогащенными CaCl_2 и MgCl_2 ; граница между 1, 3 и 5 видами может быть проведена только условно. В известных физико-географических условиях хлорнатровые озера реально переходят в озера $\text{Cl}-\text{Na}-\text{Mg}$ и $\text{Cl}-\text{Na}-\text{Mg}-\text{Ca}$.

Поэтому я не разделяю здесь виды 1, 3 и 5 друг от друга, лишь подчеркивая, что преобладают хлорнатровые озера, более бедные $MgCl_2$ и $CaCl_2$.

896. Данные анализов (в вес. %) следующие:¹

CXXIX. Cl—Na (и переходы: 3 и 5)²

Твердый остаток 5,4—40,7

Элементы

Cl	$24,4 - 2,6$
Na	$12,1 - 1,8$
O ³	$6,8 - 1,4 \times 10^{-2}$ %
Mg	$3,2 - 2,4 \times 10^{-4}$
K	$2,6 - 5,2 \times 10^{-3}$ (с.л.)
S ⁴	$2,7 - 8,3 \times 10^{-4}$
Ca	$1,7 - 0$ (с.л.) ($5,0 \times 10^{-2}$)
C ⁵	$6,5 \times 10^{-1} - 7,4 \times 10^{-4}$
Br	$2,5 \times 10^{-1} - 7,9 \times 10^{-4}$ (с.л.)
N ⁶	$1,4 \times 10^{-1} - 1,8 \times 10^{-5}$
H ⁷	$5,3 \times 10^{-2} - 5,9 \times 10^{-5}$
J	$5,0 \times 10^{-2} - 9,0 \times 10^{-5}$
B	$2,7 \times 10^{-2} - 0$ (10^{-3})
Fe	$1,6 \times 10^{-2} - 7,7 \times 10^{-5}$ (с.л.)
Si ⁸	$1,4 \times 10^{-2} - 2,8 \times 10^{-4}$
Rb ⁹	$5,6 \times 10^{-3}$
Al	$5,2 \times 10^{-3} - 7,4 \times 10^{-4}$
Li	$2,3 \times 10^{-3}$ (с.л.) $2,0 \times 10^{-1}$

¹ Сюда помещены только озера, в которых Na/Mg не больше 3, а Ca/Na меньше 1.

Сюда помещены только озера, в которых Na/Mg не больше 6, а Ca/Na меньше 1.

³ Растворенные O_2 , CO_2 и органические вещества не прияты во внимание. SO_4^{2-} (до 5,6%) HCO_3^- (до 3,2%) NO_3^- (до $6,1 \times 10^{-1}$) VO_4^{3-} (до $3,0 \times 10^{-2}$) CO_3^{2-} (до 4,5%).

⁴ Органические вещества не принимаются во внимание. Из SO_4^{2-} , H_2S макс. (до $85 \times 10^{-4} \text{ г/л}$)

Из HCO_3^- . Растворенная CO_2 и органич. вещ. не учтены.

⁶ Растворенный N_2 и органическое вещество не учтены, т. е. количество азота не может спуститься ниже порядка 10^{-3} . Учтено: NO_3^- (до $6,7 \times 10^{-1}\%$) и NH_4^+ (до $3,8 \times 10^{-3}\%$). Белковый азот до $5,6 \times 10^{-3}\%$.

Органическое вещество не учтено. Из HCO_3^- , NH_4^+ ,

³ Органическое вещество не учтено. Из SiO_2 .

³ Числа А. Шмидта; требуют проверки.

$$P \quad 4,4 \times 10^{-6}$$

Есть Cs, Ba, Sr, Mo, Nd, Cu, Zn.

Орган. вещ. до 1,5%.

pH 7,3

Щелочный комплекс $2 \text{MgCO}_3\text{Mg}(\text{OH})_2$?

Удельный вес до 1,175.

897. К другому типу — Cl—Mg — относятся только такие озера, в которых магний преобладает над натрием, а Ca/Na меньше 1.

В связи с сложными условиями жизни самосадочных озер всегда есть переходы в разные времена года между 2 и 3 видами (§ 895): в жаркое и сухое время рассол должен быть отнесен в класс Mg—Cl, в сырое и умеренное — в Mg—Na—Cl.

Есть переходы и в Mg—Na—Cl—SO₄.

Следующие числа дают представления о химическом составе вод хлоромагниевых рассольных озер.

CXXX. Cl—Mg¹

Твердый остаток 49,3 — 21,7%.

Элементы (вес. %)

Cl 30,5 — 11,6
Mg 25,2 — 2,7

Na 4,7 — 4,6 × 10⁻¹

Ca 3,3 — 1,1 × 10⁻²

O² 3,6 — 4,9 × 10⁻³

S³ 1,9 — 1,0 × 10⁻³

K 1,4 — 4,7 × 10⁻²

Br 7,0 × 10⁻¹ — 1,7 × 10⁻³

C⁴ 5,1 × 10⁻³ — 7,3 × 10⁻⁴

Al 5,0 × 10⁻³

Rb⁵ 1,7 × 10⁻³

H⁶ 5,0 × 10⁻⁴ — 6,1 × 10⁻⁵

Есть J, Li.

Органическое вещество до 5,0 × 10⁻¹ %.

898. Наибольшее рассольное озеро — Мертвое море в Палестине — 920 км² площади с 400 м максимальной глубины — началось в виде прес-

¹ Может быть надо выделить отдельно рассольные озера, содержащие более 1% SO₄²⁻, как вид воды Mg—Cl—O—S.

² Растворенные O₂, CO₂ и органические вещества не приняты во внимание. Обычно не превышают порядка 10⁻¹ %. Ионы SO₄²⁻ (до 5,7%), HCO₃⁻ (до 2,6 × 10⁻²).

³ Органические вещества не приняты во внимание. Ионы SO₄²⁻. Обычно не превышают порядка 10⁻² %.

⁴ Органическое вещество и CO₂ не приняты во внимание. Ион HCO₃⁻.

⁵ Числа K. Шмидта — требуют проверки.

⁶ Органическое вещество не принято во внимание. Ион HCO₃⁻.

ного озера в конце плиоцена или в начале постплиоцена. Оно лежит в глубокой тектонической трещине; уровень его на 392 м ниже уровня Океана. В историческое время никаких заметных изменений оно не претерпело: есть указания на повышение его уровня за последние десятки лет.

Это бессточная впадина, в которую вливаются пресные воды Иордана — в сутки $6,0 - 7,8 \times 10^6$ тонн воды. Есть приток подземных вод.

В течение протекших сотен тысяч лет, пройдя через ряд тектонических потрясений и стадию большого соленого озера, уровень которого был на 30 м больше нынешнего — (больше 3000 км², по М. Бланкенгорну, между Гмюндским и Миндельским временем) — в Римское время Мертвое море получило нынешние размеры и вероятно стало рассольным.

Оно относится сейчас к виду озер Cl—Mg в значительной части своей воды. Отношения Mg/Na сильно колеблются в пределах 2,91—1,02 (CXXXI). Есть анализы, указывающие для менее концентрированных вод состав Mg—Na—Cl, где Mg/Na равно 0,90—0,66 (CXXXII).

Следующие числа дают понятие о составе воды Мертвого моря (в %):

CXXXI (9 anal.)
Cl—Mg

CXXXII (4 anal.)
Cl—Na—Mg

Твердый остаток

29,8 — 17,4

23,9 — 18,8

Элементы

Cl	$19,8 - 11,5$	Cl	$15,2 - 12,4$
Mg	$4,2 - 2,5$	Na	$3,2 - 2,6$
Na	$3,5 - 1,3$	Mg	$2,9 - 2,3$
Ca	$1,7 - 3,7 \times 10^{-1}$	Ca	$1,4 - 7,9 \times 10^{-1}$
Br	$7,0 \times 10^{-1} - 1,5 \times 10^{-1}$	K	$7,7 \times 10^{-1} - 4,4 \times 10^{-1}$
K	$8,8 \times 10^{-1} - 1,6 \times 10^{-1}$	Br	$4,0 \times 10^{-1} - 2,1 \times 10^{-1}$
Mn	$8,6 \times 10^{-2} - 2,2 \times 10^{-2}$	O ²	$6,8 \times 10^{-2} - 5,0 \times 10^{-2}$
O ¹	$6,2 \times 10^{-2} - 7,2 \times 10^{-3}$	S ³	$3,3 \times 10^{-2} - 2,3 \times 10^{-2}$
S ³	$3,5 \times 10^{-2} - 1,2 \times 10^{-2}$		
C ⁴	$9,6 \times 10^{-3} - 4,8 \times 10^{-4}$	C ⁴	$8,0 \times 10^{-4} - \text{сл.}$
		Fe	$7,6 \times 10^{-5}$
		J	$2,5 \times 10^{-6}$

Есть Si, Al, NH₄, Fe

Есть Al, Si

Органич. вещ. содержащее N — до $5,2 \times 10^{-3}\%$.

Воды Мертвого моря во многом своеобразны. Бросается в глаза существование вод Na—Mg—Ca—Cl [анализы Террейля (1,7—1,2% Ca) и Фрид-

¹ Из SO₄²⁻ ($6,0 \times 10^{-2}\%$) и CO₃²⁻ ($4,8 \times 10^{-2}\%$), HCO₃ (сл.). O₂ и CO₂ и органич. вещество не учтены.

² Из SO₄²⁻ ($1,0 \times 10^{-1}\%$), CO₃²⁻ ($4,0 \times 10^{-3}\%$). O₂, CO₂ и органич. вещество не учтены.

³ Из SO₄²⁻.

⁴ Из CO₃²⁻. CO₂ и орган. вещ. не учтены.

мана (1912)]. Повидимому, это воды поверхностные, и может быть их следовало бы выделить.

Но более всего замечательно богатство бромом, особенно в глубоких водах. Эта вода, должно быть, представляет особый подвид: Cl—Mg—Ca—Na—(Br).

Вот этот анализ [глубина 300 м, анализ Террэйля (Terreil)]:

CXXXIII. Cl—Mg—Ca—Na—(Br)

Твердый остаток 26,0

Элементы

Cl 17,5

Mg 4,1
Ca 1,7
Na 1,4

Br $7,0 \times 10^{-1}$
K $4,4 \times 10^{-1}$

O $4,0 \times 10^{-2}$
S $2,0 \times 10^{-2}$

• • • • • Есть C, Si.

899. О реально наблюдающихся озерах, которые относятся к виду Cl—Na—Mg, при чем отношение Na/Mg лежит между 1 и 3, колебляясь в пределах 1,57—2,74, а Na/Ca всегда больше 1, дают понятие (в весовых %) следующие числа пределов колебаний:

CXXXIV. Озера Na—Mg—Cl

Твердый остаток 22,4—37,9

Элементы

Cl 18,9—13,5

Na 9,8—2,5
Mg 5,3—2,0

O¹ 2,8—4,2 $\times 10^{-2}$
Ca 1,5—2,0 $\times 10^{-2}$ (сл.)
S² 1,4—2,1 $\times 10^{-2}$

K $3,0 \times 10^{-1}$ — $1,0 \times 10^{-2}$

Br $8,0 \times 10^{-2}$ — $2,6 \times 10^{-2}$
C³ $2,8 \times 10^{-2}$ — $6,8 \times 10^{-3}$

N⁴ $2,4 \times 10^{-3}$ — $1,9 \times 10^{-3}$
Si $2,1 \times 10^{-3}$

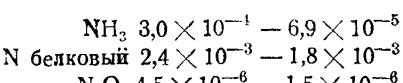
H⁵ $5,7 \times 10^{-4}$ —0

¹ Не приняты во внимание растворенный O₂, органические вещества и CO₂. Учтены только SO₄²⁻ (до 4,1%), HCO₃⁻ (до $3,5 \times 10^{-2}$ %), CO₂ (до $4,5 \times 10^{-2}$).

² Из SO₄²⁻.

³ Из HCO₃⁻ и CO₂. Орган. вещ. не учтено.

⁴ N₂ не учтен. Для Эльтонского оз. по В. Радищеву (1930) всего N $2,4 \times 10^{-3}$ — $1,9 \times 10^{-3}$, при чем



⁵ HCO₃⁻.

P $4,0 \times 10^{-4} - 2,4 \times 10^{-4}$

J $3,0 \times 10^{-5}$

Fe $8,0 \times 10^{-6}$

Есть разности, не заключающие HCO_3' и почти не заключающие SO_4'' . Они очень бедны кислородом. 4,08% SO_4 , которые здесь приняты во внимание,— предельный случай. Ближайшее число дает $1 \times 10^{-1}\%$ SO_4'' .

900. Гораздо реже воды озер принимают форму вод 5-го типа (§ 895):

$\text{Cl} - \text{Mg} - \text{Ca} - \text{Na}$,

где Mg и Ca находятся в преобладании над натрием. Таков, например, анализ (в вес. %) одного из Перекопских озер (VIII 1895 года):

CXXXV. $\text{Cl} - \text{Mg} - \text{Ca} - \text{Na}$

Твердый остаток 28,7

Элементы

Cl 20,1

Mg 4,8

Ca 2,8

Na 1,5

O¹ $3,3 \times 10^{-2}$

S $1,6 \times 10^{-2}$

901. В четвертый тип озерных вод, $\text{Cl} - \text{Na} - \text{Ca}$, я включаю только воды бедные магнием и сложными кислородными ионами.

Такие озера повидимому характерны для пустынных и полупустынных областей Евразии, главным образом бессточных низменностей Средней Азии. Именно здесь имеются гигроскопические CaCl_2 -солонцы и в сорах образуются временные или постоянные $\text{Na} - \text{Ca} - \text{Cl}$ воды.

Таков, например, состав воды, приводимый Е. Ивановой (1928) для села Прикаспийского озерного района в системе озер Ащесор, в 45 км от Жилой Косы в Казахстане.

CXXXVI. Вода $\text{Cl} - \text{Na} - \text{Ca}$

Твердый остаток

26,2%

Элементы

Cl 13,7%

Na 7,2

Ca 1,5

O² $3,1 \times 10^{-1}$

Mg $1,9 \times 10^{-1}$

S $1,5 \times 10^{-1}$

K $1,3 \times 10^{-1}$

C³ $1,5 \times 10^{-3}$

H⁴ $1,0 \times 10^{-4}$

¹ Не учтено ни O_2 , ни CO_2 , ни орган. вещ.— только SO_4'' ($5,0 \times 10^{-2}\%$).

² Растворенные O_2 , CO_2 и органические вещества не учтены. Из ионов SO_4'' (до $4,6 \times 10^{-1}\%$), HCO_3' (до $7,7 \times 10^{-3}\%$).

³ Органическое вещество и CO_2 не учтены. Из ионов HCO_3' .

⁴ Из ионов HCO_3' . Органическое вещество не учтено.

902. Отдельную группу хлористых озерных рассольных вод составляют богатые иодом озера, связанные с нефтяными месторождениями. Эти воды сильно изменены культурной работой, так как в них попадают — благодаря добыче нефти — буровые воды нефтяных месторождений.

Относительно богатое в них содержание иода обратило на них внимание, но содержание в них иода колеблется в довольно значительных пределах — достигая до $5,5 \times 10^{-2} \%$ (Г. Уразов). В Беюк-Шорском озере (Апшер. пол.) оно колеблется от $1,6 \times 10^{-2}$ до $7,5 \times 10^{-4} \%$, и количество его в озере абсолютно уменьшается (в 1916, по Уразову, до 230 тонн; в 1925, по Б. Денисовичу, — около 75 тонн).¹

Уже по характеру органического вещества и газов (не изученных) эти воды должны быть выделены. Едва ли могут служить основанием для их классификации небольшие количества иода. На этом основании можно выделять только подвиды.

По солевым компонентам эти воды относятся к видам:

- I. Cl—Na (богатые Mg и Ca и бедные Mg и Ca разности) и
- II. Cl—Na—Ca.

Следующие анализы Г. Уразова дают понятие о их составе (CXXXVII — бедные Mg и Ca, CXXXVIII — более богатые Mg и Ca, CXXXIX — Na—Ca):

CXXXVII. Na—Cl (4 анализа)	CXXXVIII. Cl—Na—(Ca) (2 ан.)	CXXXIX. Cl—Na—Ca (Калинское оз.)
-------------------------------	---------------------------------	-------------------------------------

Твердый остаток

21,1 — 27,0%	16,3 — 25,9%	27,1%
--------------	--------------	-------

Элементы

Na	20,1 — 19,4	Cl	16,1 — 9,9	Cl	18,0
Cl	16,0 — 12,5	Na	14,7 — 7,3		
O ²	$1,7 — 4,9 \times 10^{-1}$	Ca	$1,0 — 6,4 \times 10^{-1}$	Na	6,2
				Ca	4,4
Ca	$5,5 \times 10^{-1} — 3,0 \times 10^{-3}$	Mg	$7,3 \times 10^{-1} — 3,9 \times 10^{-1}$	Mg	$4,2 \times 10^{-1}$
C ³	$4,1 \times 10^{-1} — 7,7 \times 10^{-2}$	K	$2,0 \times 10^{-1}$		
Mg	$3,9 \times 10^{-1} — 1,3 \times 10^{-2}$	O ⁴	$1,2 \times 10^{-1} — 1,1 \times 10^{-1}$		
K	$1,8 \times 10^{-1} — 4,1 \times 10^{-2}$	S ⁵	$5,5 \times 10^{-2} — 4,6 \times 10^{-2}$	O	$1,5 \times 10^{-2}$
S ⁵	$9,1 \times 10^{-2} — 3,3 \times 10^{-2}$	J	$4,6 \times 10^{-3} — 1,5 \times 10^{-3}$	J	$7,0 \times 10^{-3}$
J	$6,6 \times 10^{-2} — 1,5 \times 10^{-3}$	C	$4,0 \times 10^{-3} — 2,4 \times 10^{-3}$	S ⁶	$4,6 \times 10^{-3}$
H ⁷	$5,8 \times 10^{-3} — 1,2 \times 10^{-3}$	H ⁷	$4,1 \times 10^{-4} — 2,4 \times 10^{-4}$	C ³	$1,3 \times 10^{-3}$
				H ⁷	$1,4 \times 10^{-4}$

¹ Характер нахождения иода требует исследования. Ион JO_3' определен до $1,7 \times 10^{-3} \%$ (Уразов). Б. Денисович (1927) пытается объяснить уменьшение иода захватом его ионов при самосадке и разливом 1924—1925. Необходимо учитывать биохимический процесс — испарение (пары J) и возможно испарение иного характера.

² Из HCO_3' (до $2,3 \times 10^{-1} \%$), CO_3'' (до $9,9 \times 10^{-1} \%$), SO_4'' (до $2,8 \times 10^{-1} \%$). O_2 , CO_2 , орган. вещ. не учтены.

³ Из CO_3'' и HCO_3' .

⁴ Из HCO_3' (до $2,1 \times 10^{-2} \%$), SO_4'' (до $1,7 \times 10^{-1} \%$). O_2 , CO_2 , орган. вещ. не учтены.

⁵ Из SO_4'' .

⁶ Из HCO_3' ($6,8 \times 10^{-3} \%$), SO_4'' ($1,4 \times 10^{-2}$).

⁷ Из HCO_3' .

Для $\text{Na} - \text{Cl}$ (CXXXVII) известно (Беюк-Шор) количество нафтеновых кислот; — оно порядка $7,2 \times 10^{-1} \%$ (Г. Денисович).

903. Из богатых сульфатами рассолов озер — можно выделить виды:

1. $\text{O} - \text{Na} - \text{S}$.
2. $\text{Cl} - \text{Na} - \text{O} - \text{S}$.
3. $\text{Cl} - \text{Na} - \text{O} - \text{Mg} - \text{S}$.

Между 2 и 3 есть переходы. Возможно, что есть переход и между 1 и 2.

Состав (в вес. %) $\text{O} - \text{Na} - \text{S}$ (CXL) виден из следующих чисел анализов:

CXL. $\text{O} - \text{Na} - \text{S}$

Твердый остаток $5,3 - 9,3$

Элементы

O^1	$4,1 - 2,1$
Na	$2,8 - 1,4$
S^2	$2,0 - 1,0$
Cl	$4,7 \times 10^{-1} - 2,1 \times 10^{-1}$
Mg	$1,6 \times 10^{-1} - 8,4 \times 10^{-2}$
Ca	$4,9 \times 10^{-2} - 4,1 \times 10^{-2}$
B	$3,0 \times 10^{-2} - 1,5 \times 10^{-2}$

904. Состав (в вес. %) озер $\text{Na} - \text{Cl} - \text{O} - \text{S}$ (CXLI) и $\text{Cl} - \text{Na} - \text{O} - \text{Mg} - \text{S}$ (CXLII) виден из следующих чисел анализов:

CXLI. $\text{Cl} - \text{Na} - \text{O} - \text{S}^3$

CXLII. $\text{Cl} - \text{Na} - \text{O} - \text{Mg} - \text{S}$

Твердый остаток

$38,7 - 5,8$

$35,6 - 11,5$

Элементы

Cl	$19,2 - 5,4 \times 10^{-1}$	Cl	$20,3 - 2,1$
Na	$13,4 - 1,6$	Na	$10,4 - 1,1$
O^4	$8,6 - 9,2 \times 10^{-1}$	O^4	$8,0 - 1,5$
S^5	$4,1 - 4,5 \times 10^{-1}$	Mg	$6,2 - 6,8 \times 10^{-1}$
K	$6,6 \times 10^{-1} - 4,1 \times 10^{-2}$	S	$3,9 - 7,4 \times 10^{-1}^6$
C^7	$1,2 \times 10^{-1} - 2,4 \times 10^{-3}$	K	$1,3 - 7,8 \times 10^{-3}$
		Ca	$4,3 \times 10^{-1} - 1,6 \times 10^{-3}$ сл. (0)
		Br	$1,2 \times 10^{-1} - 1,2 \times 10^{-2}$

¹ Ни органическое вещество, ни O_2 , ни CO_2 не учтены. Из $\text{SO}_4^{''}$ (до 6,0%), $\text{B}_4\text{O}_7'$ (до $1,1 \times 10^{-1} \%$).

² Из $\text{SO}_4^{''}$.

³ Существуют разности, бедные хлором — переход в $\text{Na} - \text{O} - \text{S}$. Есть переход, при увеличении Mg , в $\text{Cl} - \text{Na} - \text{O} - \text{Mg} - \text{S}$? Возможно отличать $\text{Cl} - \text{Na} - \text{O} - \text{S}$ и $\text{Na} - \text{O} - \text{S} - \text{Cl}$, но одна и та же вода в разные времена года и в разные годы может давать повидимому такие колебания.

⁴ Растворенные CO_2 , O_2 и органические вещества не учтены. Из SO_4 (до 7,5%), SiO_2 (до $1,2 \times 10^{-1}$), CO_3 (до $4,8 \times 10^{-2} \%$), HCO_3 (до $2,6 \times 10^{-1}$).

⁵ Растворенные CO_2 , O_2 и органические вещества не учтены. Из SO_4 (до 12,3%), CO_3 (до $6,2 \times 10^{-1} \%$), NO (до $5,5 \times 10^{-3} \%$), SO_2 (до $4,0 \times 10^{-3} \%$), HCO_3 (до $2,5 \times 10^{-1} \%$).

⁶ Из SO_4 . Орган. вещ. и H_2S не учтены.

⁷ Из CO_3 и HCO_3 . Орган. вещ. не учтены.

Ca	$8,9 \times 10^{-2}$ — $3,0 \times 10^{-3}$	B	$9,9 \times 10^{-2}$
Al	$1,1 \times 10^{-2}$ — $2,1 \times 10^{-4}$	Si	$7,5 \times 10^{-2}$ — $7,1 \times 10^{-4}$
Mg	$2,3$ — $9,9 \times 10^{-3}$	C ¹	$5,1 \times 10^{-2}$ — $3,3 \times 10^{-3}$
Br	$5,3 \times 10^{-3}$ — $5,0 \times 10^{-5}$ (0)	Rb ²	$1,8 \times 10^{-2}$ — $2,1 \times 10^{-3}$
Si	$1,9 \times 10^{-3}$ — $9,4 \times 10^{-5}$	Al ³	$3,0 \times 10^{-3}$
N ³	$1,2 \times 10^{-3}$	H ⁴	$5,1 \times 10^{-3}$ — $4,4 \times 10^{-5}$
H ⁵	$5,0 \times 10^{-3}$ — $4,8 \times 10^{-3}$	P	$2,4 \times 10^{-4}$
Fe	$1,0 \times 10^{-3}$ — $2,0 \times 10^{-4}$ (с.л.)	J	$1,5 \times 10^{-4}$ — $2,7 \times 10^{-5}$
J	$8,0 \times 10^{-5}$ — сл.	Fe	$1,0 \times 10^{-5}$ — $8,0 \times 10^{-6}$
P	$5,0 \times 10^{-5}$		

Есть B, (NH₄), Li

Есть Cs (сл.), Li, Rb

При выпаривании на водяной бане (оз. Горькое — В. Радищев. 1930) выпадает Na₂SO₄ (тенаидит) при обычной температуре, а на холodu — Na₂SO₄·10H₂O (мирабилит)

Выделяются временами (Эльтон) кристаллы эпсомита (MgSO₄·7H₂O). Выпадают при вымораживании: мирабилит, эпсомит, галит (Радищев. 1930). Выделяется и астраганит — Na₂Mg(SO₄)₂·4H₂O и эпсомит (например, Малое Кордуанское оз.)

pH 8,60

Щелочность рапы (В. Радищев. 1930) для Горького оз. Na₂CO₃·NaHCO₃

Щелочность вызывается (Эльтон) комплексами MgCO₃ и 2MgCO₃·Mg(OH)₂ — может быть еще более основной (Радищев. 1930)

К озерам Cl — Mg — Na — O — S принадлежат озера, выделяющие астраганит — Na₂Mg(SO₄)₂·4H₂O, например Малое Кордуанское озеро, порядок элементов которого бывает: Cl — O — Mg — Na — S, заключающий 28,7—30,7% веса остатка, не учитывая гидратной воды.

905. В виду сложных изменений, связанных с выпадением сульфатов, рассолы Cl — Mg — Na — O — S могут переходить временами в рассолы Cl — Mg — Na, т. е. существуют равновесия:



Так для Эльтона, по В. Радищеву:

CXLIII. Cl — Mg — Na — O — S CXLIV. Cl — Mg — Na

4 октября 1927

9 февраля 1928

¹ Из CO₃. Орган. вещ. не учтены.

² Данные К. Шмидта, требующие проверки.

³ Растворенный N₂ и органические вещества не учтены. Для Горького озера, по В. Радищеву (1930):

Аммиачн. азот $2,5 \times 10^{-5}$
Белковый „ $2,6 \times 10^{-4}$
Нитратный „ следы?
Нитритный „ нет.

⁴ Из HCO₃. Орган. вещ. не учтены.

⁵ Из HCO₃.

Твердый остаток (до 180°)

	35,6%	26,3
Cl	20,3	16,9
Mg	6,2	3,1
Na	3,6	5,4
O	3,4	
S	1,6	
		O $5,1 \times 10^{-1}$
K	$2,7 \times 10^{-1}$	S $2,0 \times 10^{-1}$
		K $5,1 \times 10^{-2}$
C	$5,1 \times 10^{-2}$	2,8 $\times 10^{-2}$
Br	$5,0 \times 10^{-2}$	2,6 $\times 10^{-2}$
Ca	$3,6 \times 10^{-2}$	2,0 $\times 10^{-2}$
H	$5,6 \times 10^{-3}$	2,8 $\times 10^{-3}$
J	$1,3 \times 10^{-4}$	Fe $8,0 \times 10^{-4}$
Fe	$1,0 \times 10^{-5}$	J $3,0 \times 10^{-5}$

По отношению к главным компонентам—NaCl, MgSO₄, MgCl₂—мы имеем максимальные и минимальные цифры за годовой срок (IX 1927—IX 1928) следующие:

	Минимум	Максимум
NaCl	7,80% (сент.)	17,37 (май)
MgSO ₄	1,34 (март)	4,66 (сентябрь)
MgCl ₂	6,63 (май)	14,93 (сентябрь)

Сумма остальных—MgCO₃, MgBr₂, KCl—в максимуме доходит всего до 0,58%.

¹ NaCl всегда почти находился в состоянии насыщения. Концентрация MgSO₄ не доходила до насыщения в теплое время года, но зимою концентрация его уменьшается (минимум в марте) в связи с выпадением Na₂SO₄ · 10H₂O.¹

Слабо щелочная реакция рапы обусловлена нахождением MgCO₃ (до 0,14% в сентябре) или основной карбонатной соли магния.

Основным фактором является концентрация воды от испарения и разбавления метеорными осадками. pH = 7,40—7,72.

906. К воде того же состава принадлежит Карабугазский залив Каспийского моря, выделяющий глауберову соль—Na₂SO₄ · 10 H₂O—зимою.

На рассоле Карабугаза лежит тонкий слой соленой воды Каспийского моря, проникающий в залив через бар; эта вода растекается по рассолу и медленно с ним сливаются.

Казалось, можно было бы рассматривать воды Карабугаза, как „концентрат“ Каспийского озера,—Cl—Na—O—S; химически однако рассол имеет другую формулу, отвечающую новому равновесию: Cl—Na—Mg—O—S.

Для него имеем состав CXLV.

Карабугаз:

Каспийское море близ Карабугаз. залива

CXLV. Cl—Mg—O—Na—S

CXLVI. Cl—Na—O—S

Твердый остаток

28,5—16,4%

13%

¹ Мне кажется, что это указывает, что надо, вероятно, ион SO₄²⁻ соединять с Na⁺, а не с Mg⁺⁺, т. е. должны быть комплексы (с п H₂O)—Na₂SO₄, NaCl и Mg Cl₂.

Элементы:

Cl	15,2 — 8,2		
Na	6,2 — 3,3%		
Mg	4,5 — 1,2		
O ¹	3,3 — 9,0 × 10 ⁻¹		
S ²	1,7 — 4,3 × 10 ⁻¹		
K	5,2 × 10 ⁻¹ — 1,0 × 10 ⁻¹		
		Cl	5,2 × 10 ⁻¹
		Na	3,2 × 10 ⁻¹ — 3 × 10 ⁻¹
		O ³	2,2 × 10 ⁻¹ — 2,1 × 10 ⁻¹
		S ⁴	1,0 × 10 ⁻¹
Ca	9,6 × 10 ⁻² — 1,5 × 10 ⁻²		
Br	3,9 × 10 ⁻² — 7,7 × 10 ⁻³		
Rb	1,7 × 10 ^{-2?}		
Mg	7,5 × 10 ⁻² — 6,3 × 10 ⁻²		
Ca	3,4 × 10 ⁻²		
C ⁵	4,4 × 10 ⁻³ — 4,0 × 10 ⁻⁴		
K	7,6 × 10 ⁻³		
C ⁶	2,2 × 10 ⁻³		
Br	6,9 × 10 ⁻⁴		

Б. Ропкин (1928) дает для соленой воды, растекающейся по воде Карабугаза через бар, состав: (3,4%) с 1,6% Cl, $8,2 \times 10^{-1}\%$ Na и т. д.

CXLVII. Cl—Na—O—Mg—S

Cl	11,4 — 11,3
Na	6,1 — 5,9
O ⁷	2,5 — 2,4
Mg	1,7 — 1,6
S ⁸	1,2 — 1,2

$$C^{\circ} = 3.9 \times 10^{-2} = 1.2 \times 10^{-2}$$

908. Аналогичные концентраты, слабо связанные или потерявшие связь с основной водой, наблюдаются и для морских рассолов.

Таков рассол из лагуны Таментина в Чили, отвечающий составу $\text{Ca}-\text{Na}-\text{O}-\text{S}$.

Состав виден из следующих чисел:

CXLVIII. Cl—Na—O—S

Твердый остаток 28,6%

Элементы

Cl 14,4%
Na 10,1
O¹⁰ 2,2

¹ O_2 , CO_2 и органические вещества не учтены. Из SO_4^{2-} (до 5,0%), CO_3 (до $2 \times 10^{-2}\%$).
² Из SO_4^{2-} .

• ИЗ SO_4^{2-} .

³ Из SO_4^{2-} ($3,1 \times 10^{-1}$), CO_3^{2-} ($1,1 \times 10^{-2}$). CO_2 , O_2 , и орган. вещ. не учтены.

• Из SO_4^{2-}
• Из CO^{2-}

⁵ Из CO₃. Орган. вещ. не учтены.

"Из CO₃²⁻.
6 M. CO²⁺

⁷ Из SO_4^{2-} (до 3,8%), CO_3 (до $1,9 \times 10^{-1} \%$). O_2 , орган. вещ. и CO_2 не учтены.
⁸ Из SO_4^{2-}

⁸ Из SO_4^{2-} .

"Из CO_3 ".

¹⁰ Органические вещества, O_2 и CO_2 не учтены. Из SO_4^{2-} (2,6%), NO_3^- ($6,1 \times 10^{-1}$ %).

S ¹	$8,7 \times 10^{-1}$
K	$6,5 \times 10^{-1}$
Mg	$1,7 \times 10^{-1}$
N ²	$1,4 \times 10^{-1}$

Ca $2,9 \times 10^{-3}$

909. Более распространены и играют большую роль карбонатные рассолы, в значительной мере в связи с тем, что ионы $\text{CO}_3^{''}$ и HCO_3' более устойчивы и что при взаимодействии между $\text{SO}_4^{''}$ и $\text{CO}_3^{''}$ — образуется сода. Сера биохимически в виде иона $\text{SO}_4^{''}$ может восстанавливаться в H_2S и удаляться из озера.

Но образование карбонатных озер идет обычно не этой реакцией, а более сложным путем, тесно связанным с биогенной углекислотой. Это, как указывалось, озера особого типа, в которых собираются главным образом не компоненты растворенных солей, а компоненты создаются химическими реакциями.

Здесь мы имеем следующие виды:

1. Na—O—C—Cl
2. Na—O—C
3. Na—K—O—C

Есть все переходы между Na—O—C и Na—O—C—Cl, при чем совершенно ясно, что основное значение имеет сода, а не NaCl. В связи с особым генезисом содовых озер надо поставить огромную чистоту воды многих содовых озер — особенно насыщенных, дающих рассолы.

Так для Доронинского содового озера, изученного А. Франк-Каменецким (1924), калий не мог быть открыт, а следы кальция и магния могли быть найдены — в следах — только при троекратной концентрации рассола. Состав рассолов этого озера, начинающихся с глубины $2^{1/2} m$, дан в числах анал. CL. Вода на поверхности соленая и постепенно с глубиной переходит в рассол.

Анализ CXLIX отвечает пределам колебания состава содовых озер. Ясно, что часть их, бедная Cl, отвечает воде Na—O—C.

CXLIX.

CL. Доронинское озеро

Na—O—C—Cl

Na—O—C

Твердый остаток

5,1 — 34,7%

5,1 — 7,2%

Элементы

Na 14,2 — 1,9%
O³ 13,6 — 1,0%

C¹ 9,2 — 7,9 $\times 10^{-1}$
C⁴ 2,7 — 2,4 $\times 10^{-1}$
S⁶ 1,2 — 2,4 $\times 10^{-3}$ %

Na 2,7 — 1,9%
O⁵ 2,9 — 2,0
Cl 1,0 — 6,0 $\times 10^{-1}$

¹ Из $\text{SO}_4^{''}$.

² Из NO_3' . N₂ не учтен.

³ Растворенные кислород, CO_2 и органические вещества не приняты во внимание. Из $\text{SO}_4^{''}$ (до 3,7%), $\text{CO}_3^{''}$ (до 13,5%), $\text{B}_4\text{O}_7'$ (до $4,0 \times 10^{-1}$ %), NO_3' (до $1,10^{-1}$ %), $\text{PO}_4^{'''}$ ($6,5 \times 10^{-2}$ %), SiO_2 (до $3,0 \times 10^{-2}$ %).

⁴ Из CO_2 или HCO_3' . Органич. вещ. не учтены, так же как растворенная CO_2 .

⁵ O₂, CO_2 и органич. вещ. не учтены. Из CO_3' (до 1,9%), HCO_2 (до 1,7%), $\text{SO}_4^{''}$ (до $1,0 \times 10^{-1}$ %).

⁶ Из $\text{SO}_4^{''}$. Органич. вещ. не учтены.

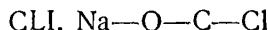
K	$7,0 \times 10^{-1} - 9,1 \times 10^{-3}$	C ¹	$7,1 \times 10^{-1} - 4,8 \times 10^{-1}$
H ²	$2,25 \times 10^{-1} - 1,9 \times 10^{-2}$		
B	$1,1 \times 10^{-1} - 4,5 \times 10^{-3}$		
Mg	$2,7 \times 10^{-2} - 7,3 \times 10^{-4}$ сл.	H ³	$3,4 \times 10^{-2} - 2,2 \times 10^{-2}$
N ⁴	$2,3 \times 10^{-2} - 6,9 \times 10^{-1}$	S ⁵	$3,3 \times 10^{-2} - 2,6 \times 10^{-2}$
P	$2,1 \times 10^{-2} - 3,3 \times 10^{-4}$		
Ca	$2,0 \times 10^{-2} - 8,3 \times 10^{-4}$		
Al	$1,8 \times 10^{-2} - 1,6 \times 10^{-3}$ сл.		
Si	$1,6 \times 10^{-2} - 3,6 \times 10^{-4}$		
As	$8,1 \times 10^{-3}$		
Li	$6,4 \times 10^{-3}$		
Fe	$1,0 \times 10^{-3} - 7,0 \times 10^{-4}$ сл.		

Есть Rb, Cs

Ca и Mg — следы. K — нет.

910. Как видно из предыдущего параграфа, состав рассольной воды Доронинского озера, если оставить в стороне растворенные газы и органические вещества, количество которых должно быть значительно, является чистым раствором соды, которая должна находиться в нем в форме двууглекислой соды. Состав солевого остатка этого озера за указанным исключением и содержанием некоторого количества Na, Cl и SO₄ (т. е. NaCl и Na₂SO₄ максимум 3%) — выражается формулой Na₂CO₃.

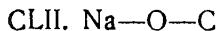
В то самое время как преобладание натрия сохраняется и в других содовых озерах, отношение между Na₂CO₃ и H₂CO₃ может быть различное. Так для Малого Петуховского озера в Сибири состав (в процентах солей) выразится по И. Геблеру (1926) следующими числами:



Na ₂ CO ₃	6,44%
NaHCO ₃	1,29
NaCl	3,13
Na ₂ SO ₄	0,13

Как указано, в растворе эти солевые комплексы удерживают часть воды, образуя гидраты.

911. Учитывая и другие данные, состав чисто содовых, бедных Cl и SO₄, озер выразится следующими числами:



Твердый остаток 11,0 — 5,1

Элементы

Na	4,4—1,9
O ⁶	4,0—2,0

¹ CO₂ и орган. соед. не учтены. Из CO'₃ и HCO'₃.

² Из HCO'₃, допуская, что сода в содовых озерах при кристаллизации вся находится в виде Na₂H₂(CO₃)₂. Для HCO'₃ max. 13,7%.

³ Из HCO'₃.

⁴ N₂ растворенный не учтен. Из NO'₃.

⁵ Из SO''₄.

⁶ Орган. вещ., O₂ и CO₂ не учтены. Из CO''₃ (до 4,3%), HCO'₃ (до 1,7%), SO₄ (до 7,3 × 10⁻¹), PO''₄ (до 6,5 × 10⁻²%), SiO₂ (до 4,1 × 10⁻³%).

Cl	$1,9 - 6,0 \times 10^{-1}$
C ¹	$9,8 \times 10^{-1} - 4,8 \times 10^{-1}$
K	$6,9 \times 10^{-1}$
S ²	$2,4 \times 10^{-1} - 2,6 \times 10^{-2}$
H ³	$3,4 \times 10^{-2} - 2,2 \times 10^{-2}$
P	$2,1 \times 10^{-2}$
Al	$1,8 \times 10^{-2}$
Mg	$4,1 \times 10^{-3}$
Ca	$2,1 \times 10^{-3}$
Si	$2,0 \times 10^{-3}$

Есть В

Выделяют: трун — NaHCO_3 , $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ и немного гайлюсита — $\text{CaCO}_3 \cdot \text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

912. Существование почти чистых концентратов Na_2CO_3 в природе (§ 909) — в связи с колебаниями температуры — может быть лучше всего учтено, исходя из опытных данных для растворов чистых солей. Для Na_2CO_3 , не считая растворенных газов тропосферы, мы имеем следующие данные — для 0° CLIII, 20° CLIV и 50° CLV:

CLIII.

CLIV.

CLV.

Твердый остаток:

7,0%	21,4%	47,5%
------	-------	-------

Элементы

O	3,19%	O	9,76%	O	21,66%
Na	3,0	Na	9,2	Na	20,43
C	$7,98 \times 10^{-1}$	C	2,4	C	5,4%

913. Особую группу вод, происхождение которых не может считаться вполне ясным, представляют поташные озера, наиболее яркие представители которых наблюдаются в Небраске.

В них калий резко преобладает над натрием (см § 909 Доронинское озеро) — они бедны хлором.

Их состав выражается формулой:

CLVI. O — Na — K — C⁴

Твердый остаток 5,2 — 10,5

Элементы

O ⁵	4,0 — 2,1
Na	2,7 — 1,0
K	2,1 — 1,1
C ⁶	1,0 — $2,4 \times 10^{-1}$
S ⁷	$4,2 \times 10^{-1} - 2,3 \times 10^{-2}$

¹ Из HCO_3' и CO_3'' .

² Из SO_4'' .

³ Из HCO_3' .

⁴ Может быть есть разность, богатая хлором.

⁵ Раств. O_2 , CO_2 и органич. вещества не приняты во внимание. Из SO_4 (до 1,4%), CO_3 (до 3,4%), HCO_3 (до 1,3%).

⁶ Из CO_3 и HCO_3 . Органические вещества и растворенная CO_2 не учтены.

⁷ Из SO_4 .

Cl $1,0 - 7,6 \times 10^{-2}$
 H⁺ $2,1 - 10^{-2} - 9,9 \times 10^{-3}$

Si $3,0 \times 10^{-3} - 1,4 \times 10^{-3}$

Есть следы Mg

Ca не был найден

914. Особую сложную группу рассолов представляют некоторые американские озера в Орегоне и Уоминге: Na—O—Cl—S—C, т. е. равновесия H_2O , Na_2CO_3 , Na_2SO_4 и NaCl .

Их состав виден из следующих чисел анализов (3 анализа):

CLVII. Na—O—Cl—S—C

Твердый остаток $14,6 - 9,5$

Элементы

O² $5,1 - 2,3$
 Na $5,0 - 3,5$
 Cl $2,6 - 1,3$
 S³ $1,7 - 4,1 \times 10^{-1}$

C⁴ $7,8 \times 10^{-1} - 4,1 \times 10^{-1}$
 K $5,4 \times 10^{-1} - 4,0 \times 10^{-1}$

P $1,4 \times 10^{-2} - 5,4 \times 10^{-3}$
 Ca $1,1 \times 10^{-2} - 1,5 \times 10^{-3}$

Mg $4,5 \times 10^{-3} - 1,9 \times 10^{-3}$

915. Особый вид рассольных вод представляют озера Na—Cl—CO₃, богатые бором. Их формула будет Na—Cl—O—B.

Таких случаев немного. Анализ воды Borax Lake W. Melville'я (1883) дает следующие числа (в весовых %):

CLVIII. Cl—Na—O—C—B

Твердый остаток 7,8%

Элементы

Na 2,9%
 Cl 2,7
 O⁵ 1,7

C⁶ $3,4 \times 10^{-1}$
 K $1,2 \times 10^{-1}$
 B $1,1 \times 10^{-1}$

S $3,3 \times 10^{-2}$
 Mg $3,0 \times 10^{-2}$
 Br $3,0 \times 10^{-2}$
 Ca $2,3 \times 10^{-2}$

¹ Из HCO_3' , орг. вещ. не учтены.

² O_2 , CO_2 , орган. вещ. не учтены. Из CO_3 (до 2,2%), SO_4 (до 5,0%), PO_4 (до $4,1 \times 10^{-2}$).

³ Из SO_4 .

⁴ Из CO_3 .

⁵ O_2 , CO_2 , орган. вещ. не учтены. Из CO_3 (1,7%), B_4O_7 ($3,9 \times 10^{-1}$ %), SO_4 ($9,9 \times 10^{-3}$ %), O_1 ($3,5 \times 10^{-3}$ %), SiO_2 ($7,7 \times 10^{-4}$ %).

⁶ Из CO_3 только.

P	$4,9 \times 10^{-4}$
Si	$3,6 \times 10^{-4}$
Fe	$2,6 \times 10^{-4}$
Al	$1,5 \times 10^{-4}$
Mn	$8,6 \times 10^{-5}$

Орган. вещ. $3,6 \times 10^{-1} \%$

916. Рассольные озера часто связаны с выходящими на поверхность рассольными источниками, несущими воды из более глубоких грунтовых вод. Таковы, например, соляные источники около Баскунчака и Эльтона. Они питают до известной степени и рассольные озера и рассольные реки. Это Cl—Na рассолы.

Следующие числа дают некоторое понятие об их составе:

Соляные ключи

CLIX. Cl—Na

Твердый остаток (2 ан.) 8,1—9,1%

Элементы

Cl	5,0—3,2
Na	3,4—2,4
O ¹	$1,4—3,6 \times 10^{-1}$
S ²	$5,1 \times 10^{-1}—1,4 \times 10^{-1}$
Mg	$2,5 \times 10^{-1}—1,8 \times 10^{-2}$
Ca	$1,9 \times 10^{-1}—1,7 \times 10^{-1}$
C ³	$1,1 \times 10^{-1}—4,5 \times 10^{-3}$
K	$4,5 \times 10^{-2}$
Al	$9,9 \times 10^{-3}$
Fe	$9,0 \times 10^{-3}$
Si	$5,1 \times 10^{-3}$
H ⁴	$1,0 \times 10^{-3}—3,7 \times 10^{-4}$

917. Существуют мало изученные воды — болотные рассолы.

Они образуются аналогично соленым болотам в местах выхода на земную поверхность рассольных источников, грунтовых рассольных вод — в тех случаях, когда для этого существуют благоприятные условия.

Могут существовать рассольные аналоги соляным и среди солонцовых топей.

Для соленого болота около Laneuveville в Лотарингии указывается в воде 5,4% NaCl:

Я не знаю надежных анализов этих вод.

Повидимому значительная часть рассольных болот связана с историей прибрежных морских и океанических областей в сухих и жарких областях и в областях приливов и отливов в тех же геохорах.

Эти явления химически почти не изучены и требуют исследования.

918. Около соляных и рассольных озер и морских концентратов в окружающих их осадочных породах — особенно песчаных водопроницаемых —

¹ O₂, CO₂, орг. вещ. не учтены. Из SO₄ (до 1,5%), HCO₃ (до $6,7 \times 10^{-1} \%$).

² Из SO₄. Органическое вещество не учтено.

³ Из HCO₃. Органическое вещество и растворенная CO₂ не учтены.

⁴ Из HCO₃. Органическое вещество не учтено.

образуются рассольные колодезные воды или воды, собирающиеся в ямах и во впадинах. Вот анализ одной из таких вод — Na — Cl — около оз. Красного (тв. ост. 3,2%) по данным Н. Курнакова и С. Жемчужного (1917):

CLX. Cl — Na

Твердый остаток 9,4%

Элементы

Cl 6,0%
Na 2,2

Mg $8,7 \times 10^{-1}$
O¹ $1,9 \times 10^{-1}$
S² $1,0 \times 10^{-1}$

Ca $7,7 \times 10^{-2}$

919. Рассольные колодезные воды, т. е. воды верхних грунтовых горизонтов, наблюдаются в пустынях. Таковы, например, анализы рассольных колодцев из Каракумов по ан. Ю. Скворцова:

CLXI. Cl — Na (4 анализа)

Твердый остаток 5,2 — 10,0%

Элементы

Cl 4,6 — 1,8
Na 3,3 — 1,5
O³ $1,4 — 6,0 \times 10^{-1}$

S⁴ $6,9 \times 10^{-1} — 2,2 \times 10^{-1}$
Ca $4,5 \times 10^{-1} — 1,5 \times 10^{-1}$
Mg $2,6 \times 10^{-1} — 3,2 \times 10^{-2}$

C⁵ $9,2 \times 10^{-2} — 1,9 \times 10^{-2}$

920. Существуют оригинальные органогенные выделения рассолов. Они совершенно не изучены, но должны быть здесь отмечены, прежде всего для того, чтобы обратить на них внимание.

Мне кажется, таковы „выцветы“, связанные с жизнедеятельностью растений; они широко распространены, и в общей экономии природы их нахождение не может считаться случайным. Они — подобно многим солонцам — существуют только временами, преходящи.

Они обычны в жарких, сухих, теплых местностях — часто в пустынях и в полупустынях, — частью обеспечивая растению пользование влагой (из росяной воды или водяных паров), частью давая возможность выделять излишек солей.

В связи с чрезвычайным изменением растительности культурой, многие из таких рассолов могут считаться измененными культурой, как например, те выцветы, KCl, которые выделяются на пшеницах в жарких местностях Египта.

¹ O₂, CO₂ и органич. вещ. не учтены. Из SO₄ ($2,9 \times 10^{-1} \%$).

² Из SO₄.

³ Из SO₄ (до 2,1%), CO₃ (до $4,6 \times 10^{-1} \%$).

⁴ Из SO₄.

⁵ Из CO₃.

Для пустынь и полупустынь И. Фолькенс (J. Volckens, 1886) различает два типа образования таких вод, из которых один несомненно должен давать рассолы, другой — может быть их не дает.

Первый — связан с выделением железами растений (в Египетско-аравийской пустыне, например) гигроскопических веществ, другой — с захватом влаги особо развитыми волосками. Первый наблюдается, например, у разных *Reaumuria*, другой, например, у *Diplotaxis Harra*.

Реомюрия захватывает влагу из водяных паров и образует ночью соляные выцветы. Р. Марлот (R. Marloth, 1887) описывает те же явления для *Tamarix articulata* Vald, очень обычной в пустыне Калахари, встречающейся недалеко от воды. Приблизительный анализ соли по Марлоту дал:

CLXII. O—Ca—Na—C

Твердый остаток 5,3%

Элементы

O ¹	2,3
Ca	1,1
Na	$4,7 \times 10^{-1}$
C ²	$3,5 \times 10^{-1}$
Cl	$1,8 \times 10^{-1}$
S ³	$1,7 \times 10^{-1}$
Mg	$1,6 \times 10^{-1}$
N	$1,5 \times 10^{-1}$
P	$4,4 \times 10^{-2}$
H ⁴	$1,4 \times 10^{-3}$

Это не настоящий раствор, а „гигроскопическая жидкая масса“, которая по существу близка к эвтектическим массам, содержа кристаллы, в ней рассеянные. В действительности раствор должен очевидно отвечать нижеприведенному составу (где исключено CaCO₃) соленой (не рассольной) воды:

CLXIII. O—Na—Cl—Mg—S—N

Твердый остаток 2,6%

Элементы

O ⁵	1,0
Na	$4,7 \times 10^{-1}$
Cl	$1,8 \times 10^{-1}$
S	$1,7 \times 10^{-1}$
Mg	$1,6 \times 10^{-1}$
N	$1,5 \times 10^{-1}$
P	$4,4 \times 10^{-2}$
H	$1,4 \times 10^{-3}$

¹ Из CO₃ (1,8%), HPO₄ ($1,4 \times 10^{-1} \%$), SO₄ ($5,1 \times 10^{-1} \%$), NO₃ ($6,5 \times 10^{-1} \%$).

² Из CO₃. Орган. вещество не учтено.

³ Из SO₄.

⁴ Из HPO₄ и MgSO₄·H₂O. Органич. вещество не учтено.

⁵ Число, требующее поправки, так как гидрат MgSO₄·H₂O — очевидно не отвечает реальности. Органические вещества не учтены.

Надо иметь в виду, что: 1) органические вещества не учтены, 2) гидраты могут быть иные, чем здесь указанные, и 3) концентрация раствора меняется и может доходить до рассольной.

Существуют споры о том, для чего нужны выделения таких солей на растениях, которые, конечно, выходят за пределы нашего рассмотрения.

Важен факт их существования, биохимического распространения и образования в биосфере в той или иной мере концентрированных растворов.

Указываются водные выделения на листьях *Plumbaginaceae* пустынь (*Vogelia africana* и др.), которые при испарении дают CaCO_3 (Volken, 1887). Это могут быть выделения или азотнокислого кальция, или двууглекислого кальция.

Более внимательное изучение живой природы даст, вероятно, указания на множество таких явлений: явлений временного существования насыщенных водных капель — рассолов разных солей.

Для *Rheumatigia* гигроскопической солью является MgCl_2 (в NaCl растворе).

921. Выцветы солей, выпадающих из концентрированных растворов, наблюдаются не только в живой природе. Они вообще характерны для биосферы и выражены, например, в солонцах, выцветах солей и т. п. Если часть этих кристаллизаций образуется путем химических реакций — двойных разложений, — то в основах своих это кристаллизации из насыщенных растворов, которые в очень многих случаях должны заключать более 5% твердого остатка, т. е. являться рассолами. Надо допустить, например, существование насыщенных растворов, богатых кристаллизационной водой для MgSO_4 , Na_2SO_4 и т. п., а также для селитры.

В этих явлениях мы на каждом шагу видим продукт кристаллизации рассола, но редко когда можем наблюдать самий рассол — преходящее временное, всегда повторяющееся, всегда исчезающее, но и всегда существующее явление.

922. Частным случаем таких явлений должны считаться и студнеобразные вещества, богатые кремнием — коллоидальные аналоги рассолов.

Я уже указывал на значение этих богатых кремнем коллоидальных вод в ряде поверхностных вод и верховодок.

В пустынных областях встречаются указания на вероятное выделение твердых корок опалов.

Это заставляет думать, что здесь происходит выделение гелей кремнезема, быстро переходящих в твердые опалы.

Явление заслуживает внимания.

923. Довольно большая область рассолов тесно связана с культурной работой человечества. Таковы многие рудные воды.

Образование этих вод связано с тем, что человек своим трудом приводит в биосферу, в среду выветривания, минеральные образования, которые в этой среде неустойчивы и быстро в ней изменяются.

Эти воды образуются не только во время разработки, но еще явственнее позже, когда интерес человека к этим местонахождениям прекращается, он их оставляет без внимания, забрасывает.

В биосфере образуются этим путем места химических реакций, которые другими природными процессами в ней не проявляются.

Так как интерес человека очень часто связан с такими образованиями, как минеральные или пегматитовые жилы — нередко целые поля этих жил, — то в результате огромной работы образуются очень серьезные новообразования, приводящие к новым видам вод.

Очень возможно, что помимо человека многие из этих вод в биосфере не образуются.

Нередко человек для тех или иных целей (часто медицинских) использует эти неожиданные для него, им же попутно вызванные образования.

В последнее время появились исследования любопытных вод этого типа из заброшенных шахт Заальфельда в Тюрингии.

Здесь, путем последующего разрушения оставленных разработкой сернистых, фосфор и мышьяк содержащих руд, получаются рассолы—кислые— богатые серной кислотой—фосфорно-железные.

Таковы следующие воды (Marchendam в Заальфельде):

CLXIV. Fe—O—S—P

Твердый остаток 34,4%

Элементы

Fe 13,0
O 11,4

S² 3,6
P³ 2,0
Al 2,0

H⁺ 4,9 × 10⁻¹
As⁵ 1,7 × 10⁻¹

Mn 2,0 × 10⁻²
Mo 1,5 × 10⁻²
Cu 1,0 × 10⁻²

Rn 6,5 × 10⁻¹⁵

Удельный вес 1,3

924. Очень обычны железные, медные купоросные воды, богатые серной кислотой.

Как пример, можно привести рассолы медного купороса, которые в виде небольших водовместилищ очень часто наблюдаются и создаются при разработке сернистых медных руд; здесь собираются продукты их выветривания, созданные—обычно бессознательно—во время работы человеком.

Вот пример одной из таких вод (из Butte в Монтане, анализ В. Гиллебранда):

CLXV. Cu—O—S

Твердый остаток 11,8%

Элементы

O⁶ 4,7%
C 4,6
S 2,4

Zn 4,4 × 10⁻²
Ca 3,1 × 10⁻²
Mg 1,5 × 10⁻²

¹ Из H₃PO₄ (до 8,0%), H₂SO₄ (до 11%), H₃AsO₄ (до 4,0 × 10⁻¹ %).

² Из H₂SO₄.

³ Из H₃PO₄.

⁴ Из H₃PO₄, H₂SO₄, H₃AsO₄.

⁵ Из H₃AsO₄.

⁶ O₂ и CO₂ не учтены. Из SO₄ (до 7,1%).

Al	$8,4 \times 10^{-3}$
Fe	$4,8 \times 10^{-3}$
Na	$4,7 \times 10^{-3}$
Si	$3,4 \times 10^{-3}$
Cl	$1,2 \times 10^{-3}$
Mn	$1,2 \times 10^{-3}$
K	$6,8 \times 10^{-4}$
Ni	$3,5 \times 10^{-4}$
CO	$4,6 \times 10^{-4}$
P	$4,9 \times 10^{-5} \text{ \%}$

925. Среди таких вод образуются кислые купоросные рассолы — растворы, богатые серной кислотой.

Такова рудная вода следующего состава:

CLXVI. O—S—(H)

Твердый остаток 23,6%

Элементы

O ¹	13,9
S	7,0
Al	$9,7 \times 10^{-1}$
Mg	$6,6 \times 10^{-1}$
Fe	$5,0 \times 10^{-1}$
H	$2,5 \times 10^{-1}$
Ca	$1,3 \times 10^{-1}$
Mn	$8,9 \times 10^{-2}$
Na	$5,4 \times 10^{-2}$
Si	$2,9 \times 10^{-2}$
Cu	$1,5 \times 10^{-2}$
Cl	$1,3 \times 10^{-2}$.

Образование таких рассолов дает понятие о масштабе изменения миграции химических элементов, создаваемого человеком попутно и незаметно — при его культурной жизни.

Своеобразны и мало отмечены разнообразные временно образуемые рассолы в заводской практике. Они бесчисленны в своем разнообразии. Я оставляю их здесь в стороне.

926. Обращаясь ко второму царству — подземных вод, можно отметить здесь те же самые подцарства, которые мы наблюдали в пресных и соленых водах; но ясно, что это далеко не все случаи таких рассолов.

Можно отметить подцарства:

1. Воды верхних земных покровов.
2. Пластовые воды.
3. Подземные маточные рассолы.
4. Восходящие воды (минеральные источники).
5. Гейзерные и вулканические воды.
6. Волосные воды горных пород.

¹ Из SO₄ 20,9%.

Эти подцарства играют для рассолов значительно меньшую роль в биосфере, чем их аналоги пресные и соленые; они к тому же значительно менее изучены.

927. В подцарстве верхних земных покровов—иловых и почвенных растворов—наибольшее внимание обратили иловые растворы, благодаря применению их в медицине.

Рассольные почвенные растворы количественно не исследованы, но существуют по крайней мере в солонцах и в некоторых солонцовых почвах.

Среди них заслуживают внимания, но совершенно не изучены—гигроскопические солонцы, главной составной частью которых является хлористый кальций. Такие солонцы известны, например, в Туркестане. Их состав должен отвечать рассолу CaCl_2 .

Исследование этих вод очень важно для выявления явлений выветривания; до сих пор оно недостаточно охвачено точным наблюдением.

Есть указания на аналогичные явления в поверхностных отложениях, которые аналогичны почвам, но по своим морфологическим особенностям могут быть от них отделены.

Таковы оригинальные растворы (рассолы) серной кислоты в песчаных пустынях, образующиеся в определенных условиях—повидимому биохимическим путем, изученные и открытые Н. И. Владавцем (1926) в связи с химизмом месторождений самородной серы.

Химический состав виден из следующих данных его химического анализа (CLXVII):

CLXVII. O—S—(H)

Солевой остаток 5,9%¹

Элементы

O ²	3,7%
S ³	1,7
H ⁴	$9,1 \times 10^{-1}$
K	$1,8 \times 10^{-1}$
Fe	$8,4 \times 10^{-2}$
Ti	$8,2 \times 10^{-2}$
Mg	$6,0 \times 10^{-2}$
Al	$1,1 \times 10^{-2}$
Si	$9,4 \times 10^{-3}$
Ca	$5,0 \times 10^{-3}$

928. Рассольные иловые воды, очевидно, должны быть различны для разных форм водных бассейнов. Обратили на себя внимание главным образом иловые воды некоторых морских концентратов (лиманов) и озер.

Наши знания о составе этих вод не точны уже прежде всего потому, что нельзя пока составить себе ясного представления о концентрации грязевой рапы в естественном ее состоянии; обычно даются числа, касающиеся только растворимой в воде части озерной или морской грязи.

¹ В виду гигроскопичности раствора солевой осадок имеет еще большее значение в массе этого раствора.

² Из H_2SO_4 (4,56%), SO_4 ($9,36 \times 10^{-1}\%$).

³ Из H_2SO_3 , SO_4 .

⁴ Из H_2SO_4 .

Из нее можно заключать лишь косвенным образом о составе природной грязи. Такие анализы дают понятие только об отношениях между составными частями, а не о самой реальной грязевой воде. Можно только в общем судить, насколько должна быть отлична вода иловая от рассола, в котором грязь образуется.

Можно различить следующие семейства иловых рассольных вод, число которых вероятно увеличится (С. Щукарев, С. и О. Косманы): 1) грязи озер, 2) грязи лиманов и озер, из них образовавшихся, 3) грязи рассольных торфяных вод, 4) грязи в местах выходов соленых ключей.

929. Как указал впервые А. А. Вериго, иловая вода резко химически отличается от воды рассола, при чем Вериго для лиманной грязевой воды выявил своеобразие органических соединений в ней растворимых — в том числе азотистых тел (аминов) — и выделение коллоидальных соединений сернистого железа. Это, как он впервые указал, процессы биохимические. Газовый режим этих вод — не изученный — очевидно должен быть иной, чем для водного рассола: богат CO_2 , не заключать O_2 . Это насыщенные, и может быть пересыщенные, солями воды, очень богатые растворимыми органическими веществами. В водных вытяжках процент органических веществ превышает нередко 1%; они богаты аммиачным и аминным азотом (может быть есть хлористые соединения аммиака). Сера, магний уменьшаются; увеличиваются карбонаты.

Как пример, можно привести, например, анализ рассола (I) и грязевой воды (II) Хаджибейского лимана около Одессы по анализам Е. Буркса (1919—1926).

Все отнесено к $\text{Cl} = 100$.

В таком случае (рассол в обоих случаях $\text{Cl} = \text{Na}$):

	I	II
Na	56,4	57,1
Ca	1,5	1,2
Mg	8,0	6,0
SO_4	14,8	11,9
HCO_3	2,6	8,2

930. Точно также различие будет ясное в случае озерной и грязевой вод, например, для озера Эльтона, опять выражая состав по отношению к хлору, принятому за 100.

I — отвечает анализу рассола, ан. В. Радищева (1928).

II — отвечает иловой воде, ан. Н. Ефремова (1919).

Хлор = 100

	I	II
Na	33,1	45,8
Ca ¹	0,02	23,0
Mg	19,5	10,9
K	0,7	0,9
SO_4	10,9	5,96
HCO_3	0,8	0,005

Летуч. и орган. вещ.² 80 22,5

Ясно виден совершенно своеобразный особый тип иловой озерной воды $\text{Cl} = \text{Na} = \text{Ca} = \text{C}$ по сравнению с иловой лиманной водой $\text{Cl} = \text{Na} = \text{Mg}$.

931. Более тщательное изучение явления даст еще более сложную картину.

Оказывается, что осадки в том же озере чередуются и различны по составу — очевидно по временам года; в связи с этим из той же рассольной воды выделяются в грязи разные иловые воды.

¹ Из анализа Н. Ефремова (1916).

² Из анализа В. Челинцева (1915).

Так для Сакского озера вида Cl—Na—Mg получаются в разное время года разные иловые слои. По исследованиям П. Т. Иванова (1928), грязь состоит из чередующихся прослоек: на 10 см он отличил 5 черных (от сернистого железа) и 4 белых. Белые прослойки переполнены гипсом и очевидно указывают на чередование иловых вод, насыщенных и пересыщенных гипсом и им более бедных. К сожалению, анализы Иванова дают анализы водных вытяжек, но не грязевой воды. В водных вытяжках отношения между Na, Mg, Cl, SO₄ изменены (С. А. Щукарев и С. Постель). Органического вещества очень мало.

Не учитывая этих (сезонных?) изменений, связанных с изменением грязи в ходе времени, полученные С. А. Щукаревым и С. Постель отжимные грязи Сакского озера (4) дают следующую картину изменения иловой воды.

CLXVIII. Cl—Na—Mg—(O)

Твердый остаток 24,1—15,6%

Элементы

Cl	12,6 — 8,3%
Na	6,8 — 4,1
Mg	1,9 ± 8,7 × 10 ⁻¹
O ¹	1,5 — 8,3 × 10 ⁻¹
S ²	7,4 × 10 ⁻¹ — 4,1 × 10 ⁻¹
K	2,4 × 10 ⁻¹ — 2,3 × 10 ⁻¹ (2 анализа)
Ca	1,0 × 10 ⁻¹ — 1,0 × 10 ⁻²
C ³	5,4 × 10 ⁻³ — 2,8 × 10 ⁻³
H ⁴	4,0 × 10 ⁻⁴ — 3,8 × 10 ⁻⁴ (2 анализа)

932. Иловая вода содовых озер — Доронинского озера (§ 910) по А. Франк-Каменецкому — имеет следующий состав:

CLXIX. Na—O—Cl—(C)

Твердый остаток 7,9—5,1%

Элементы

Na	3,2 — 2,0
O ⁵	2,7 — 1,7
Cl	1,1 — 9,1 × 10 ⁻¹
C ⁶	6,1 × 10 ⁻¹ — 3,8 × 10 ⁻¹
Ca — Mg	1,8 × 10 ⁻¹ — 8,3 × 10 ⁻²
S ⁷	1,2 × 10 ⁻¹ — 7,5 × 10 ⁻²

Содержит Fe и органические вещества.

¹ Из SO₄ (до 2,24%), HCO₃ (до 2,5 × 10⁻²), CO₃ (до 2,7 × 10⁻²).

² Из SO₄.

³ Из CO₃, HCO₃.

⁴ Из HCO₃.

⁵ Из CO₃ (до 3,1%), SO₄ (до 3,6 × 10⁻¹%).

⁶ Из CO₃. Органическое вещество и CO₂ не учтены.

⁷ Из SO₄. Есть H₂S?

Едва ли эти анализы дают вполне правильное понятие, так как концентрация этих растворов значительно меньше концентрации самого раствора. Впрочем возможно, что это так и есть. Явление требует проверки. Какой газовый режим?

933. В тесной связи с иловой водой очень часто находятся и не связанные прямо с озерами рассольные верховодки — верхний горизонт пластовых вод. Как глубоко идут такие верховодки, мы не знаем. Мы уже встречались с этим (§ 918).

Особый интерес представляют с этой точки зрения рассольные содовые верховодки — $\text{Na}-\text{O}-\text{C}$ — содовых озер, например, таковы по М. Кучину (1933) верховодки района Петуховских содовых озер.

Здесь мы не имеем повидимому уменьшения концентраций, как для иловых вод. По Кучину их рассол отвечает 20° Бомэ.

934. Совершенно особый тип грязевых растворов представляют кислые железно-кальциевые сульфатные воды, связанные с своеобразным выветриванием торфяных соляных болот, богатых железом.

Те анализы, которые сейчас имеются для грязевых вод таких железистых-торфяных грязей — Франценсбада в Чехии, например — являются культурными водами, так как эта грязь определенное время лежит на воздухе, подготавливается к употреблению: при таком лежании идет образование (биохимическое) сульфатов из сульфидов с образованием, H_2SO_4 ; окисные соединения железа переходят в закисные — в FeSO_4 . Получаются водные вытяжки, которые заключают до $4,8\%$ H_2SO_4 , связанной с кислыми сульфатами.

Не приводя здесь анализа этой и аналогичных, измененных культурой иловых вод, нельзя сомневаться, что в областях соленых болотных образований должны иметь место аналогичные природные процессы.

935. Обращаясь к подцарствам вод пластовых и подземных пустот, мы имеем здесь мало изученную группу; только для некоторых (немногих) семейств этих вод есть более точные химические данные.

Эти воды далеко не всегда могут быть отделены от минеральных источников (§ 943), тем более что среди последних здесь имеют место рассолы $\text{Cl}-\text{Na}$, генезис которых вероятно связан с коррозионными водами от растворения соляных отложений, а не с магмами. Явление, возможное и для некоторых соленых $\text{Cl}-\text{Na}$ источников.

Среди пластовых вод наблюдается непосредственный переход от пресных и соленых буровых нефтяных вод к рассольным нефтяным водам.

Следующие числа дают понятие о составе этих вод:¹

CLXX. $\text{Cl}-\text{Na}^2$

Твердый остаток $26,4 - 5,0$ ($31,9\%$)

Уд. вес больше $1,047 - 1,051$

Элементы

Cl	16,2 — 2,7
Na	6,5 — 1,5

¹ Сюда относится очень полный анализ буровой воды Гейдельбергского источника (Radiumquelle), опубликованный W. Salomопом (1927) и сделанный Л. и Р. Фрезениусами.

² В глубоких скважинах, например, в Пенсильвании, есть воды $\text{Cl}-\text{Na}-\text{Ca}$.

K ¹	$6,2 \times 10^{-1} - 1,1 \times 10^{-2}$
Mg ²	$3,6 \times 10^{-1} - 2,3 \times 10^{-2}$
Ca	$3,0 \times 10^{-1} - 1,7 \times 10^{-2}$
O ³	$2,3 \times 10^{-1} - 1,6 \times 10^{-3}$
C ⁴	$1,4 \times 10^{-1} - 7,4 \times 10^{-4}$
S ⁵	$5,7 \times 10^{-2} - 0$ (опр. $5,7 \times 10^{-4}$)
Ba	$4,6 \times 10^{-2} - 0$ (опр. $1,2 \times 10^{-3}$)
Sr	$4,8 \times 10^{-2} - 2,0 \times 10^{-3}$
Al	$2,4 \times 10^{-2} - 1,6 \times 10^{-3}$
Br	$2,4 \times 10^{-2} - 2,8 \times 10^{-4}$
N ⁶	$1,5 \times 10^{-2} - 3,4 \times 10^{-3}$
Li	$1,0 \times 10^{-2} - 2,7 \times 10^{-5}$
Fe	$8,0 \times 10^{-3} - 5,6 \times 10^{-4}$
Si	$7,5 \times 10^{-3} - 9,0 \times 10^{-5}$
J	$4,8 \times 10^{-3} - 3,0 \times 10^{-5}$
H ⁷	$3,6 \times 10^{-3} - 1,1 \times 10^{-4}$
Mn	$2,0 \times 10^{-4} - 1,0 \times 10^{-4}$
B	$8,0 \times 10^{-5} - 5,8 \times 10^{-5}$
As	$6,3 \times 10^{-6} - 5,9 \times 10^{-6}$
P	$4,1 \times 10^{-6} - 3,8 \times 10^{-6}$
.....	
Ra	$5,3 \times 10^{-10} - 9,7 \times 10^{-12}$
.....	
Ms Th I	$1,2 \times 10^{-13} - 3,3 \times 10^{-14}$
.....	
Rn	$8,1 \times 10^{-16} - 3,0 \times 10^{-17}$
.....	

936. Обогащение Ra и MsTh I того же порядка наблюдалось и в водах, более богатых Ca, чем только что указанные.

„Рассольные воды“, богатые CaCl_2 , повидимому характерны для очень глубоких напорных пластовых вод и вод подземных водоемов.

Повидимому аналогов этих вод среди минеральных источников нет. Хотя эти горячие воды (рассолы) и фигурируют иногда среди минеральных вод, но это как раз те напорные буровые воды, которые человек использует для лечебных целей под именем минеральных источников.

¹ Богатые K редки; ближайший максимум $3,9 \times 10^{-1} \%$.

² Большие количества редки: след. max. $3,2 \times 10^{-2} \%$.

³ Из SO_4 (до $1,7 \times 10^{-1} \%$), CO_3 (до $7,0 \times 10^{-1} \%$), HCO_3 (до $8,7 \times 10^{-2} \%$), SiO_2 (до $1,2 \times 10^{-2} \%$), HPO_4 (до $1,2 \times 10^{-5} \%$), HAsO_4 (до $1,2 \times 10^{-5} \%$), VO_2 (до $3,1 \times 10^{-4} \%$), CO_2 (до $3,1 \times 10^{-2} \%$). O_2 не исследован; CO_2 — редко. Органич. (нефт. кисл.) не определены.

⁴ Из CO_2 , HCO_3 , CO_3 . Органич. вещества не учтены.

⁵ Из SO_4 .

⁶ Из NH_4 . Растворенный N_2 не учтен.

⁷ Из HCO_3' и т. п. Так как обычно HCO_3' не вычислена в анализах и вместо нее принимается CO_3'' , то эта величина (Гейдельберг) очевидно не является максимальной. Для максимального HCO_3 (исходя из $7,0 \times 10^{-1} \%$ CO_3) следует $1,2 \times 10^{-2} \%$ H. Сверх того обычно NH_4 не учитывается (max. $7,1 \times 10^{-3} \%$ NH_4).

Без усилий человека эти кальциевые воды никогда не появились бы на земной поверхности.¹

Есть близкие наземные рассолы, но их структура должна быть резко иная. Они представляют воды подкласса $\text{CO}_2\text{--N}_2\text{--O}_2$, тогда как в данных водах нет O_2 и, судя по малому количеству иона CO_3^{2-} , мало в них и CO_2 . Должно быть это воды азотнометановые или азотнометано-сероводородные.

Изучение их газового режима представляет сейчас огромный интерес так же как и их радиоактивности. Повидимому, ион SO_4^{2-} должен быть в них неустойчив уже на относительно небольшой глубине и переходить в HS (может быть в CSO?).

937. В нефтяных месторождениях, богатых Ra и MsTh I, есть воды $\text{Cl}-\text{Na}-\text{Ca}$. Пока пробы в них на Ra и MsTh I сделаны главным образом в пределах нашего Союза. Необходимо систематическое количественное определение этих элементов и в других нефтяных областях. Эта работа начата, и для радия явление может считаться установленным.

Состав этих, обычно горячих (Челекень 61° — 65°) вод виден из следующих чисел анализов:

CLXXI. Cl—Na—Ca

Твердый остаток 21,9—22,9%

Элементы

Cl	$14,1 - 13,5$
Na	$6,4 - 6,0$
Ca	$1,7 - 1,7$
K	$4,1 \times 10^{-1} - 3,1 \times 10^{-1}$
Mg	$2,1 \times 10^{-4} - 2,1 \times 10^{-1}$
O ²	$2,1 \times 10^{-1} - (\text{сн.})$
S ²	$1,0 \times 10^{-1} - (\text{сн.})$
Sr	$3,2 \times 10^{-2} - 3,0 \times 10^{-2}$
Mn	$4,0 \times 10^{-3}$
J	$2,4 \times 10^{-3} - 2,0 \times 10^{-3}$
F _c	$2,0 \times 10^{-3}$

$$Li = 1.7 \times 10^{-5} - 8.5 \times 10^{-6}$$

$$Ra = 6.8 \times 10^{-11} - 4.8 \times 10^{-11}$$

Есть В, Ва, MsThI

Есть орган. вещ. pH = 6,0 - 6,2

¹ Богатые кальцием воды не могут быть связаны с магматическими очагами, их легко растворимыми и легко летучими (в нижних частях биосферы и стратисфера) телами. Я вернусь к этим водам в главе о геохимии кальция во второй части книги.

² Из SO₄ (до 3,1 × 10⁻¹ %).

938. Воды Челекена возможно не являются проявлением пластовых вод, а представляют форму вод подземных водоемов, где капельно-жидкая форма раствора играет резко преобладающую роль.

Воды Ухтинского края (§ 868) тоже не могут быть пластовыми, выходят из метаморфических кристаллических пород — подземных водоемов — из трещин.

Как пример таких рассолов (слабых), приведу один анализ.

CLXXII. Cl—Na—(Ca)

Твердый остаток 5,3%

Элементы

Cl	3,2%
Na	1,5
Ca	$3,3 \times 10^{-1}$
Mg	$1,1 \times 10^{-1}$
O ¹	$5,6 \times 10^{-2}$
Si ²	$1,6 \times 10^{-2}$
K	$1,3 \times 10^{-2}$
Br	$1,2 \times 10^{-2}$
C ³	$7,3 \times 10^{-3}$
Ba	$1,6 \times 10^{-3}$
H ⁴	$1,1 \times 10^{-3}$
J	$2,1 \times 10^{-4}$
Ra	$2,3 \times 10^{-11}$

Отношение Na/Ca + Mg здесь равно 3,4.

939. Повидимому с этими водами связаны переходы в рассолы, в которых кальций преобладает над натрием.

Они наблюдались и в областях нефтяных месторождений, но радий и мезоторий в них не были определены. Надо думать эти атомы в них тоже концентрируются. Но такие же воды наблюдались в областях, далеких от нефтеносных областей, например, среди древних — до кембрийских кристаллических пород, в медных рудниках района Верхнего озера. Являются здесь проявлением — при бурении — подземных водоемов (трещин). Радиоактивность их не изучалась.

Следующие числа дают о них понятие:

CLXXIII. Cl—Ca—Na

Твердый остаток 32,7—6,5%

Элементы

Cl	20,8 — 2,8
Ca	8,7 — 1,4

¹ Из H_2SiO_3 ($15 \times 10^{-3}\%$), HCO_3 ($6,1 \times 10^{-2}$).

² Из H_2SiO_3 .

³ Из HCO_3 .

⁴ Из H_2SiO_3 , HCO_3 .

Na	$6,5 - 7,6 \times 10^{-1}$
Mg ¹	$7,8 \times 10^{-1} - 2,0 \times 10^{-3}$
K	$5,1 \times 10^{-1} - 4,1 \times 10^{-2}$
O ²	$3,0 \times 10^{-1} - 3,5 \times 10^{-3}$
Br	$2,2 \times 10^{-1} - 6,9 \times 10^{-2}$
S ³	$1,4 \times 10^{-1} - 1,8 \times 10^{-3}$ (0)
Fe	$1,1 \times 10^{-1} - 1,4 \times 10^{-2}$
N ⁴	$5,5 \times 10^{-2}$
C ⁵	$1,7 \times 10^{-2} - 3,2 \times 10^{-4}$ (0)
H ⁶	$1,6 \times 10^{-2}$
Li	$1,2 \times 10^{-2}$
Al	$6,2 \times 10^{-3} - 3,1 \times 10^{-3}$
J	$3,1 \times 10^{-3}$
Si	$2,9 \times 10^{-3} - 9,4 \times 10^{-4}$
Cu	$1,6 \times 10^{-3}$
Ni	$6,0 \times 10^{-4}$
Mn	$4,0 \times 10^{-4}$

Есть Р

940. Отношение Na/Ca колеблется в пределах:

2,75—0,48 и меньше,

т. е. не только есть разности Cl—Na—Ca, но можно выделить воды Cl—Ca.
Они были уже отмечены для глубоких бурений Мичигана (до 1587,6 м) Г. Стиреном в 1863 году и позже подтверждены новыми анализами. Таковы воды (три анализа), где отношение Na/Ca отвечает пределам: 0,184—0,156.

Мы имеем здесь:

CLXXIV. Cl—Ca—(Na)

Твердый остаток 28,0—21,2%

Элементы

Cl	17,6—13,5
Ca	8,7—6,5
Na	1,5—1,2
K	$4,1 \times 10^{-1} - 0$ ($4,1 \times 10^{-2}$)
Br	$2,2 \times 10^{-1}$
Sr	$3,0 \times 10^{-2}$ — (сл.)
Mg	$2,0 \times 10^{-2} - 2,0 \times 10^{-3}$
Si	$1,5 \times 10^{-2} - 8,6 \times 10^{-4}$

¹ Богатые Mg редки; следующий максимум $1,1 \times 10^{-1}$ %.

² Из SO₄ (до $4,2 \times 10^{-1}$ %), CO₃ (до $2,9 \times 10^{-1}$ %), SiO₂ (до $6,1 \times 10^{-3}$ %).

³ Из SO₄.

⁴ Из NH₄ (до $7,1 \times 10\%$).

⁵ Из CO₃. CO₂ и органические вещества не учтены.

⁶ Из NH₄.

$$\begin{array}{ll} \text{O}^1 & 8,5 \times 10^{-3} = 0 \\ \text{S}^2 & 3,7 \times 10^{-3} = 0 (7,0 \times 10^{-4}) \\ \text{Cu} & 1,6 \times 10^{-3} = 1,0 \times 10^{-5} \end{array}$$

Ni	$6,0 \times 10^{-4}$
C ³	$4,0 \times 10^{-4} - 0$
Mn	$4,0 \times 10^{-4} - 1,0 \times 10^{-4}$
Fe	$1,0 \times 10^{-4} - 0$

Есть Ba, Li, Zn, B

Не найдены Р, Al

Судя по тому, что CO_2 не найдена в некоторых из этих вод, это воды подкласса N_2 или $N_2-\text{CH}_4$, но, к сожалению, растворенные газы не определены.

Мало вероятно чтобы пластовые воды были связаны с магмами. Очень допустимо мнение А. Лэна (A. Lane), что это глубокие — неподвижные застойные части пластовых вод.

941. Богатые Ra и MsThI верховодки воды Cl—Na—Ca для нефте-носных районов отличаются и другими своеобразными чертами — богатством нефтяных кислот, напр., которые не выражены в опубликованных анализах. Сейчас идет работа над анализом этих вод В. Малышским в Баку, которая еще не опубликована.

Богатые Ra и MsTh I рассолы аналогичны во всех исследованных случаях и относятся к виду Cl—Na—Ca. Соленые воды этого вида указаны в § 868. Вода из Челекена (§ 937) является крепким рассолом, где Na/Ca равняется 3.75.

Радий найден в усиленной концентрации за пределами Союза в нефтяных водах Северной Америки, Германии, Чехословакии.

Аналогичны слабые рассолы из Ухты (см. § 868), — один анализ которых я здесь привожу (CLXXV), которые отвечают не пластовым водам, а водам подземных водоемов (трещин и пустот). Этот вид глубоких вод совсем не изучен. Может быть это частью коррозионные воды. К сожалению, имеющиеся анализы почти не опубликованы. Na/Ca равно 4,55.

CLXXV. Cl—Na—(Ca)

Твердый остаток 5,3%

Элементы

Cl	3,2
Na	1,5
Ca	$3,3 \times 10^{-1}$
Mg	$1,1 \times 10^{-1}$
O ⁴	$5,1 \times 10^{-2}$
K	$1,3 \times 10^{-2}$
C ⁵	$1,2 \times 10^{-2}$
Br	$1,2 \times 10^{-2}$

¹ Из $\text{SO}_4 \cdot \text{CO}_2$ (до $1,1 \times 10^{-2}$), SiO_2 (до $2,0 \times 10^{-2}$).

2 Из SO_4

³ Из CO_2 (до $2.0 \times 10^{-3}\%$). Нет и CO_2 .

⁴ Из H_2SiO_3 , CO_2 , H_2SiO_3 .

⁵ Из HCO_3 , CO_3 .

Ba	$1,6 \times 10^{-3}$
Si	$1,6 \times 10^{-3}$
H ¹	$1,0 \times 10^{-3}$
J	$2,1 \times 10^{-4}$

942. Совершенно особый тип рассольных коррозионных вод представляют рассолы, проникающие пустоты залежей каменной соли, образовавшихся из древних морских и озерных осадков.

Мы имеем здесь несколько видов, вероятно разного происхождения. Таковы рассолы под замершим огромным озером Бонневилем в Большой Соленой пустыне в Ута. Это воды, богатые калием, из которых он добывался во время войны 1914—1918 годов и позже.

Можно различить здесь два класса рассолов:

1. Рассолы, проникающие все пустоты твердых залежей каменной соли, образовавшиеся очевидно от замирания одной из стадий Бонневильского озера, наблюдающиеся на относительно небольшой глубине (до 47—200 ф. от земной поверхности). Состав рассола $\frac{1}{4}$ по объему всей соли (по Д. Нолану, 1927):

CLXXVI. Na—Cl—K

Твердый остаток

среднее 29,6%

Элементы

Cl	20,0 — 18,6%	среднее:	19,2
Na		"	7,1
K	$1,3 — 8,7 \times 10^{-1}$	"	1,1
Mg	$7,1 \times 10^{-1} — 4,8 \times 10^{-1}$	"	$6,3 \times 10^{-1}$
O	$3,8 \times 10^{-1} — 3,3 \times 10^{-1}$	среднее: ²	$3,5 \times 10^{-1}$
S	$1,9 \times 10^{-1} — 1,6 \times 10^{-1}$	среднее: ²	$1,7 \times 10^{-1}$

2. Другой вид представляют воды, проникающие глинистые, частью песчанистые породы, может быть являющиеся более метаморфизованными водами того же происхождения. Средний анализ J. Fairchild для 126 образцов из разных мест дал состав:

CLXXVII. Cl—Na

Твердый остаток 16,5%

Элементы

C	9,6%
Na	5,7
K	$2,9 \times 10^{-1}$
O ³	$2,7 \times 10^{-1}$
Mg	$1,9 \times 10^{-1}$
Ca	$1,5 \times 10^{-1}$
S	$1,3 \times 10^{-1}$

¹ Из HCO_3 , H_2SiO_3 .

² Из SO_4 (до $5,7 \times 10^{-1} \%$).

³ Из SO_4 (до $4,1 \times 10^{-1} \%$).

Li $2,0 \times 10^{-4}$

B, Br, J, CO₃ не найдены

943. Существование рассольных минеральных источников, связанных с магматическими очагами, возбуждает большие сомнения.

Повидимому, рассольные минеральные источники, аналогичные акротермам и соленым источникам, не существуют (ср. § 816).

Возможно, что тяжелые рассольные воды, более близкие к магматическим очагам, не доходят до биосфера и не достигаются нашими самыми глубокими (не выше 3,3 км) бурениями. Но вероятнее, что летучие, богатые водяными парами выделения магм никогда не достигают концентрации и не обогащаются коррозией окружающих пород, превышающей 5% веса раствора. Твердые тела выпадают путем химических реакций много раньше достижения этой концентрации. Решит дело дальнейшее изучение; пока же можно отметить, что все восходящие рассольные воды, поскольку они изучены, относятся только к двум типам, не связанным с магмами.

Эти два типа, вернее три, — восходящие коррозионные воды и воды напорные — пластовые и подземных водоемов.

Первый тип связан с растворением подземными водами разного происхождения залежей и „куполов“ растворимых солей, в первую очередь каменной соли — NaCl.

По существу — это восходящие коррозионные воды, при чем их напор — их движение к поверхности — вероятно часто связан с пластичностью — с движением залежей каменной соли, повторяющихся во многом, благодаря этому, формы магматических движений.

Их необходимо по существу отделять от минеральных источников. Но нельзя не отметить, что коррозионные воды морфологически во многом аналогичны связанным с магмами минеральным источникам, так как залежи очень мягких и вязких пластов каменной соли при тектонических явлениях, при больших давлениях (и температурах) дают формы проявлений, очень аналогичные вулканическим и плутоническим процессам.

Также не надо смешивать с минеральными водами напорные воды, не нашедшие естественных выходов, полученные бурением и считаемые в общежитии минеральными источниками.

Дело будущего — выяснить, есть ли еще рассолы иного происхождения.

Имея в виду такое положение дел, нельзя даже условно отнести к минеральным источникам наблюдавшиеся восходящие рассолы. Следующие виды их могут быть отмечены:

1. Cl—Na — значительная часть, коррозионная, образовалась путем растворения каменной соли частью в глубоких частях земной коры; но есть воды и другого типа, например, воды Ухтинского нефтяного района (§ 938) и других.

2. O—Cl—Na—S

3. Cl—Na—Ca

4. Na₂SO₄ — очень возможно происхождение аналогичное Cl—Na в связи с растворением тенардита (мирабилита).

5. MgSO₄ — возможно аналогичное происхождение.

6. Mg—Ca—SO₄ — может быть, из пластовых напорных?

944. Следующие данные дают понятие о составе Cl—Na-рассолов, изученных на земной поверхности. Главная масса их получается бурением.

Эти источники в верхних изливающихся частях содержат растворенный кислород, который вообще не входит в их состав.

Они обычно богаты CO₂; содержат N₂ и CH₄, H₂S. Газовый состав почти не изучен.

Температура их зависит от глубины и достигает многих десятков градусов, доходя до 100° и больше.

Это воды тяжелые с удельным весом до 1,2 и больше, в зависимости от концентрации.

Cl—Na-источники, богатые SO_4^{\cdot} -ионами или Na_2SO_4 , составляющие переход в следующую группу, повидимому, редки.

Вот пределы колебаний (в весовых %):

CLXXVIII. Cl—Na¹

Твердый остаток 4,0—5,0%

Элементы

Cl	20,5—2,6
Na	12,2—1,3
O ²	$3,5 - 5,8 \times 10^{-3}$
Ca	$2,4 - 3,4 \times 10^{-2}$
Mg	$1,8 - 3,2 \times 10^{-3}$
S ³	$1,7 - 1,3 \times 10^{-3}$
Br	$8,0 \times 10^{-1} - 3,5 \times 10^{-5}$ (сл.)
K	$5,3 \times 10^{-1} - 2,1 \times 10^{-3}$
Sr ⁴	$3,4 \times 10^{-1} - 5,4 \times 10^{-4}$
Ba	$2,2 \times 10^{-1} - 4,0 \times 10^{-4}$
C ⁵	$1,1 \times 10^{-1} - 1,2 \times 10^{-4}$
Si	$3,0 \times 10^{-2} - 4,4 \times 10^{-4}$
Fe	$1,6 \times 10^{-2} - 1,5 \times 10^{-4}$
H ⁶	$1,2 \times 10^{-2} - 6,2 \times 10^{-5}$
J	$1,1 \times 10^{-2} - 3,0 \times 10^{-6}$
N ⁷	$3,9 \times 10^{-3} - 1,7 \times 10^{-4}$
Al	$3,0 \times 10^{-3} - 1,6 \times 10^{-4}$
B	$2,7 \times 10^{-3} - 7,8 \times 10^{-6}$

¹ Есть углекислоазотные (CO_2-N_2), азотноуглекислые (N_2-CO_2), углекислые воды и азотные (N_2) (весовые %):

1. CO_2	2. N_2-CO_2	3. CO_2-N_2
$\text{CO}_2 2,3 \times 10^{-1}$	$\text{N}_2 1,8 \times 10^{-3}$	$\text{CO}_2 7,0 \times 10^{-3}$
$\text{N}_2 1,9 \times 10^{-3}$	$\text{CO}_2 1,0 \times 10^{-3}$	$\text{N}_2 2,9 \times 10^{-3}$
$\text{O}_2 5,0 \times 10^{-4}$	$\text{O}_2 7,7 \times 10^{-4}$	$\text{O}_2 1,4 \times 10^{-4}$

$$4. \text{N}_2 \\ \left. \begin{array}{l} \text{N}_2 \\ \text{CO}_2 \\ \text{O}_2 \end{array} \right\} \text{объемн. \% (Schlöninger)}$$

² Растворенные O_2 и CO_2 не приняты во внимание, также и растворенные органич. вещества. Из SO_4 (до 5,2%), HCO_3 (до $5,3 \times 10^{-1}\%$), SiO_2 (до $2,1 \times 10^{-2}\%$), B_4O_7 (до $9,1 \times 10^{-3}\%$), S_2O_3 (до $3,0 \times 10^{-3}\%$), PO_4 (до $2,9 \times 10^{-4}\%$), AsO_4 (до $1,2 \times 10^{-5}\%$), HPO_4 (до $8,2 \times 10^{-3}\%$), H_2SiO_3 (до $4,4 \times 10^{-3}\%$).

³ Из SO_4 , H_2S (до $3,6 \times 10^{-5}\%$), S_2O_3 . Орган. вещ. не учтены.

⁴ Есть строение вая разность (Lauterthal по Leiterthal'yu, 1888). Содержит до $9,0 \times 10^{-2}\%$ SrCl_2 . Порядок элементов: Cl—Na—Ca—Mg—Sr.

⁵ Из HCO_3 , CO_2 (до $7,7 \times 10^{-2}\%$). Орган. вещ. не учтено.

⁶ Из HCO_3 , H_2S , NH_4 (до $5,0 \times 10^{-3}\%$), H_2SiO_4 (до $4,4 \times 10^{-3}\%$). Орган. вещ. не учтено.

⁷ Из NH_4 (до $3,0 \times 10^{-3}\%$), N_2 (до $2,9 \times 10^{-3}\%$).

P	$2,6 \times 10^{-3}$ — $5,6 \times 10^{-6}$
Rb	$2,5 \times 10^{-3}$ — $8,5 \times 10^{-6}$
Li	$1,0 \times 10^{-3}$ — $6,8 \times 10^{-6}$
Mn	$2,2 \times 10^{-4}$ — $2,0 \times 10^{-5}$
As	$6,5 \times 10^{-5}$

Есть Cs, Pb, Sn, Ag, Cu, Bi, Sb, Au, Zn, Ge, Ti

Орган. вещ. $1,0 \times 10^{-3}$ — $8,0 \times 10^{-5}$

Уд. в. больше 1,444.

Свободно выделяющиеся газы встречены двух типов:

1. N_2 :	N_2 98,0 — 92,4 об. проц. CO_2 3,9 — 1,6 O_2 1,9 — $4,10^{-1} \%$ CN_4 1,8
2 CO_2 :	CO_2 94,9 N_2 4,9 O_2 $1,5 \times 10^{-1}$ CH_4 $5,0 \times 10^{-2}$ H_2S — сл.

945. Довольно редки рассолы, которые можно рассматривать как смесь $ClNa$ и Na_2SO_4 . Таков источник Св. Бонифация, по анализу фон Иона (около Калуша, Анзее).

CLXXIX. O—Cl—Na—S

Твердый остаток 7,0%,

Элементы

O	1,9%
Cl	1,8
Na	1,4
S	$9,3 \times 10^{-1}$
K	$6,2 \times 10^{-1}$ — $3,1 \times 10^{-1}$
Mg	$3,8 \times 10^{-1}$ — $3,6 \times 10^{-1}$
Ca	$3,3 \times 10^{-2}$
Si	$1,3 \times 10^{-2}$
Br	$4,0 \times 10^{-3}$

946. Есть рассольные источники, которые относятся к виду Cl—Ca—Na и которые связаны вероятно с глубокими водами этого состава — пластовыми, напорными и водами подземных водоемов (§ 939).

Как пример таких вод, можно взять анализ Фалена (W. Phalen) воды из Fontport Harbor на оз. Эри (Огайо).

CLXXX. Cl—Ca—Na

Твердый остаток 36,51%

Элементы

Cl 18,9%
Ca 4,8
Na 4,3
Mg 1,1

K $3,9 \times 10^{-1}$

947. Повидимому близка в минералогическом аспекте к этим видам вод рассольная вода глубокой скважины в Москве, на Большой Ордынке, во дворе Института прикладной минералогии на глубине 732 метров в сентябре 1932 года. Хотя эта скважина ведется с научной целью, настоящее, научно полное химическое исследование этой воды не сделано или пока не опубликовано. Вода восходит из нижнего девона, из горизонтов близких или идентичных Старорусским рассолам. А. Д. Архангельский считает ее коррозионной, связанной с растворением подземных залежей каменной соли.

Необходимо провести полный анализ этой воды — полный количественный и качественный спектроскопический анализ и, насколько возможно, химический на все химические элементы: выяснить элементы отсутствующие, определить глубину, откуда идет вода, пользуясь геотермическими градиентами (в Москве понижеными), точно — количественно и качественно — определить растворенные в воде газы, дать температурные данные для свободно выделяющихся газов и определить количественно их вес по отношению к весу содержащей их воды. Наконец, точно количественно изучить их радиогеологическую обстановку.

Мне кажется, огромные затраты, связанные с такой научной скважиной, требуют такого исследования.

Пока же можно привести лишь следующие имеющиеся в литературе недостаточные данные: глубина 732 м, давление 2,5 атм.

CLXXXI. Cl—Na

Твердый остаток 8,62%

Элементы

Cl 4,8
Na 2,2

Ca $5,3 \times 10^{-1}$
O $5,1 \times 10^{-1}$
S $2,5 \times 10^{-1}$
Mg $1,8 \times 10^{-1}$

K $5,3 \times 10^{-2}$
 $3,2 \times 10^{-2}$

Есть Fe, Sr, Li, Si, C, N

Выделяющийся газ:

N₂—CO₂

N₂ 87,5% (объеми.)
CO₂ 12,5

948. Есть рассолы, может быть относящиеся по существу к напорным водам, которые относятся к виду Ca—Na—Cl.

Такова, например, сталактитовая вода, выделяющаяся в свинцово-цинковом руднике в Лаутентале на Гарце. По анализу Фернандеца и Брагарда ее состав:

CLXXXII. Cl—Na—Ca

Твердый остаток 8,2%

Элементы

Cl	6,0%
Na	1,6%
Ca	$3,8 \times 10^{-1}$ — $3,7 \times 10^{-1}$
Mg	$8,6 \times 10^{-2}$ — $8,2 \times 10^{-2}$
Sr	$5,7 \times 10^{-2}$ — $4,1 \times 10^{-2}$
Ba	$2,4 \times 10^{-2}$ — $1,8 \times 10^{-2}$
K	$1,6 \times 10^{-2}$

Эту воду можно рассматривать как культурную, вызванную созданием рудника.

949. Сульфато-магниевые (CLXXXIV) и сульфато-натриевые (CLXXXIII) рассолы могут быть характеризованы следующими числами:

CLXXXIII. O—Na—S

CLXXXIV. S—O—Mg

Соловой остаток

7,5% — 5,0%

6,1 — 17,1%

Элементы

O ¹	3,4 — 1,5	O ²	9,0 — 3,0
Na	$2,3 \times 7,8 \times 10^{-1}$	S ³	4,5 — 1,4
S ³	$1,7 — 7,5 \times 10^{-1}$	Mg	$2,9 — 7,9 \times 10^{-1} \%$
Cl	$7,5 \times 10^{-1}$	Na	$4,6 \times 10^{-1} — 5,6 \times 10^{-1}$
Ca	$8,8 \times 10^{-2} — 5,0 \times 10^{-2}$	Cl	$3,8 \times 10^{-1} — 2,0 \times 10^{-1}$
K	$8,3 \times 10^{-2} — 3,3 \times 10^{-4}$	Ca	$1,7 \times 10^{-1} — 2,0 \times 10^{-3}$
Mg	$3,6 \times 10^{-2} — 3,1 \times 10^{-2}$	C ⁴	$6,0 \times 10^{-2} — 6,6 \times 10^{-4}$
C ⁶	$3,2 \times 10^{-2} — 8,9 \times 10^{-4}$	Si	$1,4 \times 10^{-2} — 1,5 \times 10^{-3}$
Si	$7,0 \times 10^{-3} — 4,7 \times 10^{-4}$	N ⁵	$1,1 \times 10^{-2}$
Fe	$7,2 \times 10^{-3} — 3,2 \times 10^{-4}$	H ⁷	$5,1 \times 10^{-3}$
H ⁸	$1,4 \times 10^{-3} — 7,4 \times 10^{-5}$	K	$4,2 \times 10^{-3} — 1,3 \times 10^{-3}$

¹ Из SO₄ (до 5,0%), HCO₃ (до $8,6 \times 10^{-2}$), SiO₂ (до $1,5 \times 10^{-2}$), PO₄ (до $2,4 \times 10^{-3}$), NO₃ (до $4,0 \times 10^{-4}$), CO₂ (до $1,2 \times 10^{-1}$). O₂ и органические вещества не учтены.

² Из SO₄ (до 13,3%), CO₃ (до $3,0 \times 10^{-1} \%$), SiO₂ (до $3,8 \times 10^{-2}$), CO₂ (до $2,1 \times 10^{-2}$). O₂ и органич. вещества не учтены.

³ Из SO₄.

⁴ Из CO₃ (перечислить на HCO₃). CO₂ и орган. вещ. не учтены.

⁵ Из NH₄ (до $1,4 \times 10^{-2}$). Орган. вещ. не учтено.

⁶ Из HCO₃. Раств. CO₂ и орган. вещ. не учтены.

⁷ Из NH₄. Орган. вещ. и HCO₃ не учтены.

⁸ Из NO₃, NH₄ и H₂S не учтены. Тоже орган. вещ.

Al $1,3 \times 10^{-3} - 6,0 \times 10^{-4}$

P $7,8 \times 10^{-4}$

Br $6,1 \times 10^{-4}$

N $9,2 \times 10^{-5}$

J $5,0 \times 10^{-5}$

Есть еще B, Li

950. Не ясно происхождение соляного источника в Laa в Австрии, состав которого выражается формулой O—S—Mg—Ca,— может быть он относится к напорным пластовым водам, хотя этому противоречит большое количество SO_4 . Анализ Найега (CLXXXV).

CLXXXV. O—S—Mg—Ca

Твердый остаток 6,2%

Элементы

O¹ 3,2%
S² 1,4

Mg $8,2 \times 10^{-1}$

Ca $4,8 \times 10^{-1}$

K $2,2 \times 10^{-1}$

Na $1,9 \times 10^{-1}$

C³ $5,9 \times 10^{-2}$

Cl $3,6 \times 10^{-2}$

Si $1,2 \times 10^{-2}$

N⁴ $1,1 \times 10^{-2}$

H⁴ $3,0 \times 10^{-3}$

Al n $\times 10^{-3}$

Fe m $\times 10^{-3}$

951. Отдельно должны быть поставлены рассольные воды, связанные с вулканическими процессами, вторично создающиеся в биосфере из соленых вод. Это будут:

CLXXXVI. 1. O—S—Mg—Na—(Ca)

CLXXXVII. 2. H—Cl—(Fe—S—O)

Следующие числа их характеризуют (в весовых %):

CLXXXVI.

CLXXXVII.

Соловой остаток

6,8—6,1

15,8—19,5

¹ Из SO_4 (4,4%), CO_3 ($2,9 \times 10^{-1}$ %), SiO_2 ($2,6 \times 10^{-2}$).

² Из SO_4 .

³ Из CO_3 .

⁴ Из NH_4 .

Элементы

		C1	15,1 — 12,0
O ¹	3,2 — 2,9	O ²	1,7 — 1,1
S ³	1,5 — 1,5		
Mg	$8,2 \times 10^{-1}$ — $7,8 \times 10^{-1}$	Fe	$9,5 \times 10^{-1}$ — $5,7 \times 10^{-1}$
Na	$6,7 \times 10^{-1}$ — $1,9 \times 10^{-1}$	S ⁴	$7,4 \times 10^{-1}$ — $5,7 \times 10^{-1}$
Ca	$4,7 \times 10^{-1}$ — $3,2 \times 10^{-1}$	H ⁵	$5,2 \times 10^{-1}$ — $6,8 \times 10^{-1}$
H ⁶	$2,7 \times 10^{-1}$ — $1,5 \times 10^{-1}$	Al	$5,1 \times 10^{-1}$ — $5,5 \times 10^{-2}$
Cl	$1,6 \times 10^{-1}$ — $3,7 \times 10^{-2}$	Ca	$3,6 \times 10^{-1}$ — $9,8 \times 10^{-2}$
		Na	$3,1 \times 10^{-1}$ — $1,2 \times 10^{-1}$
		K	$1,8 \times 10^{-1}$ — $9,5 \times 10^{-2}$
C ⁷	$6,0 \times 10^{-2}$	P	$9,8 \times 10^{-2}$
K	$2,2 \times 10^{-2}$ — $1,3 \times 10^{-2}$	Mg	$5,4 \times 10^{-2}$ — $1,8 \times 10^{-2}$
Si	$1,2 \times 10^{-2}$ — $1,4 \times 10^{-3}$	Si	$1,6 \times 10^{-2}$ — $2,2 \times 10^{-3}$
N	$1,0 \times 10^{-2}$		
Fe	$6,2 \times 10^{-4}$		
• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •
Есть Al, Mn, Cu, Br, Ni, Li, P		Есть Mn, Cu, Br, Li, NH ₄ .	
• • • • •	• • • • •	• • • • •	• • • • •

Анализ CLXXXVII относится к горячему озеру на Белом острове (White Island) в Новой Зеландии. В нем находится 10,3 — 13,7% HCl.

952. Сюда же принадлежат аммонийно-борные источники, связанные с „soffioni.“ Таков, например, рассол из Monte Cerboli в Тоскане. Исходные воды соленые (?).

CLXXXVIII. O — S — N — Mg — B

Состав его (в весовых %) следующий:

Твердый остаток 13,1

Элементы

O ⁸	6,7
S ⁹	2,7
N ¹⁰	1,3

Mg	$8,2 \times 10^{-1}$
B	$5,5 \times 10^{-1}$
K	$5,0 \times 10^{-1}$
H ¹⁰	$3,6 \times 10^{-1}$
Cl	$1,2 \times 10^{-1}$

¹ Из SO₄ (до 4,4%), CO₃ (до $3,0 \times 10^{-1}$ %), SiO₂ (до $3,7 \times 10^{-2}$ %). CO₂ и O₂ не учтены.

² Из SO₄ (до 2,2%), PO₄ (до $3,0 \times 10^{-1}$ %), SiO₂ (до $3,5 \times 10^{-2}$ %). CO₂ и O₂ не учтены.

³ Из SO₄.

⁴ Из SO₄.

⁵ Из HCl (до 13,7%). HCO₃ не учтено.

⁶ Из H₂SO₄, HCl, NH₄ (до $1,3 \times 10^{-2}$ %).

⁷ Из CO₃.

⁸ Из SO₄ (7,1%).

⁹ Из SO₄.

¹⁰ Из NH₄.

Na	$8,6 \times 10^{-2}$
Ca	$4,8 \times 10^{-2}$

Есть Fe, Al ($\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$ $1,9 \times 10^{-2} \%$) и следы Mn и Si.

953. Как видно из вышеизложенного, наши химически точные сведения о составе рассольных вод чрезвычайно отрывочны.

Очевидно, перед нами только приподымается завеса огромного природного явления.

Еще менее известно подцарство волосных вод, отвечающих рассолам, проникающим горные породы.

Можно здесь различить, по крайней мере, два семейства — воды волосные, пленчатые, проникающие, как губка, всякое твердое тело земной коры, и воды пор — жидкое в них включения.

Для главной массы вод первого рода можно только делать гипотезы.

Недоказано даже существование в этих породах — массивных и метаморфических — именно рассолов, а не вод пресных или соленых.

954. Но среди таких волосных вод можно сейчас уже выделить настоящие рассолы, которые проникают всякий природный лед. Мельчайшие зерна льда, невидные глазом, окружены тончайшей жидкой пленкой рассола. Идея о таком строении была высказана впервые Букананом во время экспедиции Чалленджера (§ 440), но теория была развита Квинке (1905).

Мы имеем в последнее время прямые наблюдения, это подтверждающие.

Работы Г. Таммана (1929) над строением глетчерного льда указывают, что он пронизан тончайшей губчатой сетью эвтектических жидкых растворов, замерзающих лишь при температуре около -60° .

Это должен быть эвтектический рассол $n\text{NaCl}q\text{Na}_2\text{SO}_4q\text{MgSO}_4p\text{H}_2\text{O}$.

Это первый случай рассольных вод из огромного нам сейчас неведомого их подцарства. Они образуются только в биосфере.

Почти одновременно с ним — и от него независимо — П. Балавуан (1929) указал, что при замерзании Женевского озера белый малопрозрачный или непрозрачный лед, который на нем образуется, отличается от прозрачного льда по количеству растворимых солевых частиц. В прозрачном их число доходит до $3 \times 10^{-4} \%$, в непрозрачном $2,5 \times 10^{-3}$ — $1,5 \times 10^{-2} \%$. Непрозрачность связана с тем, что лед переполнен пузырьками с рассолом карбонатов и сульфатов. При образовании льда, при застывании пресных вод идет процесс, связанный с образованием криогидратов.

Раствор распадается на лед и на жидкий рассол.

Очевидно, как и для глетчеров, явление, отмеченное Балавуаном, есть общее явление в земной коре для льда всех озер и, вероятно, рек.

955. Гораздо доступнее воды включений в массивных породах и разного генезиса минералах, о значении которых мне много раз приходилось говорить (§ 735).

К сожалению, они почти также мало изучены, как предыдущие два семейства.

Нахождение среди них рассолов было давно указано Г. Сорби (1853).

Он доказал их существование в водных включениях, в горных хрусталиях, в кварцах вообще. Количество растворимых солей вероятно колеблется в пределах 15—30%: на это указывает низкая температура (ниже -20°) замерзания и отсутствие насыщения. Пустоты заполнились рассолом при температурах 189 — 217° . Вода содержит KCl , NaCl , Na_2SO_4 , K_2SO_4 , CaSO_4 , свободные кислоты — HCl и H_2SO_4 .

Явление этих рассолов настойчиво требует изучения.

Повидимому временами существуют при высоких температурах и давлениях рассолы, о которых мы не имеем понятия в доступных нашему

наблюдению условиям. Так при температурах 500—525° существуют в этих мелких полостях растворы с большим солевым остатком:

57,5—53,6% (по Н. Буюну).

42,5—46,4% H₂O (по Г. Зейферту, 1930). Для таких водных тел мы должны говорить уже не о минералах группы вод, а о минералах группы галоидных солей.

Важно то, что существование таких равновесий больше, чем вероятно.

956. Вероятно, дальнейшее изучение вскроет нам очень странные и образные явления, которые может быть имеют аналогию с включениями.

Таковы описанные Э. Кайзером кремневые полужидкие гели в агатовых друзах в гнейсах. К сожалению, анализ (63,8% летучих веществ, 11,2% растворимых в воде — Cl—SO₄, Mg, Na, K —, 10,3% SiO₂ и 14,7% H₂O) не дает возможности выявить химический характер тела.

Но существование таких опалов при критической температуре воды, при 375°, когда они застывают, указывается и для включений в массивных породах (Г. Зейферт, 1930).

Мы находим здесь, как и для природных растворов, NaCl.

Нельзя не обратить внимания на концентрацию калия (в слюдах). По Зальм Горстмару (1853) включения в кварцах Дофинэ содержат только KCl со следами NaCl.

Исследование этих вод требует настойчивого внимания и должно вскрыть глубокие и важные черты строения геосфер, лежащих ниже стратисферы.

Тут наблюдается переход из минералов группы воды в минералы группы гидратов — в жидкие и студенистые опалы.

Должно быть, такие же переходы есть и для групп карбонатов, силикатов, алюмосиликатов и т. п. Некоторые из минералов должно быть проходят через группу аналогичных рассольных вод — к студням.

Вся область этих преходящих минералов заслуживает серьезного внимания.

957. Все указывает, как уже не раз упоминалось, что рассолы должны преобладать в глубинных водах. Мы пока совсем ничего не знаем о составе этих вод, среди которых сейчас останавливают наше внимание водные растворы, из которых выделяются метаморфические сланцы, метаморфические растворы.

Они останавливают наше внимание в связи с открытием тяжелой воды — тяжелых изотопов водорода (диплона) и кислорода.

Стала перед нами новая черта строения природных вод, новое их химическое свойство.

Можно думать, что тяжелые молекулы воды H₂O¹⁶(D₂O¹⁶) и H₂O¹⁸(D₂O¹⁸) будут увеличиваться в числе в этих метаморфических рассолах, ибо более легкие молекулы вод должны уйти при процессе испарения, длившегося в масштабе геологического времени, в виде водяных паров ближе к земной поверхности, а более тяжелые должны сконцентрироваться в этих рассолах.

Рассолы эти едва ли существуют много глубже 3—4 км, и температура их может превышать 100°, но не доходить до критической температуры воды. Давление должно достигать многих сотен мегабар, но едва ли много превысит 1000 мегабар.

Исследование воды, изотопов водорода и кислорода, минералов из таких растворов, тальков, хлоритов, хлоритоидов, черных слюд должно решить эту проблему и выявить, существует ли в глубинных рассолах концентрация тяжелых изотопов кислорода и водорода. Наиболее глубоким растворам отвечают вероятно черные слюды.

Ближайшее будущее, очевидно, вырешит эту неожиданную и важную проблему или ее отвергнет.

958. Заканчивая обзор химических данных о составе природных водных тел, мы видим чрезвычайно ярко выраженное в них проявление единого — огромной важности — геологического явления.

Все эти воды, число видов которых превышает 1000, а сейчас отмечено в этой книге около 540, характеризуются, во 1-х, тем, что между ними всеми есть реальная материальная связь и в то же время есть резко свойственная каждому виду закономерная — в аспекте всех вод — индивидуальность.

Материальная связь между сотнями известных вод устанавливается прежде всего благодаря существованию газовых атмосфер, всюду без исключения охватывающих все воды. Можно сказать, что в аспекте геологического времени — порядка нескольких миллиардов лет — нет непрерывно замкнутых газовых областей, как и нет уединенных от них природных вод. Во все атмосфера проникает и в равновесии с ними находится водяной пар, а через него устанавливается через атмосферы связь друг с другом всех природных вод.

Не менее резко устанавливается другая материальная связь между водами через систему тончайшей сети волосных вод, проникающих всю твердую материю земной коры.

И наконец в биосфере (от стратосферы до стратисферы включительно) связь устанавливается особым планетным проявлением земных вод — земным живым веществом, создающим огромной мощности форму свободной своеобразной энергии, меняющей планету и в своем источнике связанной с космической и атомной ее формами.

Благодаря этой реальной материальной связи можно рассматривать — в аспекте геологического времени — все природные воды, как единое водное планетное физикохимическое равновесие, в отдельных местах своих обособленное и разнородное.

Его изучение является основной задачей геохимии природных вод, к которой мы теперь переходим. Геохимия изучает в этом едином разнородном связанном как целое равновесии миграцию отдельных химических элементов и изотопов и, учитывая единство явления, пытается эмпирически строить законности миграций в разных частях — в разных временах — этого единого динамического равновесия.

Как-раз сейчас, недавно (1934), мы подходим к выяснению пространственно границ этого равновесия в структуре планеты. В нижней части стратосферы (которая очевидно должна быть отмечена, как особая земная оболочка, лежащая ниже ионосферы, или отнесена к ней) мы подошли на высоте 20 км к области, где нельзя открыть никаких следов ни одной фазы воды — ни пара, ни льда, ни жидкой ее фазы. Это огромной научной важности результат полета в стратосферу, совершенного в нашем Союзе Прокофьевым в 1933 г. и выявленного исследованием А. Черепенникова (1934) воздуха с высоты выше 20 километров от поверхности геоида. Вывод этот требует проверки, конечно, но факт достижения области планеты, где воды нет, — как будто уже имеется.

Планетное водное равновесие в стратосферу может быть не доходит.

Вероятно другая граница его найдется и внизу — возможно существует там, где исчезает на нашей планете газовое состояние материи и неоднородность материального субстрата. Вода, как отдельное тело в комплексе алюмосиликатов и силикатов, там господствующих, может быть не существует.

К рассмотрению этого единого планетного равновесия природных вод — его формы, законов и изменений во времени и в пространстве — поскольку позволяет это делать современное состояние наших знаний, я вернусь во второй части этой книги.

ЗАМЕЧЕННЫЕ ОПЕЧАТКИ

в книге В. И. Вернадского „История минералов земной коры“, вып. III.
ОНТИ-Химтеорет-Ленинград-1936

<i>Стр.</i>	<i>Строка</i>	<i>Напечатано</i>	<i>Должно быть</i>
407	21 сверху	растворенность	растворимость
415	7 сверху	мезоторию	мезоторию I
417	13 снизу	качественный	количественный
504	22 сверху	пустот воды	пустот, воды
551	20 сверху	В. Малышским	В. Малышком