

где n — величина общей пористости песка, выраженная в долях единицы.

В суглинках, супесях и лессовых породах действительная скорость потока будет зависеть не от общей пористости, а от водопроводящей, куда входит главным образом межчастичная пористость.

$$V = \frac{Q}{Fn_{\text{мч}}} ,$$

где $n_{\text{мч}}$ — величина межчастичной пористости в долях единицы, определяемая по разности $n - n_{\text{об}}$, где n — общая пористость породы; $n_{\text{об}}$ — пористость за счет объемной гигроскопичности.

В подавляющем числе случаев в горных породах движение воды происходит по закону Дарси, поэтому все основные гидрогеологические расчеты истечения подземных вод строятся на приведенных зависимостях.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ФИЛЬТРАЦИИ

Общие сведения

Коэффициент фильтрации (K) — важнейшая водно-физическая характеристика породы, его величина тесно зависит от гранулометрического состава и структуры пород. Для некоторых рыхлых пород его величина колеблется в следующих пределах:

Коэффициент фильтрации K , см/сек

Гравий и галька	$1 \cdot 10^{-3} - 1 \cdot 10^{-1}$
Песок крупнозернистый	$1 \cdot 10^{-2} - 1 \cdot 10^{-1}$
Песок мелкозернистый	$1 \cdot 10^{-4} - 1 \cdot 10^{-3}$
Суглиник	$1 \cdot 10^{-7} - 1 \cdot 10^{-4}$
Глина	$1 \cdot 10^{-7}$

Предложено много различных методов для определения значений коэффициента фильтрации. Их можно разбить на три группы: а) расчетные приемы; б) определение K в лабораторных условиях; в) полевые методы.

Расчетные методы

Целым рядом ученых экспериментально установлена зависимость между водопроницаемостью и

структурными особенностями пород (гранулометрическим составом и пористостью).

В зависимости от подхода к вопросу были предложены различные эмпирические формулы, позволяющие вычислить величину коэффициента фильтрации по данным либо одного гранулометрического анализа, либо с дополнительным учетом значений общей пористости породы. Наиболее часто при практических расчетах применяется формула А. Газена:

$$K = cd_{10}^2 (0,7 + 0,03t) \text{ м/сут},$$

где K — коэффициент фильтрации песков в м/сут ; d_{10} — эффективный или действующий диаметр (метод его определения наложен на стр. 304); t — температура; $0,7 + 0,03$ — температурная поправка; c — эмпирический коэффициент, определяемый по формуле О. К. Ланге: $c = 400 + 40(n - 26)$, где n — пористость в %.

При температуре $t = 10^\circ\text{C}$ формула значительно упрощается, приобретая вид

$$K_{t=10^\circ} = cd_{10}^2.$$

Эта формула дает возможность приближенно определять коэффициент фильтрации песков, имеющих коэффициент однородности K_n меньше 5 и величину d_{10} в пределах от 0,1 до 3,0 мм.

Лабораторные методы

Предложено значительное количество методов лабораторного определения коэффициента фильтрации. Все они могут быть разделены на две группы:

1. Методы определения K в свободных образцах (неожиженемых в момент определения давления). Сюда входят методы, наиболее распространенные в лабораторной практике.

2. Методы определения K в образцах, находящихся под определенными давлениями. Они применяются для определения фильтрационной способности в основании сооружений, где породы всегда находятся под суммарным воздействием собственного веса и давления сооружения.

Лабораторные методы по сравнению с расчетными дают возможность получить данные о фильтрующей спо-

средности пород, также оценивается в зависимости от гранулометрическим. Он в свою очередь значительно уступает цилиндрическим методам, позволяющим получать наиболее достоверные величины коэффициента фильтрации. В лабораториях фильтрующей способность пород определяется как в образцах с нарушенной структурой (неска), так и с изменившейся структурой (гусеники).

Методы определения коэффициента фильтрации без обжатия образцов строятся на использовании замыкающих приборов, для которых это значение определяются формулой

$$K = \frac{S_0}{H}$$

Все части этого выражения пока определяются, кроме величины давления H , которая в процессе опыта может изменяться. В связи с этим существующие приборы можно разделить на две группы. К первой группе относятся такие, в которых течение опыта сохраняется постоянный расход, во второй группе — приборы, в которых величина расхода не меняется.

Рассмотрим один из простейших приборов, широко распространенных в лабораторной практике — трубку Г. Н. Каменского, позволяющую определить коэффициент фильтрации песков.

Трубка Каменского представляет собой стеклянный цилиндр длиной 25 см и диаметром 2—4 см. Трубку заливают из баллона 10 см песком, высаженным слоями по 2—3 см, укладываемыми с легким трамблением. Над песком наливают воду до уровня выше края трубы на 1—2 см (рис. 147). В процессе опыта устанавливают время прохождения уровня воды от дна скважины 0 до дна ямы. Одновременно измеряют температуру воды. Коэффициент фильтрации на основании теоретических вычислений Г. Н. Каменского определяют по формуле

$$K = \frac{1}{t} f\left(\frac{s}{h}\right)$$

Рис. 147. Трубка Каменского.

положен на высоту 10 см песком, высаженным слоями по 2—3 см, укладываемыми с легким трамблением. Над песком наливают воду до уровня выше края трубы на 1—2 см (рис. 147). В процессе опыта устанавливают время прохождения уровня воды от дна скважины 0 до дна ямы. Одновременно измеряют температуру воды. Коэффициент фильтрации на основании теоретических вычислений Г. Н. Каменского определяют по формуле

22

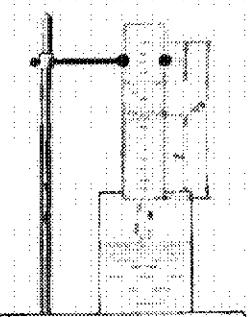


Рис. 148 — коэффициент фильтрации в см/сек; s — длина пути фильтрации в см;

$f\left(\frac{s}{h}\right)$ — условное обозначение выражения $\left(\frac{1}{t}\right)^{\frac{1}{2}}$ (оно определяется по величине значения s (последний уровень в трубке) и h за время t и h (расстояние между уровнем воды в трубке).

Зная отношение $\frac{s}{h}$, можно легко найти значение

$f\left(\frac{s}{h}\right)$ по таблицам или специальному составленному изображению.

Для определения коэффициента фильтрации существует приемники и прибор Каменского для монолитов, позволяющий исследовать водопроницаемость образцов с нарушенной структурой.

Помимо рассмотренных приборов, существует большое количество других, принцип устройства и методики применения которых рассматриваются в специальных курсах.

Полевые методы

Эти методы позволяют получить сведения о водопроницаемости пород в условиях естественного заложения. Полевые методы отличаются от ранее рассмотренных тем, что возможна эпюта текучих особенностей пород, влияющие на водопроницаемость толщи слоев различного гранулометрического состава. Главные разновидности полевого определения коэффициента фильтрации — методы наливки и шурфа и методы откачки.

Методы определения коэффициента фильтрации наливом в шурфы применяют для определения фильтрующей способности грунтов выше уровня грунтовых вод.

Наиболее простая разновидность наливки воды в шурф — способ А. К. Болдырева. Для проведения испытания этим способом предварительно роют шурф на глубину залегания скважины, водопроницаемость которых требуется исследовать. В шурфе создается уровень воды высотой 10 см. Вода подается из тех пор, пока не установится постоянный расход, обеспечивающий сохранение указанного уровня воды в шурфе (рис. 148).

110

563

Коэффициент фильтрации определяется из формулы Дарси:

$$V = K \cdot I$$

$$K = \frac{V}{I}$$

А. К. Болдырев считал, что при высоте столба воды в шурфе, равном 10 см, гидравлический градиент можно приближенно принять равным единице.

Тогда $K = V$, а $V = \frac{Q}{F}$.

Недостатки этого способа — недочет растекания воды из шурфа в стороны и отсутствие учета действия капиллярных сил, за счет которых происходит дополнительное всасывание воды.

Некоторым усовершенствованием методики определения коэффициента фильтрации наливом является способ Н. С. Нестерова, при котором над шурфом устанавливаются два стальных кольца, вставленных друг в друга (рис. 149). Налив производится одновременно в оба колыша. Предполагается, что вода из внутреннего кольца идет только на инфильтрацию в вертикальном направлении, а из бокового колыша она расходуется также на боковое растекание и капиллярное всасывание.

Рис. 148. Схема колпака воды в шурфе по методу А. К. Болдырева.

Коэффициент фильтрации по Н. С. Нестерову определяют по формуле

$$K = \frac{Q_1}{F(H_2 + \epsilon + h)^2}$$

где Q_1 — установленный в расход воды при наливе во внутреннее кольцо;

- ε — глубина проникновения воды, устанавливаемая путем бурения;
- F — площадь сечения внутреннего кольца;
- H_k — капиллярное давление;
- h — толщина слоя воды во внутреннем кольце.

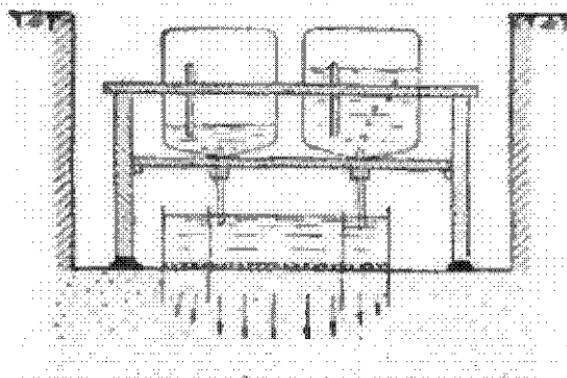


Рис. 149. Схема измерения воды в шурфе.
по Н. С. Несторову.

Метод откачки — главный способ определения коэффициента фильтрации в водонасыщенных, однородных и неоднородных изотах. Он основан на том, что при от-

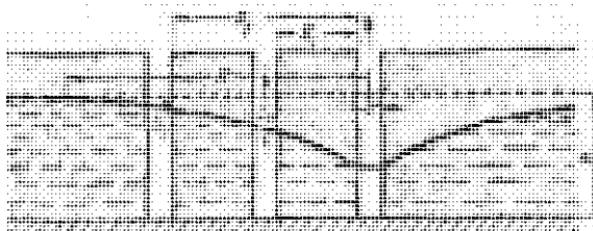


Рис. 150. Депрессионные кривые при откачке воды из скважин.

качки воды из скважины или шурфа во пресняющем участке возникает понижение уровня грунтовой воды, имеющее характер депрессионной воронки (рис. 150).

Теоретически и экспериментально установлено, что количество воды, которое откачивается из скважины диаметром r при определенном понижении уровня (s), зависит от величины коэффициента фильтрации пород и расстояния, на которое распространяется депрессионная поверхность подземной воды (R). Значения коэффициента фильтрации, получаемые при откачке, являются средними для исследуемой толщи.

Откачка может осуществляться как из одной скважины или шурфа (так называемая одиночная откачка), так и из группы скважин или шурfov (кустовая откачка). В последнем случае одна из скважин (опытная) используется для откачки, а остальные служат наблюдательными, помогающими установить характер изменения уровня воды на прилегающем участке. Расстояние между опытной и наблюдательными скважинами выбирается (в зависимости от гранулометрического состава пород) от 15 до 100 м. Опытная скважина оборудуется фильтром, который предохраняет частицы пород от выноса их из исследуемой толщи гидродинамическим давлением, возникающим при откачке. Фильтры представляют собой трубы, снабженные отверстиями и покрытые с поверхности медными сетками с различными размерами ячеек, выбираемыми в зависимости от крупности зерен, слагающих породы.

Откачка ведется не менее чем при трех заданных величинах понижения уровня. При каждом понижении длительность откачки должна быть такой, чтобы обеспечить при постоянном количестве откачиваемой воды (или, как говорят, дебита скважины) сохранение определенного уровня воды в опытной и наблюдательных скважинах. При правильно проведенной откачке величины коэффициентов фильтрации, соответствующих каждому этапу понижения, должны быть достаточно близкими.

Коэффициент фильтрации при откачке из горизонта безнапорных вод и одиночной скважины (шурфа), диаметр которой доведено до водоупора, рассчитывают по формуле:

$$K = \frac{0.73Q(\lg R - \lg r_0)}{(2H - s_0)s_0} .$$

При наличии двух наблюдательных скважин

$$K = \frac{0,73Q(\lg r_2 - \lg r_1)}{(2H - s_1 - s_2)(s_1 - s_2)}.$$

В этих формулах буквенные выражения имеют следующие значения:

Q — дебит опытной скважины;

R — радиус влияния скважины;

r — радиус скважины;

s_0 — понижение уровня в опытной скважине;

H — мощность безнапорного водоносного горизонта;

r_1 — расстояние от опытной до первой наблюдательной скважины;

r_2 — расстояние до второй наблюдательной скважины;

s_1 — величина понижения уровня в первой наблюдательной скважине;

s_2 — то же, во второй наблюдательной скважине.

При расчете по первой формуле возникает затруднение в определении радиуса влияния скважины (R), который представляет собой расстояние от оси скважины до границы депрессионной воронки. Учитывая, что значение R стоит под знаком логарифма, можно без особой ошибки принимать примерную величину его, исходя из гранулометрического состава пород. Так, Г. В. Богомолов и А. И. Силин-Бекчурин дают приближенные значения R в песках при условии понижения уровня воды на 5—6 м: для пылеватых разностей — 65 м, для мелкозернистых — 75 м, для среднезернистых — 100 м, для крупнозернистых — 125 м.

Величина R может быть определена приближенно по формуле, предложенной С. В. Троицким:

$$R = \frac{3Q}{2HKI},$$

где Q — дебит, м³/сут;

H — мощность водоносного пласта, м;

K — коэффициент фильтрации, м/сут;

I — уклон грунтового потока.

Учитывая трудность определения радиуса влияния, желательно исключить его из расчетного выражения, что достигается при расчетах, производимых по результатам кустовых откачек.

МЕТОДЫ ПОЛЕВОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАПРАВЛЕНИЯ И СКОРОСТИ ПОТОКА ГРУНТОВЫХ ВОД

Способ трех скважин

Простейший пример определения направления потока грунтовых вод — способ трех скважин. Построение проводят на карте или плане, где нанесены какие-либо три скважины, расположенные по углам треугольника (рис. 151). Берут абсолютные отметки уровня грун-

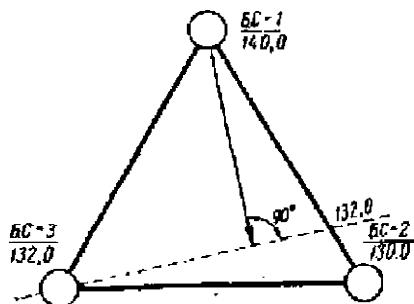


Рис. 151. Определение направления потока по трем скважинам

товых вод в каждой скважине. В качестве примера на рис. 151 взяты отметки 130, 132 и 140. Дальнейший порядок определения следующий:

1. Скважины с наибольшей и наименьшей отметками уровня грунтовой воды (соответственно 130 и 140) соединяют прямой линией.

2. На этой линии путем линейной интерполяции находят точку, на которой отметка грунтовой воды равна 132.

3. Найденную точку соединяют прямой линией со скважиной, имеющей отметку 132.

4. Направление движения потока грунтовой воды на участке взятых скважин отвечает перпендикуляру, опущенному из скважины с наибольшей отметкой грунтовой воды на линию, соединяющую равные отметки (в нашем случае 132).

Метод красящих веществ

Этот метод применяют для определения скорости потока грунтовой воды.

По направлению движения потока пробуривают две скважины либо два шурфа. В верхнюю выработку вводится какая-либо органическая краска (рис. 152). Для подземных вод, имеющих щелочную реакцию, применяют флюоресцент, зозин и некоторые другие красители, а в кислых водах — метиленовую голубую, понсо-красную и ряд других. Органические красители обладают способностью даже при самых незначительных концентрациях ($1 : 10^{-6}$ — $1 : 4 \cdot 10^{-6}$) давать хорошо видимую окраску растворов.

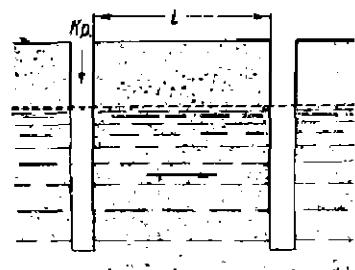


Рис. 152. Схема определения скорости движения грунтовых вод методом красящих веществ: *Kp* — краситель

После введения красителя в грунтовый поток в нижней выработке через каждые 20—30 мин регулярно отбирают пробы, окраска которых исследуется. Момент появления соответствующей введенному красителю окраски в наблюдательной скважине фиксируется. Скорость потока определяют из выражения:

$$V = \frac{l}{t_2 - t_1},$$

где V — скорость потока грунтовой воды;

l — расстояние между скважинами;

t_1 — момент введения красителя в верхнюю скважину (по направлению потока);

t_2 — момент появления окраски в нижней скважине.

Электролитический метод

Этот метод применяют главным образом для определения скорости потока грунтовых вод.

Схема электролитического метода аналогична ранее рассмотренному методу красящих веществ. Так же про-

буривают две скважины, располагающиеся вдоль направления потока грунтовой воды. Между металлическими обсадными трубами, закрепляющими стенки обеих скважин, создается электрическая цепь, состоящая из

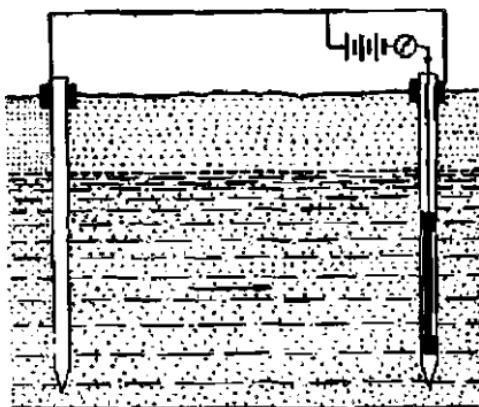


Рис. 153. Определение скорости движения грунтовых вод электролитическим методом

источника тока (батарей) и миллиамперметра (рис. 153). Опыт начинают с измерения силы тока при естественных условиях. Затем в верхнюю скважину (по отношению к потоку грунтовой воды) вводят какой-либо электролит, в качестве которого применяют растворы поваренной соли или хлористого аммония. По мере перемещения с грунтовым потоком электролита, направленного в сторону нижней скважины, электропроводность среды возрастает. Максимальные показания миллиамперметра совпадут с моментом достижения раствором нижней скважины.

Расчет скорости потока грунтовых вод такой же, как при методе красящих веществ:

$$V = \frac{l}{t_2 - t_1},$$

здесь t_1 — момент введения в опытную скважину электролита;

t_2 — момент максимального показания милликон-пермстра.

Электролитический метод нельзя применять при повышенной минерализации подземных вод.

Метод эквипотенциальных линий

Этот метод требует проходки лишь одной скважины, из которой перед началом определения вынимают обсадные трубы. Из нее, как из центра, проводят 8—12 радиусов, расположенных под равными углами

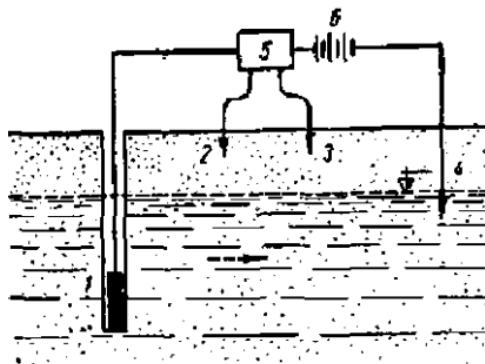


Рис. 154. Схема определения скорости и направления грунтового потока по методу эквипотенциальных линий:

1, 2, 3, 4 — электроды, 5 — потенциометр, 6 — источник тока

друг к другу. Затем создается электрическая цепь, состоящая из источника тока (Бас-80), электродов и потенциометра (обычно типа ЭП-1) (рис. 154). Один из электродов помещают в скважину, а второй забивают в грунт на расстоянии, равном 15—20-кратной глубине скважины. Один из измерительных электродов, идущих от потенциометра, помещают на любом из радиусов на расстоянии, удаленном от скважины примерно на одну ее глубину. Перемещая второй электрод, по каждому из радиусов находят точки, в которых гальванометр прибора покажет нуль. Таким образом, в этих точках будет иметь место равенство потенциалов обоих электродов. Соединив плавной кривой найденные на каждом радиусе

точки, получают замкнутую эквипотенциальную линию.

В условиях спокойного горизонтального напластования пород и простого гидрогеологического строения толшина эта линия близка к окружности.

На втором этапе в скважину опускают в мешочек каменную соль, погружая ее ниже уровня воды. Количество соли в зависимости

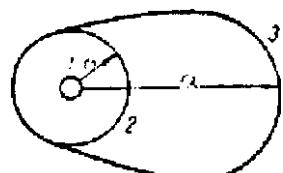


Рис. 155. Построение эквипотенциальных линий по данным измерений:

1 — буровая скважина, 2 — эквипотенциальная линия до соли, 3 — она же после введения электролита

от скорости потока грунтовой воды берется от 1 до 30 кг. Через определенный промежуток времени (0,5—1 ч) измерение повторяют. По новой системе точек строят вторую эквипотенциальную линию. Она будет деформирована в сторону направления потока грунтовых вод (рис. 155). Радиус-вектор r_2 покажет направление потока. Скорость движения воды будет равна:

$$V = \frac{r_2 - r_1}{t_2 - t_1},$$

где r_1 — радиус-вектор эквипотенциальной линии при первом измерении;

t_2 — радиус-вектор при втором измерении;

t_1 — время введения в скважину мешочка с солью;

t_2 — момент второго измерения.

Этот метод непригоден для минерализованных вод, для пород с коэффициентом фильтрации менее 0,5 м/сут, а также для территорий действующих предприятий, имеющих большое подземное хозяйство, искажающее электрическое поле.

РАСХОД ПОТОКА ГРУНТОВЫХ ВОД И РАСЧЕТЫ ПРИТОКОВ ВОДЫ К РАЗЛИЧНЫМ ВЫРАБОТКАМ

Расход плоского потока

Расходом потока называют количество воды, протекающее через поперечное сечение водоносного пласта в единицу времени.

Поток может быть плоским, при котором ширина отдельных участков потока по направлению движения грунтовых вод остается неизменной. На карте гидроизогипс плоский поток образует систему прямых параллельных линий. Если гидроизогипсы образуют систему кривых линий, то направления потоков воды приобретают характер радиусов. Подобный поток грунтовых вод называется радиальным. Помимо этого, в однородном слое возможны два случая движения подземных вод: 1) равномерное, при котором скорость движения воды остается постоянной; 2) неравномерное, с переменной скоростью.

Расход плоского равномерного потока, при котором мощность потока k остается неизменной, может быть определен исходя из линейного закона фильтрации (рис. 156, А).

$$Q = khb \frac{H_1 - H_2}{L},$$

где b — ширина потока.

Расход плоского потока при неравномерном движении, характеризующемся изменением мощности в разных сечениях, в определенной степени будет зависеть от положения водоупора. Его величина при горизонтальном и наклонном водоупоре будет различной.

Расход потока при горизонтальном уклоне водоупора (рис. 156, Б). Расход на единицу ширины потока носит название единичного расхода. Его величина по закону Дарси равна:

$$q = khI,$$

где q — единичный расход;

k — мощность потока;

I — гидравлический уклон.

При неравномерном движении гидравлический уклон является переменным. Для каждого значения координаты x мы будем получать новые величины h (см. рис. 156, Б). Учитывая уменьшение последнего, напишем:

$$I = - \frac{dh}{dx}.$$

Подставим значение уклона в уравнение единичного расхода:

$$q = -kh \frac{dh}{dx}.$$

Разделка перемещения, полученного

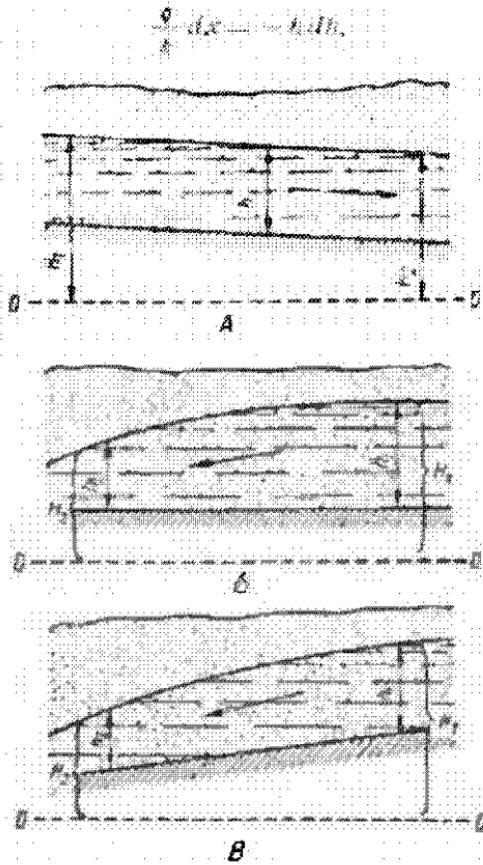


Рис. 156. Типы потоков: А — плоский равномерный; Б — плоский неравномерный при спиралевидной траектории; В — плоский неравномерный при изогнутости зеруляции.

После интегрирования находим:

$$qz = -R \frac{M}{\pi} - C.$$

Для исключения неспределимого члена C берут две точки на депрессионной поверхности и составляют для них

зных два уравнения. Вычитая одно уравнение из другого, получаем окончательное уравнение единичного расхода неравномерного плоского потока при горизонтальном водоупоре:

$$q = k \frac{h_1 - h_2}{2}$$

Это уравнение имеет название формулы Дююя (по имени автора). Расход всего потока будет соответственно равен:

$$Q = q b$$

где b — ширина потока.

Приближенные значения расхода неравномерного плоского потока при наклонном водоупоре можно получить из закона Дарси, если принять, что между выбранными сечениями поток равномерный, в котором (рис. 156, В)

$$J_{av} = \frac{H_1 - H_2}{l}, \quad \text{и} \quad h_{av} = \frac{h_1 + h_2}{2}$$

В этом случае единичный расход будет определяться формулой Г. Н. Каменского:

$$q = k \frac{h_1 - h_2}{2} \cdot \frac{H_1 - H_2}{l}$$

где q — единичный расход потока;

k — коэффициент фильтрации;

h_1 и h_2 — мощность грунтового потока в двух выбранных сечениях;

H_1 и H_2 — абсолютные значения уровня в тех же сечениях;

l — расстояние между сечениями.

Принимая ширину потока равной b , получим расход неравномерного плоского потока при наклонном водоупоре:

$$Q = kb \frac{h_1 - h_2}{2} \cdot \frac{H_1 - H_2}{l}$$

Обозначения в этой формуле те же, что и в предыдущем случае.

Расчет притока воды к колодцу

Под грунтовым колодцем понимаются самые различные выработки: скважины разных диаметров, водоизаборные колодцы, разные вертикальные горные выработки и небольшие котлованы, имеющие как круглые, так и квадратные сечения. Различают два типа грунтовых колодцев: совершенный и несовершенный. В совершенном колодце дно доведено до водоупорного слоя и

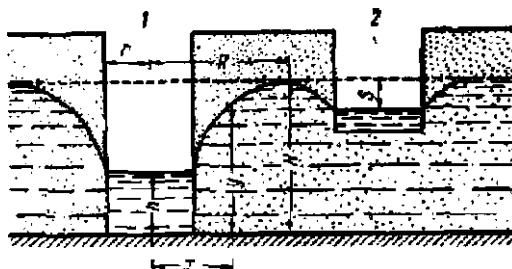


Рис. 157. Совершенный (1) и несовершенный (2) колодцы

приток воды к нему происходит только со стороны стенок. В несовершенном колодце дно не доведено до водоупора и приток воды идет не только из стенок, но и со стороны дна (рис. 157).

Принимая во внимание особенности поступления воды к совершенному и несовершенному колодцам, расчетные приемы определения притока воды для каждого из них должны быть различными.

Приток воды к совершенному колодцу, или его дебит, выражается в литрах в секунду, кубических метрах в час. Если из колодца вода не откачивается, то ее уровень одинаков с уровнем прилегающих участков грунтового потока. При откачке воды из колодца вокруг последнего возникает депрессионная воронка. Ее размеры определяются как фильтрующей способностью пород, так и количеством откачиваемой воды. Дебит несовершенного колодца в практике чаще всего определяется по формуле, выведенной Дюпон.

На схеме грунтового колодца (рис. 157, 1) можно видеть, что на расстоянии x от его центра мощность слоя грунтовой воды будет равна y . По закону Дарси, скорость в этом случае будет равна:

$$V = kI = k \frac{dy}{dx}.$$

Соответственно количество воды, притекающей через цилиндрическую поверхность, определяемую радиусом x и высотой y :

$$Q = kF I = k \frac{dy}{dx} F,$$

Величина цилиндрической поверхности F равна $2\pi xy$. Отсюда

$$Q = 2\pi xy \frac{dy}{dx}.$$

Установив пределы для x от r до R , а для y от h до H и интегриру получившее дифференциальное уравнение, получаем окончательно:

$$Q = \pi k \frac{H^2 - h^2}{\ln R - \ln r}.$$

Заменив в числовым значением и введя вместо натуральных логарифмов десятичные, получим:

$$Q = 1,366 \frac{k(H^2 - h^2)}{\lg R - \lg r}.$$

Расчет притока воды к несовершенному колодцу усложняется необходимостью учета поступления воды не только со стороны цилиндрической поверхности, но и со стороны дна.

В. Д. Бабушкин предложил для определения притока воды к несовершенному колодцу с незатопленным фильтром (при котором уровень воды располагается ниже верхнего края водоприемного устройства), обладающим небольшой длиной, следующую формулу:

$$Q = 1,366k(H - h) \left[\frac{1 + (H - h)}{\lg \frac{R}{r}} + \frac{1}{\lg \frac{0,66l}{r} - \frac{l}{2R}} \right].$$

где Q — приток воды в $\text{м}^3/\text{сут}$;
 k — коэффициент фильтрации;
 $(H-h)$ — разность уровней воды в колодце при откачке;
 l — расстояние от уровня воды при откачке до конца фильтра;
 R — радиус влияния;
 r — радиус колодца.

Для приближенного расчета притока воды к мелкому, несовершенному котловану, вскрывшему только самый верхний слой водоносного пласта, незначительный по сравнению с общей его мощностью, можно использовать формулу, выведенную Форхгеймером:

$$Q = 4kS \sqrt{\frac{ab}{\pi}},$$

где k — коэффициент фильтрации;
 a и b — длина и ширина котлована;
 S — величина проектируемого понижения.

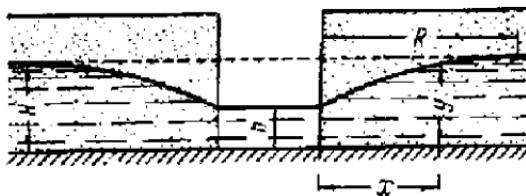


Рис. 158. Схема какавы

Для определения притока к колодцу в напорных водах можно пользоваться формулой:

$$Q = 2,73 \frac{kM(H-h)}{\lg R - \lg r},$$

где M — мощность напорного водоносного пласта.

Расчет притока воды к траншеям и канаве

Рассмотрим приток воды к канаве, доведенной до водоупора (рис. 158). Скорость движения воды к ней в каком-то сечении, отстоящем на расстоянии x от стен-

ки, будет равна:

$$V = kI = k \frac{dy}{dx}.$$

Из закона Дарси известно, что приток воды с площади $F = ly$ (l — длина канавы) будет равен

$$Q = VF = lyk \frac{dy}{dx}.$$

После интегрирования в пределах для y от h до H , а x от 0 до R получаем в случае одностороннего притока:

$$Q = lk \frac{H^2 - h^2}{2R}.$$

Если представить $(H^2 - h^2) = (H + h)(H - h)$ и обозначить $\frac{H-h}{R} = I_0$, то двусторонний приток воды к канаве выражается как

$$Q = lk(H + h)I_0.$$

По И. В. Гармонову и А. В. Лебедеву, величина I_0 зависит от характера гранулометрического состава грунтов и имеет следующие значения:

Пески	0,006—0,020
Суглиники	0,050—0,100
Глины	0,100—0,150

Определение притока воды к карьерам

При простых очертаниях карьеров в плане — круглых, квадратных и прямоугольных — расчет притока воды может производиться по формулам, выведенным для колодцев разного типа (Дюпюи, В. Д. Бабушкина и др.). Если очертания карьера или системы горных выработок сложны, то для приближенных расчетов рекомендуется использовать способ так называемого «большого колодца», предложенный С. В. Троянским. Он сводится к тому, что площадь карьера или системы выработок (F) принимается равновеликой расчетной площади колодца. Тогда

последний будет иметь радиус

$$R = \frac{H}{2}$$

Приток воды рассчитывается по формуле Дюкана. Для более точных расчетов притока воды в горные выработки применяются методы, предложенные [1] Н. Григорьевым, М. В. Сириновым и рядом других исследователей.

МЕТОДЫ БОРЬБЫ С ПОДЗЕМНЫМИ ВОДАМИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ КАРЬЕРОВ И СТРОИТЕЛЬНЫХ КОЛЛОДАНОВ

Общие представления

Перед началом строительства карьеров и хозяйственных работами по вскрытию строительных котлованов проводится гидрогеологическое изыскание, в результате которых устанавливаются расчетная величина водопритока в котлованы и степень устойчивости их откосов. Учитываются также влияние поверхностиных вод, озер и т. д., расположенных вблизи карьера.

Борьба с грунтовыми водами может осуществляться тремя группами методов: а) открытый водоотливом; б) устройством поверхностного придончатого дренажа; в) организации вертикального дренажа. При благоприятных рельефных условиях может создаваться непрерывный самотечный сток воды из карьеров в реки или балки. В ряде случаев приходится применять комплексный спектр осушения, при котором борьба с водой осуществляется путем совместного применения двух или трех методов.

Открытый водоотлив

Представляет собой отвалку воды из карьера непосредственно из котлованов (рис. 159). Он осуществляется из специальных небольших приемных — зумпфов, губина которых в процессе работ опирается отметку, на которой ведется выемка грунта.

Для улучшения поступления воды в зумпфы на дне котлована устраивают горизонтальные каналы с уклон-

ием в снизу приямков. Фильтры никак не размещаются в зумпфах для избежания их установки в зонах интенсивных разработок. Накачка осуществляется непрерывно же периодически, по мере притока воды.

Оный водоотлив применяется только для неглубоких котлованов, заграждаемых в узких зонах горизон-

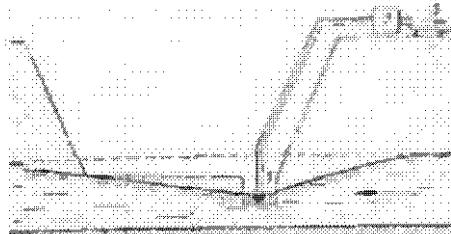


Рис. 159. Схема открытого водоотлива.
— вода; — земля; Z — дно

Ок не так для песчаников грунтов, способных к оползанию, опасности оползневых ползунков откосов, при возникновении супесчанистых включенияй и в некоторых других слу.

Прорывание насосной установки может проводиться саночетических расчетов или пробкой откачки результатом поисковой установки или мощность и производительность необходимо насосного оборудования.

Горизонтальный дренаж

для осушения карьеров, в которых добываемые после вскрытия перекрыты захоронениями с поверхью захоронениями слоями, при условии что имеются достаточно благоприятные рельефные условия, применяют горизонтальный дренаж. Горизонтальные дренажи представляют собой открытые канавы или элерматические траншеи, дно которых укладывается перфорированные трубопроводы заполненными фильтрующим материалом. Вторых случаях споружаются водосборные

галереи, на дне которых укладываются железобетонные перфорированные трубы диаметром до 1,5 м. Глубина дренажа в большинстве случаев не превосходит 5—10 м. Как исключение встречаются системы горизонтального дренажа, достигающие глубины 15—20 м.

По расположению в плане различаются кольцевые, контурные и сложные дрены (рис. 160). Кольцевые применяются при всестороннем притоке воды к карьеру. При

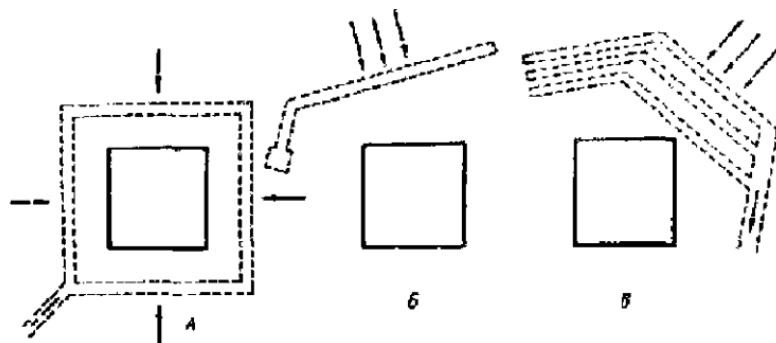


Рис. 160. Типы дрен:
1 — кольцевая, 2 — контурная, 3 — сложная

одностороннем притоке употребляются контурные и сложные дрены, располагаемые так, чтобы перехватывать и отводить в стороны от карьера потоки грунтовой воды. Сложные дрены представляют собой систему параллельных поясов, перехватывающих грунтовые воды, обладающие значительными скоростями потоков. Из горизонтального дренажа собранные воды сбрасываются самотеком или искусственной перекачкой насосами в реки, балки. При благоприятных геологических условиях потоки воды могут направляться в поглощающие колодцы.

Вертикальный дренаж

Представляет собой осушительную систему, состоящую из серии вертикальных дрен, в качестве которых выступают: а) водопонизительные скважины; б) иглофильтровые установки; в) поглощающие колодцы.

Водопонизительные скважины оборудуются специальными турбинными насосами, помещаемыми внутри них. Последние дают напор до 80—100 м при производительности до 65—85 м³/час. Карьер окружается системой подобных скважин, из которых периодически откачивают воду. Откачка вызывает образование вокруг скважин депрессионных воронок, которые, объединяясь, влекут за

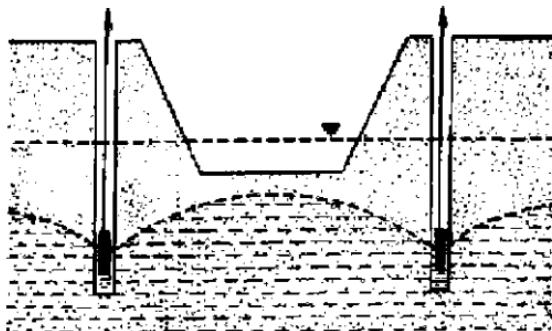


Рис. 161. Водопонизительные скважины

собой общее понижение уровня грунтовых вод в пределах карьеров (рис. 161).

Иглофильтровые установки состоят из системы иглофильтров, устанавливаемых вокруг котлованов. Они связываются общими сборными трубопроводами.

Сами иглофильтры представляют собой 38—75-миллиметровые металлические трубы, в нижней части которых имеется фильтр и шаровой клапан. Внутри глубинных иглофильтров помещены трубы меньшего диаметра (рис. 162). При работе таких иглофильтров в кольцевое пространство, расположенное между обеими трубками, подается сжатый воздух, под действием которого во внутреннюю трубку поступает под определенным давлением вода. В мягких породах иглофильтры погружаются методом подмыва, при котором во внутреннюю трубку подается под некоторым напором вода, которая размывает породы, расположенные в забое, и обеспечивает возможность погружения установки под действием собственного веса и небольших дополнительных давлений.

В настоящее время иглофильтровые установки широко применяют для предварительного понижения уровня грунтовых вод при строительстве котлованов. В зависи-

мест от необходимой величины понижения иллюфилтры могут располагаться в один, два и больше ярусов (этажей). Одноярусная система расположения иллюфилтров может обеспечить понижение уровня лишь на 5-6 м. Особенно успешно применение «глубинных иллюфилтров» конструкции В. К. Ярина и П. П. Артунова, позволяющих понижать уровень грунтовых вод при одноярусной системе размещения из 12-15 м и более.

Иллюфилтровые установки могут быть с успехом использованы для понижения уровня подземных вод при разработке карьеров.

Поглощающие колодцы устраивают при наличии под почвой разрабатываемого слоя город с высокой водопроницаемостью

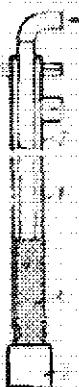


Рис. 162. Схема иллюфилтра:

— всасывающая труба; / — всасывающая труба; / — насосное устройство; / — фильтр

(рис. 163). В этом случае целесообразно устройство поглощающих колодцев, по которым вода из верхних горизонтов будет выступать в глубь водопроницаемого слоя,

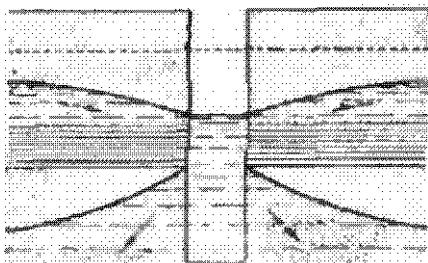


Рис. 163. Поглощающий колодец.

осушая разрабатываемую толщу. Поглощающие выработки собирают воду как из гравийные, так и из обводненные породы. В качестве поглощающих колодцев могут использоваться скважины, шурфы и колодцы.

Поглощающие выработки либо значительно снижают уровень в карьерах, либо повсюду их осушают. Это зависит прежде всего от водонапитка и количества поглощающих колодцев. По М. Е. Альтовскому, количество воды, поглощаемой этими колодцами (или скважиной), равно:

$$Q = \frac{\pi k H}{16 R - 16 r}$$

где k — коэффициент фильтрации поглощающей толщи;

H — мощность поглощающего горизонта;

R — радиус колодца или скважины;

r — радиус колодца или скважины.

Эта формула применяется для водонапитков горизонтов, характеризующихся ламинарным движением воды.

При устройстве поглощающих систем необходимо иметь в виду, что скважины работают несколько хуже колодцев из-за колматации (засорения) фильтров.

Часть VI

ПРАКТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ И РАЗВЕДКИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

ПОНЯТИЕ ОБ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОМ ИЗУЧЕНИИ ПОРОД И ИНЖЕНЕРНО- ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ

Инженерно-геологическое изучение пород

Горные породы могут служить в качестве основания или среды для возведения различных сооружений: промышленных и гражданских зданий, паблии, каналов, дамб, мостов, оросительных и осушительных устройств, дорог и т. д.

Во введении уже говорилось, что изучением строительных свойств горных пород и путей их улучшения, а также инженерно-геологических процессов, влияющих на устойчивость сооружений (юрлзней, просадок, карста и т. д.), занимается инженерная геология.

В строительную практику прочно вошел термин «грунт», получивший довольно широкое распространение и среди геологов. Под грунтом строители понимают горные породы, являющиеся средой или основанием сооружений или же подвергающиеся тем или иным воздействиям при строительных работах. Некоторые специалисты называют грунтами только рыхлые породы.

Наука, изучающая грунты — грунтоведение — часть инженерной геологии. Она называет грунтами различные почвы и горные породы, излагающие в зоне выветривания и являющиеся объектом изучения в связи с использованием в строительстве или в других отраслях техники» (Е. М. Сергеев).

В грунтоведении исследуются свойства пород и способы их изменения. Приемы, позволяющие улучшить свойства грунтов, изучаются в разделе грунтоведения — технической мелиорации пород.

Важный раздел инженерной геологии — изучение различных геодинамических явлений и процессов, влияющих в той или иной степени на устойчивость зданий и разных инженерных сооружений, процессов, именуемых инженерно-геологическими.

И. Я. Денисов все инженерно-геологические процессы делит на две группы:

1) процессы, протекающие с изменением объема под (уплотнение под давлением, при высыхании и т. д., увеличение объема пород вследствие уменьшения давления, увлажнении влажности и т. п.);

2) процессы, связанные с течением пород (выдавливание пород из-под сооружений, осолонь и т. д.).

Большую роль в возникновении инженерно-геологических явлений играет взаимодействие подземных вод с грунтами, в результате которого возникают значительная часть спонтанной супфозии, просадки, карст и др.

Классификация грунтов

Большую роль в инженерной практике играет классификация грунтов, позволяющая применять основные строительные характеристики горных пород. До настоящего времени общепринятая классификация грунтов отсутствует. Был разработан ряд общих классификаций, охватывающих все генетические типы пород. Ф. Н. Саваренским, В. А. Прильжиковым, Н. Н. Масловым, Е. М. Сергеевым и некоторыми другими учеными. В основе этих классификаций были положены генетические принципы различия в связях между частичками город, отношение к

воде, механические свойства и некоторые другие признаки.

Помимо общих классификаций грунтов, предложен ряд частных классификаций, которые рассматривают либо разделение отдельных генетических групп пород, либо деление пород для каких-либо специальных целей. В строительной практике наиболее распространена частная классификация грунтов как оснований, приведенная в «Строительных нормах и правилах» (СНиП II-1—62). В ней горные породы делятся на пять групп:

Скальные — изверженные, метаморфические и сцепментированные осадочные породы с жесткими связями между зернами. Предел их прочности на сжатие более $50 \text{ кг}/\text{см}^2$.

Полускальные — главным образом сравнительно слабо сцепментированные и хемогенные осадочные породы, обладающие способностью к размягчению и растворению в воде. Предел прочности на сжатие менее $50 \text{ кг}/\text{см}^2$. Представители — гилс, мергели, песчаники с глинистым цементом и т. д.

Крупнообломочные — несцепментированные обломочные породы (галечник, щебень и т. д.), содержащие более 50% по весу обломков кристаллических или осадочных пород размером более 2 мм.

Песчаные — сыпучие в сухом состоянии породы. Их частицы связаны друг с другом только за счет трения. Они содержат менее 50% по весу частиц крупнее 2 мм. Песчаные грунты делятся на подгруппы по крупности составляющих их зерен.

Глинистые — связные породы. Между частицами этого типа пород имеется сцепление, величина которого зависит от влажности. Их характерное свойство — способность при определенной влажности приобретать пластичность. Прочность их в значительной степени определяется степенью увлажненности породы. Глинистые грунты по величине числа пластичности делятся на 3 группы: супеси, суглинки и глины.

Кроме перечисленных типов выделяются два подтипа грунтов, обладающих особыми свойствами:

- а) лессовые (макропористые) породы;
- б) илы — глинистые породы, находящиеся в текучей консистенции.

ОСНОВНЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РЫХЛЫХ ГОРНЫХ ПОРОД

Общие понятия

Рыхлые горные породы представляют собой разнообразные по минералогическому составу, структуре и свойствам образования. В физическом отношении они представляют собой трехфазные системы, состоящие из: а) твердой фазы — грунтового скелета; б) жидкой фазы — воды, частично заполняющей поры и окружающей в виде пленок частицы твердого скелета; в) газообразной части — воздуха и газов, заполняющих поры и более крупные полости грунта.

В настоящее время считают, что свойства грунтов определяются их химико-минералогическим составом, структурой и действующими в массиве энергетическими полями (гравитационным, гидродинамическим, порождающим весом сооружений, и т. д.). Так как строение и состав формируются в результате длительных генетических и постгенетических процессов, то свойства находятся в прямой связи с геологической историей пород.

Различают следующие главные физические характеристики пород: удельный и объемный веса, объемный вес скелета, естественную влажность, пористость, коллоидные свойства, консистенцию и пластичность, водно-физические свойства.

Общие физические свойства

К главнейшим общим физическим свойствам грунтов относятся удельный и объемный веса, вес скелета, пористость. Понятия об этих свойствах пород были рассмотрены ранее. Остановимся на некоторых дополнительных сведениях об этих важных для оценки грунтов показателях.

Удельный вес — показатель, отражающий минералогический состав пород. В рыхлых грунтах он определяется пикнометрическим способом. В пикнометр емкостью 100 см^3 наливают дистиллированную воду (при температуре 20°C), после чего пикнометр с водой извещивают. Затем грунт растирают, высушивают до посто-

янного веса (при температуре 105°С), просеняют через сито с отверстиями 1 мм. Из подготовленного образца отбирают среднюю навеску (около 15 г) и высыпают в пикнометр, после чего его взвешивают. Затем в пикнометр наливают дистиллированную воду, которую для удаления пузырьков воздуха кипятят в течение 30—50 мин. После этого добавляют до метки воду, и пикнометр со всем содержимым охлаждают до 20°С и опять взвешивают. Удельный вес (γ_y) определяют по формуле

$$\gamma_y = \frac{g}{g_1 + g - g_2} \text{ г/см}^3,$$

где g — вес высущенного грунта;

g_1 — вес пикнометра с водой;

g_2 — вес пикнометра с водой и грунтом.

Удельный вес рыхлых грунтов колеблется от 0,5 до 2,9 г/см³. Наиболее распространенные на поверхности земли породы имеют следующие значения удельных весов (γ_y , г/см³):

Торфяной грунт	0,5—1,0
Глина	2,4—2,9
Лессовые породы	2,5—2,8
Песчаник	2,7—2,9
Мел	2,6—2,7
Песок кварцевый	2,65

Объемный вес в твердых породах определяют путем взвешивания специально вырезанных кубиков правильной формы. В рыхлых породах чаще всего применяют метод параконтирования. Этот метод сводится к следующему: из монолита вырезают образец округлой формы (весом 100—300 г) и покрывают пленкой паракона. Его объем определяют по объему вытесненной им воды. Значение объемного веса определяют по формуле:

$$\gamma_0 = \frac{g}{V_1 - V_2},$$

где g — вес образца;

V_1 — объем запараконтированного образца;

V_2 — объем паракона, определяемый как разность весов запараконтированного и незапараконированного образцов, деленная на объемный вес паракона, равный 0,9.

Объемный вес грунтов зависит от структуры грунта (пористости), влажности и удельного веса. Для наиболее распространенных грунтов его значение в естественных условиях находят в следующих пределах (t/m^3).

Пески	1,43—1,70
Суглинки	1,37—1,80
Глины	1,40—2,35
Песчанники	1,70—2,60
Известняки	2,05—2,35
Торф	0,5—1,1

Пористость, объемный вес скелета и коэффициент пористости получаются расчетным путем. В песках расчетная пористость отражает главным образом объем межчастичных пор и поэтому может служить прямым показателем, характеризующим уплотненность грунта. Степень плотности песков характеризуется непосредственно значениями коэффициента пористости (ϵ). СНиП II 1—62 предлагает следующую оценку плотности песков (табл. 23).

Таблица 23
Плотность песков в зависимости от значения

Наименование песчаных грунтов	Плотность суглинков		
	плотные	средней плотности	рыхлые
Пески гравелистые крупные и средние	$\epsilon < 0,55$	0,55—0,70	$\epsilon > 0,70$
Пески мелкие	$\epsilon = 0,60$	0,60—0,75	$\epsilon = 0,75$
Пески пылеватые	$\epsilon = 0,60$	0,60—0,80	$\epsilon = 0,80$

В практике для оценки плотности песков часто используется показатель плотности D — величина, определяемая по лабораторным данным и равная

$$D = \frac{\epsilon_{\max} - \epsilon}{\epsilon_{\max} - \epsilon_{\min}},$$

где ϵ_{\max} — максимальная пористость песка, определяемая измерением пористости сухого образца, уложенного путем рыхлой отсыпки в лабораторных условиях:

e_{min} — минимальная пористость, определяемая в образцах песка, отсыпанных с наибольшим уплотнением на вибростолике;

e — естественная пористость песка.

Если значение $D < 0,33$, песок рыхлый, при $D = 0,33 - 0,66$ — среднеплотный, при $D > 0,66$ — плотный.

Коллоидные свойства

Эти свойства присущи преимущественно глинистым породам. Появление коллоидных свойств зависит от содержания коллоидных частиц размером менее 0,1 мк. Чем больше содержание в породе дисперсных частиц, тем выше ее удельная поверхность, представляющая собой суммарную поверхность частиц, содержащихся в единице объема. Так, если у слагающих зерен (условно принимают, что они имеют форму кубов) размер ребра 0,1 мм, то общая поверхность таких частиц, заключенных в объеме 1 см³, будет равна 600 см²; если такой же объем заполнен частицами размером 0,01 мк, то их поверхность будет равна 6 000 000 см².

Столь значительные удельные поверхности обуславливают в глинистых грунтах особенно интенсивное развитие поверхностных явлений молекулярной природы. В дисперсных средах возникают электрические поля — результат того, что поверхности коллоидных частиц электрически заряжены. Известно, что величина заряда зависит от диэлектрической постоянной среды, предопределяющей величину диссоциации ионов, расположенных на поверхности частиц.

Коллоидные частицы отличаются сложным строением. В центре их располагается ядро, имеющее, как правило, кристаллическое строение. Ядро окружено ионной сферой, состоящей из двух слоев: адсорбционного и диффузного (рис. 164). Адсорбционный слой ионов непосредственно и прочно связан с поверхностью ядра. Диффузный слой ионов составляет внешнюю часть ионной сферы. Концентрация в нем ионов быстро падает по мере увеличения расстояния от ядра. Большинство грунтовых частиц, составляющих ядро, имеет отрицательный заряд, поэтому ионная сфера состоит из катионов. Сочетание отрицательно заряженной поверхности ядра и катионов

ионной сферы носит название двойного электрического слоя. Наличие зарядов на поверхности — причина возникновения в глинистых породах различных электрических явлений, например, электрофореза — перемещения глинистых частиц под влиянием электрического поля. Электрофорез широко используется в инженерной практике для обезвоживания.

Другое коллоидное свойство глинистых грунтов — их способность к физико-химическому обмену. Если через

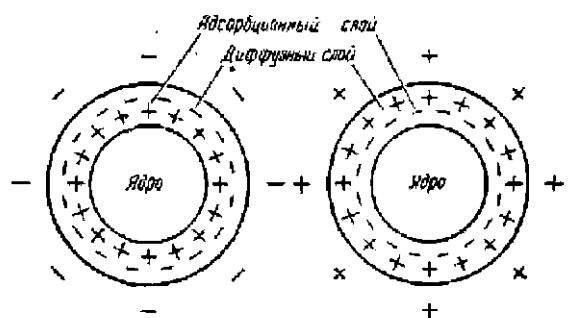


Рис. 164. Строение ионеллы

глинистую породу пропускать какой-либо раствор, то можно обнаружить, что после прохождения его через грунт из его состава исчезнут определенные ионы, а взамен появится ряд новых. Таким образом, произойдет поглощение грунтом одних ионов и вытеснение в раствор других ионов. В подобном обмене участвуют как ионы диффузного слоя, так и ионы, входящие в состав кристаллических решеток ядер. К. К. Гедрайц установил, что обменной способностью обладают частицы, начиная с размера менее 0,005 мк.

Помимо явлений обмена, в грунтах возможно поглощение без видимого обратного выделения в раствор каких-либо ионов. Различают механическое, физическое, химическое и биологическое поглощения.

Механическое погложение возникает путем задержки грунтом из состава фильтрующейся воды взвешенных частиц.

Физическое поглощение вызывается действием молекулярных сил, которые обусловливают поглощение из растворов веществ.

Химическое поглощение представляет собой процесс образования нерастворимых соединений в рыхлых породах и является результатом взаимодействия растворенных веществ, содержащихся в фильтрующихся водах, с грунтами. Часто химическое поглощение идет одновременно с физико-химическим обменом.

Биологическое поглощение вызывается жизнедеятельностью различных организмов и развито главным образом в почвах.

Поглотительная и обменная способность глинистых грунтов широко используется во многих отраслях промышленности (для очистки нефтепродуктов, жиров, масел и т. д.). Наиболее развито это свойство в глинистых породах, содержащих в своем составе монтмориллонит.

В качестве обменных ионов в глинах выступают главным образом водород, калий, натрий, магний и кальций.

Работы советских ученых (В. С. Шарова, И. В. Попова и др.) позволили установить, что ряд свойств глин в определенной степени зависит от состава обменных катионов. Влияние обменных катионов сильнее проявляется в обводненных монтмориллонитовых глинах. В меньшей степени оно выражено в гидрослюдистых и каолинитовых глинистых грунтах.

Влияние состава обменных катионов на некоторые свойства пород показано в табл. 24.

Таблица 24

Состав обменных катионов и свойства пород

Свойства	Влияние обменных ионов натрия и калия на свойства пород	Влияние обменных ионов хальция и магния на свойства пород
Набухание	Повышают	Снижают
Размокание	Усиливают	Понижают
Водопроницаемость	Понижают	Повышают

Коллоидные системы могут находиться в двух состояниях: золя (собственно коллоидного раствора) или геля (студнеобразной массы). В глинистых грунтах, находя-

щихся в золеобразном состоянии, характерно распадение коллоидной системы на дисперсные — тонкие частицы и общее снижение прочности водонасыщенных пород. При гелеобразном состоянии глинистых пород моночастицы объединены в агрегаты и прочность грунта более высокая.

Коллоидная система может переходить из одного состояния в другое. При этом переход золя в гель происходит в результате процесса, носящего название коагуляции, а обратный переход называется пептизацией. Коагуляция водонасыщенных глинистых пород возникает под действием различных причин: высушивания, замораживания, воздействия на них растворов электролитов и т. д.

Противоположный процесс — пептизация вызывается также рядом причин: обработкой глин раствором электролита, содержащего калий или натрий, снижением концентрации электролитов в растворе, процессом гидратации (для обратимых коллоидов) и некоторыми другими.

Особое значение имеет явление тиксотропии, представляющее собой пептизацию коллоидных систем при механическом встряхивании. Глинистые породы под действием тиксотропии могут мгновенно разжижаться. Через некоторое время после прекращения механического воздействия в системе восстанавливается первоначальная механическая прочность.

К тиксотропным изменениям способен широкий круг глинистых пород. Наиболее резко они выражены у пород, содержащих в своем составе монтмориллонит.

Возникновение тиксотропных явлений объясняется образованием некоторых типов оползней в водонасыщенных глинистых породах, во время которых происходит мгновенное снижение устойчивости склонов и откосов карьеров.

Изучение коллоидных явлений позволяет не только познавать природу прочности глинистых грунтов, но и искать пути улучшения их строительных свойств.

Консистенция и пластичность глинистых пород

Глинистые породы способны по мере изменения их влажности менять свое состояние (консистенцию). В сухом состоянии глины имеют довольно значительную

прочность, а в водонасыщенном они разжижаются и переходят в текучую консистенцию.

Величина влажности, соответствующая пределам изменения консистенции (от твердой к текучей), зависит от ряда факторов, в первую очередь от содержания глинистых частиц (размером менее 0,005 мм) и минералогического состава дисперской части. Помимо этого, существенное влияние оказывает также состав обменных катионов. Так, если в состав обменного комплекса входят натрий или калий, то порода обладает более высокой гидрофильтрностью (способностью к поглощению воды).

Некоторая зависимость между содержанием глинистой фракции и характером пластичности позволяет использовать так называемое число пластичности (W_n) для приближенной классификации глинистых грунтов:

$$W_n = W_t - W_p.$$

Так, по нормам и техническим условиям проектирования естественных оснований (СНиП IIБ 1—62) породы делятся на следующие группы по значению W_n :

Песок	<1
Супесь	1—7
Суглинки	7—17
Глина	>17

Однако следует помнить, что число пластичности отражает не только гравулометрическую характеристику пород, но и их химико-минералогический состав. Последнее — одна из причин частых расхождений между гравулометрическим составом и значением числа пластичности.

По мере увеличения влажности глина становится все более мягкой и пластичной, при значительном увлажнении переходя в текучее состояние. Таким образом, в зависимости от влажности глина изменяет свою консистенцию от твердой до текучей.

Изменение консистенции глинистых пород с увеличением их влажности можно показать графически. На рис. 165 на выбранной оси откладываются значения влажности грунта и отмечается его состояние. При определенной влажности W_p , называемой влажностью ниж-

него предела пластичности (или предела раскатывания), глинистая порода переходит из твердой консистенции в пластичную. Последняя характеризуется таким состоянием грунта, когда при механическом воздействии на него он легко изменяет свою форму без разрыва сплошности, при этом приданная ему форма сохраняется после прекращения воздействия.

Дальнейшее увеличение влажности до значения W_t , носящего название верхнего предела пластичности (границы текучести), вызывает переход глинистого грунта из пластичной в текучую консистенцию.

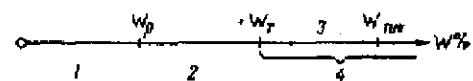


Рис. 165. Графическое изображение изменения консистенции глинистых пород:
1 — твердая консистенция, 2 — пластичная консистенция, 3 — текучее состояние, 4 — текучая консистенция

В природных условиях при влажности, большей W_t , порода может сохранять определенную прочность, не переходя в текучее состояние. Это связано с наличием в естественных условиях определенных структурных связей в глинистых породах, разрушаемых в процессе лабораторного определения значений границы текучести. Если подобную породу подвергнуть механическому встряхиванию, то вследствие тиксотропии она может перейти в текучую консистенцию.

В последнее время для того чтобы охарактеризовать степень приближения глин к свойствам истинных коллоидных систем, широко применяют показатель коллоидной активности глины. Он также отражает степень гидрофильтрности глинистых грунтов. По М. Н. Гольдштейну, этот показатель представляет собой отношение

$$\Pi = \frac{W_n}{m},$$

где Π — показатель степени гидрофильтрности;
 m — содержание глинистых частиц (размером менее 0,002 мм), %;
 W_n — число пластичности, %.

По величине показателя гидрофильности выделяют:

Неактивные глины	$P < 0,75$
Нормальные глины	$0,75 < P < 1,25$
Активные глины	$P > 1,25$

Для оценки консистенции глинистых грунтов применяется показатель консистенции (B):

$$B = \frac{W - W_p}{W_u}.$$

СНиП дает следующие значения B для разных грунтов:

Супеси

Твердые	$B < 0$
Пластичные	$0 \leq B \leq 1$
Текучие	$B > 1$

Суглинки и глины

Твердые	$B < 0$
Полутвердые	$0 \leq B \leq 0,25$
Тугопластичные	$0,25 < B \leq 0,5$
Мягкопластичные	$0,5 < B \leq 0,75$
Текучепластичные	$0,75 < B \leq 1$

Водно-физические свойства

Помимо ранее рассмотренных водно-физических свойств пород — влагоемкости, водопроницаемости и водоудерживающей способности, — существует ряд других, порождаемых взаимодействием грунта с водой. К ним относятся набухание, усадка, размокание и размягчение.

Набухание представляет собой свойство глинистых пород увеличивать объем по мере возрастания влажности. Исследования авторов показали, что большая часть набухания глины возникает в результате капиллярного увлажнения. Дальнейшее повышение влажности до полного водонасыщения ведет к незначительному приросту объема образцов. На рис. 166 показан график набухания монтмориллонитовых глин района Волгограда, из которого можно видеть указанную зависимость этого свойства от типа смачивающей воды.

Набухание глинистых пород имеет осмотическую природу и связано с увеличением толщины гидратно-ионных

слов на поверхности глинистых частиц и в межпакетных пространствах кристаллических решеток минералов группы монтмориллонита. Величина набухания зависит от состава глинистых минералов и количественного содержания глинистых частиц. Наиболее способны к набуханию монтмориллонитовые глины. Гидрослюдистые глинистые породы набухают значительно меньше. Незначительное набухание присуще глинам, содержащим каолинит и дисперсный кварц.

На величину набухания оказывают влияние также состав обменных катионов, химический состав воды и некоторые другие факторы.

Абсолютная величина свободного набухания определяется в приборах конструкции А. М. Васильева, Ларionова — Уколовой и т. д. Основная часть этих приборов — бронзовое кольцо, в которое заряжается грунт.

Линейная деформация образцов в процессе набухания замеряется при помощи индикаторов. Ее величина оценивается по формуле:

$$i_{\text{наб}} = \left(\frac{h_1}{h_0} - 1 \right) \cdot 100,$$

где $i_{\text{наб}}$ — величина набухания, %;

h_0 — начальная высота образца;

h_1 — высота образца после набухания.

Помимо величины набухания, практический интерес представляет также величина давления набухания. Величина последнего в глинах может достигать 5—8 кГ/см². В качестве примера, характеризующего набухание различных минералогических типов глин, приведем результаты исследований набухания глин восточного Прикаспия (табл. 25).

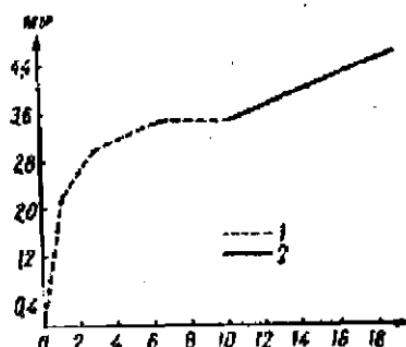


Рис. 166. График набухания хвальинских глин из района Волгограда:

1 — капиллярное насыщение, 2 — полное насыщение

Таблица № 1
Зависимость набухания глины от составе ее минералов

Характерные изделия	Гипсоглиноземистые минералы К.Ф.и	Фтороглиноземистые минералы К.Ф.и
Вспомогательные изделия из глины Силикаты к. ф.и кварца при вспомо- гательных изысканиях от каменоломни до колодезей	До 10% 10-30% Умеренное	До 10% Низкое Умеренное
Силикаты к. ф.и кварца при вспомо- гательных изысканиях от каменоломни до колодезей	Повышенное Повышенное	Повышенное
Скорость течения про- цесса	Длительный процесс	Быстро протекающий процесс

Набухание имеет большое значение при определении строительных свойств глинистых пород. Изменение сущности, когда увлажнение глины, увеличивается в объеме в процессе набухания, называется временем деформации глины.

Усадка. При понижении влажности глинистых пород возникает усадка — уменьшение их объема. Различают линейную и объемную усадку. Интенсивную усадку (ΔV) определяют по формуле:

$$\Delta V = \frac{V_1 - V_2}{L} \cdot 100\%$$

где L — длина влажного образца,

V_1 — длина образца, достигшего предела усадки.

Объемная усадка (MV) имеет значение, определяемое формулой:

$$MV = \frac{V_1 - V_2}{V_1} \cdot 100\%$$

где V_1 — первоначальный объем влажного грунта,

V_2 — объем грунта после достижения предела усадки.

В результате усадки глины растягиваются (рис. 162). Переменное увлажнение и высушивание, ведущее то набухание, то усадку пород, приводят к исчезновению и разрушению структур глинистых сооружений.

Размокание. Глинистые породы при погружении в воду сжимаются с большей или меньшей скоростью разрушаться. Скорость размокания же служит качественной характеристикой глины. Она определяется путем вытеснения из породы неподвижной кубической формы с размерами $2 \times 2 \times 2$ см и последующего опускания их в воду из правильную форму, имеющую ячейки 1×1 см. Помимо определения времени течения процесса, важно изучение



Рис. 162. Растяжение глинистых горизонтов во время набухания в саже.

характера образующихся продуктов размокания. В одних случаях порода полностью разрушается с образованием тонких частиц, в других остаются крупные комки или листочки, заслоняющие поры.

Особенно быстро размокаются в воде лессовые породы. Время их размокания колеблется от 15 сек до 1-2 мин. Скорость размокания в определенной степени зависит от начальной влажности глины: чем она выше, тем медленнее размокание. В процессе размокания в одних случаях образуются скопления тонких частиц, в других — породы распадаются на листочки или агрегаты разных размеров.

Размягчение — способность. Обычно в размокании, присущем горным породам, в которых воздействие воды вызывает не только разрушение, а только уменьшение

прочности. Падение прочности пород характеризуется величиной коэффициента размягчения ($K_{раз}$)

$$K_{раз} = \frac{R'_{сж}}{R_{сж}},$$

где $K_{раз}$ — коэффициент размягчения;

$R_{сж}$ — временное сопротивление породы сжатию до насыщения водой;

$R'_{сж}$ — временное сопротивление сжатию после насыщения водой.

Коэффициент размягчения косвенно характеризует сопротивляемость пород выветриванию и их морозостойкость. Для горных пород — естественных строительных материалов — величина коэффициента размягчения должна быть не ниже 0,75—0,8.

Степень размягчения зависит от состава цемента, трещиноватости, присутствия в составе породы воднорастворимых минералов и т. д.

Важнейшее свойство горных пород, применяемых в качестве естественных строительных материалов, — морозостойкость — способность подвергаться многократному замораживанию без видимых следов разрушения. Методика исследования на морозостойкость рассматривается в курсе строительных материалов.

ПОНЯТИЯ О МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВАХ ГОРНЫХ ПОРОД

Общие представления

Механические характеристики грунтов играют важнейшую роль при оценке строительных свойств как рыхлых, так и твердых пород. Для рыхлых грунтов, используемых в качестве оснований различных сооружений, возникает необходимость выявления их механической устойчивости под действием давлений. Если представить себе, что на поверхность грунта воздействует какая-либо сосредоточенная сила, то в грунте возникает система сил.

Если рассмотреть какой-либо элементарный кубик грунта, располагающийся в зоне действия силы, то можно видеть, что воздействующая на него результирующая

сила разделяется на две составляющие: нормальные силы, приложенные перпендикулярно к его граням (N_x , N_y , N_z) и тангенциальные силы (T_x , T_y , T_z), действующие вдоль граней (рис. 168). Первые стремятся сжать элементарный кубик, а вторые — его сдвинуть.

В результате действия нормальных сил возникает осадка сооружений, а тангенциальные силы порождают

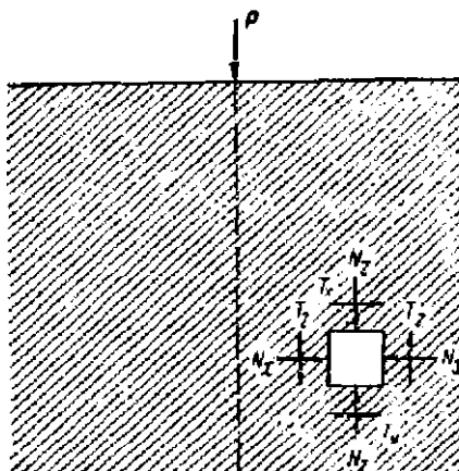


Рис. 168. Схема сил, действующих на микроучасток грунта от приложенной нагрузки

сдвиг и последующее выпирание грунта из-под фундамента, которое может привести к разрушению сооружения. Таким образом, для прочности естественных оснований наиболее опасны силы, вызывающие в грунтах сдвиг.

В соответствии с дзумя главными формами деформаций оснований в рыхлых породах их исследуют на сжатие и сопротивление сдвигу.

Массивные горные породы, используемые в качестве естественного строительного камня для кладки, наружной и внутренней отделки, в механическом отношении характеризуются пределом прочности на сжатие. Этот показатель представляет собой напряжение, соответствующее нагрузке, при которой разрушаются образцы массивных пород.

Сжимаемость рыхлых горных пород

Испытание рыхлых пород на сжатие проводится как в лаборатории, так и в полевых условиях.

В лаборатории грунт на сжатие испытывается в кипрессионных приборах. Глажкая часть этого прибора — бронзовое кольцо, заполняющее или испытания грунтом с нарушенной структурой, из которой при помощи штифта определяется пределенная нагрузка.

Сущность испытания рыхлых пород на сжатие сводится к приложению нарастающих ступеней давления (0,5

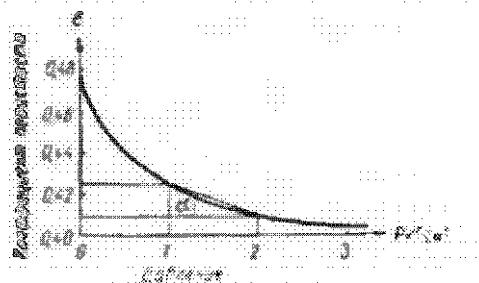


Рис. 169. Аморфоскопные кривые

1,0; 1,5; 2; 2,5; 3; 4; 5,0 кг/см²) и спреклечение уменьшения высоты образца. Считается, что сжатие пород в пределах давлений, не превышающих 3,0 кг/см², происходит за счет уменьшения пористости. Поэтому, зная величину сокращения высоты образца, можно вычислить соответствующее уменьшение коэффициента пористости:

$$\kappa_{\text{изм}} = \frac{\Delta h}{h} (1 + \varepsilon_0)$$

где κ_0 — коэффициент пористости, соответствующий приложенной нагрузке;

ε_0 — начальный коэффициент пористости;

h — начальная высота образца грунта;

Δh — величина уменьшения высоты образца.

По значениям коэффициента пористости, соответствующим каждой ступени давления, строится компрессион-

ная кривая (рис. 170).

Таким образом, определенный методом аморфации коэффициент сжатия является структурным свойством рыхлых пород.

График сжатия

Зависимость величины давления от коэффициента сжатия. В зависимости от приложенных рыхлые породы различаются

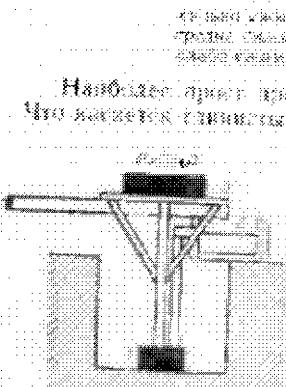


Рис. 170. Установка для испытания грунта в стационарной ячейке

Рисунок 17 — опоры; 2 — ячейка; 3 — грунт; 4 — платформа

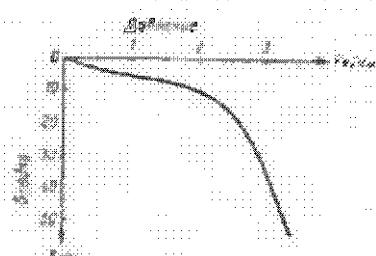


Рис. 171. График зависимости коэффициента сжатия от давления

более грубый характер. И. Я. Денисов показал, что упомянутые выше представляют собой сложный комплекс состоящий из трех видов деформации:

а) упругих — при которых сохраняется пропорциональность между приложенными давлениями и величиной уплотнения;

б) структурно-аккреционных — возникающих вследствие каменистых тяжелых зерен, находящихся в меж孔隙ных порах и внутри минералов;

в) структурных — порождаемых взаимопреремещением частиц внутри породы.

В полевых условиях сжимаемость определяют методом статической нагрузки. Он сводится в приложении к штампу площадью 600 или 5000 см^2 последовательно задаваемыми ступенями давлений ($0,5-1,0-1,5-2,0-2,5-3,0 \text{ кГ/см}^2$). Установка состоит из железного штампа, устанавливаемого на дне специального шурфа или в скважине на заданной глубине, стойки, передающей давление, и грузовой платформы с уравновешивающим устройством (рис. 170). Измеряя величину осадки при различных давлениях, можно построить график зависимости $S=f(p)$ (рис. 171).

Опыт проводят до момента разрушения или до заданных давлений.

Результаты испытания позволяют определить величину модуля сжимаемости, характеризующую способность грунта к уплотнению, по формуле:

$$E_0 = (1 - \mu^2) \frac{P}{Sd},$$

где E_0 — модуль сжимаемости, выраженный в kГ/см^2 ;
 P — нагрузка на штамп в kГ/см^2 ;

d — диаметр круга, равновеликого площади штампа (при $F=5000 \text{ см}^2$, $d=79,8 \text{ см}$);

S — конечная осадка, соответствующая нагрузке P ;
 μ — коэффициент бокового расширения.

Получаемое значение E_0 используется для расчетов величины осадки зданий и сооружений.

В настоящее время распространена полевая оценка относительной плотности грунтов методом зондирования по результатам статического или динамического (ударного) погружения стандартного конуса в грунт.

Сопротивление сдвигу рыхлых пород

В песчаных грунтах, в которых между частицами нет каких-либо заметных связей, сопротивление сдвигу определяется действием одной лишь силы трения:

$$T = N \operatorname{tg} \varphi,$$

где T — сопротивление песчаного грунта сдвигу;

N — нормальная сила, приложенная к грунту;

$\operatorname{tg} \varphi$ — коэффициент внутреннего трения грунта.

Можно видеть, что коэффициент внутреннего трения грунта $\operatorname{tg} \varphi = \frac{T}{N}$. Угол φ носит название угла внутреннего трения грунта и служит важнейшей механической характеристикой рыхлых пород.

В глинистых грунтах сопротивление сдвигу носит более сложный характер. В первом粗бом приближении оно оценивается формулой Кулона:

$$T = N \operatorname{tg} \varphi + C,$$

где C — сила сцепления между глинистыми частицами.

Величина сопротивления сдвигу глинистых пород зависит от их начальной плотности, влажности и некоторых других исходных свойств.

Сопротивление сдвига определяют в сдвиговых приборах различных конструкций. В основе всех этих приборов

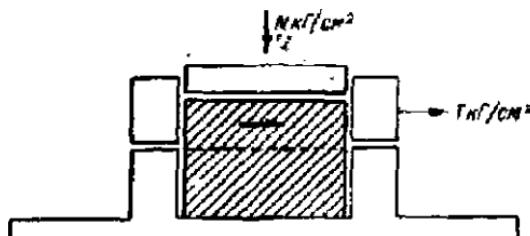


Рис. 172. Принцип определения сопротивления грунта сдвигу

лежит осуществление искусственного сдвига образцов нарушенной или ненарушенной структуры, помещенных в одних приборах в прямоугольную, в других — в круглую обойму, разрезанную на две продольные части (рис. 172). Верхняя часть обоймы прочно закрепляется, а нижняя может свободно перемещаться. На образец сверху с помощью специального устройства прилагается нормальная сила; к подвижной половине обоймы прикладывается нарастающее горизонтальное усилие, действующее вплоть до момента сдвига грунта. Полученное при этом значение T представляет собой величину сопротивления грунта сдвигу при данном нормальном давлении.

В последнее время сопротивление сдвигу грунтов начали определять в условиях трехосного сжатия путем испытаний на специальных приборах — стабилометрах. Эти приборы позволяют также судить о сжимаемости пород в условиях определенного расширения грунта в стороны.

Все большее значение приобретает полевая оценка сопротивления слабых грунтов сдвигу по результатам испытания вращательным срезом. Последний осуществляется лопастным прибором, представляющим собой две металлические прямоугольные пластины — лопасти, размещенные под углом 90°. С помощью штанги их задавливают в грунт, а затем измеряют усилие, необходимое для поворота их на 360°.

Для определения величины сцепления глин, как в лабораториях, так и в полевых условиях, применяется также метод шарикового штампа Н. А. Цытовича.

Механические характеристики массивных пород

Для определения предела прочности на сжатие ($R_{\text{сж}}$) массивных горных пород из них изготавливают монолитные образцы, имеющие либо форму кубиков с размером ребер от 3 до 30 см, либо цилиндров или приам. Образцы испытывают на прессах на сжатие до разрушения. Величину прочности на сжатие определяют по формуле:

$$R_{\text{сж}} = \frac{P_{\text{раз}}}{F} \text{ кГ/см}^2,$$

где $P_{\text{раз}}$ — давление, при котором произошло разрушение образца;

F — площадь одной стороны кубика.

Прочность на сжатие некоторых распространенных пород колеблется в следующих пределах:

известняк плотный	350—2 000	кГ/см ²
известняк-ракушечник	5—60	»
песчаник	5—5 000	»
гранит	900—2 600	»
базальт	870—4 850	»

Большое влияние на прочность оказывает трещиноватость массивных пород.

ДВИЖЕНИЕ ЗЕМЛЯНЫХ МАСС НА СКЛОНАХ

Типы движений земляных масс на склонах

При определенных условиях земляные массы, слагающие склоны, могут терять устойчивость и смещаться вниз по склонам. Пример таких движений — обрушение и оползание откосов, сложенных рыхлыми породами.

В зависимости от величины склонов и состава пород, слагающих склон, возникают те или иные виды смещения. Главные их разновидности — обвалы, осьпи и оползни.

Обвалы представляют собой внезапное обрушение земляных масс, при которых возникает вращение перемещающихся пород. Обвалы наиболее часто на склоне 25—30°. В горных местностях возникновению обвалов массивных пород способствует их трещиноватость. Количество перемещаемых при обвалах пород колеблется от нескольких тонн до десятков миллиардов тонн. Так, в результате обвала горных склонов, во время которого переместились миллионы тонн горных пород, перегородивших реку Юшару, возникло запрудное озеро Рица.

Наиболее интенсивное образование обвалов в горных местностях происходит в весенне время, когда идет таяние льда, цементирующего трещины пород. Могут возникать также обвалы и обрушения крутых откосов каменных карьеров.

Борьба с этим явлением в горных местностях затруднительна. Больше эффективно можно вести борьбу с обвалами откосов карьеров. Мероприятия, применяемые для предупреждения неожиданных обвалов, проводятся по двум направлениям:

а) предупредительные — среди которых главное место занимает искусственное обрушение угрожающих обвалом масс пород, производимое либо забиванием клиньев в трещины массивов, либо взрывным методом;

б) инженерные — при которых проводят работы по искусственному укреплению обвалоопасных массивов. Наиболее часто применяют нагнетание цемента в трещины, скрепление обвалоопасных массивов металлическими тяжами и т. д. Помимо этого, иногда возводят защитные



Рис. 171. Слайдер в районе Осетии, возникший в 1967 г. (фото Г. В. Захарова)

сооружения, воспринимающие удары обваливающихся масс горных пород.

Осыпи представляют собой скопление в нижних частях крутых склонов обломочного делювиального материала щебня, дресвы, песчано-глинистых масс и более крупных обломков пород. По мере накопления обломочного делювия, а также при увлажнении осьи последний начинает медленно перемещаться вплоть до момента наступления равновесия. Подобные перемещения носят название «сполз». Осыпи могут возникать также и от других причин, например при землетрясении. Борьба с склонами осуществляется путем принятия мер против дальнейшего накопления обломочного материала, устройства дренажных сооружений для осушения тела осьи.

Оползни — явления, представляющие собой скатжение земляных масс по склонам под действием гравитационных сил и увлажнения, вращение смешающихся масс при этом не возникает. Быстроиную точек сползающих пород перемещается по траекториям, близким к скоэзаниям поверхности скольжения. Иногда оползни переходя в обвалы, в этом случае они называются оползнями обвалы.

Оползни

Оползни — обширно распространены на берегах озер и рек. На старинных акваториях вдоль излучин вытянуты правого берега р. Волга. Большой участок ежегодно приносит сносимые валуны на высоком берегу Днепра у Киева, у террасовых берегов Кавказа, Южного Крыма и в других местах нашей страны. На рис. 173 показан один из опаснейших берегов Черного моря, защищенный районе Одессы в 1945 г. Оползни могут развиваться на склонах искусственных насыпей и выемок, а также в стенах карьеров (рис. 174).

Научный определенный СССР занимались крутыми геологи А. П. Павлов, Ф. П. Саворенский, Н. В. Попов, Н. Ф. Петровски и многие другие. На основе их трудов установлены главные причины образования оползней, дана их классификация и разработана мера борьбы с ними.

Главными морфологическими элементами оползней являются: а) тело оползня, б) подсипка оползня, в) поверхность скольжения, г) поверхность



Рис. 174. Деформации железной дороги при оползне.

и сопровождаются сильным треском и грохотом. Стремительное движение массы может привести к разрушению зданий и сооружений.

Причины образования оползней в горных породах различны. Их можно разделить на две группы: первичные и вторичные.

Первичные оползни возникают в результате разрушения горных пород в процессе их естественного выветривания.

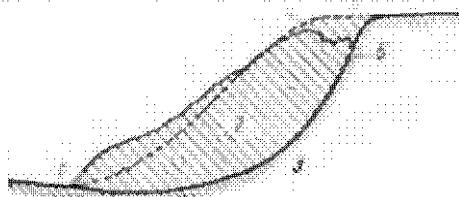


Рис. 17. Схема оползня.

Важнейшими факторами, способствующими первичному разрушению горных пород, являются: 1) действие водных растворов, 2) действие газов, 3) действие температуры.

Водные растворы способствуют разрушению горных пород путем растворения минералов. Воды горных рек и родников, а также дождевые воды в процессе движения создают обратную бурю и правильной формы. Буряность может вызывать трещины при землетрясении и землетрясениях землетрясениях.

В. Некоторые способы предотвращения землетрясений.

1. Образование устойчивых антиклинальных склонов в результате изменения направления течения рек и озер.

2. «Сплющивание» (рис. 179) горных хребтов как способ предотвращения оползней при которых хребты подвергаются разрушению, несмотря на то что они обладают достаточной прочностью. Применение этого метода ограничено.

3. Наклон склонов хребта. При этом склоны должны быть наклонены в направлении, противоположном направлению течения рек и озер.



Рис. 18. Оползни на склоне горы.

7. Выявление трещин и опасных откосов на склоногорных участках, расположенных за бывшими участками карьеров.

Скорость движения оползней колеблется от сотен метров в год до 10—30 м в день. Для изображения ее времени назначаются масштабы, установленные системой реперов. Движение оползней может разматываться также системой мерки, установленных волнистыми трещинами, которые показывают скорость распространения оползня.

Причины образования оползней весьма разнообразны. Главные из них: а) первичное врожденное устойчивость земляных масс из склонов; б) землетрясение; в) флювиальные явления; г) инфильтрация склонов пресной или солоноватой водой; д) действующее давление в склоне земли.

Нарушение механической устойчивости земляных масс из склонов вызывает различные различные обстоятельства: падение берегов рек и озер, оползни, вырывание земляных склонов сооружений, обвалы склонов в горах, образование склонов в гористом лесном гидротехнического зданиях и т. д.

Общая характеристика земляных масс из склонов может быть выражена в виде уравнения:

$$T = N \cdot F$$

- где T — сдвигавшаяся скользящая масса на склоне;
 N — нормальная сила скользящей массы;
 F — поверхность скольжения глины;
 c — коэффициент сцепления;
 $\operatorname{tg} \varphi$ — коэффициент внутреннего трения.

Из рис. 177 следует, что

$$T = G \sin \alpha, \text{ и } N = G \cos \alpha,$$

- где G — вес оползневого тела; α — угол естественного откоса. Путем простых преобразований получим выражение, что

$$\operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} \varphi + \frac{cP}{G \cos \alpha},$$

Степень устойчивости откоса выражается коэффициентом запаса $K_{\text{уст}}$, его величина равна:

$$K_{\text{уст}} = \frac{N \operatorname{tg} \varphi + cP}{T}.$$

Коэффициент запаса устойчивого склона должен быть всегда больше 1,1. Уменьшение коэффициента трения и величины сцепления, возникающих при увлажнении массива, сложенного глинистыми грунтами, всегда влечет за собой снижение коэффициента запаса и последующее возникновение оползня.

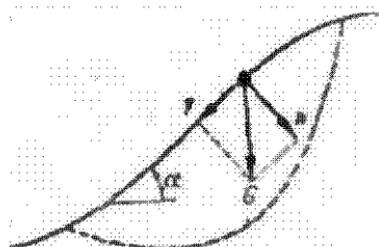


Рис. 177. Схема сил действующих из склона

Н. Я. Денисов полагает, что для глии коэффициент запаса определяется следующим выражением:

$$K_{\text{уст}} = \frac{2c}{\sigma_1 - \sigma_2},$$

где c — сцепление; σ_1 и σ_2 — наибольшее и наименьшее главные напряжения в массиве.

Сухой флюзия, или вынос частиц породы водой, возникает при достаточно высоком гидродинамическом дав-

дением (G_1) грунтового потока. Величина этого давления равна:

$$G_1 = \gamma_1 h.$$

Где γ_1 — объемный вес воды;

г — гидравлический уклон.

Суффозия может вызвать движение прачисти грунтов и явиться причиной возникновения оползней. Пример подобных смещений пород — некоторые оползни района Волгограда. Здесь под шоколадными тяжами на высоком правом берегу Волги залегают прослои песка (рис. 178).

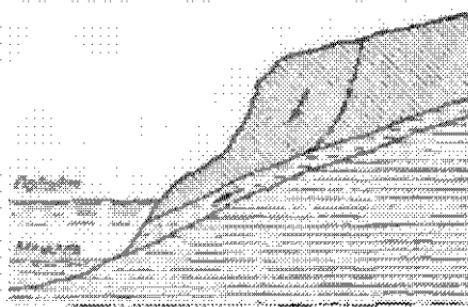


Рис. 178. Схема суффозионного отвода из берега Волги в районе Волгограда.

К нему приурочен горизонт беснапорных подземных вод. При весенних паводках на Волге возникает подпор этого горизонта воды и почки полностью заливаются водой. После быстрого спада паводка вследствие больших значений гидравлических градиентов в песчаном слое образуется высокие гидродинамические давления, вызывающие суффозионный износ песка и последующее развитие оползня береговых участков.

Тихоокеанские наладки, возникающие в водонасыщенных глинистых породах, действуя вместе с другими факторами, в некоторых случаях влекут за собой образование так называемых пластичных оползней. При сотрясениях глинистых толщ утюбенно раздвигается тихоокеанская, при которой в определенных часах массив глинистый грунт разжижается, что влечет за собой резкое изменение конформации склону и образование оползней. Классические районы глинистых пород — причина

возникновения послужести глии, которая, протекая при незначительных разностях давлений, может стать причиной оползания.

При землетрясениях в земляных массивах возникают мгновенные дополнительные горизонтальные усилия, вызванные сейсмическими ударами. Разлагая горизонтальную составляющую сейсмической волны, получаем одно усилие, направление по линии действия сдвигющей силы (T_2), которое при суммировании с действующей гравитационной силой (T_1) вызовет возрастание сдвигающего усилия ($T_1 + T_2$).

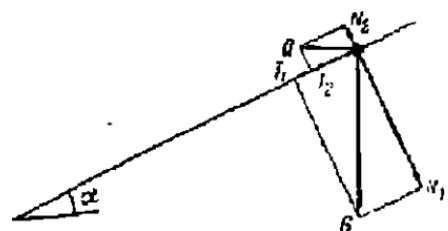


Рис. 179. Схема расположения сил на откосах при сейсмических сотрясениях

направленное нормально к поверхности склона и ориентированное в направлении, противоположном действию нормальной составляющей силы тяжести N_2 (рис. 179).

Уравнение равновесия изменится, приняв вид:

$$T + T_1 = (N - N_1) \operatorname{tg} \varphi + cF.$$

Таким образом, при сейсмических воздействиях на массивы равновесие нарушается. Это служит главной причиной массового возникновения оползней во время землетрясения на сравнительно устойчивых склонах.

Оползни развиваются также и в других случаях: при подрезке склонов дорожными выемками, при устройстве карьеров, строительстве различных котлованов и вследствие других причин.

Мероприятия по борьбе с оползнями

Для борьбы с оползневыми явлениями существует большое количество различных мероприятий, которые можно разделить на 4 группы: 1) профилактические; 2) направленные на борьбу с обводненностью оползневых

участков; 3) направленные на увеличение устойчивости склонов; 4) прочие мероприятия.

Профилактические мероприятия заключаются в запрещении нарушения природных условий склона: вырубки лесонасаждений, их распашки, устройства орошения и т. д. К этой же группе относится запрещение подрезки

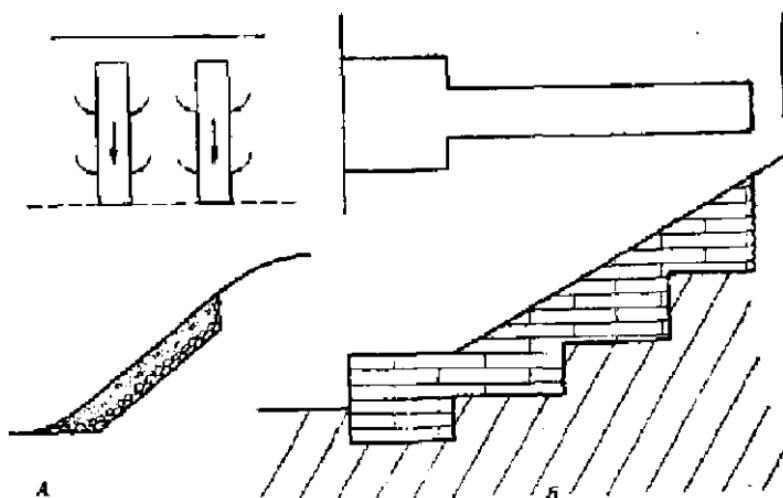


Рис. 180. Дренажная прорезь (A) и контрфорсный дренаж (B)

склона дорожными выемками, строительными котлованами, траншеями и другими аналогичными сооружениями. Сюда же необходимо отнести мероприятия, предотвращающие подмыв берегов рек и морей. В некоторых случаях приходится запрещать возведение сооружений на оползневых склонах и выполнение взрывных работ.

В группу мероприятий, направленных на борьбу с обводнением оползневых массивов, входит сооружение системы нагорных канав, перехватывающих дождевые воды и отводящих их в стороны от опасных участков склонов, а также планирование поверхности. К этой группе мероприятий относится дренажирование и отвод от оползневого массива подземных вод. Для этих целей широко применяется устройство дренажных прорезей (рис. 180, А), контрфорсных дренажей (рис. 180, Б), вертикального дренажа, дренажных штолен и т. д.

К мероприятиям, направленным на повышение устойчивости оползневых склонов, относится постройка противооползневых подпорных стенок, прошивка склона сваями (деревянными, бетонными, железобетонными). Эти мероприятия, как правило, оказываются малоэффективными. К этой же группе относится срезка оползневых склонов для понижения угла естественного откоса.

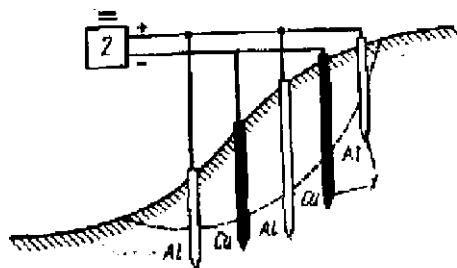


Рис. 181. Схема электрохимического закрепления глинистого омоложения:
1 — сваи, 2 — источник постоянного тока

Помимо перечисленных мероприятий, принимаются меры для повышения прочности грунтов, слагающих оползнеопасный массив. Сюда относятся методы электрохимического закрепления глинистых пород (рис. 181) и некоторые другие.

Прочие мероприятия направлены на пассивную защиту сооружений от разрушительного действия оползней. Примером служат противооползневые тоннели у подножья оползней, которые в процессе движения погребаются сползающим материалом.

Устойчивость стенок карьеров в рыхлых породах

При строительстве и эксплуатации карьеров приходится решать вопросы создания устойчивых откосов уступов.

Категорически запрещается добыча естественных строительных материалов с образованием нависающих

участков стенок. Во всех случаях проектирования карьеров необходимо предусмотреть очертания стенок, обеспечивающие их устойчивость к обвалам и оползням.

Песчаные породы в сухом состоянии являются устойчивыми грунтами и допускают устройство откосов с углами в 30° (отношение высоты к заложению $1:1\frac{3}{4}$).

В рыхлых водонасыщенных песках могут неожиданно возникать катастрофические оползни при нарывных работах или быстрых снижениях уровня грунтовых вод. Так, при разработке в мелкозернистых песках одного из карьеров возник неожиданный оползень, при котором в течение нескольких минут переместилось $1,5$ млн. m^3 материала. В водонасыщенных песках, имеющих среднюю плотность, устойчивые откосы определяются величиной в 25° (отношение высоты к заложению $1:2\frac{1}{4}$).

При строительстве карьеров в плавунях необходимо предусматривать либо крепление, либо применение специальных методов проходки.

Устойчивость откосов в глинистых породах определяется целым рядом факторов: а) влажностью, б) строением глинистой толщи и присутствием в ее составе прослоев водонасыщенных песков, в) плотностью глин, г) предрасположенностью их к тиксотропному разжижению.

В сухом состоянии глины легко держат откосы с углом $40-45^\circ$. В мокрых глинах величина устойчивых откосов уменьшается до $20-25^\circ$ и при земляных работах принимаются минимальные отключения высоты к заложению $1:2\frac{3}{4}$.

В глинах также возможны неожиданные катастрофические оползни, имеющие тиксотропную природу. Особенно часто подобные оползания откосов возникают на глинах, содержащих тонкие прослойки мелкого песка и пыли. Так, Терцаги и Пек описывают оползень на ленточной глине вблизи р. Гудзона (США), возникший неожиданно на откосе высотой 12 м. Он пришел к перемещению откоса на 360 м с выпучиванием поверхности перед откосом на 90 м. Оползень произошел настолько быстро, что расположенная поблизости электростанция была мгновенно разрушена и все находящиеся в ней люди погибли.

Гравелистые и галечные породы устойчивы в откосах. Но при наличии примесей песчано-глинистого материала их устойчивость по мере увлажнения

резко снижается. В сухих гравийно-галечниковых породах устойчивые откосы имеют углы 35—40° ($1:1\frac{1}{3}$ или $1:2\frac{1}{4}$). В водонасыщенных галечниках откосы следует уменьшать до $1:2\frac{1}{4}$.

Для обеспечения устойчивости откосов в карьерах устраиваются промежуточные горизонтальные площадки — бермы, осуществляется отвод поверхностных и подземных вод в сторону от откосов.

ПЛЫВУНЫ

Понятие о плывунах

Определенные типы рыхлых пород, находясь в водонасыщенном состоянии, способны к плывучести. При вскрытии в таких породах, траншей, котлованов, шурfov, карьеров стеки последних интенсивно оплывают. При земляных работах в плывунах во многих случаях углубление котлованов без проведения специальных мероприятий невозможно. Чем больше извлекается из выемки грунта, тем большее количество поступает его со стенок и дна.

В карьерах и котлованах, пройденных в водонасыщенных рыхлых песках, иногда возникает неожиданное катастрофическое оплывание стенок, при котором перемещаются десятки и сотни тысяч тонн грунта, вызывая серьезные разрушения сооружений и даже гибель людей.

В последнее время И. М. Горькова установила, что истинные плывуны являются определенным типом пород, способных переходить в плывучее состояние вследствие повышенного содержания коллоидных и среди них — особенно гуминовых веществ. Именно они и определяют предрасположенность к оплыванию.

Основываясь на глубоких исследованиях плывунов, А. Ф. Лебедев разделил их на две группы: псевдоплывуны и истинные плывуны.

Псевдоплывуны представляют собой песчаные породы, плывучесть которых обусловлена лишь гидродинамическим давлением грунтовых вод. Переход их в плывучее состояние происходит при критическом гидравлическом градиенте:

$$I_{kp} = (\gamma_y - 1)(1 - n),$$

где $I_{\text{нр}}$ — гидравлический градиент, при котором песок переходит в плавучее состояние;

γ_y — удельный вес песка;

n — пористость, выраженная в долях единиц.

Псевдоплынны представляют собой не какой-либо определенный тип пород, а их специфическое состояние. Оно может проявляться при определенных условиях в самых различных породах: песках разного гранулометрического состава, супесях, гравелистых породах и т. д.

К псевдоплынам относятся главным образом пески средне- и мелкозернистые. Для них характерно незначительное содержание пылевато-илловатых и глинистых частиц. Характерная особенность этого типа плавунов — довольно легкая отдача ими воды.

Истинные плавуны в отличие от псевдоплынков содержат значительную примесь глинистых и пылевато-илистых частиц, что обуславливает их высокую гидрофильтрность. Для них характерна низкая водопроницаемость. Значение коэффициента фильтрации истинных плавунов колеблется от 0,005 — до 0,0001 см/сек. Плавучесть этого типа плавунов возникает при низких значениях гидравлических градиентов и является следствием поверхности явлений, развивающихся на границе раздела воды и твердых частиц породы. Значительное развитие этого типа плавунов связано с их высокой удельной поверхностью. В них с особой силой проявляются тиксотропные явления.

Внешние истинные плавуны обнаруживаются по ряду характерных признаков:

а) при откачке воды из котлованов с плавунами откачиваемая суспензия по цвету и консистенции часто напоминает цементное молоко;

б) кусочек плавуна, вынутый из котлована, имеет вид слабовлажного грунта, но если по нему похлопать ладонью, то он расплывается, выделяя при этом воду;

в) поверхность плавуна в шурфе или котловане имеет довольно высокое поверхностное натяжение, по ней можно свободно ходить; при подпрыгивании на ней она упруго пружинит; если на поверхности плавуна некоторое время постоять на одном месте, то она начинает засасывать;

г) в некоторых случаях на способность к плавучести песка может указывать образование при бурении в скважинах водопесчаных пробок.

Наиболее часто окраска плавунов зеленовато-серая, но возможна бурая, светло-серая, темно-серая, желто-бурая и т. д. в зависимости от примесей различных веществ (почвенного слоя, железистого материала и т. д.).

Объемный вес скелета плавунов различен; в псевдоплавунах он колеблется от 1,5 до 1,8 г/м³, а в истинных — от 1,6 до 2,2 г/м³.

В строительном отношении плавуны отличаются рядом характерных свойств: 1) несущая способность их при наличии замкнутого пространства, исключающего их вытекание из-под сооружений, довольно высокая, но так как в большинстве случаев последнее условие трудно выполнимо, то допускаемые давления на естественные основания на плавунах всегда ограничиваются небольшими значениями; 2) открытый водоотлив из котлованов в плавунах опасен для расположенных поблизости сооружений; возникающая суффозия может повлечь ослабление их оснований и вызвать деформации, а в ряде случаев и опрокидывание сооружений; 3) в водонасыщенных песках и в особенности в плавунах хорошо передаются на большие расстояния (до 1,5—2 км) вибрации и динамические удары, которые могут вызвать повреждения сооружений, расположенных подчас в значительном отдалении от места возникновения возмущения.

Методы борьбы с плавунами

В зависимости от типа плавунов, их мощности, гидрогеологических условий, а также характера сооружений выбираются наиболее целесообразные приемы производства земляных работ.

Защита котлованов от плавунов шпунтовыми ограждениями (рис. 182). Для этой цели применяют деревянные, металлические и железобетонные шпунты. Этот метод дает наибольший эффект при небольшой мощности слоев плавуна.

Метод сибирских мостовиков. Впервые он был применен при строительстве мостов через сибирские реки. Строители для проходки плавунов добавляли в котлованы небольшое количество ржаной муки и перемешивали

ее лопатами с плавучим грунтом. Через некоторое время полученная смесь легко вынималась без оплыивания стенок.

Для проходки канав, траншей и мелких выемок можно рекомендовать указанный способ, заменяя при этом рожаную муку более дешевыми материалами. Установлено, что аналогичное действие на плавуны оказывает кавоз,

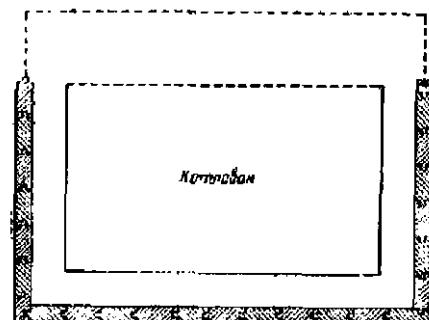


Рис. 182. Шпунтовые ограждения котлованов

активированный уголь и некоторые другие вещества. Теоретически этот метод не обоснован. Наилучший результат дает при борьбе с истинными плавунами, приходящими в движение при малых градиентах.

Метод предварительного понижения уровня грунтовых вод. Он осуществляется способами, рассмотренными на стр. 340, и применяется главным образом для псевдоплавунов, обладающих коэффициентом фильтрации, превосходящим 1,5—2 м/сут.

Эффективная борьба с плавунами может осуществляться путем замораживания водонасыщенных оплывающих пород. При этом используют естественный холод, либо применяют искусственные источники холода.

Естественное замораживание применяется для северных районов страны. Для его осуществления производится проходка котлована на возможную глубину, после чего работу прекращают на некоторое время, необходимое для того, чтобы водонасыщенный грунт промерз на глубину 20—30 см. Затем замерзший слой счи-

мают и переходят к следующему этапу замораживания. Подобные работы требуют значительного времени и длительного периода сохранения низких температур.

Несколько ускоряет процесс замораживания, примененный уральскими строителями, метод заглубления в разжиженный грунт системы трубы, по которым при помощи вентилятора постоянно циркулирует холодный воздух.

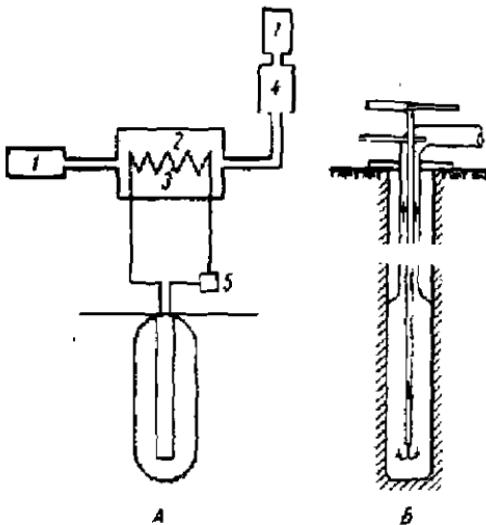


Рис. 183. Схема установки для искусственного замораживания. А — схема установки; Б — морозильная скважина:
1 — баллон с аммиаком, 2 — холодильная камера,
3 — эмульсия, 4 — компрессор, 5 — насос

Большое распространение получил метод искусственного замораживания. Его схема приведена на рис. 183. Из баллона с жидким аммиаком газ поступает в рефрижератор (холодильник), где испаряющийся аммиак резко понижает температуру. В холодильнике помещен змеевик, по которому циркулирует рассол (обычно раствор CaCl_2 , температура замерзания которого 40°C). Последний подается в скважины при помощи насоса по специальным трубам. Обтекая стенки скважины, он опять возвращается в холодильник. Газообразный аммиак из холодильника или поступает в компрессор для сжижения, или отводится в воду. Процесс промораживания продолж-

жается 2—3 месяца. В результате вокруг скважины образуется ледяной столб диаметром от 0,9 до 1,4 м. Располагая скважины для замораживания по периметру котлована, можно создать вокруг него ледяную стену с довольно высокой прочностью (сопротивление сжатию мерзлого грунта 70—150 кГ/см²). Она позволяет проводить работы в плавучих грунтах.

Х. Р. Жакимов, исследовавший процессы замораживания, пришел к выводу, что продолжительность замораживания при прочих равных условиях обратно пропорциональна абсолютному значению температуры теплоносителя, коэффициенту теплопроводности грунта и прямо пропорциональна квадрату радиуса промерзания. Учитывая это, можно сокращением сроков промораживания путем понижения температуры раствора вызвать соответствующее пропорциональное уменьшение времени процесса. Уменьшение расстояния между замораживающими скважинами в 2 раза позволяет сократить сроки в 4 раза.

В некоторых случаях для про-
ходки в псевдоплынках приме-
няется метод силикатирования песчаных грунтов
(рис. 184). Детально разработал этот метод Б. А. Ржаки-
цын. Силикатизация вызывает окаменение песчаных
грунтов, позволяющее резко улучшить их строительные
свойства. Силикатизация основана на нагревании через
специальные трубы — инъекторы водного раствора жид-
кого стекла с последующим введением коагулятора. В
качестве последнего чаще всего применяется раствор
 CaCl_2 . При этом протекает следующая реакция:

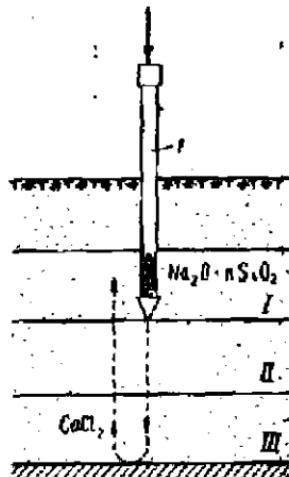
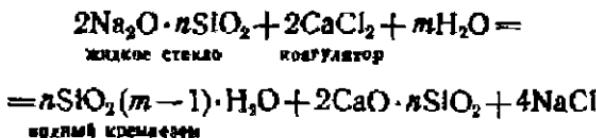


Рис. 184. Схема сушки-тиривания. I — инъектор, II—III — зоны очередного насыщения жидким стеклом (вниз) и CaCl_2 (вверх).

Процесс протекает очень быстро, прочность силикатированного грунта уже в первые часы достигает значительной величины. Прочность в значительной степени нарастает в течение первых суток, дальнейшее ее увеличение наблюдается в течение последующих 5—10 суток. Прочность на сжатие силикатированных песков достигает 20—40 кг/см².

Б. А. Ржаницын показал, что силикатизация применима для песков со значением коэффициента фильтрации от 2 до 80 м/суток. Силикатированный грунт сохраняет прочность в течение многих десятков лет. Недостаток метода силикатизации — его сравнительно высокая стоимость.

В некоторых случаях возможна проходка котлованов путем подводного черпания, без откачки воды. При этом способе производства работ можно несколько увеличить устойчивость стенок котлована введением в воду, заполняющую котлован, глинистой суспензии.

ПРОСАДКИ

Общие понятия

Характерная черта лёссовых пород — их недоплотненность, возникающая вследствие своеобразных условий накопления и последующих процессов изменения, называемых «облёсованием». Недоуплотненными породами Н. Я. Денисов называет такие, плотность которых оказывается меньшей, чем этого требуют действующие в массиве напряжения.

Особенность лёссовых пород — высокая пористость и слабая водостойкость агрегатов, слагающих стены пор. При инфильтрации воды в подобную породу стены пор частично разрушаются и возникает самоуплотнение под действием собственного веса грунта. Этот процесс самоуплотнения лёссовых пород при увлажнении и воздействии собственного веса называется просадкой. В результате ее возникает прогибание и опускание участков поверхности и появляются своеобразные просадочные формы рельефа. Просадки наносят большой ущерб гидротехническим сооружениям, каналам, водохранилищам, ирригационным системам. Если процесс происходит при участии дополнительного воздействия веса зданий и со-

оружений, то возникают их серьезные деформации. В этом случае говорят о дополнительных осадках лёссовых пород при увлажнении.

Таким образом, эти два процесса — просадка и дополнительная осадка сооружений — имеют и сходство (природы) и различие (порождаются давлением разной природы). В первом случае давление определяется собственным весом грунта, а во втором — добавочным весом сооружений.

Величина и характер процесса просадки определяются действием внешних факторов: количеством и химическим составом поступающей в массив воды, ее напором, напряженным состоянием грунтов (действующими давлениями) и появлением вибраций, сотрясений и других динамических воздействий. Способность к просадке лёссовой породы зависит от внутренних факторов: пористости, водопрочности структуры, химико-минералогического состава и др.

Строение лёссовых пород и стадийность просадки

Рассмотрим особые черты лёссовых пород, способствующие возникновению просадочных явлений.

В лёссовых породах развиты все типы пористости, при этом пористость за счет объемной гигроскопичности практически не оказывается в явлениях просадки. Главную роль играет межчастичная пористость, отличающаяся более значительными размерами. Диаметр межчастичных пор достигает 0,5 мм. Они составляют главную часть пористости лёссовых пород. Их количество достигает 32—36% от объема породы. Межчастичная пористость предопределяет способность лёссовых пород к просадке.

Особое место в лёссовых породах занимают макропоры — крупные поры, хорошо видимые невооруженным глазом. Их диаметр достигает 4,0 мм. Макропоры бывают двух типов: а) первичные, образующиеся при формировании породы, отличающиеся рыхлыми стенками; для них характерны неправильные очертания в поперечном сечении; б) вторичные, возникающие главным образом в результате проникновения травяной растительности.

Стенки их уплотнены в листе покрыты известковыми губами или железистыми пленками (рис. 185).

Первичные макропоры отличаются неустойчивостью при увлажнении. Их разрушение, иззывающее при смачивании пород водой, увеличивает просадочность пород.



Рис. 185. Макропоры

Вторичные макропоры в большинстве случаев не только не участвуют в процессы просадки, но и представляют собой структурный элемент, повышающий неустойчивость пород. Макропоры обычно занимают от 1 до 6% объема пород.

Из других типов пористости в лесных породах развиты крупные ложсти, корниходы, переходы, кратерны, трещины различного происхождения и т. д. Они снижают прочность породы и увеличивают способность ее к просадке.

Общая пористость лесовых пород определяется расчетным путем. Она не включает объем хрупких полистей. Величина ее находится в пределах от 35 до 64%.

Агрегаты, слагающие лесовые породы, в зависимости от степени водостойкости могут быть разделены на четырех типа:

а) неводостойкие — разрушающиеся в момент воздействия воды;

б) водостойкие — разрушающиеся при длительном воздействии воды из породы. Их разрушение может быть ускорено в лаборатории кипячением супензий;

в) водопрочные — склонные распадаться только при химической обработке породы;

г) высоководостойкие — практически не разрушающиеся при воздействии воды и растворов.

По величине же агрегаты могут быть разделены на микроагрегаты (размером $<6 \text{ } \mu\text{m}$) и макроагрегаты

(размером >5 мк). Появление в составе лессовых пород агрегатов с различной водостойкостью объясняется условиями их образования.

Различные лессовые породы имеют разное количественное соотношение перечисленных типов агрегатов. При преобладании в составе породы неводостойких агрегатов просадка имеет провальный характер, а в случае значительного участия водостойких агрегатов развивается

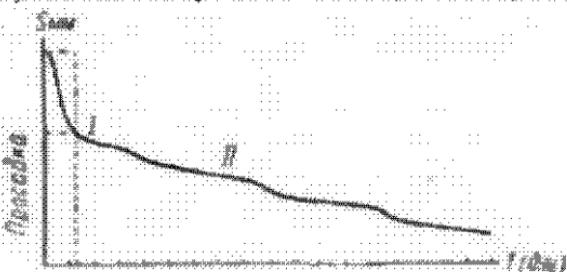


Рис. 186. Консолидация просадки лессовых пород:
I — провальная просадка, II — замедленная просадка

длительная по времени замедленная просадка. Характерная черта просадочного процесса, обусловленная особенностями строения лессовых пород, — это стадийность. Можно выделить 3 стадии просадки: 1) провальная стадия, возникающая в момент замачивания; 2) замедленная стадия, продолжающаяся в течение месяцев и даже лет; 3) супфлюзионная стадия, возникающая вследствие супфлюзионного выноса растворимых солей и, возможно, коллоидных частиц. На рис. 186 графически показан ход деформаций лессовых пород на примере многолетних наблюдений за просадкой объекта, построенного в долине р. Северный Донец.

Оценка величины просадки

При проектировании и строительстве сооружений в районах, сложенных лессовыми породами, встает вопрос об оценке способности оснований к просадке. В настоящее время наиболее широко применяется лабораторный метод оценки, рекомендованный нормами и техническими условиями СНиП III-62.

Монолитный образец породы помещают в компрессионный прибор и подвергают обжатию давлением, равным сумме давлений от веса сооружения и вышележащего грунта. После стабилизации (прекращения) осадки образец при том же давлении замачивают. Для оценки служит показатель относительной просадочности:

$$\delta_{\text{пр}} = \frac{h_1 - h'_1}{h_1},$$

где h_1 — высота образца при принятом давлении;
 h'_1 — высота образца, замоченного при том же давлении.

Для вычисления величины просадки лёссовой толщи мощностью H служит следующая формула:

$$\Delta_{\text{пр}} = \sum_1^n \delta_{\text{пр},i} H_i m,$$

где $\Delta_{\text{пр}}$ — условная просадочность лёссовой толщи, см;
 $\delta_{\text{пр},i}$ — показатель относительной просадочности для каждого слоя;
 H_i — толщина каждого слоя, см;
 n — число слоев;
 m — коэффициент условий работы (1,5—2,0).

Грунтовые условия строительных площадок в зависимости от ожидаемой просадки от собственного веса грунта подразделяются на 2 типа: I — просадка не будет превышать 5 см; II — просадка от собственного веса грунтов превысит 5 см.

Просадочность возрастает при воздействии динамических нагрузок и при сейсмических явлениях. Величина ее приращения зависит от ряда факторов и колеблется от 0 до 30%.

В процессе просадки возникают следующие деформации сооружений: 1) появление трещин в стенах и конструкциях; 2) наклон сооружений; 3) опрокидывание стен и обрушение конструкций; 4) опрокидывание сооружений с их полным разрушением.

Борьба с просадочностью

Для предотвращения просадочных деформаций и разрушений сооружений применяют различные мероприятия. Их можно разделить на три группы:

I. Мероприятия, предохраняющие лёссовые основания от замачивания. Сюда относятся: планировка строительных площадок, гидроизоляция водонесущих сооружений, предохранение зданий от течи водопроводов и т. д.

II. Конструктивные мероприятия, направленные на повышение жесткости сооружений. Сюда относится устройство железобетонных ленточных фундаментов, фундаментов-плит, повышение жесткости стен и т. д.

III. Мероприятия по устранению просадочных свойств лёссовых пород. Сюда относится употребление однорасторвного способа силикатизации (В. В. Аскалонова), термическое укрепление просадочных оснований (И. М. Литвинов), уплотнение оснований глубинным свяжем (Ю. М. Абелев), метод предварительного замачивания и некоторые другие.

Однорасторвный метод силикатизации отличается от ранее рассмотренной силикатизации песков тем, что в породы нагнетается только один раствор жидкого стекла (10—15%-ной концентрации) с добавкой 2,5%-ного раствора NaCl. Второй раствор не вводится, его роль выполняют воднорасторвимые соли, всегда входящие в состав лёссовых пород. Процесс окаменения продолжается около 30 суток. Радиус закрепления лёссовой породы от 0,2 до 1,0 м. Силикатизация применена только для пород с коэффициентом фильтрации более 0,1 м/сут. Силикатизация совершенно неприменима к тяжелосуглинистым и глинистым породам.

В последнее время метод силикатизации получил дальнейшее развитие. Стали применять пневматическое нагнетание силикатного раствора с чередованием двух силикатных растворов разной плотности. Успешно применен силикатный раствор на 5%-ном растворе аммиака, который позволил повысить прочность закрепления грунта.

Получил распространение также метод электросиликатизации, при котором силикатный раствор вводится одновременно с приложением электрического поля.

Термическое укрепление заключается в термохимической обработке лёссовых пород путем сжигания различных горючих смесей в толще грунтов (рис. 187). В качестве горючих применяют соляровое масло, нефть, мазут, коксовый газ и т. д.

Вокруг скважины в процессе обжига в течение 5—15

дней образуют укрепленный массив грунта диаметром до 2,5—3 м и глубиной до 10—15 м (термосвая). Прочность на сжатие термически укрепленных грунтов достигает 1000 кГ/см² и более. Просадочность лессовых пород при этом полностью ликвидируется.

Механическое уплотнение лессовых оснований получило широкое распространение.

Оно заключается в обработке основания тяжелыми трамбовками. Трамбование проводят путем сбрасывания трамбовки, подвешенной к крану, с высоты 3,5—4,0 м. Уплотнение ведется до момента, когда от одного удара понижение уплотняемой поверхности не превзойдет 1—2 см.

При трамбовании просадочные свойства ликвидируются на глубину до 2 м.

Уплотнение оснований «глубинными сваями» сводится к проходке скважин и последующему заполнению их перемятым суглинистым лессовым породой, производимому с механическим уплотнением. При

Рис. 187. Схема термического укрепления лессовых пород:
1 — термическая установка,
2 — зона термического укрепления лессовых пород, 3 — форсунка для сжигания топлива

этом прочность основания увеличивается как за счет повышения плотности породы, заполняющей сваю, так и за счет повышения уплотненности прилегающих к стенкам свай частей породы.

Для некоторых гидротехнических сооружений с успехом были применены методы предварительного замачивания лессовых оснований для предпостроенного вызова просадочного доуплотнения пород.

В последнее время И. М. Литвинов предложил одновременно с предварительным замачиванием лессовой толщи через скважины производить взрыв зарядов, размещаемых у забоя выработок. Перед взрывом площадку отделяют от соседних участков прорезью, выполненной фрезерной пилой. Этот метод дает прекрасный результат, полностью ликвидируя просадочность лессовых пород в пределах строительных площадок.

Понятие о карсте

Карстом называется явление растворения водой некоторых горных пород, в процессе которого образуются различные типы пустот и полостей. В зависимости от пород различают следующие типы карста.

Известняковый, когда карстующейся породой служит известняк или доломит. Растворимость карбонатов зависит от содержания в воде CO_2 и ее температуры. В зависимости от условий для растворения одной части кальцита требуется от 1000 до 30 000 частей воды. И. В. Полов даёт следующие цифры изменения растворимости кальцита в чистой воде в зависимости от температуры:

Температура, °C	Растворимость, мг/л
25	14,33
50	15,04
100	17,79

Растворимость магнезита в чистой воде более значительна и равна (по Н. Любавину) 56 мг/л. Значительно меньшей растворимостью обладает доломит.

Гипсовый карст, когда растворение возникает в сульфатных породах: гипсах и ангидритах. Растворимость гипса зависит также от температуры и состава воды. В среднем можно считать, что одна часть гипса растворяется в 480 частях воды.

Соляной карст, возникающий в толще каменной соли и слоях, содержащих скопление хлоридов. Этот тип минеральных соединений отличается особенно высокой растворимостью: так, одна часть каменной соли (галит) растворяется в 3 частях воды.

Помимо названных типов карста, сходные формы возникают в результате механической суффозии — выноса тонких частиц, происходящего в глинистых и лёссовых породах. Это явление получило наименование псевдо-карста (суффозионного карста).

Характер течения карстовых процессов в значительной степени зависит от геологических и гидрогеологических условий, в которых находится способная к растворению водой порода. В зависимости от положения массивов

различают: 1) открытый карст, при котором карстующиеся породы располагаются на поверхности земли; 2) «закрытый» карст, отличающийся тем, что растворяющиеся породы покрыты залежами, хорошо фильтрующим воду; 3) среднерусский, или закрытый карст, широко распространенный в СССР. Он характеризуется тем, что карстующиеся породы снаружи покрыты значительной толщиной нерасторимых в воде и часто водонепроницаемых пород.

Одно из условий возникновения карста — наличие трещиноватости подстилающих пород, чем она выше тем интенсивнее карстообразование. Имеют большое значение также положение массива относительно так называемого уровня коррозии (т. е. отметки, ниже которой растворение в карстовых либо палистых стоках существует, либо протекают исчезающие медленно). В большинстве случаев уровень коррозии служит либо граница водонепроницаемых пород, либо поверхность подземных вод, обладающих высокой минерализацией.

В зависимости от условий, в которых находится карстующийся массив, можно говорить об активном и пассивном карсте. При активном карсте, происходящем в настоящее время, породы располагаются выше уровня коррозии. При пассивном карсте процесс карстообразования либо неизвестен, либо полностью отсутствует. При нем массив растворяется ниже уровня коррозии.

В Советском Союзе карст развит во многих районах: в Крыму (открытый известняковый карст), в районах Западного Приуралья (закрытый гипсовый и известняковый карст), в районах Русской равнины (закрытый известняковый карст), в Приангарье (известняковый карст) и во многих других местах.

Карстовые формы можно разделить на две группы: поверхностью и внутренние. К первому типу относятся такие, которые образуются на дне кратера минералами, в внутреннем — являются губинами обработанными, различающимися в недрах карстующегося массива. Обе выделенные группы карстовых форм связаны между собой генетически. Чаще они образуются совместно, порождая одна другую.

Поверхностные формы наблюдаются как в условиях открытого, так и закрытого карста. При открытом карсте они образуются как следствие процессов растворения

пород, а при закрытом карсте — это различные обрывозадиции, возникающие в результате образования кратеров, кратеровых полостей.

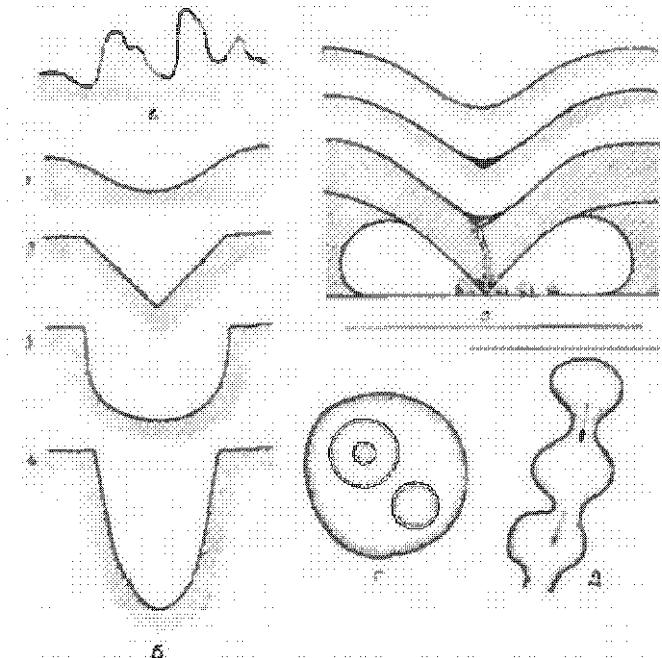


Рис. 186. Формы карста. 1. А — карри, Б — вероник, В — скопления продуктов карстовой язвочки на поверхн. Г — скопление вероник. 2. — скопления карренлок на поверхн. Е — карренлок на поверхн. Ж — карренлок на поверхн.

Главные разновидности внешних форм следующие:

1. Карри — мелкие желобки, бороздки и канавки на поверхности карстующейся породы (рис. 186, А); их глубина колеблется от нескольких сантиметров до 1—2 м.

2. Вероники — углубления различных форм и размеров (рис. 186, Б). Различаются блюдцеобразные, конусообразные, чашеобразные и шахтобразные язвочки. Диаметр

метр их колебается от 3—4 до 40—50 м, глубина — от 1—2 до 100 м. Воронки могут образоваться в процессе растворения поверхности или через путь постепенного расширения трещин или как прогиб поверхности, возникший при обрушении карстовых пустот (пещер) в глубинах массивов. На дне воронок часто располагаются миниры — каналы, по которым вода выступает из воронки в недра массива. На рис. 188, В показан механизм образования провальной поверхности воронки при закрытом гипсовом карсте в районе г. Уфы. Прямоугольные воронки обладают, как правило, более правильными формами. Характерно расположение карстовых воронок по определенным линиям, соответствующим направлению трещин в массиве. При закрытом карсте возможны случаи образования сложных воронок, как бы взложенных друг в друга (рис. 188, Г).

З. А. Максеев по интенсивности образования воронок дал следующую классификацию устойчивости карстовых районов (излагается по И. В. Попкову):

а) участки весьма неустойчивые: в год возникают до 5—10 воронок на 1 км²;

б) участки неустойчивые: в год возникает до 1—5 воронок на 1 км²;

в) участки средней устойчивости: одна ширинка на 1 км² возникает за время от 1 года до 20 лет;

г) участки весьма устойчивые: одна ширинка из 1 км² возникает за 20—50 лет.

д) участки весьма устойчивые: площадь склона из воронок или имеется только несколько старых воронок. Свежие провальные формы не отмечались в течение последних 50 лет.

3. Встречаются случаи, когда серии воронок, одна за другой расположенных вниз по склону, с течением времени переходят в карстово-эрзационный сорог, имеющий своеобразную форму (рис. 188, Д).

4. Котловины и озера возникают в результате постепенного объединения воронок или опускания больших участков поверхности над крупными внутренними формами карста. Размеры этих форм различны. Но даже они могут простираяться на один километр и даже на километры. Глубина их достигает многих десятков и сотен метров.

Внутренние формы так же разнообразны, как и расположенные поверхности. К ним относятся карстовые каналы, пещеры и гроты. Пещеры и гроты подчас достигают значительных размеров. Так, Макситова пещера в США насчитывает до 200 галерей общей длиной около

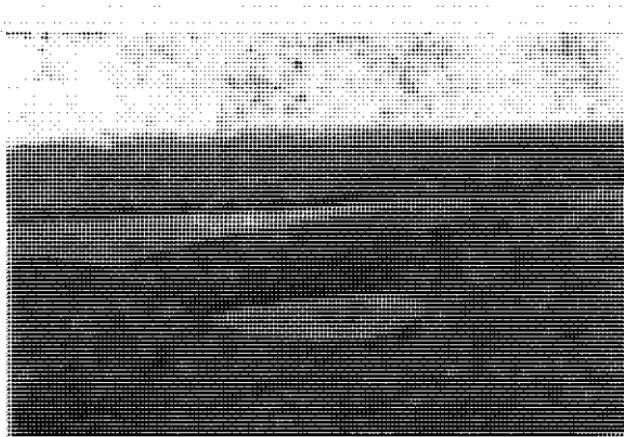


Рис. 189. Карстовая ямка (закрытого типа) на берегу р. Енисяя.

250 м. Высота гротов в этой пещере достигает 30 м. Одна из крупнейших карстовых пещер в Советском Союзе — Кунгурская — имеет длину около 4,5 км. Внутренние карстовые полости часто содержат озера и подземные реки.

Развитие пещер ведет как путем растворения линий и стен текущими водами, так и путем постепенного обрушения пород, слагающих потолочную часть.

При гипсовом закрытом карсте в ряде случаев возникает течение гипса внутрь пещер, происходящее под давлением толщи пород, залегающих в кровле. Подобное течение пород влечет за собой прогибы поверхности, расположенной над пещерами (рис. 189).

Инженерно-геологические исследования и строительство в карстовых районах

Строительство на территориях активного развития карста часто вызывает большие затруднения. Для правильного проектирования зданий и сооружений тре-

буются детальные инженерно-геологические исследования карстовых районов. И. В. Попов указывает, что эти исследования должны носить комплексный характер, при котором детально изучаются: климат, растительность, гидрология местности; геологическое строение, гидрогеология и геоморфология; морфология (форм), гидрология и гидрогеология карста; состояние имеющихся в районе инженерных сооружений (в связи с карстом).

Особенно важно выявить расположение открытых и закрытых форм карста. В настоящее время для обнаружения закрытых карстовых полостей широко применяют методы геофизической разведки (электроразведка и сейсморазведка).

Инженерно-геологические исследования позволяют обнаружить и нанести на карту участки, наиболее опасные в карстовом отношении. Как правило, на подобных участках капитальное строительство не рекомендуется.

Особенно опасны карстовые проявления для гидroteхнических сооружений. Образующиеся карстовые пустоты могут быть путем для утечки воды из водохранилищ и в обход плотин.

Борьба с карстовыми явлениями крайне затруднительна, но в ряде случаев применение комплекса инженерных мероприятий обеспечивает достаточную устойчивость сооружений. Наиболее часто применяют следующие методы повышения устойчивости карстовоопасных массивов.

1. Планировка поверхности и создание системы водозахватных и отводящих сооружений. Эти мероприятия служат для отвода поверхностных вод с участков строительства.

2. Сооружение дренажных систем для предотвращения поступления грунтовых вод в трещины и карстовые полости.

3. Регулирование поверхностного стока с целью уменьшения высоких паводков, во время которых поверхность вода поступает в карстовые пустоты и трещины пород.

4. Нагнетание в карстовые полости и трещины в породах цементного раствора или горячего битума. Это мероприятие может предотвратить доступ воды в карстовоопасные участки. Цементация одновременно повышает прочность оснований.

МНОГОЛЕТНЯЯ (ВЕЧНАЯ) МЕРЗЛОТА

Общие понятия

В северных районах нашей страны на некоторой глубине от поверхности встречаются прослои мерзлых пород, длительное время сохраняющих температуру ниже нуля. Поэтому наблюдающиеся в породах мерзлые грунты условно называют «вечной» мерзлотой.

В настоящее время толщу мерзлых пород делят, по Н. А. Цытовичу, на два класса: многолетний, в которых температура ниже нуля сохраняется от 2—3 до нескольких десятков лет, и вечномерзлый, сохраняющий мерзлоту в течение многих веков. При этом слово «вечно» необходимо понимать как существующий века.

Помимо многолетней мерзлоты, в зимнее время на большей части Советского Союза возникает сезонное промерзание, распространяющееся на некоторую глубину от поверхности земли, которое исчезает в теплый период года. Такие мерзлые породы носят название сезонномерзлых. Изучение мерзлот было начато русскими исследователями еще при Петре I. Особенно детально и глубоко это явление было изучено после Октябрьской революции, когда советские учеными подробно исследовали специфические особенности мерзлых пород, создали особую отрасль науки — мерзлотоведение. В основу мерзлотоведения были положены работы М. И. Сумгина, А. В. Львова, Н. А. Цытовича, Н. И. Толстикова и ряда других советских ученых.

Возникновение мерзлоты обусловлено рядом причин, главная из которых — низкая среднегодовая температура воздуха в областях ее развития (ниже 0° С). Появление мощных толщ вечномерзлых пород объясняется образованием их в ледниковые эпохи. В этом случае время сохранения мерзлоты определяется в 20—30 тыс. лет.

Границы распространения многолетней мерзлоты показаны на схематической карте, приведенной на рис. 190. Общая площадь, занятая многолетней мерзлотой в СССР, оценивается М. П. Сумгиным в 47% территории. Большие площади мерзлоты занимают также в Северной Америке, Антарктиде и в ряде других районов земного шара.

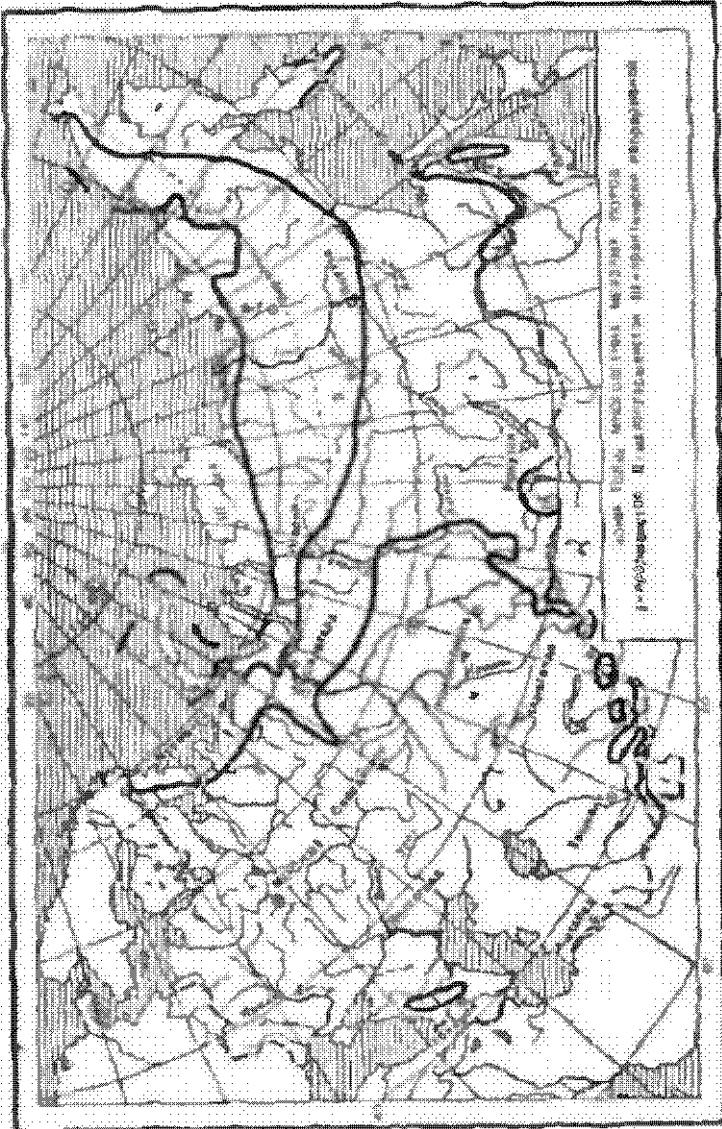


Рис. 120. Геологическая карта распространения мерзлоты в Челябинской области.

В районах многолетней мерзлоты извядение грунтов и сокращение называет базилина. Астроудиные выделения возможны деформации грунтовых, возникающих при изменении теплового режима мерзлых пород. Несмотря на то что широкого хозяйственного освоения восточных районов нашей страны предъявляют серьезные требования к изучению условий строительства на основаниях из вечной мерзлоты.

Строение и особенности многолетней и вечной мерзлоты

В районах развитых многолетней мерзлоты верхний слой земли зимой промерзает на определенную глубину, а летом оттаявает. Он может называться деятельным слоем. Его мощность зависит от климатических условий, состава пород, характера растительного покрова и ряда других факторов. В южных районах мощность деятельного слоя достигает 3 м, а в Заполярье не превышает 0,2—0,5 м.

Под деятельным слоем могут непосредственно залегать мерзлые породы либо располагаться прослои талого грунта (талники). В первом случае говорят о склоняющейся вечной мерзлоте, во втором — о не склоняющейся вечной мерзлоте (рис. 191).

Слои вечной мерзлоты представляют собой либо мониткую массу, либо образуют скользким строением (слоистая вечная мерзлота).

По характеру распространения в одиночном единичном вечной мерзлоты может быть трех типов:

а) склонящая мерзлота;

б) мерзлота с островками талых участков;

в) погородная мерзлота — отдельные участки мерзлых пород среди массивов талых пород.

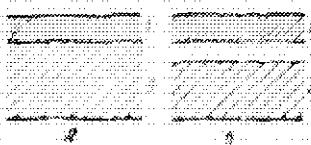


Рис. 191. Схема склоняющейся (А) и не склоняющейся (Б) многолетней мерзлоты:
1 — деятельный слой; 2 — талый слой; 3 — слой, находящийся под мерзлотой.

Мощность слоев вечной мерзлоты колеблется от одного-двух до нескольких сотен метров.

В состав вечной мерзлоты может входить лед в виде отдельных кристаллов, часто играющих роль цемента, в других случаях образуются линзы, прослон и более крупные его скопления.

Встречаются также мерзлые песчаные породы, не содержащие льда, в этом случае они имеют рассыпчатый характер и носят название «сухой» вечной мерзлоты. Возможны случаи, когда вода в мерзлых глинистых грунтах находится в связанном виде и лед отсутствует. В этом случае говорят о «пластичной» мерзлоте.

В строении вечномерзлой толщи принимает участие также подземная вода, которая может образовывать три горизонта: 1) горизонт надмерзлотных вод, расположенный над слоем вечной мерзлоты; 2) межмерзлотные воды в таликах слоистой мерзлоты; 3) подмерзлотные воды, расположенные под вечной мерзлотой. Подземные воды вечной мерзлоты имеют сложный режим и играют большую роль в устойчивости оснований сооружений.

Мощность вечномерзлых толщ не постоянна, в одних случаях она может с течением времени увеличиваться, а в других — уменьшаться до полного исчезновения. В первом случае говорят о наступлении мерзлоты, а во втором — об отступлении ее. Эти изменения мощности мерзлых толщ носят названия режима мерзлоты. Характер его зависит прежде всего от изменения климата местности. Помимо этого, на режим вечной мерзлоты оказывают влияние изменения растительного покрова, гидрологического и гидрологического режима, а также инженерная деятельность человека.

Процессы, связанные с многолетней мерзлотой

В областях развития мерзлоты возникают своеобразные геодинамические процессы: морозное пучение, образование наледей, развитие ледяных бугров, солифлюкция, термокарст.

Морозное пучение. Это явление развивается в процессе промерзания пород. Внешне оно выражается в увеличении объема пород, возрастающего по мере развития мерзлоты. Пучение — результат действия ряда факто-

ров: появления при промерзании своеобразного гидрологического режима, неоднородности состава пород, неравномерности промерзания и некоторых других. Прежде всего пучение вызывается увеличением объема замерзающей воды (составляющего около 9% от ее объема). Резко увеличивает пучение подток воды к замерзающим породам. Возникновение его связано с током пленочной воды, порождаемым уменьшением толщины пленок в зоне промерзания. Этот тип миграции воды зависит от содержания глинистых частиц в составе пород. Чем их больше, тем больше пленочный ток воды. Поэтому пучение песков сравнительно невелико. Наиболее поддаются вслушиванию глины и суглиники.

По мере накопления воды в толще мерзлых пород возможно образование прослоев и линз льда.

Пучение может быть причиной повреждения сооружений. Особенно страдают от него дороги, приходящие в течение одного сезона в совершенно непригодное для эксплуатации состояние.

Наледи. По мере промерзания в зимнее время поверхности толщи пород уменьшается сечение талого слоя, в котором происходит движение надмерзлотных грунтовых вод. Это может вести к возникновению напора вод. В замерзающих породах время от времени возникают трещины, из которых может выбрасываться находящаяся под напором вода, разливающаяся по прилегающим участкам. Замерзая, она образует грунтовые наледи — ледяные натечные скопления. Помимо этого, наледи образуются при глубоком промерзании рек, при котором речная вода может выбрасываться на прибрежные участки. Многократные излияния речной воды ведут к образованию речных наледей, покрывающих часто большие площади, достигающие десятков квадратных километров. Мощность грунтовых и речных наледей колеблется от метров до километров.

Различают сезонные наледи, растворяющиеся летом, и многолетние, сохраняющиеся многие годы.

Ледяные бугры. В тех случаях, когда при промерзании пород вода не может пробиться на поверхность, возможно возникновение льдообразования в грунтовой толще, при этом поверхность земли приподнимается в виде бугров (рис. 192). В ядре такого бугра содержится лед. Высота бугров может достигать 10—30 м. Давление, возни-

важное значение имеет то обстоятельство, что вода, находящаяся при образовании льда, вымерзая, заслуживает атмосферу. Высвобождение этого поднимавшегося ледяного бутира может вызвать значительные разрушения сооружений, расположенных на их поверхности.

Солифлюкция — катание течения на склонах разжиженной покровной части пород (главным образом почвы). Она возникает в теплое время года при оттаивании пород, пересыщенных влагой.

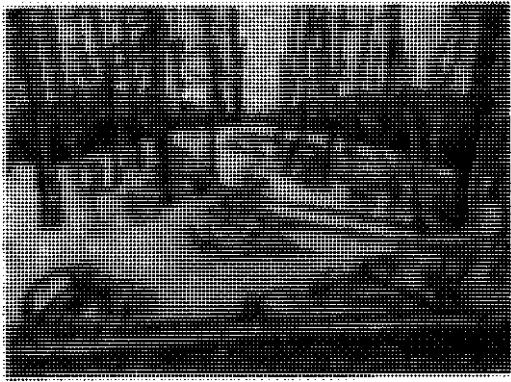


Рис. 112. Ледяной блок (по М. В. Гумилевскому).

Термокарст — одна из форм ледокарста, выраженная танчами ледяных прослоев и линз в испаряющемся теле породы. При этом образуются провалы поверхности. Поверхностные формы термокарста приближаются к основным типам карстовых танчей. Часто же характерно как одновременное коронкинг и провалив, и большинство скучено занесенными водами.

Строительство в районах многолетней мерзлоты

Мерзлые горные породы отличаются своеобразием механическими свойствами. При непрерывном приложении нагрузки они выдерживают давления в

几千吨 и сотни килограммов на квадратный сантиметр. Но при длительном воздействии давления мерзлые породы переходят в текучее состояние. Пластичность мерзлых пород, как показал Н. А. Цытович, возрастает вследствие присутствия в их составе молекулярной жидкости, сохраняющей даже при низких температурах.

При оттаивании прочность мерзлых город резко падает и достигает весьма малых значений. При этом возникает опасность деформации сооружений, называемое провалом мерзлых пород. Син. наименование описание ранее проходки ледовых пород отличается от последних тем, что причиной их возникновения — оттавание. При проходке мерзлых толщ возможно выдавливание разжиженных пород из под фундамента. Массовые деформации сооружений могут быть результатом разработки специальными методами строительства в районах развития мерзлых пород. В настоящее время они сводятся к трем группам мерприятий.

Метод выведения сооружений с сохранением мерзлого режима. В этом случае мерприятия сводится к длительному сохранению низких температур мерзлых оснований. Этот метод применяется при большой мощности вечномерзлых слоев, из которых возводятся те или иные типы гражданских и промышленных зданий.

Метод предпостроенного оттавивания применяется при небольшой мощности мерзлых слоев (до 7—9 м). Одновременно с оттавлением предусматривается искусственное укрепление грунтов различными способами для усиления их строительных свойств.

Метод приспособления сооружений к неизбежным неравномерным осадкам. Для этой цели служат различные конструктивные мероприятия, повышающие жесткость сооружений. Этот метод применим только к шахтам, гравелистым скважинам и т. д.

При возведении сооружений помимо решения сложных вопросов, связанных с механическими особенностями мерзлых город, приходится предусматривать мероприятия по борьбе с теми или иными явлениями, развитыми в областях распространения вечной мерзлоты. Особую большую значимость при решении вопросов проектирования и строительства имеют инженерно-геологические изыскания, которые должны установить: а) строевые толщи вечной мерзлоты и соотношение ее с деятельным слоем;

- б) свойства вечномерзлых пород; в) режим деятельного слоя вечной мерзлоты; г) гидрогеологические характеристики района; д) выявить характер физико-геологических явлений, развитых в районе строительства.

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И СТРОИТЕЛЬНЫХ ПЛОЩАДОК

ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ О МЕСТОРОЖДЕНИЯХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Горные породы как строительные материалы

Горные породы — источник получения естественных строительных материалов и сырья для производства различных искусственных строительных материалов. Используемые для этой цели породы называются полезными ископаемыми.

Участки, на которых имеются естественные скопления полезных ископаемых, носят название месторождений.

Естественными строительными материалами называются различные горные породы, применяемые в строительстве после определенной механической обработки. Наиболее часто для получения строительных материалов используются следующие типы пород:

а) магматические интрузивные — граниты, диориты, синектизы, габбро;

б) магматические эфузивные — липариты, кверциты, порфиры, порфириты, трахиты, андезиты, диабазы, базальты, гемзы;

в) осадочные — песчаники, конгломераты, известняки, доломиты, опоки, пески, гравий, щебень;

г) метаморфические — мраморы, гнейсы, кварциты, амфиболиты, филлиты.

Из перечисленных пород изготавливают следующие различные виды естественных строительных материалов:

1. Штучный камень — к которому относятся облицовочные плиты, ступени, стеллажи, футеровочный (для же-



Рис. 193. Штучный камень из известняков различных

металлургических печей) и дорожный (бордюрный, шашка-брюсчатка) камень, кровельная плитка. Штучный камень отличается правильной формой и изготавливается либо путем распиловки, либо путем обтесывания горных пород (рис. 193).

2. Рваный камень — бутовый, булыжник, щебень и т. д.

3. Мелкие обломочные материалы — песок, гравий, хрящ и др. Эти материалы используются для дорожных насыпей как составная часть бетона, для балластовых кин, устройства дренажей и многих других целей.

Для оценки пригодности горных пород как естественных строительных материалов необходимо знать следующие их особенности и свойства.

Минералогический состав оказывает большое влияние на качество материалов. Как отрицательные примеры в естественных строительных материалах может выступать ряд минералов.

Пирит обладает способностью быстро выветриваться из воздуха с образованием сернистых кислот и бурого железняка, что ворзит полированые поверхности облицовочных плит и снижает прочность материалов.

Квари и кремниевые стяжки, встречающиеся в известниках и мраморах, затрудняют их выломку и

обработку (шлифовку и полировку). Отличаясь высокой стойкостью по отношению к выветриванию, эти минералы выступают на поверхности пород в виде некрасивых выпуклых включений. Кроме того, в местах их скоплений могут появляться трещины.

Слюды при определенном содержании снижают прочность пород и их сопротивление выветриванию. В гранитах, сиенитах, липаритах и других породах она способна снижать прочность только при скоплениях, превышающих 11—13%. В мраморах и известняках слюда снижает прочность и сопротивление выветриванию уже при небольшом содержании (свыше 2—3%). Влияние слюды особенно возрастает при расположении ее в породе в виде полос. (Например, слюда отрицательно влияет на прочность гнейсов.)

Тремолит легко вымывается водой. Часто встречается в мраморе. В этом случае порода приобретает повышенную способность к раскалыванию по зернам этого минерала.

Глинистые минералы могут встречаться в известняках, песчаниках, выветрелых магматических породах. Они снижают прочность и повышают размягченность пород при действии воды.

Минералы нового образования, возникающие при выветривании,—серцит, хлорит, лимонит и другие—резко снижают прочность пород, а также ухудшают внешний вид материала.

Трещиноватость—важная особенность горных пород. Она оказывает отрицательное влияние на прочность естественных строительных материалов. Но иногда трещины способствуют более легкой разработке каменного материала. В случае сильной трещиноватости применимость горных пород в качестве штучного камня ограничена. Трещины служат тем путем, по которому развиваются в глубь пород процессы выветривания, снижающие качество строительного камня.

Структура пород в определенной степени отражает способность их к выветриванию. При прочих равных условиях менее поддаются выветриванию мелкозернистые и равномернозернистые породы.

Большое значение имеют физико-технические свойства пород, характеризующие строительные качества материала:

1. Объемный вес и пористость пород определяют вес получаемых материалов, а также дают возможность судить о морозостойкости, звукопроводимости и воздухопроводимости материалов. По объемному весу все материалы делятся на тяжелые, с объемным весом больше 1800 кг/м³, и легкие, с меньшим объемным весом.

2. Механическая прочность характеризуется временными сопротивлением сжатию. В отдельных случаях определяют сопротивление изгибу или разрыву естественных строительных материалов. По величине предела прочности на сжатие все каменные материалы делятся на марки: для обыкновенных — 100, 150, 200, 300 и т. д., а для легких материалов — 4, 7, 10, 15, 25, 30, 50, 70, 75.

3. Морозостойкость — способность материала в насыщенным водой состоянии выдерживать многократное попеременное замораживание и оттаивание без признаков разрушения и без значительного снижения прочности. При удовлетворительной морозостойкости коэффициент размягчения их больше 0,8. Все естественные строительные материалы по морозостойкости делятся на группы по количеству выдержанных циклов: 10, 15, 25, 35, 50, 100, 150, 200.

4. Истираемость пород характеризуется уменьшением веса или объема, происходящего при трении их о другой материал. Это свойство имеет значение для некоторых видов материалов (дорожных, для полов, ступеней и т. д.).

5. Вязкость материалов проверяется по величине сопротивления удару.

6. Водопоглощение — способность материала впитывать и удерживать воду. Различают объемное и весовое поглощение. Величина весового поглощения равна:

$$B_{\text{вес}} = \frac{g_2 - g_1}{g_1} \cdot 100 \%,$$

где $B_{\text{вес}}$ — величина весового водопоглощения, %;
 g_1 — вес материала в сухом состоянии;
 g_2 — вес материала в насыщенном водой состоянии.

Водопоглощение понижает прочность и морозостойкость пород.

Помимо перечисленных главных свойств, иногда устанавливаются некоторые специальные характеристики теплопроводность, гибкость, коррозионная стойкость, газопроницаемость и др. В качестве примера приведем некоторые требования промышленности к отдельным видам естественных строительных материалов.

Стеновой камень в большинстве случаев изготавливается из известняков, вулканических туфов и некоторых других город, поддающихся легкой обработке и достаточно прочных. Стеновой камень из вулканических туфов должен иметь размеры от 250×215 до 380×390 мм. Объемный вес не более 1,24. Времяное сжатие сжатию 60 кг/см². Водопоглощение не более 50% по весу. По морозостойкости туфы должны выдерживать не менее 15 циклов замерзания.

Стеновой камень из известняка-ракушечника должен обладать объемным весом в пределах от 0,9 до 1,8. Весовое водопоглощение его не должно превышать 30%. Морозостойкость его не менее 10 циклов замерзания. Из ракушечника изготавливают блоки размером 390×190×190 и 390×240×190. Марка стекового камня (или его прочность) из этих пород колеблется от 4 до 50 кг/см².

Мраморные облицовочные блоки изготавливаются размером не менее 0,3 м² при минимальной толщине 0,35 см. Механическая прочность их не регламентируется. Предъявляется требование к способности материала принимать зеркальную полировку. Мраморы должны иметь минимальную пористость ($n < 1,5\%$).

Щебень для бетонов имеет размеры от 5 до 150 мм. Прочность его должна быть в два раза выше марки бетона. Половыашение щебня допускается не более 3—5%. Коэффициент размягчения не менее 0,8 и т. д.

Кровельная панель из физлита изготавливается размером 120×180 мм при толщине от 4 до 9 мм. Она должна выдерживать не менее 25 циклов замерзания. Содержание цирита допускается не более 4%.

Бутовый камень имеет неправильную форму и получается главным образом из песчаников, известняков и доломитов.

Горные породы широко используются также в качестве основного сырья для получения многих искусственных строительных материалов. В отличие от рассмотренных естественных строительных материалов горные по-

роды, применяемые как сырье для промышленности строиматериалов, подвергаются разнообразной механической, термической и химической переработке, в результате которой образуются новые искусственные материалы. Так, одним из важнейших вяжущих материалов является портландцемент, получаемый путем тонкого измельчения обожженной до спекания минеральной смеси (клинкера). Для производства цементного клинкера из горных пород составляется шихта, обогащенная необходимыми для производства цемента компонентами CaO , SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 . В состав шихты должны входить карбонатные (известняки, мел, мергель) и глинистые породы. Отрицательные примеси — окись магния, соединения фосфора, серы и щелочи. В минералогическом отношении преданными примесями являются фосфориты, апатит, полевые шпаты, сидерит, гипс, пирит.

Породы, подбираемые для шихты, должны легко размываться. Химический состав исходной смеси пород должен удовлетворять определенным значениям коэффициента насыщения, силикатного и глиноzemного модуля. Они представляют собой следующие показатели:

- коэффициент насыщения

$$KII = \frac{\text{CaO} - 0,6(\text{Al}_2\text{O}_3 + 0,35\text{Fe}_2\text{O}_3) + 0,55\text{SiO}_2}{2,8\text{SiO}_2}$$

его величина должна быть от 0,80 до 0,92.

б) силикатный модуль

$$\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3}$$

значение его от 1,7 до 3,5;

в) глиноzemный модуль $\frac{\text{Al}_2\text{O}_3}{\text{Fe}_2\text{O}_3}$, его значение должно быть в пределах от 1,0 до 2,5.

Воздушная строительная известь — одна из самых распространенных местных вяжущих. Она получается обжигом (при $T = 1000^\circ\text{C}—1200^\circ\text{C}$) известняков, доломита или мела.

Главное условие при выборе пород для обжига — содержание в их составе не более 8% глинистых примесей. Известь, помимо применения в качестве вяжущего, идет также для производства силикатного кирпича и силикальцита.

Керамические материалы (кирпич, черепица, облицовочная керамика и т. д.) изготавливаются из глинистых пород путем их формования, сушки и обжига. В качестве сырья используют легкоплавкие глины с температурой плавления ниже 1350° С.

В качестве сырья для производства различных строительных материалов, помимо перечисленных горных пород, применяют бокситы, пемзу, трассы, диатомиты, трепел, ололку, пумцоланы, гипс, ангидрит, магнезит, доломит и некоторые другие породы.

Особенно широко используются пески для получения разных силикатных изделий, а также как минеральная составляющая различных строительных растворов и бетонов. Для песков, применяемых в различных материалах, устанавливаются определенные требования. Так, песок для бетонов должен иметь крупность от 0,3 до 5 мм. Содержание фракций менее 0,05 мм допускается не выше 2,5 %. Для штукатурных растворов применяются пески с размером зерен от 1,2 до 0,15 мм. При производстве силикатного кирпича годится песок с крупностью зерен от 0,09 до 6 мм.

Вредными примесями в строительных песках являются пирит, гипс, слюда, уголь, торф, а также пылеватые и глинистые частицы. Содержание слюды в песках для обычных бетонов не должно превышать 0,5 %, а пирита и гипса — не более 1 %.

Способы разработки месторождений

Способы разработки месторождений определяются главным образом петрографическим типом, глубиной залегания и формой тела полезных ископаемых.

Месторождение полезных ископаемых может выходить непосредственно на поверхность или быть закрытым толщей каких-либо отложений, называемых в горном деле пустыми породами. В зависимости от глубины залегания полезных ископаемых их разработка осуществляется двумя методами: подземными или открытymi горными работами. В некоторых случаях полезные ископаемые выходят на дне рек, озер, морей. В таком случае ведется подводная разработка их.

Наиболее распространенная форма разработки горных пород для строительных целей — открытая, при ко-

торой упрощается организация добычи, максимально расширяется фронт работ, удешевляется стоимость продукции. Открытая разработка ведется в карьерах, представляющих собой систему открытых выработок, снабженных горнодобывающими механизмами и транспортными средствами.

В зависимости от типа полезных ископаемых выделяют следующие главные виды карьеров: каменные (ломки), песчано-гравийные, глиняные.



Рис. 194. Схема карьерной разработки строительных материалов:
1 — вскрыша, 2 — уступы полезных ископаемых, 3 — отвал

Для добычи полезного ископаемого в карьерах приходится предварительно снимать пустые породы. Этот процесс называется вскрышой. Соотношение объема вскрыши к объему полезного ископаемого носит название горного коэффициента. Он в определенной степени характеризует рентабельность разработки месторождениям открытым способом.

Очертания карьера в плане зависят от глубины и формы залегания полезного ископаемого, а также характера рельефа. При разработке вскрыши и полезного ископаемого они разбиваются на ряд горизонтальных слоев, разделенных наклонными участками. Каждый такой слой носит название уступа. Высота уступов зависит от состава пород и применяемых методов разработки. Для каменистых карьеров она колеблется от 8 до 27 м, а для рыхлых пород, в зависимости от устойчивости откоса и метода разработки — от 3 до 8 м. Схема карьера приведена на рис. 194.

Выбор методов производства горных работ для вскрыши и добычи полезных ископаемых определяется типом пород, требованиями к добываемым строительным материалам, рельефом участка, экономикой и рядом других факторов. Наиболее часто применяются буро-взрыв-

вые способы, механическая разработка (экскаваторами, скреперами, бульдозерами), гидромеханическая (размы-
вом пород), плавучие механические снаряды (землечер-
палки).

Полученный после разработки материал в зависимости от назначения подвергают дополнительной обработке: дроблению, сортировке и обогащению. Последняя операция представляет собой процесс очистки добывого материала от вредных составляющих. Так, при обогащении песка и гравия удаляют пылеватые и глинистые примеси.

Понятие о проектировании карьеров

При проектировании карьеров решают следующие задачи:

1. Выбирают правильно расположение карьера, обеспечивающее необходимый фронт работ.
2. Устанавливают его плановые очертания и формы поперечных разрезов на разных стадиях разработки месторождения.
3. Назначают технологическую схему добычи полезного ископаемого и выявляют комплекс необходимого для этой цели оборудования.
4. Выбирают вид транспорта для полезного ископаемого и пустых пород.
5. Составляют проект организации работ по вскрыше, добыче и дальнейшей переработке полезных ископаемых.
6. Устанавливают потребности в электроэнергии, воде, паре, газе и проектируют соответствующие сети.
7. Выявляют необходимое количество подсобных и складских помещений и проектируют их расположение.
8. Составляют схему карьера и рассчитывают стоимость получаемых материалов.

Проектирование карьеров ведут по определенным стадиям. Во многих случаях проектированию предшествуют поисковые работы, цель которых — обнаружить и дать общую характеристику полезных ископаемых какого-либо района. Проектирование начинают с составления планового задания, в котором содержатся предварительные данные о размещении карьера, требования к качеству материала, необходимой производительности, условиям работы карьера, условиям транспорта продукции и т. д. На этой стадиидается техническое задание на различные работы.

После составления планового задания проводят гео-

логоразведочные работы, после окончания которых составляют проектное задание, содержащее все основные характеристики карьера, генеральный план, технологические процессы обработки полезного ископаемого после его извлечения, калькуляцию себестоимости продукции, смету по укрупненным измерителям и т. д. После составления проектного задания для крупных карьеров могут выполняться некоторые дополнительные геологоразведочные изыскания и лабораторные исследования.

Окончательный этап — технорабочее проектирование, в процессе которого прорабатывают все детали карьерного хозяйства и составляют полную смету. Таким образом, проектирование карьеров ведется по трем (или двум) стадиям: планового задания, проектного задания и технорабочего проекта.

Для обоснования проекта карьера проводят геологические разведки месторождений. Важнейшие работы, выполняемые в процессе разведки, — геологическое картирование и разведочные работы.

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ КАРТИРОВАНИЕ

Общие представления о геологическом картировании

Геологическая карта представляет собой проекцию на горизонтальную плоскость выходов различных по возрасту и составу пластов. Соответствующие геологические комплексы наносят на обычные топографические карты и выделяют определенными условными обозначениями.

Карты по характеру отражаемых комплексов делятся на следующие типы:

геологические, на которые наносят выходы пластов различного возраста;

литологические, отражающие выход на поверхность пластов разного петрографического типа (песков, глин, сланцев, гранитов и т. д.);

геолого-литологические, дающие представление о возрасте и составе пород, слагающих поверхность.

При построении геологических карт четвертичные отложения, как правило, не наносятся, так как они маски-

рут коренные породы. Четвертичные осадки сохраняются лишь в речных долинах и на некоторых участках.

Четвертичные породы, слагающие поверхность, наносятся на карты четвертичных отложений.

Помимо перечисленных типов карт для различных целей составляются так называемые специальные карты. Примером их могут служить:

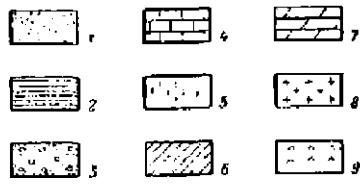


Рис. 195. Условные обозначения горных пород:

1 — песок, 2 — глина, 3 — песок с валунами, 4 — известняк, 5 — доломитовый известняк, 6 — доломит, 7 — мергель, 8 — гранит, 9 — габбро, базальт

инженерно-геологические карты, отражающие геологические условия возведения сооружений; гидрогеологические карты, дающие представление о характере залегания подземных вод.

Карты различают по масштабу. По этому признаку выделяют следующие их типы:

1) мелкомасштабные, или обзорные государственные карты, масштаб меньше 1:2 500 000;

2) обзорные карты — республиканские и краевые — масштаба 1:1 000 000;

3) крупномасштабные карты: 1:200 000, 1:100 000 и 1:50 000;

4) детальные (гидрогеологические, инженерно-геологические, карты месторождений полезных ископаемых и др.), масштаб которых: 1:25 000, 1:10 000, 1:5000, 1:1000, 1:500 и даже 1:250.

На всех геологических картах для выделения пород по возрасту и составу употребляют определенные условные обозначения (рис. 195).

Возраст пород обозначают определенным цветом и условными буквенными обозначениями — индексами (табл. 26).

Таблица 26

Наиболее распространенные условные цвета и индексы

Время и периоды	Цвет на геологических картах	Индекс
Кайнозойская эра		
Четвертичный	Светлый серовато-зеленый	Q
Третичный	Желтый	Tr
Неогеновый	Светло-желтый	N
Палеогеновый	Оранжевый	Pg
Мезозойская эра		
Меловой	Зеленый	Cr
Юрский	Синий	J
Триасовый	Светло-зеленый	T
Палеозойская эра		
Пермский	Коричнево-красный	P
Каменноугольный	Серый	C
Девонский	Коричневый	D
Силурский	Зелено-серо-коричневый	S
Ордовикский	Фиолетовый	O
Кембрийский	Лимонный	Clm
Протерозойская эра		
	Розовый	Rz
Архейская эра		
	Розовый	Ar

Для получения детальных данных о геологическом строении местности по какой-либо линии строят геологический разрез, который в отличие от карты представляет собой проекцию границ напластований на вертикальную плоскость. Геологические разрезы могут строиться как по данным полевых наблюдений, так и по геологической карте.

Геологическая карта строится на основании данных, полученных при геологической съемке территории.

Геологические съемки

Под геологической съемкой понимается комплекс полевых работ, имеющих целью составление гео-

логических карт и разрезов. При геологических съемках выполняются следующие полевые исследования:

- а) рекогносировочный осмотр территории съемки;
- б) изучение и описание естественных обнажений;
- в) разведочные работы и их документация для характеристики участков, бедных естественными обнажениями;
- г) отбор проб;
- д) нанесение на карту объектов геологических наблюдений или их топографическая привязка.

Все полевые исследования и наблюдения вносят в полевые книжки и дневники, которые наряду с картой служат главными документами геологического картирования. Помимо этого, при съемочных работах отбирают образцы и пробы пород; а также выполняют зарисовки и фотографирование различных геологических объектов.

Одни из главных объектов изучения при съемках — естественные обнажения, к которым относятся стенки оврагов, крутые склоны балок, уступы речных террас, промоины и прочие природные углубления и выступы рельефа. Каждое естественное обнажение заносят на карту, номеруют, детально описывают и зарисовывают. Иногда обнажения фотографируют. Из обнажений отбирают образцы и пробы пород. Особенно тщательно при изучении обнажений определяют элементы залегания пластов (углы падения, простирание), а также их мощность.

Пример простейшего описания естественного обнажения, занесенного в дневник геологической съемки

Обнажение № 42

Месторождение: правый берег балки Большой (уступовая часть).
Отметка поверхности: +64,35.

1. Чёрнозем обыкновенный, суглинистый, сухой, с корнями растений. Мощность 0,8 м.
2. Суглинок, желто-бурый, лёссовидный, слабовлажный, содержит редкие корнеходы (образец 42 а). Мощность 4,9 м.
3. Известняк-ракушечник, кавериозный, каверны в верхней части не заполнены, а в нижней части видимого слоя заполнены глинистым материалом. В толще известняков развиты трещины, ориентированые под углом 30° к напластованию. Слон известняка залегают горизонтально. Книзу слои известняка приобретают более темную окраску (серовато-желтую). Видимая мощность 2,1 м.

Ниже склон прикрыт делювием.

Все слои залегают горизонтально.

Описание обнажений сопровождают четкими и ясными зарисовками, выполненными в масштабе 1 : 20—1 : 50. Каждая зарисовка должна быть ориентирована на местности. На рис. 196 дано описание обнажение.

На участках, бедных естественными обнажениями, проводят разведочные работы (шурфование, бурение и т. д.), которые также тщательно документируют.

Методика геологической съемки зависит от ряда факторов, из которых главное значение имеют масштаб съемки, степень обнаженности территории, назначение съемок.

Наиболее распространенные методы крупномасштабных съемок следующие.

Изучение и оконтуривание отдельных обнажений. В этом случае карта строится по результатам детального изучения отдельных обнажений. Этот метод применяют при плохой обнаженности района.

Маршрутная съемка. Заключается в описании естественных и искусственных обнажений по определенным, заранее намеченным маршрутам. Этот вид съемки особенно необходим для районов, имеющих хорошую обнаженность коренных пород. Маршруты назначают, как правило, вкрест простирания пород.

Метод прослеживания пластов. Он заключается в выборе какого-либо пласта (или группы пластов) и прослеживании его выходов с нанесением на полевую карту на возможно большем расстоянии. Этот метод применим только при хорошей обнаженности территории.

Съемка профилями. Заключается в построении разрезов по естественным обнажениям и выработкам на заранее намеченных профилях. Этот вид съемки часто применяется для составления геологических карт полезных ископаемых, залегающих горизонтально или со слабым наклоном.

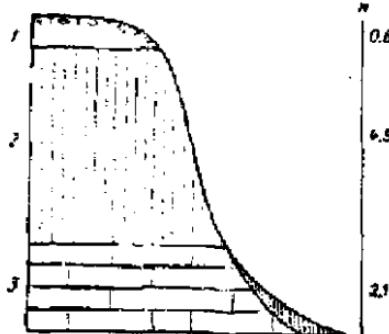


Рис. 196 Зарисовка естественного обнажения

Площадная съемка, при которой картируется вся изучаемая площадь. Для каждого масштаба съемки необходимо определенное количество точек наблюдений. Если их оказывается меньше чем это требуется, то геологические съемки не соответствуют по детальности выбранному масштабу. П. В. Вейнерман выявил следующую зависимость густоты точек при детальной геологической съемке от разных масштабов.

	1:1000	1:5000	1:10000	1:25000
Площадь клетки, овещаемая одной точкой-обнажением, м^2	800	10000	20000	123000
Минимальное количество точек-обнажений для освещения 1 км^2 площади	1250	100	25	7
Дополнительное количество точек-обнажений, необходимое для детализации 1 км^2 площади	300—500	30—50	0—20	3—5

При полевых съемках для составления гидрогеологических и инженерно-геологических карт, помимо общегеологических наблюдений, проводят специальные обследования.

При гидрогеологической съемке тщательно изучают и документируют все выходы подземных вод (источники, колодцы, ключи и т. д.), устанавливают минерализацию воды, выявляют все водопроявления на участках съемки, выясняют наличие взлорвных и ненапорных подземных вод и т. д.

При инженерно-геологическом картировании исследуют и документируют физико-гемогенные явления и инженерно-геологические процессы, развитые в районе, исследуют физические и механические свойства пород, изучают явления деформации ранее возведенных зданий и сооружений и т. д.

Для составления специальных карт строительных материалов применяется ряд методов, из которых распространен метод С. Ф. Малышкина, когда картируют горные породы — строительные материалы, за-

легающие на глубине 4 м, при этом материалы в зоне выше 4 м отбрасываются. Недостаток этого метода — отсутствие учета материала из четвертичных пород.

Очень удачна раздельная съемка четвертичных и коренных пород. При этом дается детальная петрографическая характеристика первой и второй группы пород. Пример подобных съемок — карты, составленные в 1938 г. Н. П. Малюковым для европейской части СССР.

Некоторые понятия о построении геологических карт и разрезов

В результате обработки полевых съемочных материалов составляют геологическую карту. Главная задача, стоящая перед геологом, — проведение на карте граничных линий выходов пластов на горизонтальную поверхность. При построении их используют полевые данные о характере залегания пластов в обнажениях, анализ общих геологических условий района, а также определенные правила построения проекций. Часто геологу приходится по отдельным разрозненным обнажениям восстанавливать истинное положение выходов коренных пород на участках, скрытых от его взора толщами четвертичных отложений. Если пласти залегают горизонтально, то на карте их граничные линии будут параллельны горизонталям (рис. 197, А).

Граничные линии пластов, имеющих угол падения 90° (т. е. вертикально падающих), будут представлены прямыми линиями, пересекающими карту в направлении простирации пластов (рис. 197, Б).

Наконец, если на поверхность земли выходят наклонно падающие пласти (моноклинальные залегания), то их выходы будут образовывать криволинейные линии, находящиеся под разными углами к горизонтальным (рис. 197, В). Получающиеся граничные линии будут пересекать горизонтали. На участках понижений рельефа они будут отклоняться в направлении падения пород, а на возвышениях — в направлении противоположном падению. Чем больше угол падения пород, тем меньше граничные линии отклоняются от прямой.

По геологической карте с горизонтальными можно легко определить элементы залегания наклонно падающих

пластов, их конности и рассчитать толщину залегания в любой точке местности.

Сложные залежи пластов на карте образуют сложный рисунок, зависящий от степени различности рельефа. Возможное образование нескольких изолиро-ванных участков залежи одного «одного» эзагообраз-

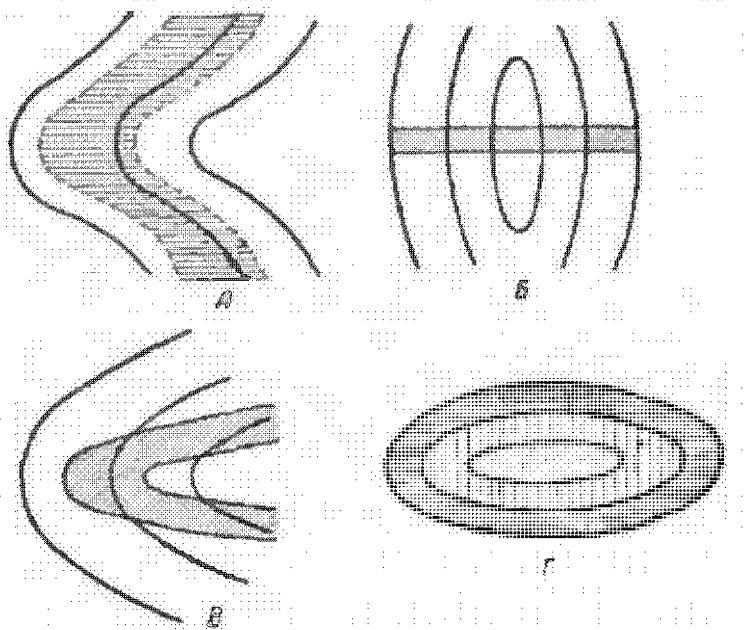


Рис. 107. Иллюстрации на картах наложения пластов («одного» залежи) на поверхность: А — горы; Б — холмы; В — впадина.

ного выхода. Синклиномы и антиклинали образуют на плоской поверхности замкнутые эллиптические выходы (рис. 197, 7).

Геологические разрезы, имеющие большое значение при проектировании карьеров, могут строиться либо на основании горизонтальных («наблюденные»), либо по геологическим картам («построенные»). Для составления разрезов выбираются направления, другие разрезы

простираясь (параллельно залежи). Наблюдаемые разрезы могут строиться как по обнажениям, так и по результатам бурения и шурфования (рис. 108). По геологическим

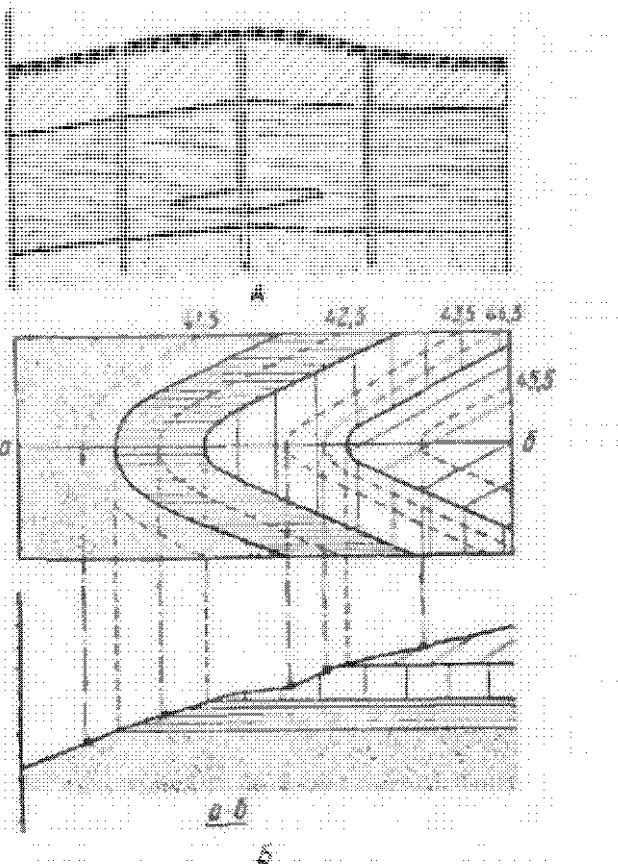


Рис. 108. Геологические разрезы: А — по обнажениям (наблюденные); Б — по карте (построенные).

карты, исходя из горизонтальности построение разрезов не представляет особого труда. При горизонтальном залегании пластов их границы линии склонены к горизонтали.

Построение разреза начинается с выбора его масштаба. В большинстве случаев горизонтальный масштаб берется тот, который имеет геологическая карта, а вертикальный масштаб соответственно принимается крупнее в 2–10 и даже 20 раз.

Далее построение разреза по геологической карте имеет следующую последовательность (рис. 198).

1. По топографическим правилам строят профиль поверхности по заданной линии.

2. Под полученной профильной линией в соответствии с положением граничных линий выходов пластов проводят горизонтальные поверхности слоев. Затем виды пород обозначают принятыми условными обозначениями.

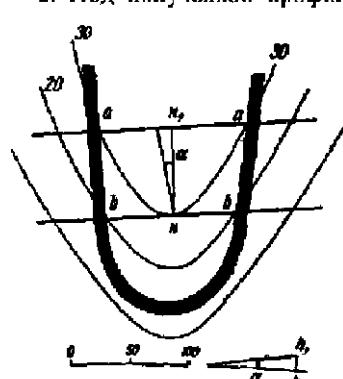


Рис. 199. Определение угла падения наклонных пластов по геологической карте с горизонтальными линиями.

иу его находят по геологической карте с горизонтальными. Можно видеть, что если на рис. 199 на линии, соответствующей кровле пласта, найти точки пересечения с горизонталью 30 (точки *a* и *a'*), затем с горизонталью 20 (точки *b* и *b'*), то полученные линии *a—a'* и *b—b'* будут представлять собой линии простирания, проведенные в плоскости пласта на отметках 20 и 30. Если измерить по масштабу расстояние между этими линиями (*k₁—k₂*), представляющее собой проекцию действительного расстояния между ними, а также установить разность отметок точек *h₁—h₂*=*H*, тогда (см. рис. 199)

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{h_1 - h_2}{k_1 - k_2} = \frac{H}{l}$$

Во взятом примере: *l*=76, а *H*=30–20=10, отсюда $\operatorname{tg} \alpha = \frac{10}{76} = 0,13$, угол $\alpha \approx 8^\circ$. Угол падения может быть также найден графически, как это показано на рис. 199.

Зная величину угла падения, можно легко построить геологический разрез моноклинально залегающей группы пластов и определить их действительную мощность.

Если на участке есть те или иные формы дислокаций, то разрез строятся на основе анализа тектонического строения района.

РАЗВЕДОЧНЫЕ РАБОТЫ

Разведочные выработки

При разведке месторождений, геологической съемке, инженерно-геологических исследованиях строительных площадок и в других случаях для выявления характера геологического строения участков выполняют разведочные работы. Среди них главное значение имеет проходка различных типов разведочных выработок.

Разведочные выработки проходятся путем проведения горных работ. Наиболее широко применяют расчистки, копушки, шурфы, канавы, штольни, шурфы с квершлагами, буровые скважины.

Скорость горнопроходческих работ и способы их ведения в значительной степени определяются требуемой глубиной выработки и составом пород.

Рассмотрим главнейшие типы разведочных выработок.

Копушки (закопушки) — мелкие поверхностные вертикальные выработки сечением 0,4×0,4 или 0,4×0,6 м. Их глубина не превышает 0,8 м. Копушки применяют при малой мощности рыхлых покровных пород.

Расчистки служат для снятия рыхлого делювия и выветрелых частей пород с наклонных поверхностей естественных обнажений (например, стенок оврагов). Для сокращения объемов работ они устраиваются уступами (рис. 200, Б).

Канавы и **траншеи** — выработки шириной до 0,8 м и глубиной до 3 м (рис. 200, А). Проходятся вручную или с помощью экскаватора. В зависимости от глубины и состава пород стенкам канавы придают тот

или вином откис. В процессе проходки канав их очищают и защищают в специальных журналах и удаляют места отбора проб и образцов.

Шурфы представляют собой вертикальные разведочные выработки. Форма их поперечного сечения квадратная или прямоугольная. Площадь сечения до 2 м².

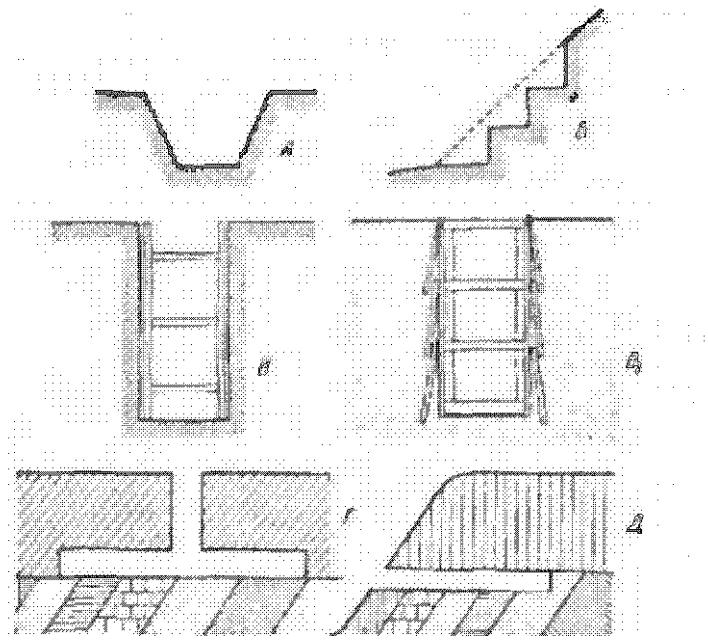


Рис. 200. Горные выработки: *А* — канава; *Б* — планировка; *В* — распорки крепления; *В₁* — забойные крепления; *Г* — шурф с окончанием; *Д* — шахта.

(1,25 × 1,0, 1,5 × 1,0, 1,6 × 1,25 м). Иногда применяют шурфы с круглым сечением, называемые дудками. Диаметр дудок принимается равным 0,9 м. Глубина шурфа может достигать 50 м и более, на практике шурфы в большинстве случаев доводят до глубины 10–15 м.

В склонах и слабых глинистых породах проходка шурфов осуществляется с креплением стенок. Наиболее простой способ крепления — разборный, при кото-

ром стеники укрепляются досками, удерживаемыми гибкой распоркой (рис. 200, *В*). В сухих сыпучих породах утрамбивают забойное крепление, при котором грунт укрепляют крепью, состоящей из досок, засыпаемых по внешнему периметру сплошных рам.

Наконец, в некоторых случаях при необходимости длительной службы шурфа устанавливают срубовое крепление из пластика либо кирпично-лиса.

При проходке шурfov ведутся шурфовой журналь, в котором детально записывают данные о вскрытых пор-

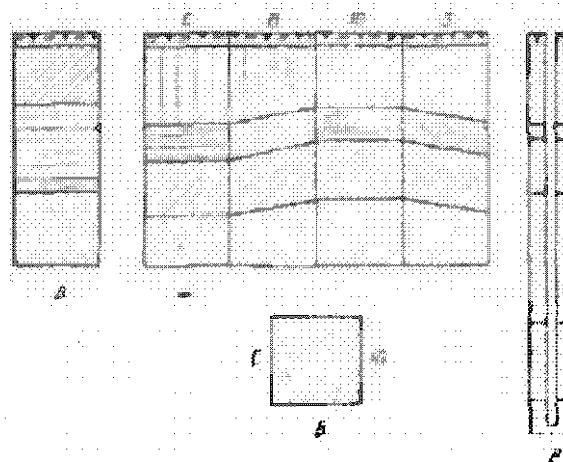


Рис. 201. Геологические разрезы в разработках горных выработок: *А* — шахта; *Б* — разборка; *В* — забойное крепление; *В₁* — шурф с окончанием; (*С*, *Д*, *Е*) — стены шурфа.

породах, условиях их залегания, появление грунтовых вод и т. д. Помимо этого, зарисовывают разрез шурфа, на который наносят строение одной стени. При вскрытии горючим генетическом строении разных стенок шурфа строится его развертка (рис. 201). Шурфы позволяют детально изучать особенность строения и залегания горных пород. Они дают возможность получать качественные образцы пород-монолитов (сохраняющих естественную структуру).

Отрицательные стороны шурфования — сравнительно высокая стоимость работ, трудоемкость проходки шурfov.

в условиях притоков пресных вод и сравнительно большие затраты времени.

В настоящее время для проходки неглубоких дуодиаметром до 2000 мм стали применять специальные виды механического бурения (шнековое, роторные и др.), которые позволяют значительно ускорить производство работ.

Шурфы с квершлагами представляют собой комбинацию шурфа с квершлагом — подземной горизонтальной выработкой, направленной вдоль простирации пород и выходящей в шурфе (рис. 200). Они применяются при условии значительной толщины пустых пород, прикрывающих полезное месторождение, а также при отсутствии скважин.

Штолины представляют собой горизонтальные разведочные выработки, имеющие один выход на поверхность. Они проходят на склонах в глубь массива (рис. 200). Их целесообразно применять при наличии значительной толщи пустых пород, прикрывающих круто наклонные пласты полезных ископаемых. Штолины предполагают трапециoidalное сечение высотой 1,5—1,6 м. При этом нижнее основание берется равным 1,3—1,5 м, а верхнее — 0,8 м. Стены штолин, как правило, крепятся.

Бурение

Одним из главных видов разведочных работ — бурение, которое заключается в проходке в толще земной коры круговых вертикальных или наклонных выработок малого диаметра, называемых буровыми скважинами. Верхняя часть скважин крепится кустом, а дно забоя.

В зависимости от способа работ различают бурение ударное, ударно-вращательное, вращательное и вибрационное.

При ударном бурении скважина разрабатывается ударами по забою, производимыми с помощью специальных инструментов — долот.

Ударно-вращательное бурение широко применяется при инженерно-геологических изысканиях и представляет собой комбинированную разработку скважин ударами и вращением.

Вращательное бурение наиболее распространено. При нем режущий инструмент разрабатывает грунт вращением с постепенным перемещением в глубину пород.

Вибрационное бурение позволяет погружать в грунт буровой инструмент при помощи специального механизма — вибратора.

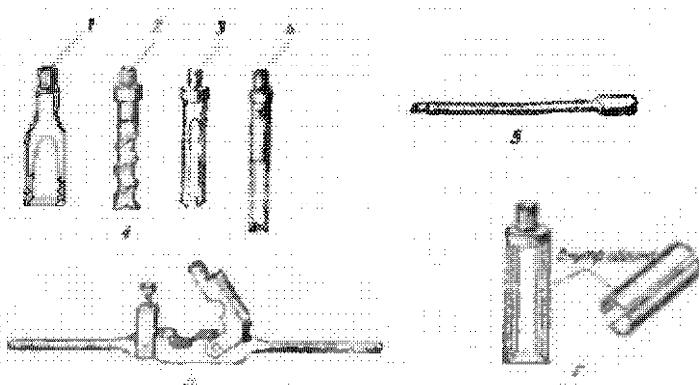


Рис. 201. Инструменты для бурения: А — якорная (1 — пластинка, 2 — кольцо); Б — буровая лопата; Г — цапка; Д — китары с муфтой; Е — ятмы; Ж — грунтодел.

Бурение может быть ручным и механизированным.

Ручное бурение применяется для проходки скважин глубиной до 50—100 м. Набор инструментов, употребляемых при ручном бурении (буровой комплект), следующий: буровые якорные цапки, представляющие собой набор инструмента для непосредственной разработки скважин. Главные типы якорников (рис. 202): долото, применяемое для разработки твердых пород, буровая лопатка — для бурения в суглинках, супесях и других мягких породах эрозии, употребляемый при проходке пластичных пород, а также суглинков, содержащих гравийные включения; жестька, используемая для проходки в щебеносыщенных песках и разжиженных пылевато-глинистых породах. Для того чтобы якори грунт можно было извлекать из

поверхность, жалоны на конце снабжаются специальными клапанами.

Наконечники укрепляют на металлических штангах, представляющих собой стальные трубы диаметром 33—48 мм. Длина штанги различна — от 1 до 3,5 м. По мере углубления скважин штанги наращивают, соединяя

при помощи муфт. Вращение штанг и буровых наконечников осуществляется при помощи хомутов (жимков) специальных ключей, захватывающих штанги.

Для закрепления стенок скважин применяют обсадные трубы. На конце они снабжены специальными башмаками, имеющими несколько больший диаметр, чем трубы. Они снабжаются режущими зубьями, что облегчает погружение обсадных труб в породы.

В качестве вспомогательного инструмента применяют различные приспособления: деревянные хомуты для погружения обсадных труб, подкладные вилки, задерживаю-

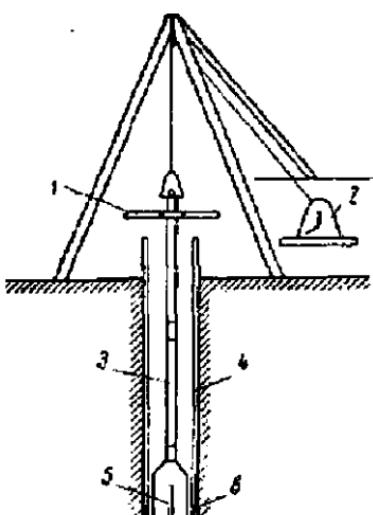
Рис. 203. Схема ручного ударно-вращательного бурения:

1 — жимок, 2 — лебедка, 3 — штанга, 4 — обсадная труба, 5 — бур наконечник, 6 — башмак

щие штанги при их соединении и разъединении и т. д. Отбор проб с неизмененной структурой проводится при помощи специальных грунтоносов; схема одной из конструкций грунтоносов приведена на рис. 202.

На рис. 203 показана схема ручного ударно-вращательного бурения. Для удобства поднятия и опускания колонн штанг в скважину применяют буровые треноги или вышки, а также лебедки разных типов. Ручное ударно-вращательное бурение может быть различных диаметров: 3", 4,5", 6", 8", 10" и 12".

Механическое бурение получает все большее распространение в практике разведочных и инженерно-



геологических работ. Наибольшее применение находит вращательное бурение. Буровые станки для этого вида бурения представляют собой комбинации следующих частей:

- а) механизмов, приводящих в движение инструменты, разрабатывающие грунты;
- б) лебедок, осуществляющих подъем и спуск рабочего оборудования;
- в) механизмов, позволяющих в процессе работы осуществлять непрерывную подачу (опускание) разрабатывающего инструмента;
- г) насоса для нагнетания промывающей жидкости в скважины. Ее назначение — охлаждение инструмента и очистка забоя от буровой муки.

Механизмы буровых станков приводятся в движение либо электродвигателями, либо двигателями внутреннего сгорания.

При вращательном бурении разработка скважин ведется двумя методами: сплошным или кольцевым забоем (колонковое бурение).

При сплошном забое разрабатывается все сечение скважин. Таким путем осуществляется роторное бурение. Рабочей частью бурового станка этого вида бурения служит укрепленное на конце колонны штанг специальное долото (рыбий хвост, шарошечное), приводимое ротором во вращение вместе с системой штанг.

Станки для бурения сплошным забоем (рис. 204) в настоящее время выпускаются смонтированными на автомашинах. Можно назвать ряд самоходных станков, выпускавшихся советской промышленностью (марки АВБ-100, АВБ-3-100). Они обеспечивают бурение на глубину до 100—150 м.

Колонковое бурение (с кольцевым забоем) проводится путем разработки забоя скважины специальными коронками. Коронки выпиливают из пород столбик, который входит внутрь трубчатых штанг. Режущие части коронок снабжаются пластинками твердых сплавов, алмазами и т. д.

В результате колонкового бурения получается керн — столбик породы, выпиленный коронкой. Его отрыв от породы осуществляется при помощи специального устройства — рвателья. Бурение ведется с промывкой скважины

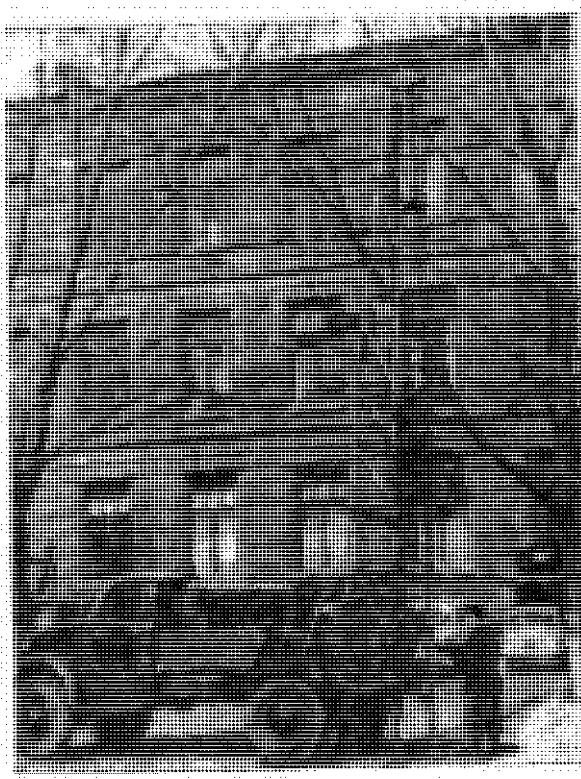


Рис. 234. Буровой станок, смонтированный на машине.

водой, которая охлаждает коронку и вымывает продукты изстирания пород. Головки. Наиболее распространенные головки для этого типа бурения КА 2М-300, КАМ-500 и др.

Новая разновидность механического бурения — проходка скважин при помощи шнеков — интересных винтовых лопастей, винтообразно охватывающих штанги. Шнековое бурение позволяет проходить скважины диаметром от 120 до 1500 мм.

Глубина этого типа бурения возможна до 100 м. Скорость проходки шнековым бурением достигает в различных видах 300 м/мин.

Советских промышленников в настоящие времена выпускают высокоскоростные стакки, синхронизированные на автоматических.

Вибробурение применяют для погружения в шахты буровых насосчиков и обсадных труб. Для этого же штанги как из наклонечных устремляются вибратор. Погледний создает колебание высокой частоты, передаваемое на разрабатываемый инструмент. Вибробурение позволяет достичь большей скорости проходки. Этому способствуют высокие усилия, возникающие в трущихся при вибрациих стаках. Скорость бурения в м/мин.

Документация бурения осуществляется путем записи бурового журнала, куда заносят данные и применяемые всенесущие, трудности бурения, величину проходки за смену, глубину погружения обсадных труб, отобранных образцов, описание пород, подземных водах и т. д. По данным бурения составляется колонка (разрезы) буровой скважины, образец которой показан на рис. 201.

Бурение дает возможность изыскать быстро и дешево складывать условия залегания горных пород, а также отобрать пробы из всех интересующих прослоев. Недостаток это — малая точность полученных сведений о тонких прослоях и трудность отбора образцов с неизмененной структурой.

Геофизические методы исследования

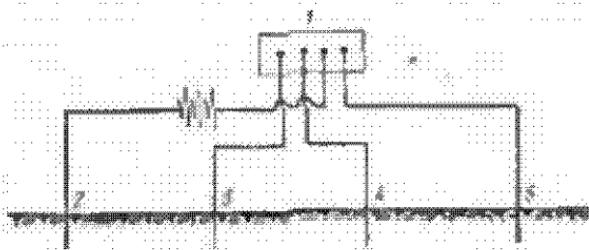
В последние годы все большее распространение при геологических съемках и гидрогеологических исследованиях находят геофизические методы. В большинстве случаев они применяются как вспомогательные методы, позволяющие сократить объемы горнопроходческих работ и значительно ускорить геологические разведки.

Геофизиками созданы различные методы исследования геологического строения поверхности, каждый из которых основан на тех или иных физических свойствах пород. Рассмотрим главнейшие из них.

Сейсмические методы основаны на различии в скоростях распространения упругих колебаний, возникающих как от естественных причин, так и от специальных производимых взрывов.

Магнитные методы основаны на исследовании магнитных аномалий, возникающих на отдельных участках земной коры. Эти методы особенно эффективны для выявления некоторых полезных ископаемых (гематита, магнетита и др.).

Наибольшее распространение в практике геологических съемок и инженерно-геологических исследований



При электропрофилировании на исследуемом участке забивают серию створов и на каждом из них измеряют сопротивление пород путем перемещения установки с фиксированным положением электродов (рис. 205). Перемещая эту систему электродов (без изменения их расстояния) вдоль створа, можно получить

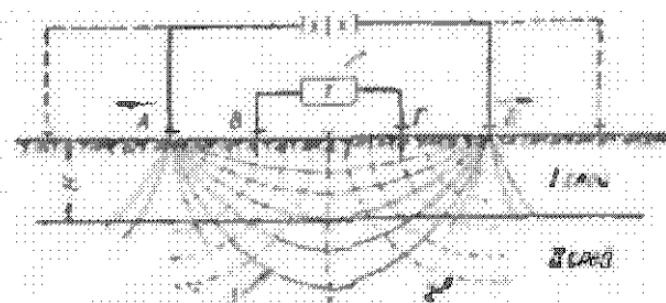


Рис. 205. Схема вертикального электрического зондирования (ВЗЭ):
1 — измеритель; 2 — зондирующий электрод; 3 — линия тока

1 — измеритель; 2 — зондирующий электрод; 3 — линия тока

сведения об изменении на участке удельного сопротивления пород. Обработка полученных данных измерений на ряде профилей позволяет устанавливать участки с нарушенным геологическим строением (определенным по аномальным значениям удельного сопротивления пород). Электроразведка с успехом применяют для обнаружения карбонатных пустот.

Для получения данных о глубинах и условиях залегания разнородных пластов используют метод вертикального электрического зондирования (ВЗЭ). Сущность его заключается в том, что по мере увеличения разноса (расстояния между питающими электродами A и B) возникает перекашение линий токов на большую глубину (рис. 206). Поэтому по мере возрастания разноса электродов AB будет происходить увеличение глубины электроразведки (H). Последняя может быть спроецирована из простой зависимости:

$$H = \frac{1}{3} AB$$

В процессе зондирования измеряют силу тока в линии зондовой сети, а при помощи потенциометра ЭП-1 и зондодоров В и Г устанавливают кажущуюся сопротивимость пород (пр.). Использование ведется к серии измерений, выдаваемых в последовательности различиях.

Результаты измерений составлять разрез, в котором выделяются слои с различной величиной кажущегося сопротивления. На рис. 207 приведены кривые ВЭЗ, соответствующие съемкам бурения. Толщина разрезов, получаемых с помощью ВЭЗ, зависит от рода физических явлений. При упомянутой выше разведке известняков в Позднекаменном разрезе различия между значениями своих, полученных бурением и ВЭЗ, составляли ± 3 %. Наибольшие погрешности ВЭЗ наблюдаются при малой глубине размещения гипсовых пластов (2-3 м), а также при значительной глубине ее залегания (более 15 м).

Метод электроразведки, albeit бывший в прошлом времени и хрониках, откуда вытекает необходимость широкого внедрения их при инженерно-геологических исследованиях и геологоразведочных работах для поисков и разведки месторождений строительных материалов.

ПОИСКИ И РАЗВЕДКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Понятие о разведке месторождений

Цель геологоразведочных работ — получение данных о характере залегания полезного ископаемого, его качестве и запасах, необходимых для проектирования горнодобывающих предприятий.

Разведочные работы выполняют по стадиям, тесно взаимосвязанным друг с другом. Выделяются следующие виды разведок: 1) поиски; 2) предварительная разведка; 3) детальная разведка; 4) эксплуатационная разведка.

При поисковых работах перед геологами ставятся следующие задачи:



Рис. 207. Кривые НЭЗ, соответствующие съемкам бурением.

1) исследовать изученный район с целью обнаружения месторождений строительных материалами;

2) получить данные для сопоставления встречающихся на территории изыскок месторождений и выбрать из них наиболее подходящие для разработки;

3) сделать отбор проб для начальной качественной характеристики строительных материалов;

4) получите приближенные данные о запасах полезных ископаемых.

При предварительной разведке получают следующие данные:

а) выявляют геологические условия залегания полезных ископаемых (характер геологического разреза, структурные особенности, формы рудного тела и т. д.);

б) выявляют участки для дальнейшей детальной разведки месторождений;

в) качественное определение месторождений;

г) уточняют запасы полезных ископаемых.

Детальная разведка призвана решить задачи:

а) детального изучения геологии месторождений;

б) гидрогеологических и инженерно-технических условий эксплуатации месторождений;

в) дальнейшего уточнения запасов полезного ископаемого;

г) окончательные оценки качества строительных материалов.

Эксплуатационная разведка имеет своей целью уточнение запасов полезных ископаемых в процессе разработки карьеров. Она осуществляется лишь в особых случаях.

Геологические исследования месторождений ведутся в соответствии с проектами поисковыми и разведочными работами. Каждый из разведок состоит из трех этапов: подготовительного, полевого и камерального. Прежде чем приступить к выполнению поисковых и геологоразведочных работ, проводятся подготовительные работы. Они заключаются в проведении ряда важных мероприятий:

а) сборе и изучении архивных, фондовых и литературных материалов по территории разведок;

б) в подборе необходимых геологических и топографических карт.

в) организации партии (подборе сотрудников, приобретении и доставке к месту работы механизмов, транспорта и т. д.).

Полевые работы заключаются в выполнении намеченных геологосъемочных и разведочных работ (бурения, шурфования, опробования и т. д.).

Камеральный этап сводится к увязке всех полученных полевых данных, составлении разрезов, геологических карт, написании отчета и утверждении подсчета запасов в Государственной комиссии по запасам при Совете Министров СССР (ГКЗ) или Территориальной комиссии по запасам (ТКЗ).

Особенно ответственная часть работы — составление отчета. Последний включает следующие разделы:

1. Введение, в котором излагаются задачи исследований, их юридическое обоснование, сроки и сметная стоимость работ.

- 2. Географическое положение месторождения.**
- 3. Экономические сведения о районе.**
- 4. Орография территории месторождения.**
- 5. Климатическая характеристика района.**
- 6. История геологической изученности месторождения,**
- 7. Геологическая характеристика района.**
- 8. Геологическое строение месторождения.**
- 9. Гидрогеологическая характеристика месторождения.**
- 10. Описание выполненных геологоразведочных работ.**
- 11. Требования к строительным материалам и качественная характеристика месторождений.**
- 12. Гидрогеологические условия эксплуатации месторождения.**
- 13. Подсчет запасов.**
- 14. Экономика и эффективность проведенных геологоразведочных работ.**
- 15. Заключение.**

Отчет сопровождается графическими (карты, разрезы, колонки, развертки и т. д.) и текстовыми приложениями (журналы, ведомости лабораторных испытаний, петрографические и минералогические описания, акты и т. д.).

Классификация месторождений по признакам, определяющим методы разведочных работ

Месторождения строительных материалов крайне разнообразны по условиям залегания, геологическому возрасту, минералого-петрографическому составу, происхождению. По классификации ВИМСа (Всесоюзного института минерального сырья), с точки зрения выбора методов разведочных работ все месторождения делятся на 4 группы:

I группа — пластовые и пластообразные месторождения. Они характеризуются горизонтальным (или слабонаклонным) залеганием. Эта группа месторождений делится на следующие подгруппы:

выдержаные месторождения, в которых качество полезных ископаемых выдерживается на протяжении сотен метров;

невыдержаные месторождения, в которых качество полезных ископаемых изменяется на небольших расстояниях;

месторождения, образованные малошкольными пластами.

В первую группу входят месторождения многих строительных материалов: известняков, мергелей, гипса, оgneупорных глин, суглиников, песчаников, конгломератов, галечника и некоторых эфузивных пород.

II группа — пластовые и пластообразные месторождения с нарушенным залеганием. Здесь также выделяются подгруппы месторождений, выдержанных и невыдержанных по качеству.

Характерная черта месторождений этой группы — наличие складчатых и дислокаций пластов полезных ископаемых. Сюда же относятся моноклинально залегающие пластовые месторождения с углами падения более 20–30°, а также месторождения, нарушенные карстовыми и оползневыми процессами. В эту группу входят месторождения известняков, гипса, мергелей, глин, песчаников, метаморфических пород и других строительных материалов.

III группа — месторождения линзовидной, вытянутой или неправильной формы. Эта группа месторождений отличается разнообразием очертаний в плане. Сюда входят

залежи элювиальных и аллювиальных отнеупорных и тугоплавких глин и суглинков, отдельные месторождения гипса, ледниковые, аллювиальные, флювиогляциальные скопления песчано-гравийного материала и некоторые другие.

IV группа — месторождения, в которых породы залегают в виде крупных штоков и неправильных залежей, а также образуют куполообразные и грядообразные массивы. В эту группу входят главным образом месторождения глубинных магматических пород, отличающиеся выдержанностью качественных показателей каменных материалов в глубину и по простирации.

Сюда же входят некоторые месторождения известняков.

Для каждой из рассмотренных групп месторождений приходится применять определенный подход при выборе методики проведения разведочных работ.

Методы оценки запасов полезных ископаемых

Определение запасов полезных ископаемых — важнейшая задача геологоразведочных работ. В зависимости от степени разведенности месторождений запасы подразделяются на 5 категорий:

Категория A₁ соответствует запасам, определенным на основании эксплуатационной разведки на действующих карьерах. Эта категория запасов используется для производственного плавирования.

Категория A₂ — запасы, подсчитанные на основании данных детальной геологической разведки. Категория A₂ служит для обоснования технического проекта карьера.

Категория B — запасы, установленные на площадях, разведенных и оконтуренных горными выработками. Подсчет по этой категории проводится, как правило, в результате предварительной разведки месторождений. Природные типы полезных ископаемых и промышленные сорта при этом подсчете устанавливаются без детализации. Эта категория запасов достаточна для составления проектного задания карьеров.

Категория C₁ — запасы подсчитываются на основании редкой сети разведочных выработок или обнажений. Этой

категории запасов может быть установлены при детальных поисковых работах. По категории C₁ составляются перспективные планы развития добычи строительных материалов.

Категория C₂ — запасы, подсчитываемые по геологическим и геофизическим данным, подтвержденным отдельными выработками. Для подсчета этой категории запасов достаточны данные поисковой разведки.

Расчет запасов полезных ископаемых проводится на основании данных геологоразведочных работ, дающих представление о мощности пласта полезного ископаемого и положении его в пространстве. Наиболее простой прием подсчета запасов — способ среднего арифметического. При этом способе предварительно определяют площадь месторождения S. Запасы (V) подсчитывают по формуле:

$$V = SH_{cp},$$

где H_{cp} — средняя мощность пласта полезного ископаемого, определяемая как среднеарифметическая из частных мощностей, замеренных в выработках

$$H_{cp} = \frac{H_1 + H_2 + H_3 + \dots + H_n}{n}$$

При определении мощности пластов полезного ископаемого необходимо иметь в виду, что при значительной толще пород за нижнюю поверхность пласта может приниматься плоскость, проходящая на отметке максимальной глубины разработки материала.

Более трудоемкими, но более точными, являются методы треугольных и многоугольных призм. Определение запасов этими способами заключается в том, что площадь месторождения разбивают на треугольники или многоугольники, в вершинах которых располагают шурфы или скважины. Зная среднюю мощность пласта, в пределах каждой призмы устанавливают их объем. Запас месторождения представляет собой сумму частных объемов призм

$$V = \sum_{i=1}^n V_{np},$$

где V_{np} — объем призм;

n — число призм.

При расчете способом треугольника объем призм равен (рис. 208):

$$V_{np} = \frac{1}{2} - ahH_{cp},$$

где a — основание треугольника;

h — высота треугольника;

H_{cp} — средняя мощность пласта в пределах треугольника, равная

$$\frac{H_1 + H_2 + H_3}{3}$$

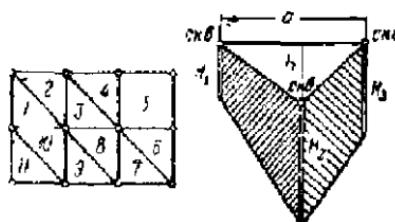


Рис. 208. Схема подсчета запасов методом треугольников

Запас месторождения при подсчете по треугольным призмам определяют по формуле:

$$V = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n a_i h_i H_{cp,i} t$$

где a_i , h_i — соответствующие частные значения оснований и высот; $H_{cp,i}$ — средняя высота призм, n — число призм.

Для более точных расчетов применяют другие, более сложные методы.

Разведочные работы и опробование при исследованиях месторождений строительных материалов¹

Поисковые работы всегда должны предшествовать комплексу предварительных и детальных геологических разведок месторождений строительных материалов. Это обусловлено тем, что данные геологических карт недостаточны для оценки пригодности пород в качестве полезных ископаемых. Основанием для организации поисковых работ в данном районе является благоприятный комплекс геолого-литологических признаков и соображения экономического порядка.

Главный метод поисков — маршрутное обследование, осуществляющее либо одновременно с геологической съемкой масштаба 1 : 25 000—1 : 50 000, либо на основе имеющихся топографических и геологических карт соответствующих масштабов. Расстояния между маршрутами принимаются от 0,5 до 3 км в зависимости от степени обнаженности и масштаба топографической основы.

Помимо маршрутных обследований, в необходимых случаях проходятся шурфы, канавы, расчистки, мелкие скважины и другие типы выработок. При благоприятных геологических условиях возможно применение электроразведки.

В процессе поисковых работ осуществляется также начальное опробование полезного ископаемого.

При благоприятных результатах первого этапа поисковых работ для определения наиболее перспективных месторождений проводятся детальные поиски. Поисковые работы позволяют наметить участки месторождений, перспективных для дальнейших разведочных работ.

Благоприятны также участки, на которых горный коэффициент не превышает единицы. Для отдельных видов полезных ископаемых (например огнеупорных глин) горный коэффициент может быть больше (до 5 и даже 10).

¹ Раздел написан в соответствии с методическими указаниями, составленными ВИМСом.

При разведке горных выработок в геологической схеме масштаба 1:10000—1:50000 и комплексе разведочных выработок, количество которых определяется тремя критериями, отнесены запасы по категории С.

Для характеристики структуры месторождения по вертикали в процессе детальных поисковых проводится исследование количества грубок в выработках (шурфов и скважин). Определение при детальных поисковых работах должно быть достаточным для предварительного изучения

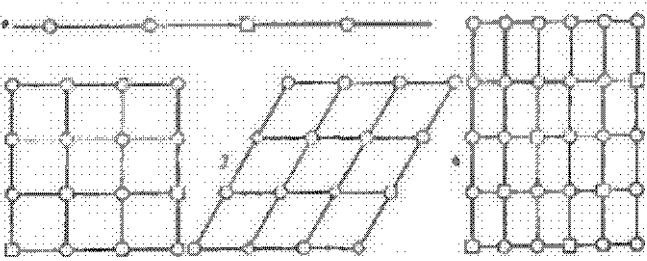


Рис. 20. Размещение горных выработок при разведочных работах: 1 — скважины; 2 — разведка; 3 — выработка

технологических свойств строительных материалов, во-званившегося решить вопрос о пригодности исследуемых пород для промышленной добычи.

Предварительные и детальные разведки, как правило, проводят без разрыва во времени. Предварительные разведки и имеют цель выявить участки с лучшим качеством полезных ископаемых и наиболее благоприятными горнотехническими условиями для строительства карьера. По результатам предварительных разведок подсчитывают запасы по категории В.

Детальные разведки проводят на выбранном в процессе предварительной разведки участке с наиболее благоприятными условиями и качеством материалов.

При проведении разведок выработки (скважины, шурфы, канавы) располагают либо по разведочным линиям,

либо по квадратной, прямоугольной, ромбической и другим видам сеток (рис. 20).

Расстояние между выработками определяется типом месторождений, категорией подсчета запасов и некоторыми другими факторами.

Для подсчета запасов месторождений I группы по категории В расстояние между выработками принимается от 120 до 300 м, а по категории А₂ — от 60 до 300 м.

При разведке месторождений II группы выработки размещают по разведочным линиям, расположенным в крест пластины пород. Расстояние между разведочными линиями принимается при избогатости изделия запасы по категории В от 100 до 400 м, а по категории А₂ — от 60 до 200 м.

Разведка месторождений III группы осуществляется аналогично месторождениям I группы, но расстояние между выработками принимается при подсчете запасов по категории В от 30 до 300 м, а по категории А₂ — от 25 до 150 м.

Месторождения IV группы исследуются выработками, расположенным по правильным сеткам. Расстояние между выработками принимается для подсчета запасов по категории В от 300 до 500 м, а по категории А₂ — от 200 до 300 м.

При изучении месторождений применяется ударно-вращательное, шнековое, вибрационное и колонковое бурение. Диаметр его должен быть не менее 50 мм.

Для изучения горизонтально залегающих пластов используются шурфы, глубина которых может достигать 20 м и более. При исследовании крупноплатиновых пластов роют канавы глубиной до 2-3 м или шириной 1 м.

В процессе разведочных работ тщательно изучают гидрогеологические условия месторождений. Для этой цели выполняют гидрогеологическую скважину, опытные откатки, результаты наблюдения за уровнем подземных вод и т. д. Ранее работы всегда сопровождаются крупномасштабной геологической съемкой.

Большую роль воценке месторождений строительных материалов играет их обработка. Отобранные пробы необходимы для дальнейшего определения химического, минералогического и гранулометрического состава полезных ископаемых, определения их физических и механических свойств, а также для проведения техни-

логических исследований сырья. В зависимости от намеченного комплекса лабораторных исследований применяют следующие типы опробования: бороздовое, керновое, монолитное (штупфное), валовое.

Бороздовое опробование проводят для определения состава пород и их технологических свойств. Оно выполняется следующим способом: а) снимается выветрелый слой породы; б) проводится перпендикулярно к напластованию борозда шириной 10—15 см и глубиной 5—10 см. Весь извлекаемый из нее материал высыпают на фанерный лист либо на брезент. Длина борозды определяется мощностью пласта. При значительной величине ее отбор проводится участками длиной в 1,0 м.

Керновое опробование применяют при колонковом бурении. Полученный керн раскалывают вдоль на две половины: одна идет на исследование состава породы, а вторая остается для документации выработки.

Монолитное (штупфное) опробование служит для оценки свойств каменных материалов. При этом методе из каждого слоя отбирают монолиты кубической формы размером 20×20×20 или 25×25×40 см.

Валовое опробование применяется при разведке гравийно- песчаных месторождений. При этом методе в пробу входит весь материал, извлекаемый из шурфа или дудки, либо определенная его часть.

Количество отбираемой пробы зависит от типа материала и необходимых лабораторных исследований. Для лабораторных исследований рыхлых пород необходим отбор пробы в количестве 50 кг. Для полузаводских технологических испытаний количество материала в пробе может достигать 10—15 т. Для анализа цементного сырья отбирают пробы известняка весом 100 кг, мела — 200—400 кг и глины — 100—150 кг.

Иногда объем отобранный пробы пород оказывается большим, чем это необходимо. В этом случае их дробят и сокращают. При этом материал перемешивают и квартуют (на фанерном листе пробу разбивают на четыре части и противоположные из них выбрасывают).

При сокращении проб для химических анализов их необходимый вес устанавливают по формуле:

$$Q_1 = kd^2,$$

где Q_1 — необходимый вес пробы, кг;

k — коэффициент, учитывающий однородность пород (например, для карбонатных пород его величина берется от 0,05 до 0,1);

d — диаметр дробленых частиц, мм.

Каждую пробу снабжают соответствующей этикеткой и отметку о ее взятии заносят в полевые журналы.

Районирование территории СССР по видам строительных материалов

Районы обширной территории Советского Союза различны по геологической истории и рельефу. Это определяет неравномерность распределения месторождений естественных ископаемых. Попытка районирования территории европейской части СССР по распространению каменных материалов была предпринята Н. П. Малюковым. Им выделены 5 классов.

I класс — районы, полностью обеспеченные качественным каменным материалом из кристаллических пород. Сюда относятся юго-западная Украина, Карелия, Кольский полуостров и другие районы.

II класс — районы с мощными месторождениями известняков и песчаников. Районы распространения песчаников: Овручский, Прионежский, Донецкий, Западный Урал и т. д. Районы развития мощных толщ известняков: Ленинградская область, Подмосковный бассейн, Уфимское плато и др.

III класс — районы, в разной степени обеспеченные известняками и песчаниками средней и ниже средней крепости. Районы развития известняков: часть Ленинградской области, Подмосковный бассейн и некоторые другие места. Отдельные районы развития песчаников встречаются на Урале, в Поволжье.

IV класс — районы с мелкими месторождениями известняков и песчаников невысокого качества. Это главным образом области развития меловых отложений средней полосы европейской части СССР.

V класс — районы, лишенные каменных материалов. Сюда относят Северный Прикаспий, Прикубанские степи и ряд других районов.

Обеспеченность различных районов Советского Союза естественными строительными материалами зависит от

геологической истории районов. Так, крупнейшие месторождения гипсов приурочены к пермским отложениям западного Приуралья; известняки-ракушечники широкой полосой распространены от ст. Чимлянской на Нижнем Дону до западных границ нашего государства, связаны с комплексом неогеновых морских осадков. В центральных районах европейской части СССР распространены мергели, трепела, меловые отложения, образовавшиеся в мелководных морях мелового периода, и т. д.

Каменные материалы магматического происхождения концентрируются в районах развития горных систем Кавказа, Средней Азии, Восточной Сибири, Урала, Карелии и в районах с близким залеганием к поверхности складчатых структур (Украина). Южный Крым богат месторождениями диорита и известняка; Закавказье — вулканическими туфами; Центральный Кавказ — гранитами, диоритами, песчаниками, известняками, излившимися и метаморфическими породами.

В районах Русской платформы широко развиты месторождения осадочных пород: суглинков, глин, песчаников, известняков, песков, галечников, трепела и других строительных материалов.

Районирование распространения естественных полезных ископаемых — важная государственная задача, позволяющая составлять перспективные планы развития промышленности строительных материалов в различных районах нашей Родины.

ПОНЯТИЯ ОБ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЯХ НА СТРОИТЕЛЬНЫХ ПЛОЩАДКАХ

Общие представления

В Советском Союзе проектирование промышленных и гражданских зданий и сооружений ведется по двухстадийной системе:

- 1) расширенное проектное задание;
- 2) техно-рабочий проект.

В соответствии с этим инженерно-геологические изыскания на площадках промышленного и гражданского строительства делятся также на две стадии:

1) изыскания на стадии проектного задания (предварительные),

2) изыскания на стадии техно-рабочего проекта (детальные).

Объемы инженерно-геологических исследований на каждой стадии устанавливаются в зависимости от следующих факторов:

а) капитальности, конструктивных особенностей, размеров и стоимости проектируемых объектов;

б) геологической изученности районов: чем больше изученность, тем меньше объем исследований;

в) сложности геологических условий: тектоники, литологического разнообразия пород и т. д.;

г) степени развития физико-геологических явлений и инженерно-геологических процессов (оползней, карста, просадок и т. д.);

д) особенностей инженерно-геологических грунтов.

Изыскания на стадии проектного задания

Объем предварительных инженерно-геологических работ должен дать достаточный материал для составления проектного задания. На этой стадии решают следующие вопросы: 1) дают инженерно-геологическое обоснование для выбора наиболее благоприятного варианта размещения площадки строительства; 2) получают общую характеристику физических и механических свойств основных генетических и линтологических типов пород; 3) выявляют и делают общие описание развитых в районе физико-геологических явлений и инженерно-геологических процессов; 4) дают характеристику подземных вод.

Для решения перечисленных вопросов выполняют следующие инженерно-геологические работы: а) инженерно-геологическую съемку района; б) закладывают сеть разведочных выработок; в) отбирают пробы для лабораторных исследований грунтов; г) проводят гидрогеологические исследования территории; д) организуют режимные наблюдения за колебаниями уровня подземных вод (как правило, изучаются грунтовые воды); е) выполняют лабораторные и полевые исследования грунтов.

После окончания полевых работ проводится квадратная обработка полученных материалов и составляется отчет.

Остановимся на некоторых особенностях инженерно-геологических изысканий на стадии проектного задания.

Инженерно-геологическая съемка осуществляется в масштабах 1:500, 1:1000, 1:5000, 1:10000. Этот вид съемки имеет комплексный характер. В процессе ее проведения изучают рельефные (геоморфологические), геологические, литологические и гидрогеологические особенности районов строительства. Особое внимание при этом уделяют изучению и картированию геодинамических процессов (разрывов, оползней, карста и т. д.). Особенность инженерно-геологической съемки — изучение состояния существующих зданий и сооружений. При обнаружении деформаций, связанных с осадками грунтовых оснований, устанавливают причины последних и учитывают их при районировании территории.

В результате инженерно-геологической съемки составляют инженерно-геологическую карту (рис. 210). На ней обязательно районируют территории по степени ее благоприятности для данного строительства.

Разведочные работы осуществляют буровыми комплектами при диаметре скважины не менее 99 мм. Скважины и шурфы при изысканиях на стадии проектного задания располагают по прямым сеткам, разведочным линиям или одиночным выработкам.

Глубина скважин принимается от 10 до 20 м. Глубина шурfov чаще всего определяется уровнем грунтовых вод, а в случае ее отсутствия или глубокого залегания доводится до 3—10 м.

Количество выработок и расстояние между ними в разведочных створах устанавливают в зависимости от геологических условий и характера проектируемых сооружений.

Для получения достаточного числа монолитных образцов количество шурfov должно составлять не менее $\frac{1}{3}$ от всего количества выработок.

Из скважин и шурfov отбирают, как правило, образцы с нарушенной структурой — монолиты. При отборе их из шурfov им придают форму кубиков с размерами сторон 20×20×20 см. Монолиты из скважин отбирают с помощью скручивателя. Отобранные образцы

с неизрушенной структурой покрывают парафином или спиртовой мастикой для сохранения естественной влажности при транспортировании их в лаборатории.

При инженерно-геологических изысканиях на стадии проектного задания применяют геофизические методы (электротомография и ВЭЗ). Отчет по предварительным изысканиям должен давать геологическую, гидрогеологическую и инженерно-геологическую характе-

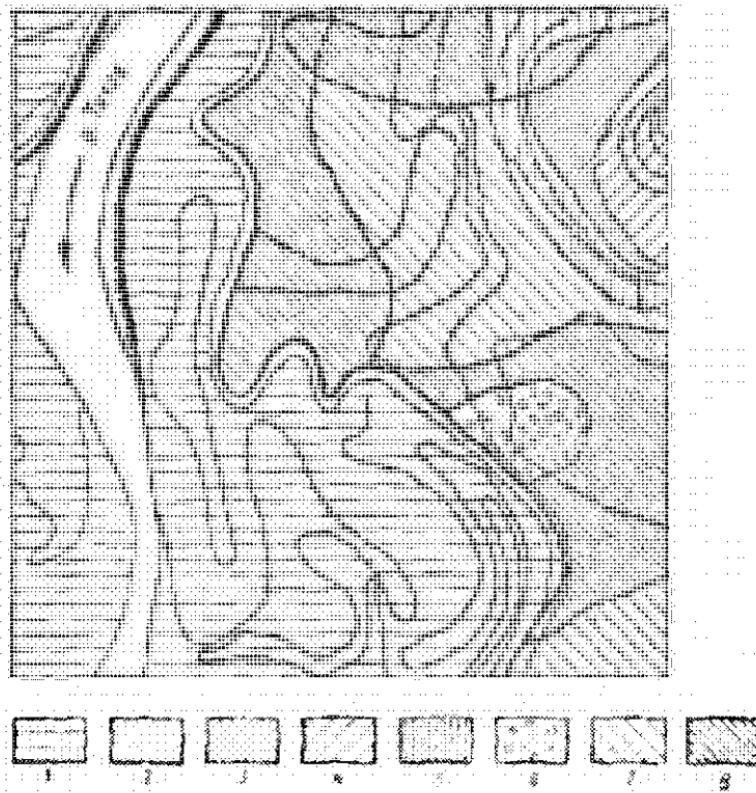


Рис. 213. Инженерно-геологическая разрез.

Изменение терраса, состоящая из ячеек с различными изв. Границы между ячейками обозначены 1-8. Разные виды обозначают различные породы, 1, 2, 3, 4 - различные породы, 5, 6, 7, 8 - различные породы. К уточнению, различаются различные геологические образования. Структурный тип отложений, в которых различаются различные ячейки, различны, разные для различных пород.

ристики всего изученного района и обоснование выбора наиболее благоприятного варианта размещения строительной площадки.

Изыскания на стадии техно-рабочего проектирования

Инженерно-геологические изыскания на стадии техно-рабочего проекта должны решить следующие главные задачи:

а) дать детальную характеристику геологических условий непосредственно на площадках размещения сооружений;

б) подробно охарактеризовать механические и физические свойства грунтов в пределах площадок сооружений, необходимых для расчетов оснований;

в) выявить гидрогеологические условия строительной площадки с прогнозами колебания уровня и состава подземных вод.

Для решения этих задач проводят полевые работы, лабораторные исследования, камеральную обработку материала и составляют отчет.

Разведочные работы имеют цель изучение геологических и гидрогеологических условий под сооружениями. Скважины и шурфы располагают в пределах контуров сооружений. Глубину выработок устанавливают в зависимости от пределов распространения в основаниях напряжений от сооружений (от 5 до 25—30 м).

Обязательную часть выработок составляют шурфы (или, как их называют, технические выработки). Последние дают возможность отбора качественных монолитов для лабораторных исследований свойств грунтов основания.

Полевые опытные работы проводят для получения ряда расчетных характеристик, необходимых при проектировании строительных объектов. Наиболее распространены следующие опытные работы:

1. Гидрогеологические (определения методом налива и откачки коэффициентов фильтрации, скорости и направления потоков грунтовой воды методами красящих веществ, эквипотенциальных поверхностей и т. д.).

2. Испытания несущей способности пород при помощи пробных статических нагрузок.

3. Наблюдения за опытными котлованами, опытными участками каналов для выявления характера развития просадочных явлений и величины устойчивых откосов.

4. Пробные испытания свай статическими нагрузками, позволяющие получить необходимые данные для расчета свайных оснований.

5. Пробная бойка свай, производимая для той же цели.

6. Наблюдения за глубинами промерзания грунтов, осуществляемые с помощью специальных приборов — мерзлотометров.

7. Полевые определения сопротивления сдвигу.

Лабораторные исследования при детальных изысканиях проводят для получения исчерпывающих характеристик физических и механических свойств грунтов. Их объем зависит от типа пород, вида проектируемых сооружений и некоторых других факторов. Часть лабораторных исследований осуществляют в полевых лабораториях.

Отчет по изысканиям на техно-рабочий проект должен содержать детальную характеристику инженерно-геологических условий строительства площадок под проектируемыми сооружениями.

ЛИТЕРАТУРА

Общие руководства

- Горшков Г. П., Якушова А. Ф. Общая геология. Изд-во МГУ, 1957.
Гуменская Б. М. Основы геологии для строителей железных дорог. Трансжелдориздат, М., 1955.
Денисов Н. Я. Инженерная геология и гидрогеология. Госстройиздат, М., 1957.
Коломенский Н. В. Инженерная геология. Госгеолиздат, М., 1951.
Коломенский Н. В., Комаров И. С. Инженерная геология. «Высшая школа», М., 1964.
Маслов Н. Н. Инженерная геология. Госстройиздат, М., 1957.
Обручев В. А. Основы геологии. Изд-во АН СССР, М., 1956.
Попов В. В. Геология в военно-инженерном деле (военная геология). Изд. ВИА, 1958.
Попов И. В. Инженерная геология. Госгеолиздат, М., 1951.
Сергеев В. М. Грунтоведение. Изд-во МГУ, 1952.
Чарыгина М. М. Общая геология. Гостехиздат, М., 1956.
Keil K. Ingenieur geologie und Geotechnik. W. Klapp, Halle, 1951.
Kettner R. Allgemeine Geologie. DVW, Berlin, 1958.
Särlinger H. Geologie und Gesteinskunde, Berlin, 1958.

К I, II, III частям

- Аншелес О. М. Начала кристаллографии. Изд-во МГУ, 1952.
Белянкин Д. С. Петрография технического камня. Изд-во АН СССР, М., 1952.
Белянкин Д. С. и Петров В. П. Кристаллооптика. Изд-во АН СССР, М., 1951.
Бетехтин А. Г. Курс минералогии. Госгеолиздат, М., 1951.
Давыдович А. Н. Основы геологии, минералогия и петрография. «Будивельник», Киев, 1966.
Заварийский А. Н. Изверженные горные породы. Изд-во АН СССР, М., 1955.

Зубков В. В. Краткий курс общей петрографии. Углехимиздат, М., 1956.

Крицкий В. В. и Четвериков С. Д. Краткий курс минералогии и петрографии с начальными сведениями по кристаллографии. Углехимиздат, М., 1953.

Лодочкин В. Н. Главнейшие породообразующие минералы. Госгеолиздат, М., 1955.

Лучицкий В. И. Пётрография. Госгеолиздат, 1947.

Попов Г. М. и Шафрановский И. И. Кристаллография. Госгеолиздат, М., 1955.

Рухин Л. Б. Основы плютологии. Гостехиздат, М., 1953.

Седлецкий И. Д. Методы изучения коллоидно-дисперсных минералов. Изд. КГУ, Киев, 1955.

Справочное руководство по петрографии осадочных пород, т. I и II. Гостехиздат, М., 1958.

Торопов Н. А. и Бурак А. Н. Курс минералогии и петрографии с основами геологии. Промстroiиздат, М., 1953.

Торопов Н. А. и Астreeва О. М. Пётрографический контроль портландцементного клинкера и доломитного шлака. Труды «НИИЦЕМЕНТ», вып. I. Промстroiиздат, М., 1948.

Торопов Н. А. Химия цементов. Госстройиздат, М., 1956.

Флинт Е. Е. Начала кристаллографии. Госгеолиздат, М., 1952.

Швецов М. С. Пётрография осадочных пород. Госгеолиздат, М., 1958.

К IV части

Буялов Н. И. Структурная и полевая геология. Гостехиздат, М., 1953.

Гаркуша И. Ф. Почвоведение. Сельхозиздат, М., 1954.

Горшков Г. П. Землетрясения на территории Советского Союза, М., 1949.

Кленова М. В. Геология моря. Учпедгиз, М., 1948.

Леонтьев Я. М. Историческая геология с основами палеонтологии. Госгеолиздат, М., 1956.

Мазирович А. И. Историческая геология. Изд. ГОНТИ, 1938.

Светловский А. Е. Цунами. Изд-во АН СССР, 1957.

Страхов Н. М. Основы исторической геологии. Госгеолиздат, М., 1948.

Федорович Б. А. Лик пустыни. «Молодая гвардия», 1952.

К V части

Ананьев В. П. Минералогический состав и свойства лёссовых пород. Изд-во Ростэнерг. ун-та, 1964.

Богомолов Г. В. Основы гидрогеологии. Гостехиздат, М., 1955.

Богомолов Г. В. и Силин-Бекбуриш А. И. Специальная гидрогеология. Госгеотехиздат, М., 1955.

Гармонов И. В. и Лебедев А. В. Основные задачи по динамике подземных вод. Госгеолиздат, М., 1952.

Денисов Н. Я. Строительные свойства лёсса и лёссовых суглинков. Госстройиздат, 1953.

Каменский Г. Н., Климентов П. П., Овчинников А. М. Гидрогеология месторождений полезных ископаемых. Госгеолиздат, М., 1958.

Ланге О. К. Основы гидрогеологии. Изд. МГУ, 1958.

Ларинов А. К., Приклонский В. А., Ананьев В. П. Лёссовые породы СССР и их строительные свойства. Госгеолиздат, М., 1958.

Ларинов А. К. Инженерно-геологическое изучение структуры рыхлых осадочных пород. «Недра», М., 1966.

Ларинов А. К. Занимательная инженерная геология. «Недра», М., 1968.

Лягинов И. М. Термическое укрепление просадочных лёссовых и других грунтов в основаниях различных зданий и сооружений. Изд. АН УССР, Киев, 1955.

Ломтадзе В. Д. Методы лабораторных исследований физико-механических свойств песчаных и глинистых грунтов. Госгеодиздат, М., 1952.

Приклонский В. А. Грунтоведение. Ч. I, 1952; ч. II 1956. Госгеолиздат, М.

Саваренский Ф. П. Инженерная геология. Изд. ОНТИ НКТП СССР, 1937.

Семёнов А. Н. Гидрогеология. Сельхозгиз, М., 1954.

Сергеев Е. М. Грунтоведение. Изд-во МГУ, 1959.

Флейшман С. М. Селевые потоки. География, М., 1951.

Цытович Н. А. Основания и фундаменты на мерзлых грунтах. Изд-во АН СССР, М., 1958.

К VI части

Аверин Н. Д. Карьерное хозяйство. Госстройиздат, М.—Л., 1958.

Временные технические условия и инструкции на исследование грунтов оснований промышленных и гражданских зданий и сооружений. Гос. изд-во литературы по строительству и архитектуре, М., 1954.

К методике геологической съемки при поисках и разведках месторождений полезных ископаемых. Госгеолиздат, М., 1955.

Малюков Н. П. и Мейтус М. Э. Основы инженерной геологии. М., 1947.

Методические указания по производству геологоразведочных работ, вып. VIII, «Разведка месторождений строительных материалов». Госгеолиздат, М., 1957.

Малюков Н. П. Инженерная геология. Гостехиздат, М., 1962.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Продисловие ко второму изданию	3
Введение	5
Общие сведения о Земле	11
Земля как планета	11
Солнечная система	11
Происхождение Солнечной системы	14
Форма и строение Земли	16
Форма Земли	16
Строение Земли	16
Понятие о геологических процессах	21
Структура земной коры	23

Часть I

Основы кристаллографии

Понятие о кристаллическом веществе, кристалле и кристаллографии	26
Внутреннее строение и важнейшие свойства кристаллов	27
Законы кристаллографии	30
Классификация кристаллов	33
Формы кристаллов	35
Кристаллические двойники	38
Параметры и индексы граней	39
Оптические свойства кристаллов	43
Поляризационный микроскоп	48
Назначение и типы поляризационных микроскопов	48
Устройство поляризационных микроскопов	49
Подготовка микроскопа к работе	52
Приборы для микроскопического исследования	53
Исследование препаратов под микроскопом	54
Методы исследования высокодисперсных кристаллов	56
Электронномикроскопический анализ	62
Структурные анализы	64
Термические исследования	65
Химический анализ	66

Часть II	
Справочник минералов	
Общие сведения	67
Минеральные вещества	67
Химические свойства минералов	71
Процессы образования минералов	71
Поясения и генезис минералов	74
Заданные генезис минералов	74
Физикохимический генезис минералов	75
Классификация минералов	78
Характеристика основных минералов	78
Класс I — силикаты	78
Класс II — карбонаты	82
Класс III — оксиды	85
Класс IV — сульфиды	88
Класс V — сульфаты	90
Класс VI — фосфаты	91
Класс VII — глины	94
Класс VIII — фосфаты	94
Класс IX — полифосфаты	96
Класс X — оксиды и алюминиевые минералы	98
Искусственные минералы	100
Общие представления	104
Искусственные минералы гетерогенные производные	112
Силикаты кальция	112
Алюминиевые кальциты	113
Алюминиевые кальциты	116
Алюминий	117
Силикаты кальция в зернах	117
Алюминиевый кальцит	118
Ферриты кальция	119
Оксиды и гидрооксиды	120
Глины и гидрооксиды	121
Глины и продукты его обработки	123
Прочие силикатные кальциты	123
Искусственные высокодорожные кальциты	128

Часть III

Основы петрографии

Общие сведения	129
Магматические горные породы	129
Губчатые и вспененные городы	129
Формы застывания магматических пород	129
Химический состав магматических пород	130
Минералогический состав магматических пород	130
Структура и текстура магматических пород	130
Текстурно-литологическое значение магматических пород	136
Установка типов магматических пород	138

458

Часть IV	
Справочник горных пород	
Пльтегранитные породы	139
Кислые породы	140
Средние породы	141
Низкокислые и нейтральные породы	142
Сланцевые породы	143
Ультрапироксеновые породы	144
Однослоистые породы	145
Общие представления	145
Химическая и минералогическая система однослоистых пород	145
Однослоистые породы	146
I. Равнозернистые породы	146
Грубодисперсные породы	146
Песчаные породы	147
Песчаные породы	147
Сланцевые породы	148
II. Сланцевато-зернистые породы	148
III. Породы-изоморфные разности	149
Хемогенные породы	149
Титаниты и титаниты	150
Барбозитовые полимы	150
Альбитовые полимы	150
Слюдистые породы	150
Кремнистые породы	150
Алевролистные породы (изоморфные)	150
Гравийные изоморфные	151
Жильные изоморфные	151
Метаморфические породы	152
Поясения о метаморфизических процессах	152
Классификация метаморфических процессов	152
I. Метасоматические метаморфизмы	152
II. Составляющие процессы	152
Методы петрографического изучения пород и горных пород	152
Технические методы	152
Поясения о технической петрографии	152
Оптические методы	152
Ламинации	152
Коррекционные методы	153
Шкалы	153
Намеченные виды	153
Проекты отраслевого проектирования	153

Часть V

Часть V	
Справочник глин	
Процессы внутренней эволюции Земли	212
Движение земной коры	212
Взаимное об ограничениях и взаимодействиях глин	212
Органические показатели глин и глинистых пород	213
Свойства глин	213
Различные диаграммы	213
Селективные глины	213

Сер.

459

Справочная часть	<i>Стр.</i>
Общие характеристики	221
Минералы и минеральные	223
Справка о глинистых породах	225
Строительство зданий в природных условиях	226
Геомеханические условия	229
Процессы внешней динамики земной	232
Выветривание горных пород и строительных материалов	232
Сущность горного выветривания	232
Физические (механические) выветривания	234
Химическое выветривание	235
Органическое выветривание	237
Эрозия и ледовая	238
Борьба с выветриванием строительных и инженерных	238
материалов	241
Гидрохимическая деятельность земли	241
Общие представления	241
Ледники и крионы	243
Природа и движение	245
Гидрохимическая деятельность грунтов	248
Общие понятия	248
Образование озер	249
Сети (средства) озера	251
Дегенерация речей	254
Гидромеханическая деятельность моря	259
Общие характеристики морей и моря	259
Разрушительные работы моря	260
Перенос в акватории	260
Гидромеханическая деятельность моря	267
Общее представление о ледниках	267
Разрушительное и размываемое действие ледников	269
Основы гидромеханической геологии	271
Абсолютный и относительный возраст горных пород	273
Общие понятия	273
Абсолютный возраст горных пород	273
Относительный возраст горных пород	273
Геологическая хронология	277
Краткая характеристика геологической истории территории СССР	279
Архейская и протерозойская эра	279
Палеозойская эра	281
Мезозойская эра	287
Кайнозойская эра	289
Часть V	
Энергия гидротехники	
Понятие о подземных водах	291
Общие сведения	293
Пути нахождения подземных вод	294
Воды реки в горных породах и водные свойства город	295
Воды языка в горных породах	296

Справочная часть	<i>Стр.</i>
Свойства горных пород в зоне	303
Классификация подземных вод	305
Типы подземных вод	306
Подземные воды	307
Наклонные горизонты воды	309
Прочие виды подземных вод	310
Глубина залегания и поверхность грунтовых вод	312
Химический состав и гидрохимия подземных вод	314
Понятие о гидрохимическом состоянии подземных вод из бетон	315
Агрессивные вещества гидрохимии подземных вод	318
Режим подземных вод	320
Основные закономерности подземных вод	320
Специальная классификация фильтрации	322
Общие сведения	322
Расчетные методы	323
Лабиринтные методы	324
Паровые методы	324
Методы выявления сквозных напоров и определение потока	324
грунтовых вод	324
Способ трех съемок	324
Метод красных селитры	325
Электротомографический метод	329
Метод радиогравиметрических зондов	331
Расход потока грунтовых вод и расчеты гидравлических величин выпариванием	332
Расход пленочно потока	332
Расчет притока воды в колодце	336
Расчет притока воды в траншеи и канавах	338
Определение притока воды в колодце	339
Методы борьбы с подземными водами при разработке карьеров и строительных конструкций	340
Общие представления	340
Открытый способ	340
Горизонтальный дренаж	341
Верткальный прием	342
Часть VI	
Пластические вопросы гидромеханики горных и речных строительных материалов	
Пластические и инженерно-геологические вопросы и инженерно-геодинамические процессы	346
Инженерно-геологическое изучение город	346
Классификация грунтов	347
Основные физико-химические свойства горных пород	349
Общие понятия	349
Общие физико-химические свойства	349
Коллоидные свойства	352
Компактность и пластичность глинистых водород	353
Водно-физические свойства	356

Понятия о механических свойствах горных пород	362
Общие представления	362
Сжимаемость рыхлых горных пород	364
Сопротивление сдвигу рыхлых пород	366
Механические характеристики массивных пород	368
Движение земляных масс на склонах	369
Типы движений земляных масс на склонах	369
Оползни	371
Мероприятия по борьбе с оползнями	373
Устойчивость стенок карьеров в рыхлых породах	378
Плытвы	380
Понятия о плытвинах	380
Методы борьбы с плытвами	382
Просадки	386
Общие понятия	386
Строение лессовых пород и стадийность просадки	387
Оценка величины просадки	389
Борьба с просадочностью	390
Карст	393
Понятие о карсте	393
Инженерно-геологические исследования и строительство в карстовых районах	397
Многолетняя (вечная) мерзлота	399
Общие понятия	399
Строение и особенности многолетней и вечной мерзлоты	401
Процессы, связанные с многолетней мерзлотой	402
Строительство в районах многолетней мерзлоты	404
Геофизические исследования месторождений строительных материалов и строительных площадок	406
Общие понятия о месторождениях строительных материалов	406
Горные породы как строительные материалы	406
Способы разработки месторождений	412
Понятие о проектировании карьеров	414
Геологическое картирование	415
Общие представления о геологическом картировании	415
Геологические съемки	418
Некоторые понятия о построении геологических карт и разрезов	421
Разведочные работы	425
Разведочные выработки	425
Бурение	428
Геофизические методы исследования	433
Поиски и разведка месторождений	435
Понятие о разведке месторождений	436
Классификация месторождений по признакам, определяющим методы разведочных работ	439
Методы оценки запасов полезных ископаемых	440
Разведочные работы и опробование при исследованиях месторождений строительных материалов	443
Районирование территории СССР по видам строительных материалов	447

Справление об инженерно-геологических изысканиях на строительных площадках	448
Общие представления	448
Изыскания на стадии проектного задания	449
Изыскания на стадии технико-рабочего проектирования	452
Литература	454

*Анатолий Константинович Ларинов
Всеволод Петрович Аканьев*

ОСНОВЫ МИНЕРАЛОГИИ, ПЕТРОГРАФИИ И ГЕОЛОГИИ

Редактор Н. А. Соколова

Художник В. П. Гикунин

Художественный редактор Т. А. Колескова

Технический редактор А. К. Нестерова

Корректор Е. К. Штурм

Г-12066 Сдано в набор 17/III-69 г.
Подл. к печати 12/VIII-69 г. Формат 84×108^{1/2}
Объем 14,5 печ. л. 24,36 усл. л. л.
Уч.-изд. л. 22,71 Изд. № Е-161 Тираж 15 000 экз.
Цена 94 коп.

Тематический план изложения

«Высшая школа (вузы и техникумы) на 1969 г.

Советская школа

Маркса, К.Е. История... - 2011

Москва, К-51, Неглинная ул., д.
Номер телефона Раменка-1252

Моско́вская типография № 8 Главполиграфпрома
Комитета по печати при Совете Министров СССР,
Хохловский пер., 7 Зак. 849.

БАКИНОВЫ
ГЕНЕРАЛЫ
ПЕРСПЕКТИВЫ
И ГРОМОДЫ

