



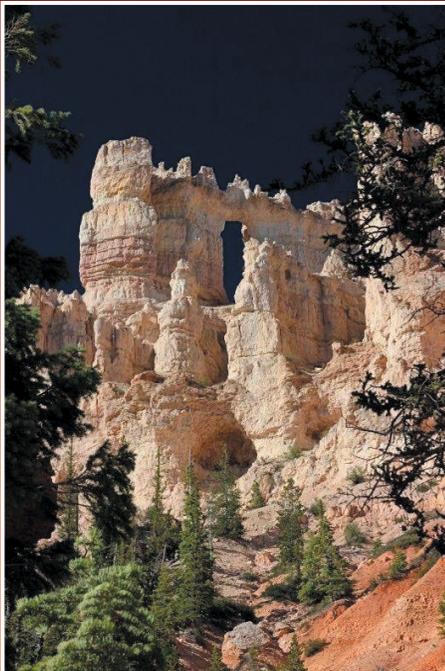
Уральский
федеральный
университет

имени первого Президента
России Б. Н. Ельцина

Институт
материаловедения
и металлургии

ГЕОЛОГИЯ

Учебно-методическое пособие



Министерство образования и науки Российской Федерации
Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б. Н. Ельцина

ГЕОЛОГИЯ

Учебно-методическое пособие

*Допущено Уральским отделением учебно-методического
объединения по образованию в области строительства
для самостоятельной работы студентов всех форм обучения
по направлению подготовки бакалавров 08.03.01 «Строительство»*

Екатеринбург
Издательство Уральского университета
2016

УДК 55 (075.8)

ББК 26.3 я73

В29

Составители: М. В. Венгерова, А. С. Венгеров

Рецензенты:

кафедра гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии
(зав. кафедрой д-р геол.-минерал. наук, проф. *С. Н. Тагильцев*);
канд. геол.-минерал. наук, ведущий геолог ОАО «Уральская
геологосъемочная экспедиция» *Ю. Н. Кошевой*

Научный редактор — д-р техн. наук, проф. *Ф. Л. Капустин*

На обложке использованы изображения с сайта <https://www.facebook.com/AmazingGeologist>

Венгерова, М. В.

В29 Геология: учеб.-метод. пособие / сост. М. В. Венгерова,
А. С. Венгеров. — Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та,
2016. — 176 с.

ISBN 978-5-7996-1620-5

Учебно-методическое пособие для самостоятельной работы студентов «Геология» содержит требования к объему знаний по геологии, грунтоведению, геодинамике, гидрогеологии и инженерно-геологическим изысканиям, необходимым для самостоятельного выполнения студентами контрольных мероприятий.

Приводятся содержание и методики выполнения расчетно-графической и контрольных работ.

Библиогр.: 27 назв. Табл. 10. Рис. 10. Прил. 9.

УДК 55 (075.8)

ББК 26.3 я73

ISBN 978-5-7996-1620-5

©Уральский федеральный
университет, 2016

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время объемы промышленного и гражданского строительства увеличиваются, а также усложняются объекты строительства, повышается высотность зданий, расширяется подземное строительство. Часто строительство приходится вести в пределах уже существующей застройки, проводить реконструкцию старых зданий, которая требует дополнительного исследования основания сооружения, и на ранее неиспользуемых землях ввиду сложных инженерно-геологических условий. В связи с этим возрастает необходимость точного и экономически обоснованного проектирования, невозможного без грамотного применения инженерно-геологических исследований природных условий территорий будущего строительства.

При подготовке бакалавров по основным образовательным программам, составленным в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по направлению 08.03.01 «Строительство» дисциплина «Геология» изучается в рамках модуля «Инженерное обеспечение строительства».

В соответствии с учебными планами подготовки бакалавров по образовательным траекториям «Механическое оборудование и технологические комплексы предприятий строительных материалов, изделий и конструкций», «Производство и применение строительных материалов, изделий и конструкций», «Городское строительство и хозяйство», «Проектирование зданий», «Проектирование и эксплуатация систем теплогазоснабжения, вентиляции и кондиционирования», «Проектирование,

изготовление и монтаж конструкций зданий и сооружений», «Теплоснабжение и вентиляция», «Технология и организация промышленного и гражданского строительства», «Проектирование и возведение объектов промышленного и гражданского строительства», «Экспертиза и управление недвижимостью», «Экспертиза инвестиционно-строительного проекта и управление недвижимостью», «Водоснабжение и водоотведение», «Гидропневмосистемы в строительстве и промышленности», «Стоимостной инжиниринг в строительстве» рабочая программа дисциплины «Геология» предусматривает 18 часов лекций, 18 часов лабораторных работ, две контрольные работы и расчетно-графическую работу.

В результате изучения дисциплины «Геология» студенты должны:

— знать основные требования нормативной документации в строительстве в области проектирования и градостроительства; способы и методы инженерно-геологических изысканий; законы геологии, гидрогеологии; генезис и классификацию пород и грунтов;

— уметь анализировать воздействие окружающей среды на материал в конструкции; применять нормативную документацию для разработки технических заданий на проектирование и инженерные изыскания; решать простейшие задачи инженерной геологии; читать геологическую графику;

— демонстрировать навыки диагностики породообразующих минералов и горных пород, построения геологической графики.

Самостоятельная работа студентов по данной дисциплине складывается из следующих составляющих:

— изучение отдельных тем разделов программы дисциплины;

— подготовка к лекционным занятиям (мини-тест по каждому разделу дисциплины);

| ВВЕДЕНИЕ |

- подготовка к выполнению лабораторных работ;
- подготовка к контрольным работам (решение простых задач по инженерной геологии, работа с коллекциями минералов и горных пород на кафедре);
- выполнение расчетно-графической работы;
- подготовка к сдаче зачета.

1. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ «ГЕОЛОГИЯ»

Дисциплина «Геология» является комплексным курсом, объединяющим основные сведения из области общей геологии, гидрогеологии, грунтоведения, геодинамики, методики инженерно-геологических изысканий и других геологических дисциплин, которые в той или иной мере связаны с вопросами строительства:

- общая геология — наука, изучающая состав, строение Земли;
- историческая геология — наука, изучающая историю и закономерности развития земной коры;

- минералогия и петрография — науки о минералах и горных породах;

- геоморфология — наука, изучающая развитие рельефа поверхности земной коры, его происхождение и связи с геологическим строением;

- геодинамика — наука, изучающая процессы, протекающие в недрах Земли и на ее поверхности;

- грунтоведение — наука, изучающая физические и физико-механические свойства грунтов;

- механика грунтов — наука, изучающая деформации и напряжения, возникающие в горных породах под действием внешних и внутренних сил;

- гидрогеология — наука о подземных водах, их составе, свойствах, происхождении;

- геокриология — наука, предметом изучения которой является зона многолетней мерзлоты в земной коре и все процессы и явления этой зоны, осложняющие строительное производство.

Горные породы (грунты) служат строительными материалами, средой для строительства и основанием зданий и сооружений. От взаимодействия сооружений с окружающей геологической средой зависит их долговечность и надежность.

1.1. Основы общей геологии

1.1.1. СТРОЕНИЕ ЗЕМЛИ И ЗЕМНОЙ КОРЫ

Форма Земли — геоид. Трехосный эллипсоид вращения с полярным сжатием. $R_{\text{э}} = 6378,16$ км, $R_{\text{п}} = 6356,78$ км; $M = 6 \times 10^{24}$ кг; $g = 9,8$ м/с².

Магнитное поле Земли ассиметрично под действием солнечного ветра. Форма его меняется, образуя сферу, которая защищает планету от жесткого излучения.

Оболочки Земли подразделяются на внутренние и внешние.

К внешним оболочкам Земли относятся атмосфера, гидросфера и биосфера.

В состав атмосферы входят:

— тропосфера, высотой в полярных широтах до 10 км, до 12 км в умеренных и 18 км в тропических широтах; содержит 80 % всей массы атмосферного воздуха и 90 % водяного пара; характеризуется возникновением облаков, развитием циклонов и антициклонов;

— стратосфера (до 55 км), у верхней границы зоны находится озоновый слой, являющийся защитой Земли от ультрафиолетового излучения Солнца;

— мезосфера (до 80 км); в ней находятся свободные радикалы возбужденных молекул, которые обуславливают свечение атмосферы (северное сияние);

— термосфера (до 700 км), температура до высоты 200–300 км возрастает до 150 °К;

— экзосфера (выше 700 км) — сфера рассеивания.

Химический состав атмосферы, %: 78,084 N₂, 20,946 O₂, 0,934 Ar, 0,035 CO₂, 0,002 — все остальные газы и водяной пар.

Гидросфера по площади занимает 71 % поверхности Земли, в ее составе: мировой океан, подземные воды, реки, моря, ледники и др.; 98 % — соленые воды, пресные — 2 %.

Биосфера — область распространения живых организмов, включает в себя земную кору, атмосферу и гидросферу.

К внутренним оболочкам Земли относятся ядро, мантия и земная кора.

Ядро состоит из внутреннего твердого ядра, которое вращается, имеет железо-никелевый (состав и радиус 1216 км), и внешнего жидкого ядра, состоящего из железа с радиусом ~ 3400 км. Температура ядра 4000–6000 °С, плотность до 14000 кг/м³, во внешнем ядре — 9500–12300 кг/м³.

Мантия занимает основной объем Земли (мощность до 2900 км). Делится на верхнюю (~900 км) и нижнюю (~2000 км). Мантия состоит из тяжелых минералов, богатых Fe и Mg. Они образуют соединения с SiO₂, силикаты (дуниты — породы ультраосновного состава). Плотность мантии 3300–5000 кг/м³, температура от 600–700 °С до 1500–1800 °С. Мантийное вещество находится в твердом состоянии, но в геологическом времени может обладать пластичностью, способностью к течению. Тепло передается от более нагретых частей к менее нагретым частям, т. е. внутри Земли происходит передача тепла от горячего ядра к приповерхностной зоне.

Земная кора — внешняя оболочка земли, ее мощность от 5 км под океанами и до 70 км — под континентами. Нижняя граница (по сейсмическим данным здесь наблюдается скачкообразное увеличение скорости распространения упругих волн) называется «слой Моховичича» или «Мохо».

Существует два типа земной коры океаническая и континентальная. Континентальная кора состоит из трех геологических слоев: осадочного чехла, «гранитного» слоя (породы гра-

нитного состава) и базальтового (породы основного состава), мощность ее колеблется от 20 км (островные дуги) до 70 км (складчатые пояса). Океаническая кора имеет два слоя: осадочный чехол и базальтовый слой, мощность 5–6 км.

Земная кора имеет алюмо-силикатный состав, представленный в основном легкоплавкими соединениями. Химический состав Земной коры, %: О — 46,6; Si — 27; Al — 8,7; Fe — 5,1; Са — 3,6; Na — 2,6; К — 2,6; Mg — 2,1; другие — 1,2.

Литосфера — жесткая внешняя оболочка земли, которая включает в себя земную кору и литосферную часть мантии (обладают одинаковыми физическими свойствами), подстилается астеносферой.

Астеносфера — пластичная оболочка мантии, где преобладают высокие температуры и появляются первые проценты расплава; в геологическом времени обладает свойствами очень вязкой жидкости.

Литосфера состоит из нескольких литосферных плит, которые движутся друг относительно друга по астеносфере за счет конвективных течений в мантии. Это перемещение называется тектоникой плит, в результате которой происходит непрерывное изменение земной коры — горные породы непрерывно разрушаются и формируются вновь.

Для изучения глубинных слоев земли применяют геофизические методы, основанные на разнице скоростей сейсмических волн при прохождении разных по плотности сред, где происходит преломление и частичное отражение волн. Верхняя часть земной коры изучается бурением сверхглубоких скважин (12,6 км на Кольском полуострове).

Земная кора имеет два источника тепла: Солнце и распад радиоактивных веществ на границе с мантией.

В земной коре выделяют три температурные зоны.

I — зона переменных температур до глубины 30 м, определяется климатом местности, в зимний период образуется под-

зона промерзания, которая зависит от климата и типа горной породы и определяется по карте в СНиП, по формулам или по многолетним наблюдениям, ее величина учитывается при расчете глубины заложения фундамента.

II — зона постоянных температур, распространяется до глубины 15–40 м и соответствует среднегодовой температуре местности.

III — зона нарастания температур, в которой температура возрастает с глубиной в зависимости от геотермического градиента.

Геотермический градиент — величина возрастания температуры на каждые 100 м глубины. Геотермическая ступень — глубина, при которой температура повышается на 1 °С. Теоретически средняя величина этой ступени составляет 33 м.

Вопросы для самопроверки

1. Форма Земли, характеристика магнитного поля.
2. Строение Земли, характеристика внешних и внутренних оболочек, методы изучения.
3. Как называется огненно-жидкий силикатный расплав в недрах Земли?
4. Как называется оболочка Земли, включающая земную кору и часть верхней мантии?
5. Как называется нижний слой атмосферы?
6. Тепловой режим земной коры (зона переменных, постоянных и нарастающих температур). В какой зоне изменение температур зависит от климата?
7. Для чего необходимо знание величины промерзания грунтов?
8. Геотермический градиент, геотермическая ступень.

1.1.2. ПОРОДОБРАЗУЮЩИЕ МИНЕРАЛЫ И ГОРНЫЕ ПОРОДЫ

Земная кора сложена горными породами, которые состоят из минералов. Изучением минералов занимается наука минералогия.

Минералы

Минерал (лат. *minera* — руда) — химическое соединение, образующееся в результате естественных физико-химических и геологических процессов в земной коре или на ее поверхности. В земной коре содержится несколько тысяч минералов и их разновидностей, но только около сотни из них наиболее часто встречаются и в больших количествах входят в состав горных пород. Эти минералы называются породообразующими. Минералы, содержание которых в породах незначительно (менее 5 %) называются акцессорными.

По способу образования минералы могут быть объединены в две группы:

— эндогенные минералы, образующиеся на различных глубинах за счет внутренней энергии Земли в результате кристаллизации магмы и преобразования первичных минералов в условиях высоких давлений и температур;

— экзогенные минералы, образующиеся за счет внешней (солнечной) энергии в результате процессов выветривания (воздействие атмосферы, гидросферы, биосферы) разнообразных пород.

Каждый минерал обладает определенным химическим составом и определенной кристаллической структурой, т.е. закономерным расположением в пространстве элементарных частиц (молекул, атомов, ионов). В зависимости от особенностей химического состава и кристаллической структуры минералы образуют многогранники различной формы, называемые кристаллами. Эти характеристики минералов обуславливают все физические свойства, такие как цвет, блеск, твердость и т.д.

Полиморфными модификациями называются минералы, имеющие одинаковый химический состав, но различное внутреннее строение, структуру. Например, графит и алмаз — C; кальцит и аргонит — CaCO₃, их относят к различным минеральным видам.

Изоморфизмом (от греч. *isos* — равный и *morphe* — форма) называется свойство различных, но родственных по химиче-

скому составу веществ кристаллизоваться в одинаковых структурах при одном типе химической связи. Минералы с переменным составом могут объединяться в один минеральный вид, если непрерывно изменение состава минерала от одного крайнего члена к другому.

Иногда минералы имеют неупорядоченное строение, когда атомы и ионы, их составляющие, располагаются беспорядочно, хаотично. Минералы с таким строением называются аморфными.

Наиболее часто встречающимися формами выделения минералов в природе являются минеральные агрегаты — беспорядочные скопления минералов. Минеральные агрегаты бывают мономинеральными (греч. *monos* — один) и полиминеральными (греч. *polys* — многочисленный). При описании минеральных агрегатов отмечают размер отдельных зерен и их форму. По размеру слагающих их кристаллов агрегаты могут подразделяться на гигантозернистые — слагающие кристаллы более 3 см; крупнозернистые — 3–1 см; среднезернистые — от 1 до 0,3 см; мелкозернистые — менее 0,3 см, выделяются также скрытокристаллические агрегаты, отдельные зерна которых не видны невооруженным глазом. Формы кристаллов, слагающих минеральный агрегат, могут быть: изометричные, таблитчатые, дисковидные, уплощенные, листоватые, пластинчатые, столбчатые, шестоватые, игольчатые, волокнистые и т. д.

Физические свойства минералов

Минералы отличаются друг от друга по внешним признакам: цвету, блеску, форме и другим свойствам. Все физические свойства минералов находятся в прямой зависимости от их химического состава и кристаллической структуры. Для того чтобы распознать минералы в полевых условиях, не прибегая к специальным методам минералогического исследования и оборудованию, необходимо знать и уметь определить их основные физические свойства, которые можно использовать как диагностические признаки.

Оптические свойства

Прозрачность — свойство минерала пропускать свет. В зависимости от степени прозрачности минералы подразделяются: на прозрачные (горный хрусталь, топаз, исландский шпат), полупрозрачные (флюорит, сильвин) и непрозрачные (пирит, магнетит).

Цвет: А. Е. Ферсман выделял следующие типы окраски минералов, обусловленные разными причинами:

— идиохроматическая (от греч. *idios* — свой собственный и *chroma* — цвет) окраска обусловлена внутренними свойствами минерала — особенностями строения кристаллической решетки. Некоторые минералы имеют определенный цвет, по которому их можно практически безошибочно определить. Например, пирит — латунно-желтый, магнетит — черный, малахит — зеленый, родонит — красный, азурит — синий.

— аллохроматическая (от греч. *alios* — другой, чужой) окраска связана с присутствием в минералах либо элементов-хромофоров (Cr, V, Ti, Mn, Fe, Al, Ni, Co, Cu, U, Mo), либо тонко рассеянных механических примесей. Такие минералы называются полихромными (от греч. *polys* — многочисленный и *chroma* — цвет, краска). Кроме того, анизотропные минералы могут обладать плеохромизмом (от греч. *pleon* — более и *chroma* — цвет), т. е. обнаруживать разную окраску при рассматривании их в разных направлениях. Например, даже незначительная примесь Cr_2O_3 (0,1 %) окрашивает бесцветный минерал корунд в густой ярко-красный цвет, прозрачная разновидность которого называется рубином.

— псевдохроматическая окраска (от греч. *pseudos* — ложь) связана с различными оптическими эффектами: рассеянием и отражением света, интерференцией световых волн. Например, вспыхивающие на черном фоне ярко-синие пятна на поверхности полевого шпата лабрадора обусловлены интерференцией (явление иризации, от греч. *iridos* — радуга).

Для рудных минералов (халькопирит) характерна возникающая на их поверхности в результате окисления разноцветная пленка — побежалость.

Цвет черты — это цвет тонкого порошка минерала, который легко получить, если провести испытуемым минералом черту на матовой (неглазурованной) поверхности фарфоровой пластинки, называемой бисквитом. Цвет минерала в порошке может быть таким, как его цвет в кристаллическом агрегате, но может и значительно отличаться. Для темноцветных и непрозрачных минералов цвет минерала в порошке — важный диагностический признак.

Блеск — это способность минералов отражать от своей поверхности световой поток. Установлено, что блеск зависит от показателя преломления минерала, т. е. величины, характеризующей разницу в скорости света при переходе его из воздушной среды в кристаллическую среду.

Механические свойства

Спайностью называется свойство минералов раскалываться или расщепляться по определенным направлениям, обусловленным строением их кристаллических решеток, образуя при этом ровные площадки — плоскости спайности. Разрушение происходит предпочтительно по тем направлениям, по которым в кристаллической решетке существуют наиболее слабые связи. Это свойство минералов связано исключительно с их внутренним строением и не зависит от внешней формы кристаллов.

Плоскость спайности отличается от естественной грани кристалла тем, что естественную грань можно отбить, и она больше не повторится, а плоскости спайности можно получать многократно. На естественных гранях кристаллов часто наблюдается штриховка или следы растворения, плоскости спайности более гладкие и совершенные. Аморфные минералы не обладают спайностью.

Изломом называют характер поверхности раскола.

Твердость — степень сопротивления внешним механическим воздействиям — царапанию, резанию, вдавливанию. В минералогической практике применяется наиболее простой способ определения твердости — царапанье одного минерала другим, т. е. устанавливается относительная твердость минерала.

Для оценки относительной твердости австрийским минералогом Ф. Моосом была предложена шкала, состоящая из десяти минералов. Каждый последующий минерал этой шкалы царапает предыдущий, черта, полученная при этом, не стирается и остается в виде царапины. Более мягкие минералы оставляют на твердых минералах черту в виде порошка, которая легко стирается. Твердость минералов-эталонов в шкале условно обозначена целыми числами, несоответствующими их действительной твердости.

Шкала Мооса представлена следующими минералами:

1. Тальк $\text{Mg}_3[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_2$.
2. Гипс $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.
3. Кальцит CaCO_3 .
4. Флюорит CaF_2 .
5. Апатит $\text{Ca}_5[\text{PO}_4]_3(\text{F}, \text{Cl})$.
6. Ортоклаз $\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$.
7. Кварц SiO_2 .
8. Топаз $\text{Al}_2[\text{SiO}_4](\text{F}, \text{OH})_2$.
9. Корунд Al_2O_3 .
10. Алмаз C .

Хрупкость — свойство минерала крошиться под давлением или при ударе.

Ковкость — свойство вещества под давлением расплющиваться в тонкую пластинку.

Прочие свойства

Плотность для различных минералов колеблется от 0,9 до 21 г/см³. Все минералы по плотности можно разделить на три группы:

- легкие, с плотностью меньше 3 (галит, гипс, кварц и др.);
- средние, с плотностью порядка 3–5 (апатит, корунд, пирит и др.);
- тяжелые, с плотностью больше 5 (магнетит, золото и др.).

Специфические свойства. Некоторые минералы обладают особыми, характерными только для них свойствами.

Магнитность определяется по способности минерала отклонять магнитную стрелку компаса (магнетит, пирротин).

Реакция с соляной кислотой некоторых минералов класса карбонатов сопровождается выделением углекислого газа.

Двойное лучепреломление (раздвоение световых лучей при прохождении через анизотропные кристаллы) характерно для прозрачной разности кальцита, называемой исландским шпатом. Если через исландский шпат рассматривать, например, печатный текст, то возникает двойное изображение.

Физиологические свойства

Соленым вкусом обладает галит (каменная соль), горько-соленым — сильвин.

Специфическим запахом обладает сера. Выделения арсенопирита при трении издадут запах чеснока.

Классификация минералов

В основу современной классификации минералов положены кристаллохимические принципы, учитывающие химический состав и кристаллическую структуру минералов. Единицей такой классификации является минеральный вид. Сходные по составу и структуре минеральные виды объединяют в группы, подклассы и классы. Крупнейшим систематическим подразделением является *тип*. Выделяют пять типов: простые вещества, сульфиды, оксиды и гидроксиды, соли кислородных кислот и галогениды. Тип простых веществ делится на металлы и неметаллы, тип сульфидов — на собственно сульфиды, теллуриды и арсениды. Наибольшее число классов насчитывается в типе солей кислородных кислот. Минералы этого типа клас-

сифицируются по комплексным анионам. В программе дисциплины «Геология» рассматриваются следующие классы:

— самородные элементы — простые вещества в свободном состоянии;

— сульфиды — соли сероводородной кислоты H_2S ;

— галогениды — соли соляной кислоты HCl (хлориды) и соли плавиковой кислоты HF (фториды);

— оксиды и гидроокислы — соединения металлов и неметаллов с кислородом и водой;

— карбонаты — соли угольной кислоты H_2CO_3 ;

— сульфаты — соли серной кислоты H_2SO_4 ;

— фосфаты — соли ортофосфорной кислоты H_3PO_4 ;

— силикаты — соединения, содержащие SiO_2 (основа кристаллической решетки — скелет из кремнекислородных тетраэдров $[SiO_4]^{4-}$).

Горные породы

Горные породы — это природная совокупность минералов постоянного минералогического состава, образующая самостоятельное тело в земной коре. Наука, занимающаяся изучением горных пород, называется петрографией.

Горные породы, состоящие из одного минерала, называются мономинеральными (кварцит, известняк, каменная соль), состоящие из нескольких минералов — полиминеральными (гранит, глина).

Строение горной породы характеризуется структурой и текстурой.

Структура характеризует внутреннее строение породы, связанное со степенью ее кристалличности, абсолютным и относительным размером зерен или обломков, их формой.

Текстура характеризует особенность внешнего сложения горной породы, обусловленную размещением минеральных зерен в пространстве, их ориентировкой и окраской.

По условиям образования (генезису) горные породы условно делятся на три типа:

— магматические горные породы, возникающие путем кристаллизации природных силикатных расплавов внутри Земли и на ее поверхности;

— осадочные горные породы, образовавшиеся в результате жизнедеятельности и отмирания живых организмов или выпадения осадков из пересыщенных растворов или образовавшиеся в поверхностной части земной коры в результате выветривания любых ранее существовавших пород;

— метаморфические горные породы, образовавшиеся путем коренного преобразования любых ранее существовавших пород под влиянием высоких температур и давления, а также гидротермальных растворов.

Магматические горные породы возникают путем кристаллизации природных силикатных расплавов внутри земной коры или на ее поверхности и подразделяются на три класса:

— класс плутонических (интрузивных), т. е. полнокристаллических пород, происхождение которых связано с длительной кристаллизацией магматического расплава в земной коре;

— класс вулканических (эффузивных), т. е. порфировых или афировых пород с микрокристаллической или стекловатой основной массой, являющихся продуктами кристаллизации магмы, вышедшей на земную поверхность по вулканическим каналам и застывшей в течение короткого промежутка времени;

— класс гипабиссальных (жильных) пород, которые формируются на небольших глубинах и занимают по условиям залегания и структурам промежуточное положение между глубинными (плутоническими) и излившимися (вулканическими) породами и проявляются в виде малых интрузий (даек, силлов, штоков).

Формы залегания магматических тел

Батолит — крупный интрузивный массив, гигантская линза глубиной до 15 км и площадью от 100 до десятков тысяч км.

Шток — несогласная интрузия, в вертикальном разрезе имеющая форму колонны. В плане форма неправильная. От батолитов штоки отличаются меньшими размерами.

Лополит — согласная межпластовая интрузия блюдцеобразной формы.

Лакколит — согласная межпластовая интрузия, имеющая в разрезе грибообразную или куполообразную форму кровли и плоскую подошву.

Силлы — пластообразные тела, внедряющиеся между слоями вмещающих пород.

Дайка — несогласная интрузия небольших размеров (имеет секущие контакты с вмещающими породами).

Купол — сводообразные формы вулканических пород.

Лавовый покров — образуется в результате растекания магмы по поверхности Земли.

Потоки — вытянутые формы, возникающие при излиянии магмы из вулканов.

Химический состав магматических пород принято представлять в виде процентного содержания главных петрогенных оксидов: SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , FeO , MnO , MgO , TiO_2 , CaO , Na_2O , K_2O и H_2O . В классификации магматических пород по химическому составу используют процентное содержание кремнезема (SiO_2) и (или) суммы щелочей ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$).

Плутонические и вулканические магматические породы могут возникнуть из магмы одного и того же химического состава, поэтому почти каждая плутоническая магматическая порода имеет излившийся аналог, тождественный ей по химическому составу, но минеральный состав пород при этом может быть разным. Эти различия связаны с условиями формирования пород.

Все магматические горные породы разделяются по содержанию кремнезема (SiO_2) на группы: кислые (более 65%), средние (52–65%), основные (45–52%), ультраосновные (меньше 45%).

Осадочные горные породы

Осадочные породы представляют собой скопления минерального или органического вещества, которые образуются в результате экзогенных процессов в пределах земной поверхности — на дне водоемов или на поверхности суши. Составляя всего 5% объема земной коры, осадочные породы покрывают около 75% поверхности Земли и чаще всего являются основаниями фундаментов сооружений.

Образование осадочных пород (литогенез) представляет собой совокупность ряда последовательных стадий:

— выветривание (физическое разрушение, дробление пород и последующее химическое разложение до состояния глин), которое приводит к разрушению верхней части всей континентальной коры;

— перенос преимущественно речными потоками, а также ветром, ледниками, временными водотоками. Продукты выветривания при этом продолжают измельчаться, истираться, сортироваться;

— отложение или седиментация рыхлых осадков в водных бассейнах с проявлением процессов дифференциации;

— диагенез включает в себя процессы уплотнения осадка, его дегидратацию (удаление воды) и цементацию вследствие постепенного погружения на большие глубины, увеличения лито- и гидростатической нагрузки, а также повышения температур за счет геотермического градиента. В результате диагенеза песок превращается в песчаник, глина — в аргиллит, гравий и галька — в конгломерат.

Осадочные породы принято подразделять на три основные группы: обломочные (терригенные), химического происхождения (хемогенные) и органогенные — продукты жизнедеятельности и отмирания живых организмов. Многие породы имеют смешанное происхождение, примером могут служить мергели, известковистые песчаники и др.

К осадочным горным породам также относят: пирокластические породы (продукты извержения вулканов — пепел и песок), осевшие на поверхности земли и со временем преобразовавшиеся в туфы и туфобрекчии.

Классификация обломочных (терригенных) пород основана на различии по крупности зерен, по степени окатанности и цементированности.

Хемотропные породы образуются при химическом разрушении и растворении минералов материнских пород и последующим выпадением новых минералов в осадок из пересыщенных растворов.

Органогенные образования представляют собой продукты жизнедеятельности и отмирания живых организмов. Сюда относятся известняки — продукты отмирания организмов, извлекающих из среды обитания CaCO_3 , опоки, имеющие состав $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, и угли, представляющие собой различные углеродистые соединения. При классификации органогенных и хемотропных пород определяющим является их химический состав.

Важнейшим признаком, характеризующим строение осадочных пород, является их слоистая текстура. Образование слоистости связано с условиями накопления осадков. Слоистая текстура обусловлена чередованием слоев нескольких разновидностей осадочных пород и может быть вызвана резким изменением размеров обломочных частиц и вещественного состава пород либо ориентировкой осадочного материала.

Слои осадочных пород представляют собой тела относительно небольшой толщины, но занимают они большие площади. В слоистой толще каждый слой отделен от другого границей — поверхностью напластования. Поверхность, ограничивающая слой снизу, называется подошвой, сверху — кровлей. Кратчайшее расстояние между кровлей и подошвой называют его истинной мощностью. Истинная мощность слоев осадочных

пород колеблется в широких пределах — от долей сантиметра до десятков метров.

Метаморфические горные породы

Метаморфизм — процесс преобразования любых исходных пород под воздействием изменившихся физико-химических условий среды путем перекристаллизации породы без существенного расплавления. Факторами метаморфизма или причинами преобразования пород являются давление, температура, а также растворы и газы (флюиды), проникающие в толщи исходных пород.

По особенностям пространственного размещения и размаху процессов различают локальный и региональный типы метаморфизма. Локальный метаморфизм контролируется конкретными структурными элементами земной коры, а региональный охватывает значительные объемы горных пород.

Локальные метаморфические изменения горных пород обычно возникают при взаимодействии внедряющейся магмы с вмещающими горными породами (контактовый метаморфизм) либо при перемещениях крупных блоков геологической среды по зонам разрывных тектонических нарушений (дислокационный или динамометаморфизм).

При контактовом метаморфизме основным фактором изменений пород служит тепловое воздействие магматических расплавов на относительно холодные вмещающие породы, данный тип метаморфизма иногда называют термальным. Зона образования метаморфических пород вдоль контакта с магматическим телом называется контактовым ореолом. Ширина его колеблется от нескольких сантиметров до первых километров и определяется глубиной формирования, формой и объемом магматического тела, составом внедряющейся магмы.

Метасоматозом (от греч. «замещение», «вытеснение») называется контактово-метаморфическое преобразование вмещающих пород, когда кроме температурного воздействия магмы

на них влияют химически агрессивные, отделяющиеся от магмы во флюидном состоянии летучие компоненты. Изменение искоемых горных пород становится более сложным и глубоким. Обменные реакции между вмещающей породой и проникающими в нее газами приводят к возникновению пород, совершенно новых по химическому и минералогическому составу.

Динамометаморфические изменения горных пород протекают одновременно с образованием тектонических разрывов, когда величина ориентированного давления превышает предел прочности геологических тел. Смещения блоков по разрывным нарушениям часто сопровождаются механическим дроблением (катаклазом) и перетирированием пород.

Региональный метаморфизм. Движения в земной коре, захватывающие большие пространства, как это происходит при горообразовательных процессах, совместно с давлением вышележащих толщ пород и возрастающей с увеличением глубины погружения температурой обуславливают регионально-метаморфические преобразования пород. В зависимости от давления и температуры наблюдаются изменения более слабой или более сильной степени, которые отличаются характерными минеральными новообразованиями и называются метаморфическими фациями.

Подробное описание минералов, горных пород, их структурных и текстурных признаков дано в методических указаниях «Инженерная геология» [1].

Вопросы для самопроверки

1. Что называется минералом и горной породой? В чем разница между минералами и горными породами?
2. Дайте схематическую классификацию минералов по их химическому составу.
3. Физические свойства минералов. Форма минеральных агрегатов.

4. Как классифицируются горные породы по условиям образования?

5. Как подразделяются магматические породы по условиям образования? Каковы формы залегания магматических пород?

6. Как образуются осадочные породы? Каковы формы залегания осадочных пород?

7. Как образуются метаморфические горные породы? Назовите основные факторы и типы метаморфизма.

1.1.3. Геохронология

Историю и общие закономерности развития и образования земной коры изучает историческая геология. Установление возраста горных пород необходимо для оценки их свойств и определения положения среди других пород.

Различают относительный и абсолютный возраст горных пород.

Методы определения относительного возраста:

- стратиграфический,
- палеонтологический,
- петрографический.

Стратиграфический метод основан на том, что если породы не испытали сложных деформаций, то вышележащий слой всегда моложе нижележащего. «При ненарушенном залегании каждый нижележащий слой древнее покрывающего слоя» — этот принцип последовательности накопления осадков слой за слоем был сформулирован в 1669 г. Н. Стено (Н. Стенсен). При контакте интрузии с осадочными горными породами интрузия моложе тех пород, которые она пересекает. Жилы, секущие магматическое тело, моложе его.

Палеонтологический метод позволяет определить возраст осадочных пород независимо от характера залегания слоев, основан на изучении осадочных толщ, содержащих окаменелые остатки животных и растений. Животный и растительный мир

развиваются последовательно и необратимо. Каждой геологической эпохе соответствует свой комплекс животных и растений. В пластах одного возраста присутствуют одинаковые формы.

Петрографический метод основан на определении скорости накопления осадков в дельтах рек и на дне океанов. В дельтах рек слой мощностью 1 мм образуется за 3–10 лет. На дне океана — 0,1–0,01 мм в год.

Итогом изучения относительного возраста горных пород явилась международная стратиграфическая (геохронологическая) шкала. Она была принята на второй сессии Международного геологического конгресса в 1881 г. Названия стратиграфических подразделений соответствуют географическим названиям тех местностей, где они были впервые выделены (кембрийская, девонская, юрская, пермская), образованы от названий древних племен (силурийская, ордовикская), от преобладающего состава пород (каменноугольная, меловая) или отражают характер строения отложений (триасовая).

В Приложении 1 в сокращенном виде без ярусов (веков) приводится международная (общая) стратиграфическая (геохронологическая) шкала. Исключение составляет стратиграфическая шкала докембрия. Общепринятой международной схемы расчленения докембрийских отложений пока не создано, поэтому в России пользуются своей стратиграфической шкалой докембрия, утвержденной в 1991 г. Международная шкала включает основные стратиграфические и соответствующие им геохронологические подразделения соподчиненных рангов.

Эонотема — это отложения, образовавшиеся в течение зона (греч. «длительный промежуток времени») — самой крупной геохронологической единицы. Выделяют три эонотемы — архейскую (от греч. «археос» — древний), протерозойскую (от греч. «протерос» — первый) и фанерозойскую (от греч.

«фанерос» — явный). Отрезок геологического времени (более 3,5 млрд лет) и комплексы пород, соответствующие архею и протерозою, часто объединяют под общим названием «докембрий», или «криптозой» (от греч. «криптос» — скрытый, тайный). Термин «криптозой» (время скрытой жизни) был введен для разделения докембрия, в котором отсутствуют скелетные организмы, и «фанерозоя» (время явной жизни), где они появляются в большом количестве.

Эратема или группа систем составляет часть эонотемы и объединяет отложения, образовавшиеся в течение эры. В фанерозое выделяют три эратемы: палеозойскую (от греч. «палеос» — древний), мезозойскую (от греч. «мезос» — средний) и кайнозойскую (от греч. «кайнос» — новый). Протерозой в международной шкале разделен на нижний, средний и верхний. Для архея общепринятого разделения пока нет.

Система составляет часть эратемы и объединяет отложения, образовавшиеся в течение периода. В настоящее время выделяют 12 систем: кембрийскую, ордовикскую, силурийскую, девонскую, каменноугольную, пермскую, триасовую, юрскую, меловую, палеогеновую, неогеновую и четвертичную (антропогеновую). Практически все они имеют планетарное распространение.

Отдел составляет часть системы и характеризует отложения, образовавшиеся в течение одной эпохи. Обычно система включает 2–3 отдела, которые в зависимости от их положения в разрезе системы называются нижним и верхним, или нижним, средним и верхним. Некоторые отделы имеют собственные названия. Так, в палеогеновой системе выделяются палеоцен, эоцен и олигоцен, в неогеновой — миоцен и плиоцен. Эпохи как временные подразделения, соответствующие нижнему и верхнему или нижнему, среднему и верхнему отделам, необходимо называть «ранняя» и «поздняя» или «ранняя», «средняя» и «поздняя» с прибавлением названия периода.

Для обозначения возраста пород на геологической графике существует общепризнанная цветовая шкала, где каждой системе присвоен определенный цвет (Прил. 1). Например, отложения триасовой системы на геологических картах красят в фиолетовый цвет, юрской — в синий и т. д. Более дробные стратиграфические подразделения каждой системы (например, отделы) закрашивают оттенками основного цвета системы, при этом более древние подразделения — темными, а более молодые — светлыми тонами соответствующего цвета. Дополнительными условными обозначениями возраста служат индексы — буквенные и цифровые обозначения возрастной принадлежности тех или иных горных пород. Они представляют собой начальные латинские буквы названия эратемы или системы. Для обозначения отдела к буквенному индексу внизу справа прибавляется арабская цифра. Так, индекс триасовой системы — Т, индекс ее нижнего отдела — Т₁, среднего — Т₂, верхнего — Т₃.

Абсолютный возраст горной породы — продолжительность существования породы (в годах). В основе изотопно-геохронологических методов определения абсолютного возраста горных пород лежит закон радиоактивного распада. Сущность метода: при образовании кристаллических решеток минералов, содержащих радиоактивные элементы, образуется закрытая система, в которой в течение геологического времени накапливаются дочерние продукты радиоактивного распада материнских радиоактивных изотопов (U, K, Rb).

Период полураспада $^{238}\text{U} = 4,5$ млрд лет, $^{14}\text{C} = 5568$ лет.

Уран-торий-свинцовый метод — превращение изотопа ^{235}U в стабильные изотопы свинца Pb. Зная, какое количество Pb образуется из 1 г U в течение года, можно определить их содержание в минерале (точность определения — сотни миллионов лет).

K—Ar — изотоп ^{40}K превращается в ходе распада в изотоп ^{40}Ar (точность — до 1 млн лет). Поскольку калий является весьма

распространенным элементом, К–Аг метод получил широкое применение для датирования почти всех типов горных пород. Особенно большая роль этому методу (в отличие от других) отводится при датировании осадочных пород позднего докембрия по калийсодержащему минералу — глаукониту.

Радиоуглеродный метод применяется для датирования молодых объектов, содержащих углерод, возрастом не более 70 тыс. лет. Изотоп углерода ^{14}C непрерывно образуется в атмосфере из ^{14}N под действием космической радиации. Свободные атомы ^{14}C входят в молекулы $^{14}\text{CO}_2$ и усваиваются живыми организмами. Умершие организмы не получают CO_2 и концентрация ^{14}C убывает в костном органическом веществе по определенному закону.

Вопросы для самопроверки

1. Относительные геохронологические методы и их сущность.
2. На чем основан палеонтологический метод?
3. На каком физическом явлении основаны методы определения абсолютного возраста пород? Назовите основные методы.
4. Как на геологических картах и разрезах обозначается возраст горных пород?

1.1.4. ГЛОБАЛЬНАЯ ГЕОТЕКТОНИКА

В настоящее время в верхней оболочке Земли выделяют восемь крупных, десятки средних и множество мелких плит, которые перемещаются друг относительно друга, границы плит — зоны повышенной сейсмичности.

Существуют следующие типы тектонических структур:

— платформа (Русская, Сибирская) — кристаллический фундамент, перекрытый чехлом горизонтально залегающих осадочных пород — устойчивая малоподвижная структура. Для платформ характерны колебательные движения — медленные

поднятия (Скандинавия) и опускания (Голландия) отдельных участков земной коры без нарушения первоначального залегания слоев, изменение береговой линии и базиса эрозии (до 6 см/год). Замеряется изменение высот геодезическими приборами высокой точности;

— щит — кристаллический фундамент, вышедший на поверхность (Балтийский, Скандинавский);

— геосинклиналь — подвижный участок земной коры между платформами.

Согласным называется такое залегание, где каждый вышележащий слой повторяет залегание слоев, лежащих ниже, и образует с ним разрез, в котором относительный возраст пород плавно изменяется снизу вверх в соответствии с подразделениями геохронологической шкалы. Все отклонения от такого залегания называют несогласиями.

Стратиграфическим несогласием называют залегание пород, при котором из стратиграфического разреза выпадают слои пород того или иного возрастного интервала, свидетельствующие об отсутствии в этот период осадконакопления.

Параллельное стратиграфическое несогласие проявляется в случае перерыва в осадконакоплении пород. При параллельном несогласии слои разновозрастных пород контактируют по неровной поверхности.

Угловым несогласием называются непараллельные между собой ниже- и вышележащие слои. Слои, отложившиеся до перерыва в осадконакоплении, находятся в нарушенном залегании, а залегание пород, сформировавшихся после перерыва, является ненарушенным (горизонтальным).

В результате движений и деформаций земной коры первичное горизонтальное залегание слоев горных пород часто бывает нарушено. Вторичные формы залегания пород, образующиеся под действием тектонических сил, также называют тектоническими нарушениями. Наиболее распространенными являются

три типа таких нарушений: наклонное залегание слоев, складчатое залегание слоев и залегание слоев, нарушенное тектоническими разрывами.

В геологии наклонное залегание слоев горных пород называют моноклиналильным, а структурные формы, образованные такими слоями, — моноклиналями. Ступенчатый изгиб слоев называется флексурой.

Складчатые (пликативные) нарушения — смятие горизонтальных пластов в складки без разрыва сплошности пород.

Антиклиналь — складка, обращенная вершиной (выпуклостью) вверх.

Синклиналь — складка, обращенная вершиной (выпуклостью) вниз.

Существуют следующие элементы складок:

— крылья — наклоненные в разные стороны поверхности слоев, образующих складку.

— замок складки — область резкого перегиба слоев, соединяющая крылья.

— угол складки — это угол, образованный плоскостями крыльев, мысленно продолженными до их пересечения.

— шарнир складки — линия, проходящая через точки максимального перегиба какого-либо одного слоя в замке складки.

— ось поверхности складки — поверхность, проходящая через шарниры складки, проведенные по разным составляющим ее слоям.

— ось складки — это проекция шарнира на горизонтальную плоскость.

— ядро складки — внутренняя часть складки, выделяющаяся условно относительно какого-либо слоя.

Ядра синклиналей сложены самыми молодыми породами, а по направлению к крыльям возраст слагающих складку слоев становится более древним. В антиклиналях соотношение возрастов пород в ядрах и на крыльях прямо противоположное.

Разрывные (дизъюнктивные) нарушения представляют собой поверхности, или зоны, по которым произошли значительные смещения горных пород. Различают следующие структурные элементы разрывных нарушений:

- сместитель — поверхность, или зона, по которой произошло относительное перемещение блоков горных пород;
- крылья разрыва — относительно перемещенные блоки пород, располагающиеся по обе стороны от сместителя;
- амплитуда смещения — расстояние, на которое смещены крылья одного блока относительно другого;
- сброс и взброс — разрывные нарушения, характеризующиеся вертикальным перемещением крыльев. Если сместитель располагается вертикально, тогда к разрыву можно применять оба эти названия, но гораздо чаще сместитель бывает наклонным.

При вертикальном перемещении пород по разрыву одно из крыльев оказывается приподнятым, а второе — опущенным. В случае, когда сместитель отклоняется от вертикали, крыло, лежащее над ним, называется висячим, а под ним — лежащим, вне зависимости от положения блоков, поднятые они или опущенные.

Сброс — разрывная деформация, возникающая в результате опускания одного блока толщи относительно другого в результате сил растяжения с линией наклона разрыва (сместителя) в сторону опущенных пород.

Взброс — разрывная деформация, возникающая в результате поднятия одной части толщи относительно другой в результате сжимающих сил с линией крутого наклона разрыва (сместителя) в сторону поднятых пород.

Надвигами называют взбросы при пологом положении сместителя (угол менее 60°).

Сдвиг — тектоническое нарушение со смещением блоков пород в горизонтальном направлении по вертикальному или круто наклоненному сместителю.

Более сложные разрывные структуры возникают в случае, когда сместители субпараллельных сбросов или взбросов оказываются наклоненными в разные стороны.

Грабенами называются структуры, в которых центральный блок опущен между двумя боковыми блоками. Горсты — структуры, в которых центральный блок приподнят между двумя боковыми блоками.

Наличие деформаций усложняет проектирование и строительство:

- нарушается однородность грунтов основания сооружения;
- образуются зоны дробления, снижается прочность грунтов;
- по трещинам разрывов происходят смещения, циркулируют подземные воды.

Вопросы для самопроверки

1. Как называется относительно устойчивая, жесткая, малоподвижная структура земной коры?
2. Различия в характере тектонических движений и магматизме в различных структурах земной коры (платформах и геосинклиналях).
3. К каким типам тектонических движений относятся сброс, взброс, горст, грабен?
4. К каким типам тектонических движений относятся моноклираль, флексура, синклираль и антиклираль?
5. Чем опасно наличие дислокаций в геологическом строении строительных площадок?

1.1.5. Вулканизм и сейсмические явления

Землетрясения происходят только в районах геосинклиналей, где литосферные плиты либо сталкиваются друг с другом,

либо расходятся, наращивая образование новой океанической коры. Ежегодно регистрируются сотни тысяч землетрясений, но только около 100 из них можно отнести к разрушительным. Причины: извержение вулканов, обрушение пород над горными выработками, искусственные взрывы и тектоническая активность.

Тектонические землетрясения — это мгновенное высвобождение энергии за счет образования разрыва горных пород. Деформация пород происходит скачкообразно с образованием упругих волн. Объем горных пород, подвергшийся разрыву, определяет силу сейсмического толчка и выделившуюся энергию.

Цунами — возникновение пологих волн ($L = 150$ км, $H = 20\text{--}40$ м) в результате подводного землетрясения.

Гипоцентр — очаг зарождения землетрясения, различают поверхностные (гипоцентр находится от 1–10 км от поверхности земли), коровые (от 30 до 50 км) и плутонические (более 100 км).

Эпицентр — проекция гипоцентра на поверхность Земли.

В зависимости от глубины гипоцентра различают землетрясения:

- мелкофокусные — до 70 км (встречаются чаще всего на глубине 10–30 км, т. е. в нижней части литосферы);
- среднефокусные — 70–300 км,
- глубокофокусные — 300–700 км.

Упругие колебания в виде продольных и поперечных волн распространяются во всех направлениях от гипоцентра землетрясения. Продольные волны называются *P*-волнами (*primary* — первые, т. к. они первыми достигают поверхности земли). Продольные волны вызывают сжатие и растяжение среды в направлении их движения и распространяются в любой среде. Скорость зависит от свойств веществ (в песках — 0,7–1,6 км/сек, в гранитах — 1,5–5,6 км/сек, в воде — 1,5 км/сек).

Поперечные волны сдвигают частицы перпендикулярно к направлению своего движения. Они распространяются только в твердой среде и вызывают в породах деформацию сдвига и не распространяются в жидкостях и газах, т. к. их модуль сдвига равен 0. Скорость поперечных волн (V_s) в 1,7 раза меньше скорости продольных (V_p). Период распространения волн варьирует от долей секунд до 5 секунд.

Поверхностные сейсмические волны (L) наблюдаются на поверхности земли, скорость их в 2 раза ниже поперечных волн (V_s). Они быстрее затухают на расстоянии, но не менее опасны.

В сейсмических районах выполняются дополнительные работы согласно СП 47.13330.2012 «Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11–02–96» и СП 11.105–97 «Инженерные изыскания для строительства». Территории с силой землетрясений меньше 7 баллов проектируют без учета сейсмичности, с расчетной сейсмичностью 7, 8, 9 баллов — по СП 14.13330–2011 «Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция СНиП II-7–81».

Корректировка баллов по сейсмическим картам производится следующим образом. Исходный балл увеличивается на 1 для участков, сложенных дисперсными (рыхлыми) грунтами, при высоком уровне залегания грунтовых вод (3–4 м). Балл не изменяют для участков, сложенных твердыми и полутвердыми пластичными и обломочными грунтами, при УГВ более 8 м. Исходный балл уменьшается на 1 для участков, сложенных скальными и полускальными породами, при глубине залегания УГВ более 15 м.

Вулканы образуются в случае прорыва магматического расплава, образовавшегося во внутренней части Земли (астеносфере), на поверхность. Магма образуется в результате частичного плавления горных пород либо в верхней части мантии,

либо в нижней части земной коры. Плотность магматического расплава меньше плотности горных пород, поэтому сформировавшаяся магма поднимается на поверхность.

Лава — излившаяся на поверхность магма. Вязкость магматического расплава — мера сопротивления течению, зависит от химического состава расплава; температуры (чем меньше температура, тем больше вязкость); от содержания газов (при большом количестве газов вязкость ниже). Низкой вязкостью обладает магма базальтового (основного) состава, скорость течения которой от 30 км/час до 50 км/час. Высокой вязкостью обладает магма кислого состава (комковатая лава) — взрывные извержения, эксплозивный вулканизм.

Продукты извержения вулканов — расплав и твердый материал. В случае, когда магма (расплав) кристаллизуется на поверхности, образуется риолит или базальт, под водой — обсидиан. Твердый материал извержения: пирокластический материал, тонкий пепел в результате консолидации преобразуется в вулканический туф, крупный материал — в вулканические брекчии.

Вопросы для самопроверки

1. Как называется очаг зарождения землетрясения? Как различаются землетрясения в зависимости от глубины зарождения очага?
2. Какие виды сейсмических (упругих) волн различают?
3. Где располагается эпицентр землетрясения?
4. Влияние рельефа местности, состава пород, условий залегания пород и грунтовых вод на силу землетрясения.
5. Как определяют сейсмическое ускорение, балл землетрясения и коэффициент сейсмичности?
6. Как будет происходить извержение вулканов при основном и при кислом составе магмы?

1.2. Основы грунтоведения

Грунтоведение — наука о грунтах, исследующая состав, состояние, строение и свойства грунтов, закономерности их формирования и пространственно-временного изменения в процессе инженерно-строительной деятельности человека. Грунтами называют любые горные породы, почвы, осадки и техногенные образования, рассматриваемые как многокомпонентные динамичные системы и часть геологической среды.

Грунты могут служить:

- материалом оснований сооружений,
- материалом самого сооружения (дорог, насыпей, плотин),
- средой для размещения в них сооружений (тоннелей, трубопроводов, хранилищ) и др.

В соответствии с ГОСТ 25100–2011 классификация грунтов распространяется на все грунты и применяется при производстве инженерных изысканий, проектировании и строительстве зданий и сооружений. Грунты подразделяются на классы: скальные, дисперсные и мерзлые.

Классификация грунтов включает следующие таксономические единицы, выделяемые по группам признаков:

- класс (подкласс) — по природе структурных связей;
- тип (подтип) — по генезису;
- вид (подвид) — по вещественному, петрографическому или литологическому составу;
- разновидность — по количественным показателям состава, строения, состояния и свойств грунтов.

Скальные грунты обладают жесткими структурными связями (кристаллизационными и цементационными).

Дисперсные грунты характеризуются физическими, физико-химическими или механическими структурными связями. Грунты с механическими структурными связями выделяют в подкласс несвязных (сыпучих) грунтов, а грунты с физиче-

скими и физико-химическими структурными связями — в подкласс связных грунтов.

Мерзлые грунты, наряду с другими структурными связями, обладают криогенными связями (за счет льда). Грунты с криогенными и одновременно с кристаллизационными и цементационными структурными связями выделяют в подкласс скальных мерзлых грунтов; грунты с криогенными и одновременно с физическими и физико-химическими структурными связями — в подкласс дисперсных мерзлых грунтов; грунты только с криогенными связями выделяют в подкласс ледяных грунтов.

Физические свойства грунтов

Плотность ρ — масса единицы объема грунта с естественной влажностью и ненарушенным сложением, зависит от минералогического состава. Для дисперсных грунтов $\rho = 1,3–2,0 \text{ г/см}^3$, для скальных — $\rho = 2,5–3,3 \text{ г/см}^3$.

Плотность частиц грунта ρ_s — отношение массы сухого грунта, исключая массу воды в порах, к объему твердой части, $\rho_s = 2,2–3,2 \text{ г/см}^3$.

Естественная влажность (W) — все количество воды, содержащееся в порах грунта в естественном залегании. Определяется высушиванием грунта при температуре $105–107 \text{ }^\circ\text{C}$ в течение 8 часов, равна отношению массы воды к массе сухой породы.

Пористость (n) — отношение объема пор к объему грунта, измеряется в %, обычно $30–60 \%$, в расчетах используется величина приведенной пористости — коэффициент пористости (e) — отношение объема пор к объему твердых минеральных частиц.

Значения плотности применяются для характеристики физических свойств грунта как основания или строительного материала, а также для расчетов при динамических нагрузках.

Водно-физические свойства грунтов

Водно-физические свойства грунтов являются важнейшими характеристиками физического состояния, определяющими прочность и деформируемость.

Полная влагоемкость ($W_{п.в}$, д. е.) — максимальное количество воды, содержащееся в породе.

Коэффициент водонасыщения грунта, степень влажности (S_r , д. е.) — степень заполнения объема пор водой.

Критерии физического состояния глинистых грунтов — число пластичности (J_p), показатель текучести (J_L).

Пластическими свойствами обладают дисперсные связные грунты — глины, суглинки и супеси.

Пластичность — свойство грунтов изменять под действием внешних сил (давление) свою форму и размеры без разрыва сплошности и сохранять полученную форму после снятия нагрузки.

Влажности, при которых грунт обладает пластическими свойствами, называют верхним и нижним пределом пластичности:

— верхний предел пластичности (W_L) — граница текучести соответствует влажности, при незначительном увеличении которой грунт переходит в текучее состояние (определяется опытным путем).

— нижний предел пластичности (W_p) — граница раскатывания соответствует влажности, при незначительном уменьшении которой грунт переходит в твердое состояние (определяется опытным путем).

Число пластичности — разность между влажностью на границе текучести и влажностью на границе раскатывания. По числу пластичности глинистые грунты подразделяются на супеси, суглинки и глины (прил. 2).

Деформационные свойства характеризуют поведение грунта под нагрузками, не превышающими критические. Деформационные свойства дисперсных грунтов определяются их сжимаемостью под нагрузкой в результате смещения минеральных частиц относительно друг друга и зависят от пористости породы.

Сжимаемость — способность грунтов деформироваться под влиянием внешней нагрузки, не подвергаясь разрушению,

определяется модулем общей деформации E , МПа и зависит:

- от гранулометрического состава,
- минералогического состава,
- структуры и текстуры пород.

Прочность грунтов — характерное поведение грунта под нагрузками, равными или превышающими критические, определяется только при разрушении грунта. Для дисперсных грунтов прочность характеризуется сопротивлением грунтов сдвигу, τ , МПа. Для скальных грунтов прочность характеризуется пределом прочности на одноосное сжатие R_c (МПа).

Набухание — способность глинистых пород при насыщении водой увеличивать свой объем. Возрастание объема породы сопровождается развитием в ней давления набухания (глины и тяжелые суглинки), характеризуется относительной деформацией набухания без нагрузки ε_{sw} — отношением увеличения высоты образца грунта при замачивании после свободного набухания в условиях невозможности бокового расширения к начальной высоте образца природной влажности (прил. 2).

Набухание грунтов зависит:

- от содержания глинистых и пылеватых частиц, их минералогического состава,
- от химического состава воды, взаимодействующей с породой (бentonитовая глина увеличивается в объеме на 80%, каолиновая — на 25 %).

Просадочность — свойство лёссовых грунтов уменьшать свой объем без изменения давления и давать просадку при замачивании, характеризуется относительной деформацией набухания без нагрузки ε_{sw} , — отношением увеличения высоты образца грунта при замачивании после свободного набухания в условиях невозможности бокового расширения к начальной высоте образца природной влажности (прил. 2).

Лёссы — пылеватые суглинки, супеси (фракции 0,05–0,005 мм > 50 %), в сухом состоянии держат вертикальные от-

косы, быстро размокают в воде, пористость более 40 %, высокое содержание карбонатов, засоление легко растворимыми солями.

Усадка грунта — уменьшение объема породы под влиянием высыхания, зависящее от его естественной влажности.

Размокание — способность глинистых грунтов в соприкосновении со стоячей водой (замачивании) терять связность и разрушаться, превращаясь в рыхлую массу, с частичной или полной потерей несущей способности.

Коррозионные свойства глин возникают в результате электролиза, начинающегося при воздействии блуждающих электрических токов (трамваи, троллейбусы в городах), в результате чего происходит разрушение строительных материалов и подземных металлических трубопроводов.

Ил — водонасыщенный современный или древний нелигифицированный морской или пресноводный органико-минеральный осадок, содержащий более 3 % (по массе) органического вещества текучей консистенции, коэффициент пористости $e \geq 0,9$ и содержание частиц менее 0,01 мм более 30 %. Илы не выдерживают даже минимальные нагрузки, в результате которых выдавливаются, а при динамическом воздействии разжижаются.

При устройстве оснований сооружений ил заменяют на другой грунт, используют свайные основания, опирающиеся на прочные грунты, выполняют наброску камня или намывают слой песка.

Заторфованные грунты — песчаные или глинистые грунты, содержащие в своем составе торф (от 3 % для песка и от 5 % для глинистого грунта до 50 % по массе).

Торф — органический грунт, содержащий в своем составе более 50 % (по массе) органического вещества, характеризующийся высокой влажностью, сильной сжимаемостью, неравномерными осадками. При строительстве применяются свайные

основания, выторфовка, уплотнение с помощью дренажных скважин.

Классификационные показатели скальных грунтов приведены в приложении 3, обломочных грунтов — в приложении 4.

Прочность — свойство грунтов сопротивляться разрушению под действием внутренних напряжений, вызванных внешними силами. Предел прочности скальных грунтов на одноосное сжатие R_c , (МПа) — отношение нагрузки, при которой происходит разрушение образца, к площади его первоначального поперечного сечения.

Выветривание — совокупность процессов разрушения горных пород, изменения их химического и минерального состава в результате внешних воздействий. Степень разрушения породы в результате процессов выветривания определяется по коэффициенту выветрелости грунта, $K_{вр}$, как отношение плотности выветрелого грунта ρ_v к плотности неветрелого грунта $\rho_{нв}$.

Размягчаемость — уменьшение прочности скальных грунтов при водонасыщении. Численно характеризуется коэффициентом размягчаемости $K_{соф}$ — отношением пределов прочности грунта на одноосное сжатие в водонасыщенном и в воздушно-сухом состоянии.

Степень растворимости в воде q_{sr} , г/л, — величина, отражающая способность грунта растворяться в воде при нормальных условиях за счет растворения неорганических и органических веществ, определяемая при соотношения грунта и воды 1:5 и равная концентрации образующегося равновесного раствора.

Вопросы для самопроверки

1. Определите класс, группу, подгруппу, тип для гнейса и алевrolита по ГОСТ 25100–2011.
2. Дайте понятие плотности и пористости грунта.

3. Что такое пластичность и какие грунты обладают пластичностью?

4. Деформационные свойства грунтов, основные показатели.

5. Прочностные свойства грунтов, основные показатели.

6. В каких грунтах может возникнуть процесс набухания, в каких грунтах могут возникнуть просадки?

7. Что такое торф? Особенности строительства на заторфованных грунтах.

1.3. Подземные Воды

1.3.1. Классификация подземных вод

Подземные воды — воды, находящиеся в верхней части земной коры. Наука о подземных водах, их происхождении, условиях залегания, законах движения, физических и химических свойствах, связях с атмосферными и поверхностными водами называется гидрогеологией. Для строителей подземные воды в одном случае — источник водоснабжения, в другом — фактор, затрудняющий производство земляных и горных работ в условиях притока подземных вод в котлованы и горные выработки. Подземные воды вызывают разрушение материалов, используемых для строительства подземных частей сооружений (фундаментов).

В результате взаимодействия подземных вод и горных пород в основании сооружений происходит изменение физико-механических свойств пород, как правило, приводящее к уменьшению прочности. Подземные воды являются одной из причин, вызывающих такие геологические процессы, как просадки лёссовых пород, пучение, оползни, карст, суффозию и другие.

В природе наблюдается малый и большой круговорот воды. Малый круговорот происходит по схеме: море — атмосфера —

море; большой круговорот: море — атмосфера — суша — море. Осадки, выпавшие на сушу, делятся на три части: испарение, сток и просачивание (инфильтрация) в почву.

Образование подземных вод

Инфильтрация — просачивание по порам и трещинам горных пород атмосферных осадков, речных и других вод под действием силы гравитации (верхняя часть земной коры.).

Конденсация водяных паров — в пустынях и под фундаментами зданий.

Ювенильные воды — пар, горячие источники при вулканической деятельности (при остывании и дегазации магмы).

Седиментационные — соленые воды в зонах замедленного водообмена (при уплотнении древних морских осадков).

Вода в горных породах существует в двух основных видах — связанная и свободная. Связанная вода подразделяется:

— на кристаллизационную, которая находится в кристаллической решетке минералов;

— цеалитную, занимающую свободное пространство в кристаллической решетке минералов (SiO_2 — кварц, а с $n\text{H}_2\text{O}$ — опал);

— конституционную — в виде иона OH^- .

Свободная вода:

— водяной пар, который занимает все поры, свободные от жидкой воды, и образуется из всех других форм почвенной воды путем испарения и вновь переходит в нее путем конденсации;

— гигроскопичная — это вода, поглощаемая коллоидными оболочками частиц грунта (породы), отделить можно только нагреванием;

— пленочная — слабосвязанная вода, окружающая набухшую частицу грунта (породы) в виде оболочки (свойство влагоемкости — способность горных пород удерживать часть воды в капельножидком состоянии);

— капиллярная вода — заземленная или связанная с капиллярами между отдельными гранулами или частицами горных пород;

— гравитационная — свободная вода, движется под влиянием гравитационных сил (силы тяжести);

— лед — в твердом состоянии (в условиях многолетней мерзлоты).

Основные гидрогеологические понятия

Водопроницаемые породы — горные породы, пропускающие через себя воду, могут составлять и зону аэрации, и зону насыщения.

Водоупорные породы — это горные породы, задерживающие фильтрацию воды (монокристаллические скальные породы, мерзлые породы, глины).

Водоносные породы — горные породы, дающие возможность движения воды в порах и пустотах.

Водоносный горизонт — водоносные породы, насыщенные водой и образующие по площади и мощности выдержанный пласт.

Уровень грунтовых вод — это граница между зоной аэрации и зоной насыщения.

Главные водно-физические свойства горных пород

Влажность (W) — отношение массы воды в порах к массе сухого грунта (высушивание при $t = 105^\circ\text{C}$).

Пористость — отношение объема пор к объему грунта, обуславливает возможность присутствия подземных вод в земной коре.

Влагоемкость — способность горных пород вмещать и удерживать определенное количество воды (численно может быть равна пористости). По степени влагоемкости горные породы подразделяются на три категории:

- весьма влагоемкие (торф, глины, суглинки),
- слабовлагоемкие (мергели, рыхлые песчаники, мелкие пески),

— невлагоемкие (изверженные и осадочные породы, галечник, гравий, крупный песок).

Водоотдача характеризуется количеством гравитационной воды, которое можно получить из 1 м^3 породы путем свободного стока.

Водопроницаемость — способность горных пород пропускать через себя воду. Степень водопроницаемости не определяется величиной пористости, а зависит от размера пор (пустот). Пример: глины имеют пористость порядка 60 %, однако водонепроницаемы, а песок с пористостью 30 % хорошо водопроницаем.

По степени водопроницаемости горные породы подразделяют:

— на хорошо водопроницаемые (галечник, гравий, крупнозернистый песок, карст), $k_{\phi} = 3-30$,

— водопроницаемые (трещиноватые скальные породы, пески), $k_{\phi} = 0,3-3$,

— слабопроницаемые (пылеватые пески, супеси, суглинки, лёссы, торф), $k_{\phi} = 0,005-0,3$,

— непроницаемые (водоупорные) — мерзлые породы, монокристаллические породы, глины, $k_{\phi} < 0,005$.

Коэффициент фильтрации k_{ϕ} (м/час, м/сутки) — скорость движения подземных вод через породу при гидравлическом градиенте $I = 1$.

Основные физические свойства подземных вод (органолептические): температура, цвет, прозрачность, вкус, запах.

Химический состав подземных вод

Вода является сложным соединением. В природе не существует воды, тем более подземной, которая не содержала бы в своем составе солей и газов. Часть из них присутствует в виде элементарных и сложных ионов (катионов и анионов), а часть — в виде молекул и сложных веществ. В молекулярном и коллоидальном состоянии в подземных водах содержатся ор-

ганические вещества и кремнекислота — $\text{SiO}_2 \times \text{H}_2\text{O}$. В коллоидальном состоянии могут находиться гидроксид $[\text{Fe}(\text{OH})_3]$ и окись железа ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \times 4 \text{H}_2\text{O}$), окись алюминия ($\text{Al}_2\text{O}_3 \times \text{H}_2\text{O}$).

В молекулярном виде в подземных водах содержатся газы: двуокись углерода (CO_2), сероводород (H_2S), азот (N_2), метан (CH_4), кислород (O_2). Иногда — повышенные содержания радиоактивных веществ. Все особенности химического состава подземных вод определяются геологическими условиями и климатическими факторами.

Важнейшими ионами, определяющими минерализацию (химический состав) воды, являются: анионы — Cl^- , SO_4^{2-} и HCO_3^- , катионы — Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} .

Общая минерализация (M , г/л) — сухой остаток после выпаривания 1 л воды (до 1 — пресная, 1–10 — солоноватая, 10–35 — соленая, более 35 — рассолы).

Все подземные воды по преобладающему аниону делятся на три класса: гидрокарбонатные (HCO_3^-), сульфатные (SO_4^{2-}) и хлоридные (Cl^-).

Каждый класс по преобладающему катиону делится на три группы: кальциевые (Ca^{2+}), натриевые (Na^+) и магниевые (Mg^{2+}).

Жесткость воды — свойство, обусловленное наличием в ней растворенных соединений Ca^{2+} и Mg^{2+} и их способностью образовывать плотный нерастворимый осадок при кипячении (плотная корка в котлах). Это свойство отчетливо выявляется при растворении в воде мыла: чем вода жестче, тем больше мыла требуется для появления пены. Жесткие воды непригодны для многих производств — бумажного, сахарного, кожевенного и т. д. Жесткость выражается в мг-экв (1 мг-экв жесткости — в 1 л воды содержится 20,4 мг катионов Ca и 12,6 мг катионов Mg).

Концентрация водородных ионов (pH). Показатель важен для правильного определения химического состава воды. При

нейтральной реакции $pH = 7$, при кислой — $pH < 7,0$, при щелочной — $pH > 7,0$. Определяют лакмусовой бумажкой (допустимо 6,5–8,0).

Агрессивность подземных вод — свойство подземных вод разрушать горные породы и стройматериалы в результате соприкосновения. Агрессивность зависит от кислотности подземных вод и скорости их движения. В песчаных грунтах агрессивность проявляется при $pH < 7$, в глинистых грунтах — при $pH < 5$.

По отношению к бетону различают следующие агрессивности:

— углекислая агрессивность проявляется при содержании в воде H_2CO_3 высокой концентрации. Показатель «агрессивная углекислота» — то количество H_2CO_3 , которое превышает равновесное, вызывая постоянное растворение карбоната кальция (карбонатные породы — известняки, мергели);

— выщелачивающая агрессивность определяется величиной временной жесткости, которая зависит от HCO_3^- , проявляется в ультрамягких или мягких водах, в которых находится минимальное содержание ионов HCO_3^- . Ультрамягкие воды способны выщелачивать карбонаты до момента создания равновесия между карбонатами и бикарбонатами;

— общекислотная агрессивность зависит от pH , особенно активна кислая среда ($pH < 5$) — активный растворитель для вмещающих пород (солей, карбонатов), опасна для железобетонных конструкций;

— сульфатная агрессивность определяется наличием в водах иона SO_4^{2-} . Соли серной кислоты обладают опасным свойством притягивать к себе nH_2O . Переход ангидрида в гипс дает увеличение объема в 2 раза. При соединении алюмосиликатов с такими водами в результате гидратации на цементе образуется соль Деваля, или цементная бацилла (наросты, вспучивание, крошится бетон);

— магниальная агрессивность определяется наличием ионов Mg^{++} , которые легко вступают в соединения, образуя соли, легко растворимые в воде, опасна для железных конструкций.

Свободный кислород, pH , SO_4^{2-} приводят к активному действию воды на железные конструкции — коррозии и растворению металлов.

Меры борьбы: при общекислотной агрессивности допускается подщелачивание воды при условии малых движений подземных вод, при выявлении сульфатной агрессивности применяют специальные виды цемента. Железные конструкции заменяются другими материалами (чугун, пластмассы и пр.). Применяются различного рода гидроизоляционные материалы.

Классификация подземных вод по степени заполнения пористого пространства

Подземные воды принято делить на две зоны, неравномерные по мощности:

— зона аэрации — это промежуточный слой между атмосферой и подземной гидросферой, пустоты, трещины и поры проницаемых пород не всегда и не везде заполнены водой. Здесь происходит вертикальное просачивание атмосферной влаги или поверхностных вод, и могут возникать скопления временных или сезонных вод: почвенные воды, верховодка;

— зона насыщения — все поры в породе заполнены водами, которые подразделяются по гидродинамическому признаку на безнапорные (грунтовые) и напорные (артезианские);

Верховодка — это временный водоносный горизонт, возникающий наиболее близко к земной поверхности в зоне аэрации на небольших по площади водоупорных слоях (линзах) при условии обильного питания подземных вод.

Особенности: площадь верховодки редко превышает 300 м^2 , летом, испаряются или инфильтруются на глубину, зимой промерзает, легко загрязняема бытовыми отходами.

Безнапорные (грунтовые) воды — это свободные гравитационные воды первого от поверхности постоянно существующего водоносного горизонта, заключенного в рыхлых четвертичных отложениях или в верхней части коренных пород и развитого на первом от поверхности региональном водоупорном слое.

Особенности грунтовых водоносных горизонтов:

— имеют свободную поверхность (давление на поверхность грунтовых вод равно атмосферному);

— при вскрытии грунтовых вод искусственными выработками уровень воды устанавливается на той же самой глубине, на которой появляется; питание грунтовых вод происходит по всей площади их распространения за счет атмосферных осадков, за счет инфильтрации вод из рек и водоемов, поступления подземных напорных вод из более глубоких горизонтов;

— дренирование (разгрузка) грунтовых вод осуществляется в основном эрозионной сетью на участках пересечения уровня грунтовых вод с понижениями рельефа, на которых образуются выходы подземных вод на поверхность в виде источников, родников, а также под водой (подводная, подрусловая разгрузка);

— тесная взаимосвязь с речными водами, которые могут являться областью дренирования, а также областью питания в период паводков.

По условиям залегания безнапорные (грунтовые воды) образуют: грунтовые потоки, бассейны и межпластовые безнапорные воды.

Грунтовые потоки — движение грунтовых вод по уклону от области питания к области дренажа. Зеркало грунтовых вод имеет уклон от участков с большим гидростатическим напором к участкам с меньшим. Гидростатический напор (H) — абсолютная отметка уровня грунтовых вод в данной точке (высота от уровня мирового океана).

Грунтовый бассейн возникает в случае образования водонепроницаемым слоем мульды (впадины). Часто грунтовый бассейн бывает частью грунтового потока.

Межпластовые безнапорные воды — водоносный горизонт, расположенный между двумя водоупорами со свободной водной поверхностью.

Для грунтовых вод характерен неустановившийся режим (резкие колебания уровня грунтовых вод в зависимости от времени года, значительное влияние температуры воздуха на температуру грунтовых вод и изменения химического состава (минерализации) в период межени и паводка).

Гидроизогипсы — линии, соединяющие точки с равными абсолютными отметками подземных вод, строятся при одновременном замере уровней в колодцах и скважинах и проводятся, как правило, через 0,5, 1, 2, 5, 10 м. Карты гидроизогипс, в частности, позволяют выявить взаимосвязь поверхностных и подземных вод.

Артезианские (напорные) воды — это подземные воды, залегающие в водоносных пластах в виде синклиналей или моноклиналей, между водоупорными слоями, находящиеся в первично сжатом состоянии и имеющие напор. В отличие от грунтовых (безнапорных) вод артезианские воды ограничены водонепроницаемой кровлей пласта. Особенности артезианских вод:

- заполняют водоносный пласт на всю его мощность;
- залегают глубже грунтовых вод;
- приурочены к водоносным горизонтам, ограниченными слоями водоупорных пород — область питания, как правило, не совпадает с областью их распространения;
- находятся в первично сжатом состоянии и при вскрытии их искусственными выработками образуют напор. Установившийся уровень называют пьезометрическим уровнем;
- характеризуются более стабильным режимом в отличие от грунтовых вод;

— образуют артезианские бассейны и сложные водонапорные системы до 10 горизонтов.

Артезианские бассейны определяются синклинальным залеганием пластов и геологическими структурами (мульды, впадины), образующими понижения в рельефе водоносного горизонта.

В каждом артезианском бассейне можно выделить: область питания; область развития напора; область разгрузки.

Область питания — область, в которой артезианский водоносный горизонт выходит на поверхность, поэтому воды здесь имеют свободную поверхность и не отличаются от грунтовых вод. По мере погружения под водоупорные породы воды приобретают упругий режим и становятся напорными.

Область развития напора — условная линия, соединяющая область питания и область разгрузки водоносного горизонта. При вскрытии (искусственными выработками) под влиянием упругого режима вода поднимается вверх на высоту пьезометрического напора.

Область разгрузки (дренажа) — область выхода артезианского бассейна на поверхность земли или под толщу аллювиальных или делювиальных отложений ниже абсолютных отметок области питания в виде восходящих источников.

Высотное положение области питания и области разгрузки контролирует положение пьезометрического уровня данного водоносного горизонта.

Линии, соединяющие равные абсолютные отметки пьезометрических уровней, — гидроизопьезы. Карты гидроизопьез помогают определить направление движения потока, участки самоизлива, определяют гидравлическую связь с поверхностными водами.

По условиям залегания подземные воды классифицируются:

— на поровые воды (собственно поровые и пластово-поровые);

- трещинные воды (пластово-трещинные, трещинные, трещинно-жильные);
- карстовые (трещинно-карстовые);
- воды зоны многолетней мерзлоты (надмерзлотные, межмерзлотные, подмерзлотные).

Классификация подземных вод по характеру их использования:

- хозяйственно-питьевые;
- технические — в производственных процессах и сельском хозяйстве;
- промышленные (содержат в растворе полезные ископаемые в промышленном значении — J, Br, Cu и др.);
- минеральные (повышенное содержание биологически активных веществ);
- термальные (температура более 37 °С, для теплофикации городов).

Вопросы для самопроверки

1. В какой зоне водообмена располагаются пресные подземные воды?
2. Какая теория объясняет образование подземных вод просачиванием вглубь Земли атмосферных осадков и поверхностных вод?
3. Какие горные породы (грунты) являются водопроницаемыми при коэффициенте фильтрации $K_{\phi} > 1$ м/сут.?
4. Какие горные породы (грунты) являются водонепроницаемыми при коэффициенте фильтрации $K_{\phi} < 0,005$ м/сут.?
5. Как называется свойство подземной воды, обусловленное содержанием в ней ионов кальция Ca^{2+} и магния Mg^{2+} ?
6. Как называется агрессивность подземных вод по отношению к бетону при повышенном содержании диоксида углерода CO_2 ?

7. Как называется вода, заполняющая поры грунта и передвигающаяся под влиянием силы тяжести, т. е. под влиянием разности напоров?

8. Для каких водоносных горизонтов характерна свободная поверхность, питание по всей площади распространения, нестабильный режим?

9. Как называется уровень, который характеризует линия, соединяющая края наклонного или складчатого водоносного слоя, залегающего между двумя водоупорами, и определяющая напор воды?

10. Какие полезные ископаемые добывают из промышленных вод?

1.3.2. Законы движения подземных вод

Раздел гидрогеологии, изучающий движения подземных вод, называется динамикой подземных вод. Подземные воды в горных породах движутся путем инфильтрации (зона аэрации) и в виде фильтрационного потока. Характер движения фильтрационного потока может быть ламинарным (грунтовые потоки и трещинные воды при $V < 500$ м/сут.) и турбулентным (крупные разломы, карст).

Различают режимы движения подземных вод: установившийся (скорость, расход, направление — const) и неустановившийся, а также напорный и безнапорный. Подземные воды движутся согласно определенным законам, которые учитываются при гидрогеологических расчетах для устройства водозаборов или для понижения уровня грунтовых вод на строительных площадках. Безнапорные подземные воды перемещаются в зоне насыщения при наличии разности гидравлических напоров. Гидравлический (напорный) градиент $I = \Delta H/L$.

Закон Дарси (для ламинарного движения): $Q = k_{\phi} \Delta H F/L$ (м³/сут; л/с),

где Q — расход воды (количество фильтрующейся воды в единицу времени), F — площадь поперечного сечения потока, ΔH — разность напоров, L — длина пути фильтрации, k_{ϕ} — коэффициент фильтрации, зависящий от физических свойств породы и жидкости (м/сут).

Величина k_{ϕ} равна скорости фильтрации при напорном градиенте, равном единице.

Действительная скорость $V_o = Q/Fn$, где n — пористость.

Формы движения потоков: плоские, радиальные (сходящиеся и расходящиеся), криволинейные. Направление потока можно определить: по карте гидроизогипс — перпендикуляр к двум смежным гидроизогипсам, от более высоких отметок уровня к более низким; методом трех скважин; методом красителей.

Типы водозаборов

Водозаборами называются сооружения, с помощью которых происходит захват (забор) подземных вод. Различают следующие типы водозаборов:

- вертикальные — буровые скважины, колодцы;
- горизонтальные — галереи, канавы, траншеи;
- лучевые — колодцы с водоприемными лучами-фильтрами;
- одиночные — состоящие из одной скважины;
- групповые — состоящие из нескольких скважин;
- совершенные — вскрывающие водоносный горизонт на полную мощность (до водоупора);
- несовершенные — вскрывающие водоносный горизонт не на полную мощность;
- строительный водозабор — снижение уровня только на период строительства (временно);
- дренаж — снижение уровня на весь период эксплуатации объекта.

В результате откачки вода движется к скважине в виде радиального сходящегося потока, из-за трения воды о частицы

грунта происходит воронкообразное понижение уровня (депресссионная воронка), в плане форма круга. В вертикальной плоскости воронка ограничивается кривыми депрессии. Радиус депрессионной воронки (R влияния) и крутизна кривых депрессии зависят от водопроницаемости пород. Установление радиуса депрессионной воронки необходимо для определения k_{ϕ} водовмещающих пород, при выделении зон санитарной охраны, для определения осушаемых площадей и расстояния между соседними водозаборами. Величина R определяется по аналогии с действующими водозаборами, бурением скважин или по формулам (Кусакина и Зихарда).

Производительность скважины определяется дебитом — объемом воды в единицу времени при постоянном уровне (Q , м³/сут).

Для решения вопросов водоснабжения расстояние между водозаборами (скважинами), обеспечивающее каждому постоянный дебит, должно быть больше двух депрессионных радиусов ($> 2R$).

В случае необходимости понижения уровня грунтовых вод на строительной площадке расстояния между точками водопонижения (скважинами, канавами) не должно превышать $2R$, т. е. депрессионные воронки должны пересекаться.

Способы водопонижения на строительных площадках:

— самотек грунтовых вод, зависящий от рельефа местности (откосные дренажные системы, подземные галереи);

— принудительная откачка, осуществляемая насосами, иглофильтровыми установками (тонкие металлические трубы 7–9 м, с фильтром на конце), эжекторными иглофильтрами (вакуумное понижение) — пески, супеси с $k_{\phi} = 0,01–1,0$ м/сут.

Дренаж фундамента — целое инженерное сооружение, представляющее собой систему труб, уложенных в канавы на песчано-гравийную подушку. Траншеи нужной глубины выкапывают под определенным уклоном, соответствующим расчет-

ному, на 20–30 см ниже уровня укладки предполагаемых труб. На дно траншеи укладывают геотекстиль, затем — несколько слоев песка и щебня или гравия. Проведенные дренажные трубы засыпают гравием, накрывают геотекстилем и засыпают слоем грунта, после чего можно приступать к строительству фундамента здания или сооружения.

Существуют следующие системы дренажей:

— линейная схема: поток подземных вод перерезается выше объекта для понижения уровня на необходимую глубину;

— береговой дренаж перехватывает подземные воды вдоль берега со стороны водоема;

— систематический дренаж (многолинейная схема применяется при малой мощности водоносного слоя для длительного осушения большой площади);

— кольцевой дренаж защищает подвальные помещения отдельных зданий с глубоким фундаментом. Кольцевая дренажная система располагается по контуру защищаемого здания или участка. Действие кольцевого дренажа основано на понижении уровня грунтовых вод внутри защищаемого контура, что обеспечивает защиту от подтопления подземных сооружений и частей зданий. Глубина этого понижения зависит от заглубления труб, галерей или фильтрующей части скважин относительно зеркала грунтовых вод, а также от размеров защищаемого контура. Кольцевые дрены располагаются на некотором удалении от сооружения, благодаря чему они могут быть установлены после его возведения. Кольцевой дренаж выгодно отличается от пластового, который может быть установлен только одновременно со строительством сооружения;

— пластовый дренаж служит для защиты сооружений от подтопления грунтовыми водами, укладывается в основании защищаемого сооружения непосредственно на водоносный грунт, гидравлически связан трубчатой дренажной системой со смотровыми колодцами, из которых производится откачка.

— пристенная дренажная система состоит из дренажных труб (с фильтрующей обсыпкой), уложенных на водоупорный грунт с наружной стороны сооружения, и применяется в случаях, когда основание сооружения находится на водоупорном грунте.

Охрана подземных вод от истощения и загрязнения

Под истощением запасов подземных вод подразумевается сработка в процессе отбора вод без восполнения (прогрессирующее понижение динамических уровней эксплуатируемого водоносного горизонта). Причиной истощения служит чрезмерный отбор подземных вод крупными водозаборами при необеспеченности питанием эксплуатируемого горизонта.

Для борьбы с истощением пресных подземных вод применяются методы регулирования режима водозаборов, рациональное их размещение и др.

Загрязнение подземных вод — изменение качества (общей минерализации, органолептических свойств, превышение допустимых компонентов).

Выделяют следующие типы загрязнения подземных вод: естественное (минерализованные подземные или морские воды попадают в вышележащие водоносные горизонты), химическое (органическое и неорганическое), бактериальное, радиоактивное, механическое (песок, шлак из сточных вод), тепловое (смешивание с нагретыми технологическими сточными водами).

Меры борьбы с загрязнениями подземных вод: очистка сточных вод, создание безотходных производств, перехват профильтровавшихся стоков дренажем, экранирование чаш бассейнов, расположение водозаборов выше по потоку источников загрязнения, устройство зон санитарной охраны. Зоны санитарной охраны (ЗСО) — территории с особым режимом, исключающим загрязнение подземных вод, организуются в составе трех поясов (СанПиН 2.1.4.1110–02):

— первый пояс ЗСО (зона строгого режима) представляет собой окружность, центр которой находится в точке расположения источника водоснабжения при недостаточно защищенном водоносном горизонте радиусом 50 м, 30 м — при защищенном.

— второй пояс — зона бактериологического загрязнения.

— третий пояс — зона химического загрязнения.

Размер второго и третьего пояса определяется гидродинамическим расчетным путем

Вопросы для самопроверки

1. Как называется движение подземного потока, при котором струйки воды передвигаются без завихрения, параллельно друг другу?

2. Как называются линии, соединяющие точки с равными абсолютными отметками поверхности (зеркала) подземных вод?

3. Как называется изменение во времени уровня, химического состава, температуры и расхода подземных вод?

4. При каком движении все элементы фильтрационного потока (скорость, расход, направление и др.) не изменяются во времени или эти изменения настолько малы, что для практических целей ими можно пренебречь?

5. Как называется объем воды, выдаваемый скважиной или другим водозаборным сооружением в единицу времени?

6. При каком режиме движения фильтрация подземных вод в полностью водонасыщенных грунтах подчиняется закону Дарси: $Q = k_{\phi} FI$ (м/сут.).

7. Как называются сооружения, с помощью которых происходит захват (забор) подземных вод для водоснабжения, отвод их с территории строительства?

8. Как называются водозаборные сооружения, вскрывающие водоносный горизонт на полную его мощность?

| 1.4. Природные геологические и инженерно-геологические процессы |

9. Как называют разность между статическим и динамическим уровнем подземных вод в скважине, т. е. величину, на которую понижается уровень воды?

10. Как называется загрязнение, характеризующее попаданием в подземные воды различных примесей, содержащихся в сточных водах (песок, шлак и пр.), преимущественно по крупным трещинам и пустотам?

11. Какие колодцы называются поглощающими и с какой целью их применяют?

1.4. Природные геологические и инженерно-геологические процессы

1.4.1. Экзогенные процессы и вызванные ими явления

Выветриванием называются процессы разрушения и изменения состава горных пород, происходящие под воздействием воздуха, воды, льда, колебаний температуры, жизнедеятельности живых организмов. Выветриванию подвергаются не только природные горные породы и минералы, но и искусственные строительные материалы — стены и фундаменты зданий, подземные и наземные строительные конструкции, коммуникации, трубопроводы и т. д.

Наиболее активно процессы выветривания наблюдаются в верхней части земной коры, на контакте с атмосферой (газы, дождь, снег, лед, колебания температуры). В зависимости от характера агентов выветривания выделяют: физическое (механическое), химическое и биологическое выветривание.

Физическое выветривание — это механическое разрушение горных пород без изменения их минералогического состава. Его главными причинами являются: резкие изменения температуры, механическое действие замерзающей воды, механическая сила ветра, в том числе с ударами песчинок, переносимых ветром, кристаллизация солей в капиллярах. В результате этих

воздействий монолитная порода превращается в глыбы, щебень, дресву, песок.

Химическое выветривание — это разрушение и изменение минералогического состава горных пород под воздействием воды, кислорода, углекислого газа, органических и минеральных кислот.

Различают следующие процессы химического выветривания: растворение солей; гидратацию — присоединение воды (переход ангидрита в гипс сопровождается увеличением объема до 30 %); окисление (наиболее интенсивно идет выше уровня грунтовых вод, т. е. в зоне аэрации); гидролиз — преобразование полевых шпатов в глины.

По устойчивости к выветриванию различают три типа минералов: высокоустойчивые, среднеустойчивые и неустойчивые (прил. 5).

Биологическое выветривание проявляется в процессе жизнедеятельности живых организмов и растений (разрушение горных пород корнями растений, моллюсками-сверлильщиками, а также лишайниками и мхами, поглощающими из горных пород различные элементы и концентрирующими их в своей биомассе).

Скорость выветривания зависит:

- от климатического пояса;
- размера зерен (крупнозернистые выветриваются быстрее, чем мелкозернистые);
- состава слагающих породу минералов (полиминеральные быстрее, чем мономинеральные);
- генезиса пород (наиболее устойчивы: интрузивные — граниты, диориты, габбро, ультраосновные). Менее устойчивы эффузивные, метаморфические и осадочные породы. Самые мощные коры развиваются по тектоническим нарушениям.

Элювий — несмещенные продукты выветривания, накапливаются на выровненных поверхностях, и на водоразделах (еQ).

Коэффициент выветрелости рассчитывается по формуле:

$$K_{wr} = \rho_B / \rho_{HB},$$

где ρ_B — плотность выветрелого грунта; ρ_{HB} — плотность невыветрелого грунта. Скальные грунты в соответствии с ГОСТ 25100–2011 подразделяют так: $K_{wr} \leq 0,9$ — слабыветрелые, $K_{wr} \leq 0,8$ – $0,9$ — средневыветрелые, $K_{wr} < 0,8$ — сильновыветрелые.

Коры выветривания — надежные основания для строительства (за счет остаточных связей в минералах). Однако быстро теряют свои свойства при промерзании-оттаивании и при обводнении (элювиальные глины набухают при увлажнении и происходит усадка при высыхании).

При производстве строительных работ и эксплуатации объекта следует соблюдать следующие меры борьбы: защитные покрытия на поверхности горных пород (гудрон, бетон, цемент, глина); пропитка различными материалами (жидкое стекло для укрепления песков, гудрон — для щебня, глина для песков); нейтрализация химической активности воды, отвод воды; не допускается простой котлованов; котлованы не доводятся до проектной отметки, выветрившийся слой снимают непосредственно перед укладкой фундамента.

Агрессивное воздействие грунтовых вод и коррозионную активность грунтов (выше УГВ в зоне аэрации) на фундаменты и подземные коммуникации нейтрализуют применением сульфатостойчивых цементов и гидроизоляции их поверхностей, различного вида покрытиями.

Геологическая деятельность ветра

Разрушительная работа ветра заключается в процессе корразии и дефляции.

Корразия (сдирание) — процесс механической эрозии, обтачивания, истирания, шлифования и высверливания массивов горных пород движущимися массами обломочного абразивного материала, перемещаемого ветром. Песчинки, переносимые ветром, разрушают горные породы, в результате чего

образуются останцы в виде столбов, грибообразные формы, качающиеся камни.

Дефляция (выдувание) — ветровой снос рыхлых продуктов. Ветер переносит частицы во взвешенном состоянии — глинистые, пылеватые, тонкие пески. Песчаные частицы переносятся ветром по поверхности перекатыванием. Перенос песков и их аккумуляция образует дюны, барханы (подвижные пески). Усиление деятельности ветра возникает вследствие вырубок леса, кустарников, нарушения почвенно-растительного слоя.

Борьба с подвижными песками заключается в закреплении склонов растительностью и химическими методами (битуминизация, цементация и пр.), установке щитов и заборов от заносов (зимой вдоль дорог от снега), планировке территорий, проектировании «безаккумулятивных» форм сооружений, пропускающих движущийся песок.

Нагрузка ветра влияет на высотные сооружения — возникает раскачивание.

Геологическая деятельность атмосферных осадков

В деятельности текучих вод различают три этапа: разрушение (размыв), перенос продуктов разрушения, переотложение (аккумуляцию).

Движущаяся вниз по склону вода производит разрушение горных пород, которое называется эрозией (от лат. «размываю, разрушаю»). Различают два вида эрозии: площадной (плоскостной) смыв и линейную эрозию, при которой происходит врезание в глубину.

Площадный смыв (площадная эрозия) — перемещение элювиальных осадков вниз по склону и их переотложение на склоне (возникновение делювиальных отложений).

Делювий (dQ) — продукты выветривания, перемещенные водными потоками, накапливающиеся на склонах и у их подножия, состав — суглинки со щебнем и дресвой. Цвет — бурый, коричневато-бурый.

Пролювий (pQ) слагает конуса выноса (понижения, примыкающие к склонам), часто за счет селей.

Овраг — вытянутое понижение рельефа на склоне, образованное струйчатой эрозией (долина для временных водотоков).

Условия образования: ливневые осадки, наличие толщи легко размываемых пород (песчано-глинистые грунты), отсутствие растительного покрова.

В овраге различают устье, ложе и вершину. Овраг растет вершиной вверх по склону. Предельная отметка, до которой возможен размыв — местный базис эрозии (река, в которую впадает временный водоток). Длина оврагов — от первых метров до десятков километров, глубина — до 20–30 м. По мере врезания сечение оврага вначале имеет V-образную форму, а при достижении профиля равновесия, его сечение приобретает U-образную форму. В дальнейшем размыв засыхает, дно оврага становится плоским, овраг зарастает и превращается в балку.

Для замедления или прекращения процесса оврагообразования проводятся:

- лесомелиоративные мероприятия (лесозащитные полосы, регулирующие поверхностный сток);
- посев трав на склонах оврагов;
- строительство водорегулирующих сооружений;
- укрепление участков активного размыва — бетонирование, засыпка и др;
- распашка только параллельно склонам.

Сель — кратковременный разрушительный поток, перегруженный грязекаменным материалом. Объем массы достигает десятков миллионов куб. м. Различают зоны селей: площадь водосбора, канал стока и район конуса выноса. Различают грязекаменные, грязевые и водно-каменные потоки. Причинами возникновения селей являются ливневые дожди, бурное снеготаяние, спуск горных озер, землетрясения и деятельность человека (подрезка склонов).

Предупреждающими мерами борьбы с селями являются наблюдение, прогнозирование, отвод воды, укрепление склонов растительностью. Защитные противоселевые мероприятия — устройство селерегулирующих и селенаправляющих сооружений (пропуск в обход или вдоль защищаемого объекта), селеотстойников (дамбы).

Снежные лавины — обрушение массы снега с горных склонов с крутизной от 15° до 50° (падающие и соскальзывающие). Подразделяются на мокрые (снег с водой в весенний период) — скорость 20–50 км/час, и сухие (временное потепление, образование наста и дальнейшее накопление снежных масс) — скорость 100 км/час. Сопровождаются образованием разрушительной воздушной волны.

По характеру движения снежные лавины подразделяются: на осовые — снежные оползни на склонах южной экспозиции большой площадью; лотковые — сходят узкой полосой; прыгающие — падают с обрыва в долину.

Причины возникновения лавин — накопление осадков, разница температур, землетрясения, звуковые колебания, горнолыжники. Защитные мероприятия: террасирование склонов, посадка леса, направляющие подпорные стенки, дороги в галереи, обстрел козырьков.

Геологическая деятельность рек

Река — постоянный водоток, в который стекаются все временные ручьи.

Бассейн реки — площадь, с которой стекает вода к данной реке.

Основные этапы геологической деятельности реки: эрозия (разрушение), перенос продуктов разрушения, переотложение (аккумуляция). Разрушительная работа текучих вод зависит от массы воды и скорости ее течения, которое прямо пропорционально крутизне ее ложа. Движение воды может быть ламинарным или турбулентным. В руслах молодых рек оно всегда турбулентно, эти завихрения, вращения создают подъемную

силу, которая переносит мелкие и тонкие частицы, крупные перемещаются по дну, часть вещества переносится в растворенном виде.

Продольный профиль реки имеет три участка: в верхней части преобладает донная эрозия, в средней части происходит разрушение берегов (боковая эрозия) и перенос материала, в нижней части — аккумуляция осадков. Профиль равновесия — это нижняя граница, до которой может идти врезание долины при данных геологических условиях, данном гидрогеологическом режиме потока и при данном положении общего базиса эрозии. При уменьшении скорости водного потока донная эрозия уменьшается, и река начинает размывать берега (боковая эрозия).

Базис эрозии — уровень моря, или другой бассейн, куда впадает река.

Речные долины по форме берегов подразделяются на симметричные и асимметричные. Формы речных долин: каньоны (ущелья), U-образная, V-образная, корытообразная.

Долина реки имеет следующие элементы: русло, дно, пойма, террасы, старицы, тальвег.

Русло — часть долины, занятая водным потоком;

Пойма — часть долины, заливаемая водой во время весеннего паводка (низкая — ежегодно, высокая — раз в 10 лет);

Надпойменные террасы — уступы на склоне долины реки (продольные — вдоль склонов долин в виде горизонтальных площадок; поперечные порождают водопады). По слогаемому материалу террасы делятся: на эрозионные (характерны для горных рек), цокольные (покрытые небольшим слоем аллювия) и аккумулятивные или аллювиальные (вложенные и наложенные);

Старица — изолированная часть русла реки;

Дно — низшая часть долины.

Тальвег — условная линия, соединяющая самые глубокие точки дна.

При изысканиях для проектирования сооружений одним из обязательных условий является определение уровней воды:

- расчетный горизонт высоких вод — средний из наибольших уровней по многолетним наблюдениям;
- наивысший горизонт — выше не поднимался 10–15 лет;
- меженный — самый низкий горизонт.

Кроме донной и боковой эрозии (разрушения) река производит переотложение материала — аккумуляцию (накопление). Аллювиальные отложения (аQ) — отложения, сформированные постоянными водными потоками (реками).

В руслах рек накапливаются пески, гравий, галечник, валуны (русовой аллювий); в пойме — суглинки, супесь во время половодий (пойменный аллювий); в старице — глины, торф, илы с растительными остатками (старичный аллювий); в дельтах рек — песчано-глинистые осадки (дельтовый аллювий).

Строительные свойства аллювиальных отложений

Русловой аллювий — хорошие основания для тяжелых сооружений и мостов.

Древний пойменный аллювий обладает просадочными свойствами. Современный пойменный аллювий (высокая влажность) обладает низкой несущей способностью.

Старичный аллювий представляют слабые грунты, при строительстве рекомендуются песчаные подушки, сваи.

Особенность аллювиальных отложений — неоднородность толщ, наличие линз (грунты с различной сжимаемостью).

Основная опасность боковой эрозии — подмыв и обрушение берегов, появление обвалов и оползней. Методы борьбы с боковой эрозией заключаются в укреплении берегов (набережные, подпорные стенки, каменная наброска, укладка железобетонных плит); струенаправляющие стенки, регулирующие направление течения реки. В случае опасности донной эрозии опоры мостов должны опираться на коренные породы, в крайнем случае на русловой аллювий, и иметь достаточное заглу-

бление. Защита от весенних паводков — строительство земляных дамб.

Геологическая деятельность моря

Морями и океанами постоянно совершается разрушительная и созидательная работа. Геологическая работа моря заключается в разрушении горных пород берегов и дна, переработке принесенного с континентов реками материала, их перемещении и отложении, формировании огромных толщ различных осадочных пород. Процесс изменений (разрушения) очертания берегов морей, океанов, озер называется абразией (соскабливание), а формирование береговой линии — переработкой берегов.

Основные причины абразии:

— различные течения — горизонтальные перемещения огромных масс воды (прибрежные, донные — за счет разницы температур, солености, плотности, ветров);

— приливы и отливы — периодические колебания уровня воды (12 ч 16 мин) за счет притягивающего влияния Луны и Солнца на Землю;

— морской прибой — волнообразные колебания (основная разрушительная работа);

— химическое воздействие воды (растворение пород и строительных материалов);

— разрушительное воздействие морских организмов (планктон, нарастающий на подводных строительных конструкциях).

На скорость размыва берегов влияет:

— геологическое строение (скальные грунты разрушаются труднее, дисперсные — легче);

— характер напластования горных пород при прочих равных условиях (пологий угол падения от моря — быстрый размыв, пологий угол падения в сторону моря — медленный, горизонтальное залегание — средний);

— наличие пляжей до 20 м — волны гасятся.

В результате абразии образуются волноприбойные террасы. Защитными мерами от разрушительного действия абразии являются: сохранение пляжей (даже небольшая полоса пляжа 10 м предохраняет берег от разрушения), волноотбойные стенки (гашение волн), тетраподы (фигуры из бетона с четырьмя ответвлениями — хорошо закрепляются на берегу за счет конструкции), увеличение пляжей при помощи бунов (поперечные железобетонные стены задерживают наносы, устанавливаются перпендикулярно или под углом к берегу) и строительство волноломов (на глубине 3–4 м, на расстоянии 30–40 м от берега параллельно береговой линии).

Трансгрессия — наступление моря, регрессия — отступление. Причины трансгрессий и регрессий морей и океанов — климатические (атмосферные осадки, таяние ледников) и общегеологические — опускание или поднятие дна океанов и морей или отдельных блоков берега. При невыработанном профиле равновесия происходят мощные процессы формирования берегов и разрушение прибрежных сооружений (молы в портах, причальные стенки, набережные).

По мере удаления от береговой линии наблюдается дифференциация обломочного материала от крупных фракций к мелким и формируются морские отложения осадков (mQ):

— зона шельфа (глубина — 0–200 м) — пески различной крупности, органогенные и химические осадки;

— материковый склон (200–2000 м) — органогенные осадки;

— океаническое ложе (2000–6000 м) — глубоководные илы и глины;

— глубоководные впадины (более 6000 м) — глубоководные красные глины.

Морские отложения являются хорошими основаниями сооружений (кроме современных прибрежных илов).

Геологическая деятельность озер, болот и водохранилищ

Озеро — замкнутый водный бассейн, не связанный с морем.

По генезису озера подразделяют:

- на тектонические (грабены, заполненные водой),
- вулканические (кратеры вулканов, заполненные водой),
- эрозионные — образуются в котловинах размыва;
- карстовые — заполненные водой карстовые воронки;
- запрудные — запруживание рек в результате обвалов (озеро Рица);
- искусственные (плотинные) — водохранилища.

Питание озер может осуществляться за счет атмосферных осадков, поверхностных и подземных вод. Различают бессточные озера (Арал) и проточные (с переменным режимом). По химическому составу различают пресные, солоноватые и соленые озера.

Абразионная деятельность озер имеет тот же характер, что и моря. В водохранилищах размыв береговой линии (абразия) неизмеримо более интенсивен, поскольку происходит образование нового профиля равновесия, отличного от прежнего (выработанного рекой), вследствие заполнения всей долины водой. Абразия зависит от колебаний уровня, связанного с наполнением чаши водохранилища и спуска воды гидроэлектростанциями. Переработка берегов постепенно замедляется.

Озерные отложения (IQ) представлены вдоль берегов обломочным материалом различной крупности, на дне накапливаются глинистые осадки, илы и пески; в соленых озерах — химические осадки. В озерах формируются специфические образования — сапропель, особые озерные мергели, мел, трепел. Озера в наших широтных условиях часто переходят в стадию болот.

Меры борьбы с абразивной деятельностью озер и водохранилищ:

- геологические обоснования проектов (изучение, прогноз, рекомендации).

— профилактические мероприятия — сохранение и охрана пляжей.

— строительство сооружений — молы, дамбы, волноломы, буны.

Болото — избыточно увлажненный участок земной поверхности, покрытый слоем торфа не менее 30 см в неосушенном виде и не менее 20 см в осушенном. Все остальные избыточно увлажненные площади, не имеющие торфа, а покрытые болотной растительностью (осока, хвощ и пр.) называют заболоченными. Заболочивание — это начальная стадия образования болот. Торф — в той или иной мере разложившиеся растительные остатки.

По условиям образования (питания) болота различают: верховые — за счет атмосферных осадков (заболочивание суши), низинные — за счет грунтовых, частично речных и озерных вод (заторфовывание водоемов), переходные — смешанное питание, ключевые болота — за счет выхода грунтовых вод, при отсутствии стока, висячие — находящиеся на склоне.

По глубине болота подразделяются: на мелкие (до 2 м), средние (2–4 м) и глубокие (более 4 м).

Основные характеристики — глубина, рельеф минерального дна, площадь.

Болотные отложения, торф (hQ) — это грунты особого состава, состояния и свойств. Болота и заболоченные территории составляют более 10 % всей территории России (более 60 % мировых запасов торфа).

Причины образования болот:

— уменьшение водопроницаемости грунтов и распространение водонепроницаемых пород (глины, суглинки);

— количество осадков превышает испарение;

— отсутствие поверхностного стока и подземного дренирования.

Торф — слабый, сильно сжимаемый грунт. При строительстве используют свайные фундаменты или производят полностью или частично выемку торфа (выторфовка).

Болота — это природная экосистема. Осушение болот (мелиоративные работы) часто приводят к пожарам торфяников.

Геологическая деятельность ледников

Ледник — это крупное естественное скопление льда и фирна, образовавшегося из твердых атмосферных осадков в течение длительного времени выше границы снеговой линии. Снеговая граница располагается выше линии с положительным температурным балансом в течение многих лет.

Фирн — плотный зернистый снег, образовавшийся в результате давления вышележащих слоев, поверхностного таяния и повторного замерзания воды, просочившейся на глубину. С глубиной количество ледяных прослоев увеличивается, и фирн постепенно переходит в фирновый лед, а затем и в ледниковый (глетчерный) лед.

При превращении снега в глетчерный лед резко возрастает плотность осадка: снег — 85 кг/м^3 , фирн — $500\text{--}600 \text{ кг/м}^3$, а глетчерный лед — $900\text{--}960 \text{ кг/м}^3$.

Основные типы ледников:

— покровные (материковые): льды залегают сплошным покровом, движутся в сторону океана (Гренландия — мощность до 2400 м, Антарктида — 4200 м);

— горные: образуются в горах выше снеговой линии, движутся вниз по склонам, образуя потоки в виде языков;

— горно-покровные: образуются в горах с плоскими вершинами (Скандинавский полуостров).

Лед пластичен и там, где позволяют условия рельефа, начинает течь. Движение ледника начинается, как только мощность льда достигает критической величины (обычно 15–30 м), позволяющей преодолеть силу трения, и зависит от угла наклона склона. Скорость движения ледника зависит от мощности льда и его температуры.

Экзарация — ледниковая эрозия (от лат. *exaratio* — выпахивание). Лед, попадая в речную долину, с силой давит на ее ложе

и склоны. В первую очередь сдвигается весь обломочный материал из речных долин, затем этими обломками, вмёрзшими в лед, разрушаются борта долины. Интенсивность ледниковой эрозии зависит от мощности льда и скорости движения ледника, т. е. от уклона долины.

После таяния ледника остаются значительные по мощности ледниковые отложения, называемые моренами. Морена — скопление рыхлого обломочного материала, переносимого или отложенного ледником. По происхождению выделяют следующие типы морен: боковая, срединная, донная, конечная (в виде валов, высотой до 30–40 м).

Характерная особенность моренных отложений (gQ) — отсутствие слоистости и неоднородность состава (валунные глины и суглинки).

Флювиогляциальные отложения (fgQ) образуются при размывании морен талыми водами ледника и характеризуются отсортированностью и слоистостью. Обычно представлены толщами песка, галечника, суглинка, ленточных глин. Флювиогляциальные отложения образуют формы рельефа: озы, камы, зандровые поля.

Озы представляют собой вытянутые в направлении движения ледника, иногда прерывистые гряды длиной до 30–70 км. Они сложены косослоистыми песками, галечниками и гравием.

Камы — группы и полосы невысоких холмов, разделенных ложбинами и котловинами неправильной формы. Камы сложены слоистым, сортированным песчаным и гравийным материалом, валунами.

Зандры — мощные толщи флювиогляциальных песков, гравия и галечников, развивающихся за пределами покровного ледника. Зандровые поля представляют собой слившиеся пологие конуса выноса ледниковых потоков, похоронившие под собой предыдущий рельеф или в значительной мере выровнявшие его.

Моренные и флювиогляциальные отложения являются надежными основаниями для сооружений различного типа (исключение составляют ленточные глины, которые в условиях насыщения водой становятся текучими).

Отрицательное качество моренных отложений — наличие случайных отдельных валунов, которые ошибочно можно принять за коренные породы и, как следствие, могут возникнуть неравномерные осадки сооружений. При изысканиях необходимо применение геофизических методов. Ледниковые отложения — разнообразные строительные материалы (пески, глины, строительный камень).

Движение горных пород на склонах рельефа местности

Коллювий (сQ) — продукты выветривания, смещенные вниз по склону под действием силы тяжести. Накапливается в нижних частях склонов и у их подножия преимущественно в виде отдельных конусов или шлейфов. Чаще всего состоит из глыб разного размера и щебня. Сортировка материала практически отсутствует или незначительна.

Осыпи — продукты выветривания, накапливающиеся у оснований обрывов или на склонах гор под действием силы тяжести. По признаку подвижности различают действующие, затухающие и неподвижные осыпи. Действующие осыпи в отличие от затухающих лишены всякого рода растительности. Осыпь приходит в движение за счет увеличения общего веса, переувлажнения, подрезки ее нижней части, землетрясений и др.

Для защиты сооружений от осыпей применяют: выколаживание или укрепление металлической сетью опасных участков склонов, организация подпорных стенок или навесов-укрытий для сохранения дорог и трубопроводов, строительство галерей и тоннелей в особо опасных местах (мощные медленно соскальзывающие осыпи).

Осыпи — великолепный строительный материал.

Курум — нагромождение глыб, медленно сползающих вниз

по склону. Часто встречаются в областях распространения многолетнемерзлых пород. По форме подразделяются на «каменные плащи» (поля) и «каменные реки».

Образование курумов происходит под воздействием морозного выветривания коренных пород, выпучиванием на поверхность крупного каменного материала и вымыванием мелкого. Движение курумов связано с совместным действием гравитационных сил, сил кристаллизации льда, попеременно замерзающего и оттаивающего в пустотах между обломками, и наличием в их основании тонкого супесчано-глинистого материала. При таянии льда этот слой переувлажняется, и каменные глыбы и валуны скользят по нему.

Меры борьбы с курумами: осушение глиняной подстилки (отвод вод в верховьях склона нагорными канавами или дренажами), тоннели, перенос дорог на другой склон.

Обвал — катастрофическое обрушение массы горных пород без сохранения сплошности блока. Обвал происходит на крутых склонах (более 45°) из-за потери сцепления с основным телом в результате роста трещин отрыва или потери опоры. Меры борьбы: искусственное обрушение при помощи взрывов или клинованием, отвод поверхностных вод, улавливающие стенки, траншеи, в строительных выемках — подпорные и временные шпунтовые стенки. Нельзя перегружать края выемок, подрезать склоны, длительное время оставлять котлованы открытыми в период дождей.

Оползень — отрыв масс горных пород и их перемещение вниз по склону под действием силы тяжести почти без нарушения структуры движущегося блока.

Причиной оползания может стать:

- увеличение крутизны склона при подрезке, подмыве (более 15 градусов),
- залегание слоев пород с наклоном в сторону склона,
- изменение прочности пород при их увлажнении или под действием сейсмических волн,

| 1.4. Природные геологические и инженерно-геологические процессы |

- действие напора подземных вод или развитие суффозии,
- появление дополнительной нагрузки искусственных сооружений,
- наличие глинистого водоупорного слоя в основании склона.

Развиваются оползни на склонах, в долинах рек, на водохранилищах и в карьерах. По скорости движения различают оползни соскальзывающие (мгновенное смещение блока) и постепенно сползающие (от долей мм/сутки до нескольких десятков м/час). К внешним признакам оползней относятся: серии концентрических трещин, ориентированных вдоль склонов, бугристость склонов в нижней части, валы выдавливания, террасовидные уступы, пьяный лес, разорванные стволы деревьев, разрушенные дома с трещинами.

Трещины отрыва — вертикальные зияющие трещины, заложенные параллельно обрыву или под небольшим углом к нему. Могут возникать как при динамическом воздействии на массив горных пород в результате землетрясений или при взрывных работах, так и под действием силы тяжести.

Пьяный лес — потеря вертикальности стволов деревьев в разных направлениях из-за деформаций и постоянного медленного движения грунта.

Меры борьбы с оползнями следующие:

- водоотводные осушительные мероприятия (устройство покрытий, лотков и осушительных каналов и т. д.);
- дренажные работы (продольные и поперечные галереи и шахты, откачки из скважин и колодцев);
- покрытия (глинизация, замораживание, битуминизация);
- защита от подмыва и размыва берегов рек (выправление русел, покрытия, набережные);
- механическое закрепление склона (сваи);

- закрепление подпорными и анкерными сооружениями;
- перераспределение масс горных пород (контрбанкет, террасирование, полный или частичный съём оползневых масс);
- искусственное улучшение свойств пород (цементация, инъекционные завесы, замораживание);
- лесомелиорация (сплошное травосеяние, влаголюбивый кустарник).

Строительство в зоне действия оползней: заглубление фундамента до коренных устойчивых пород, применение свайных фундаментов, устройство деформационных швов на зданиях, использование каркасных конструкций, применение железобетонных поясов.

Карстовые и суффозионные процессы

Карстовый процесс представляет собой длительно развивающийся процесс растворения или выщелачивания осадочных горных пород подземными и поверхностными водами (коррозионный процесс). Причины возникновения карста: наличие трещиноватости в растворимых горных породах, движение воды и ее минерализация (наиболее сильно растворяет породы слабоминерализованная вода и содержащая свободную углекислоту), количество осадков, климат.

По химическому составу пород различают карст: карбонатный (известняки, реже доломиты), сульфатный (гипс и ангидрит), соляной (галит и сильвин). Наиболее быстро растворяются соли, медленнее — сульфаты, трудно растворяются карбонатные породы. Различают наземный и подземный карст.

Наземный карст проявляется в многообразии форм:

- карры — мелкие борозды и гребни на обнаженных поверхностях карстующихся пород;
- воронки — углубления различных форм и размеров (поверхностные и провальные);
- блюдца и западины — мелкие карстовые воронки с пологими бортами;

| 1.4. Природные геологические и инженерно-геологические процессы |

— поноры — узкие глубокие отверстия, наклонные или вертикальные, поглощающие поверхностную воду и отводящие ее вглубь карстового массива, в результате чего образуются слепые долины. В отличие от них, полуслепые долины сохранили хорошо различимый отрезок долины ниже понора, называемый суходолом;

— колодцы и шахты — вертикальные или наклонные карстовые формы, образующиеся при дальнейшем развитии поноров, уходящие на глубину в десятки и сотни метров;

— башенный карст — одна из последних стадий развития поверхностного карста, при которой подавляющая часть горных пород растворена и вымыта, а самые прочные блоки сохраняются в виде огромных отдельных останцов. Башенный карст характерен для жаркого влажного климата Юго-Восточной Азии.

Подземной формой карста являются пещеры — естественные подземные полости (залы и гроты). Ходы между ними, заполненные водой, — сифоны. В сильно закарстованных районах наблюдаются пещеры, состоящие из нескольких этажей. Нижний предел развития карста называется базисом коррозии (уровень ближайшей реки). Понижение уровня базиса коррозии вызывает понижение уровня грунтовых вод и соответственно активизирует карстовый процесс.

Недоучет развития на исследуемой территории карстовых процессов в инженерно-строительной деятельности может привести к катастрофическим последствиям: просадке и провалам жилых зданий над подземными полостями; деформациям железнодорожного или автомобильного полотна; значительной утечке воды из водохранилищ; поступлению грунтовых вод в подземные выработки через карстовые полости.

При строительстве в карстовых районах необходимо осуществлять ряд мер, направленных на повышение устойчивости и прочности пород — предотвращение доступа воды к карсту-

ющимся породам (нагнетание в трещины жидкого стекла, глинистого или цементного раствора) и на прекращение развития карстовых форм — гидроизоляцию поверхности жирной глиной, сооружение дренажных систем, откачки, регулирование стоков (ливнеотводы).

В карстовых районах предусматривается строительство сооружений малочувствительных к неравномерным осадкам, фундаментов свайного типа или других специальных конструктивных решений.

При проектировании зданий и сооружений в карстовых районах предусматривается проведение комплексных инженерно-геологических изысканий согласно СП 11–105–97 Часть II, в том числе геофизических методов (электроразведка), позволяющих определить формы подземного карста.

Суффозия — вымывание мельчайших нерастворимых частиц грунта подземными водами, что часто приводит к образованию суффозионных воронок. Условия возникновения: неоднородность гранулометрического состава и превышение величины критической скорости движения потока. В городских условиях суффозионный процесс может быть спровоцирован хозяйственной деятельностью человека (протечки из подземных коммуникаций, открытый водоотлив из котлованов при сооружении фундаментов). При строительстве объектов на суффозионных грунтах применяют различные способы:

- прорезка фундаментами зданий слоя суффозионного грунта;
- прекращение фильтрации подземных вод (дренаж, отвод воды, водонепроницаемые завесы);
- упрочнение пород (силикатизация, цементация);
- применение свайных фундаментов.

Мерзлотные процессы

Горные породы, имеющие отрицательную или нулевую температуру и содержащие в своем составе лед, называются мерз-

лыми. Скальные грунты при сезонном промерзании и оттаивании активно разрушаются за счет расклинивающего действия замерзающей воды, которая при переходе в твердое состояние увеличивается в объеме на 9,1%. Дисперсные грунты связные и несвязные при замерзании увеличиваются в объеме и становятся водонепроницаемыми. Разрабатываются как скальные грунты. Несвязные грунты (пески, гравийные грунты и т. д.) при низких значениях влажности практически не изменяют свои свойства в процессе оттаивания и промерзания. Особенно сильно сказывается процесс оттаивания на органических (торф, ил) и глинистых грунтах, которые переходят в текучее состояние и теряют несущую способность (выдавливаются из-под сооружений).

При устройстве котлованов необходимо учитывать глубину промерзания d_f , которая зависит от климата и литологических особенностей грунтов и колеблется от нескольких сантиметров до 2–3 м. Для Екатеринбурга глубина промерзания составляет 1,8–2,0 м.

Величина d_f определяется:

- по карте СНиП,
- рассчитывается по формулам,
- по итогам многолетних наблюдений.

Криолитозона — область распространения многолетнемерзлых пород (в России около 60–70% территории — 11 млн км²). Многолетнемерзлыми называют грунты, которые находятся в мерзлом состоянии более 2–3 лет. В России выделяют три зоны многолетнемерзлых грунтов: сплошная мерзлота — крайний север, с мощностью в сотни метров, температура –7–12 °С; зоны с таликами — участки с тальми грунтами, мощностью 20–60 м, температура –0,2–2 °С; островная — мерзлые грунты встречаются на отдельных участках, мощностью 10–30 м, температура 0–0,3 °С.

Деятельный слой — верхний слой земной коры в областях холодного и умеренно холодного климата, подвергающийся

периодическому промерзанию и оттаиванию. В зависимости от местоположения, температурного режима деятельный слой может быть сезонноталым или сезонномерзлым.

Сезонномерзлый слой — это верхний слой земной коры, подвергающийся промерзанию в зимнее время года.

Сезонноталый слой — верхняя часть многолетнемерзлой толщи, оттаивающей в летнее время. При этом в основании сезонноталого слоя залегают мерзлые породы.

Основная особенность мерзлых грунтов — наличие льда в виде цемента (массивная текстура), линз и прослоев (сложная текстура) и пересекающихся прослоев в разных направлениях (сетчатая текстура). При оценке свойств мерзлых грунтов имеет значение льдистость (общее количество льда в единице объема грунта).

Криогенные процессы

Морозное пучение возникает при промерзании деятельного слоя и проявляется в виде локальных поднятий дорожных одежд зимой (увеличение объема породы при промерзании на 10%), при оттаивании образуются провалы. Меры борьбы — замена пучинистых (пылеватых) грунтов.

Выпучивание фундаментов (морозное пучение) приводит к выпиранию столбов, фундаментов из оснований, сложенных глинистыми грунтами. В связи с этим глубина заложения фундаментов должна превышать глубину слоя сезонного промерзания.

Бугры пучения (гидролакколиты) — подъем деятельного слоя при промерзании межпластовых вод.

Термокарст — проседание земли при оттаивании грунтов в результате нарушения теплового режима поверхностного слоя.

Наледь — скопление льда на поверхности в результате излившихся подземных или речных вод.

Солифлюкция — оплывание оттаявших пологих склонов южной экспозиции по мерзлым грунтам.

Курум — нагромождение глыб, медленно сползающих вниз по склону. Часто встречаются в областях распространения многолетнемерзлых пород. По форме подразделяется на «каменные плащи» (поля) и «каменные реки».

Основным правилом строительства на многолетнемерзлых грунтах является прогноз и регулирование температурного состояния мерзлых грунтов. Для предотвращения оттаивания мерзлоты между землей и первым этажом сооружения оставляют вентилируемое пространство, обычно 1–1,5 м. Прокладка коммуникаций осуществляется над поверхностью земли и особое внимание уделяется их тепло- и гидроизоляции.

Строительство в районах распространения многолетнемерзлых пород регламентируется специальными СНиП и СН и производится по трем принципам:

- с сохранением мерзлоты на весь период эксплуатации (свайные основания);
- с предварительным оттаиванием и последующим укреплением основания или его заменой на другие грунты;
- на скальном основании — без учета мерзлоты.

1.4.2. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ (АНТРОПОГЕННЫЕ) ПРОЦЕССЫ И ЯВЛЕНИЯ

Деформации над горными выработками

Деформации поверхности земли могут возникать при проходке подземных выработок (штолен, туннелей, штреков), вызывающих в массиве горных пород перераспределение напряжений.

Горное давление — сила давления на крепь, вызванная движением горных пород в сторону выработки. Горное давление зависит от геологического строения района, свойств пород и глубины заложения выработки. Проявляется в виде горных ударов, выбросов пород, пучения, обрушения и сдвижения масс горных пород.

В скальных и полускальных грунтах сдвигение происходит быстро в форме обрушения с образованием трещин и провалов.

В пластичных породах сдвигение происходит в виде плавного прогиба в течение длительного времени.

При чередовании пластов, когда скальные породы залегают над пластичными, вся толща работает как жесткая система, если пластичные пласты залегают над скальными, то деформация всей толщи будет пластичной.

Сдвигение пластов — деформация пород над горной выработкой.

Мульда сдвигения — участок земли, подвергшийся деформации.

Меры борьбы с деформациями: рациональная ориентировка здания по отношению к мульде сдвигения (в центральной части мульды осадка происходит равномерно, а на окраинах — неравномерно со значительными деформациями сооружения).

Особенности лёссовых грунтов

Лёссовые породы — особый петрографический тип континентальных отложений, представленных пылеватыми суглинками и супесями. Основные свойства лёссов:

— сохраняют вертикальный откос в сухом состоянии и быстро размокают в воде;

— пылеватых частиц размером 0,05–0,005 мм содержится более 50 %;

— имеют пористую структуру (более 40 %);

— высокое содержание карбонатов и легко растворимых солей;

— обладают анизотропностью фильтрационных свойств (по вертикали в 10 раз больше, чем по горизонтали).

Просадочные свойства лёссов проявляются при замачивании, происходит разрушение и уплотнение за счет веса самой породы и веса сооружения. Уплотнение приводит к опусканию поверхности земли в местах замачивания. Структура лёссовых пород не одинакова по своей прочности. Выделяют два типа просадочности:

I тип просадочности — лёссовые грунты разрушаются при водонасыщении и одновременной нагрузке от сооружения (мощность просадочного слоя 8–10 м).

II тип просадочности — лёссовые грунты разрушаются при водонасыщении только под собственным весом (мощность — 10–25 м).

Тип просадочности определяют в полевых условиях методом штампа.

Выбор мероприятий при строительстве на лёссовых грунтах зависит от типа просадочности, мощности толщи, конструкции здания:

— водозащитные мероприятия — отвод воды, гидроизоляция поверхности, предохранение от утечек;

— механические мероприятия — уплотнение, предварительное замачивание, обжиг грунтов, цементация;

— конструктивные мероприятия — повышение жесткости стен, прочности стыков, свайные основания, уширение фундамента.

Плывуны

В строительстве и горном деле плывунами называют водонасыщенные рыхлые породы (чаще пылеватые пески), которые при вскрытии горными выработками разжижаются и ведут себя как тяжелые вязкие жидкости. Кроме песков плывунными свойствами обладают пылеватые суглинки и супеси.

Причина возникновения плывунных свойств грунтов — гидродинамическое давление поровой воды, которое создается в результате перепада давления грунтовых вод при вскрытии горными выработками.

Плывуны разделяют на ложные и истинные. Ложные (псевдоплывуны) — различные пески, плывунные свойства которых проявляются при высоком гидродинамическом давлении грунтовых вод. Отличие от истинных плывунов — легко отдают воду, при высыхании образуют рыхлую массу. Истинные плы-

вуны — глинистые пески, пылеватые супеси и суглинки, при малом градиенте плывут за счет физически связанной воды. Отличие от ложных плывунов — слабая отдача воды, окрашенной за счет глинистых частиц в серый цвет (цементное молоко), при высыхании — сцементированная масса.

При проходке строительных выработок плывуны заполняют выработанное пространство, создают трудности при бурении. При прорыве плывунов происходят оползни, провалы поверхности, деформации зданий. Опасны подрезки склонов, вскрывающие плывуны, динамические удары и вибрация.

Для борьбы с ложными плывунами применяются следующие мероприятия: осушение котлована на период строительства (откачка при $k_{\phi} > 1$ м/сутки), при малых значениях коэффициента фильтрации применяются иглофильтровые установки; изменение физических свойств плывунов (силикатизация — нагнетание жидкого стекла, цементация).

Для истинных плывунов применяют ограждение шпунтовыми стенками (шпунтовая крепь перерезает слой плывуна и принимает давление на себя), электрохимическое закрепление и замораживание (поэтапная проходка по 20–30 см в зимний период или циркуляция в скважинах вокруг котлована раствора CaCl_2 при температуре -20 – 40 °С). Применяется повышенное давление при проходке.

Вопросы для самопроверки

1. Виды выветривания горных пород. Основные факторы физического и химического выветривания.

2. Охарактеризуйте мероприятия, необходимые для защиты горных пород от выветривания.

3. Как называются несмещенные продукты выветривания, накапливающиеся на выровненных поверхностях и на водоразделах?

| 1.4. Природные геологические и инженерно-геологические процессы |

4. Как называются продукты выветривания, перемещенные под влиянием силы тяжести и смыта дождевыми водами и накапливающиеся на склонах и у их подножий?

5. Как называется ветровой снос рыхлых продуктов в результате механической силы ветра?

6. В чем заключается геологическая деятельность рек? Как образуются речные долины? Виды аллювиальных отложений, их состав и инженерно-геологическая характеристика.

7. Как называется разрушительная работа волн? Виды морских отложений, их состав и инженерно-геологическая характеристика.

8. Охарактеризуйте геологическую деятельность ледников. Как образуются ледниковые отложения? Виды ледниковых отложений, их состав и инженерно-геологическая характеристика.

9. Причины возникновения болот, условия строительства.

10. Назовите причины возникновения карстового процесса, какие проявления карста вы знаете?

11. Что такое суффозия? Проявление суффозии и меры борьбы.

12. Назовите причины возникновения оползней.

13. Как называется явление, связанное с воздействием воды на структуру грунта с последующим ее разрушением и уплотнением под весом самого грунта или при суммарном давлении собственного веса и веса сооружения?

14. Как называется участок земной поверхности, подвергшийся деформации горных пород, залегающих непосредственно над горной выработкой?

15. Строительство в районах распространения многолетнемерзлых пород регламентируется специальными СНиП и СН. По каким принципам осуществляется строительство в этих районах?

1.5. Инженерно-геологические изыскания для строительства

Проектированием объекта и составлением технического задания занимается инженер-строитель, который должен владеть определенными знаниями по инженерной геологии. Изыскательские работы проводятся организациями, имеющими определенную специализацию по видам строительства (гидротехническому, промышленно-гражданскому, железнодорожному, автодорожному и т. д.). Инженерно-геологические изыскания выполняются на основании нормативных документов СП 47.13330.2012 «Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11–02–96 и СП 11–105–97, часть I». Общие правила производства работ, где регламентируется порядок, состав, объемы и виды работ на разных этапах проектирования, состав документации и ответственность сторон.

Цель инженерно-геологических изысканий — получение необходимых материалов для проектирования. Основной задачей инженерно-геологических исследований для промышленного и гражданского строительства является получение информации об инженерно-геологических условиях территории, к которым относятся рельеф, геологическое строение, горные породы и их свойства, гидрогеологические условия, природные геологические и инженерно-геологические процессы, а также прогноз изменения этих условий в процессе строительства и эксплуатации сооружений.

Состав и объем инженерно-геологических изысканий зависят от сложности инженерно-геологических условий, стадии проектирования, степени изученности района и других факторов. При наличии на территории проектируемого объекта опасных геологических и инженерно-геологических процессов (карст, оползни и др.) или при производстве работ

в районах распространения специфических (элювиальные, просадочные, набухающие, техногенные) грунтов изыскания проводятся в соответствии СП 11–105–97 «Часть II. Правила производства работ в районах развития опасных геологических и инженерно-геологических процессов» и СП 11–105–97 «Часть III. Правила производства работ в районах распространения специфических грунтов».

Результатами проведения инженерно-геологических изысканий являются:

- выбор благоприятной в геологическом отношении площадки для строительства объекта;
- определение наиболее рациональной конструкции фундамента и технологии производства строительных работ в зависимости от инженерно-геологических условий;
- рекомендации мероприятий по инженерной защите территорий и охране геологической среды при строительстве и эксплуатации сооружений.

Производство инженерно-геологических изысканий подразделяется на три этапа: подготовительный, полевой, камеральный.

Подготовительный этап

Подготовительный этап включает в себя следующие работы:

- подготовка технического задания на проведение изысканий с приложениями (топографическая съемка М 1:1000 или М 1:500, выполненная в течение последних 3 лет; название объекта, местоположение, высотность здания, класс ответственности (I и II), нагрузки на фундамент, глубина заложения фундамента в зависимости от глубины или этажности подземных сооружений, расположение сооружения, отмеченное на генплане, и ряд дополнительных условий).

— согласование программы на производство работ, составленной инженером-геологом на основании:

- а) технического задания;

б) сбора архивных материалов (результаты ранее выполненных инженерно-геологических изысканий на данном участке или близлежащих, включая климат, гидрографию, рельеф); можно использовать инженерно-геологические материалы «не старше» 3 лет;

в) рекогносцировки (осмотр места, рельефа, обнажений, водопроявлений, инженерно-геологических процессов, при необходимости — маршруты по сложным участкам) — определяется категория сложности;

г) нормативных документов: СП 47.13330.2012 «Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11–02–96»; СП 11–105–97 «Часть I. Общие правила производства работ»; «Часть II. Правила производства работ в районах развития опасных геологических и инженерно-геологических процессов»; «Часть III. Правила производства работ в районах распространения специфических грунтов», в которых изложены все необходимые объемы полевых работ.

Объемы работ для получения необходимых для проектирования материалов должны соответствовать техническому заданию и нормативным документам.

— сметная стоимость проектируемых изысканий, согласованная с заказчиком,

— договор и сроки выполнения работ.

Вся перечисленная документация направляется в отдел архитектуры, существующий при каждом административном образовании, для получения разрешения на право производства работ на объекте. По окончании работ необходимо представить технический отчет. Необходимым условием для начала полевого периода является согласование точек заложения разведочных выработок со всеми службами, имеющими собственные интересы на обследуемых площадях (сети водоканала, тепло-газо-коммуникации, кабели и т. д.).

Полевой этап

Полевой этап включает в себя проведение следующих видов работ: инженерно-геологическая съемка, проходка горных выработок, геофизические работы, опытные полевые испытания грунтов, гидрогеологические исследования, ведение стационарных наблюдений, выявление и оконтуривание геологических и инженерно-геологических процессов.

Инженерно-геологическая съемка производится при изысканиях для проектирования крупных объектов (плотины). Масштабы съемки зависят от целей. Для типовых проектов инженерно-геологическая съемка не используется.

Проходка горных выработок имеет особое значение при производстве инженерно-геологических изысканий.

Горная выработка — это полость в земной коре, образовавшаяся в результате проведения горных работ в толще полезного ископаемого или «пустых» горных пород. Горные выработки подразделяются на открытые (расчистки, закопуши, шурфы, каналы, дудки, карьеры) и подземные (штольни, штреки, шахтные стволы).

Шурф — вертикальная горная выработка квадратного или прямоугольного сечения глубиной от первых метров до 20 м. Крепление обязательно, при глубине более 10 м — вентиляция.

Дудка — вертикальная горная выработка круглого сечения.

Канавы — горизонтальная выработка, чаще вытянутой формы (в районах новостроек для укладки коммуникации), при относительно небольшой глубине (первые метры) имеет значительную протяженность до нескольких километров. При поисковых и разведочных работах на полезные ископаемые каналы проходят в крест простирания для бороздового опробования.

Подземные горные выработки

Шахтный ствол — вертикальная или наклонная горная выработка сечением 2х3, 3х4 и более метров, проходимая с поверхности или из подземной горной выработки.

Штольня — горизонтальная подземная выработка, имеющая выход на дневную поверхность.

Штрек — горизонтальная подземная выработка, не имеющая выхода на дневную поверхность.

Бурение скважин является наиболее эффективным методом, позволяющим изучать недра земли. Скважина — это цилиндрическая выработка в земной коре, имеющая поперечное сечение малой величины при относительно большой протяженности. Начало скважины называется устьем, боковая поверхность — стенками, дно — забоем. По назначению скважины (бурение) делятся на геологоразведочные, эксплуатационные, технические.

Значение скважин для инженерно-геологических изысканий:

— установление геологического разреза с точностью установления границ — 0,25–0,5 м;

— определение залегания уровня грунтовых вод;

— отбор образцов (керн) и монолитов грунта для определения физических (плотность, влажность — не менее 10 образцов на каждую разность), физико-механических свойств (не менее 6 образцов) и не менее 3 проб воды на химический состав каждого водоносного горизонта (плотность мерзлых грунтов обычно определяется на месте бурения);

— проведение полевых опытных испытаний;

— проведение гидрогеологических исследований;

— ведение стационарных наблюдений;

— выявление и оконтуривание геологических и инженерно-геологических процессов.

Виды бурения: колонковое, ударно-канатное, вибрационное, роторное, ручное, шнековое.

Колонковое бурение — вид быстровращательного бурения, при котором разрушение породы происходит по кольцу, а не по всей площади забоя. Внутренняя часть породы в виде керна при этом сохраняется. Данная разновидность бурения

является основным техническим средством изысканий для строительства и разведки месторождений твердых полезных ископаемых.

Породоразрушающий инструмент, применяемый при буровых работах, — шарошечное и крестовое долото, буровые коронки различной твердости, пневмоударники. Основные диаметры бурения при проведении изысканий составляют от 50 мм до 500 мм.

Бурение может производиться с отбором и без отбора керна (сплошным забоем). Полевая документация заносится в буровые журналы (дата, время, глубины залегания слоев и уровня грунтовых вод, отметки, номера и глубины отбора образцов). Ликвидационный тампонаж скважины проводится после завершения работ.

Геофизические работы (магниторазведка, гравиразведка, сейсморазведка, электроразведка, каротаж в сочетании с другими видами работ) решают многочисленные проблемы в инженерной геологии.

Сейсморазведка — метод исследований, основанный на измерении скорости прохождения продольных волн по глубине ($V_2 > V_1$).

Электроразведка — метод исследований, основанный на измерении кажущихся сопротивлений грунтов по глубине ($\rho_2 > \rho_1$), измеряется в Ом/м.

Каротаж скважин (электро-, сейсмо-, радиометрический) позволяет изучать пространство вокруг них, различные свойства грунтов (влажность, плотность, трещиноватость и т.д.) в естественном залегании.

Значение геофизических работ: определение мощности рыхлых отложений, выявление тектонических нарушений, зон повышенной трещиноватости и обводненности, определение гидрогеологических параметров (уровня залегания грунтовых вод, водоупорных пород, направления движения подземных вод), определение состава и состояния свойств грунтов.

Полевые исследования грунтов следует проводить при изучении массивов грунтов (в основном песчано-глинистые грунты) в естественном залегании с целью:

- расчленения геологического разреза, оконтуривания прослоев и линз слабых грунтов,
- определения физико-механических свойств грунтов в условиях естественного залегания,
- оценки пространственной изменчивости свойств грунтов,
- оценки возможности погружения свай в грунты и несущей способности свай.

Полевые штамповые испытания — эталонный метод деформационных испытаний грунтов на сжимаемость

Штамп — квадратная или круглая плита площадью 5000 см², служащая для передачи давления на грунт при полевых испытаниях грунтов методом опытных нагрузок. Давление создается домкратами или платформами с грузом и производится ступенями с выдержкой определенное время до стабилизации осадки. Строится график зависимости осадки штампа от давления и осадки штампа во времени по ступеням нагрузки, определяют деформационные свойства (модуль деформации E , МПа). Штаповые испытания могут проводиться в скважинах со штампом площадью 600 см², давление создается платформой с грузом через штангу.

Статическое и динамическое зондирование (пенетрация) — определение сопротивления песчаных и глинистых грунтов вдавливанию (статическое) или забивке (динамическое) конусовидного металлического наконечника (зонда) на глубину. По результатам испытаний определяют однородность грунтов по глубине и приближенную количественную оценку свойств грунтов.

Прессиометрия определяет деформационные свойства глинистых грунтов. Прессиометр — резиновая цилиндрическая

камера, устанавливаемая на необходимой для обследования глубине в скважине и расширяющаяся за счет увеличения давления жидкости или газа, нагнетаемого в камеру. Замеряется давление и радиальное перемещение грунта в стенках скважины, что позволяет рассчитать модуль деформации.

Крыльчатка (метод вращательного среза) позволяет определить прочностные свойства слабых грунтов и представляет собой четырехлопастной зонд, который опускают в забой скважины, вдавливают и поворачивают вокруг своей оси. Замеряют крутящий момент, что позволяет рассчитать сопротивление грунта сдвигу, величину внутреннего трения ϕ и удельного сцепления C , МПа.

Гидрогеологические исследования (опытно-фильтрационные работы) выполняются в случае распространения или возможности формирования подземных вод в сфере взаимодействия проектируемого объекта с геологической средой (загрязнение, истощение, прогноз подтопления, возможность ухудшения свойств грунтов) для решения вопросов водоснабжения и защиты при строительстве.

Гидрогеологическими исследованиями определяются коэффициент фильтрации k_{ϕ} и радиус влияния скважины (депрессионной воронки) в условиях естественного залегания пород и циркуляции подземных вод.

Коэффициент фильтрации для обломочных грунтов определяется откачками воды из скважин. В зависимости от поставленных задач различают: экспресс-откачку (до 0,5 суток), пробные, опытные, опытно-эксплуатационные; одиночные и кустовые откачки из скважин. Строится график откачки (зависимость понижения (S) от времени (t) в полулогарифмическом масштабе).

Откачки производятся глубинными или поверхностными насосами (2–2,5 л/с) или эрлифтом (от англ. *air* — воздух, *lift* — подъем) — до 10 л/с. Приборы для замеров глубины залегания

уровня подземных вод в скважинах — электроуровнемеры, «хлопушки», манометры для фонтанирующих скважин.

Для определения k_{ϕ} для супесей и суглинков применяют методы налива в шурфы и нагнетания воды в скважины.

Стационарные наблюдения (режимные) необходимо выполнять для изучения:

— динамики развития опасных геологических процессов (карст, оползни, сели, переработка берегов, выветривание и пр.),

— изменений состояния свойств грунтов,

— изменения уровня, температуры, химического состава подземных вод;

— деформации грунтов оснований.

Продолжительность не менее одного гидрологического года или сезона проявления процесса с частотой регистрации экстремальных значений.

Камеральный этап

В течение камерального периода выполняются лабораторные работы, производится обработка результатов полевых работ и лабораторных анализов, составляется отчет. Назначение и состав лабораторных испытаний.

— определение физических свойств грунтов: плотность, влажность, пределы пластичности, плотность минеральной части и пр.;

— определение механических свойств грунтов: деформационных (модуль деформации E_0 (МПа), прочностных (угол внутреннего трения ϕ , град, сцепление C , МПа), предела прочности на одноосное сжатие для скальных грунтов (R_0 , МПа),

— определение агрессивности подземных вод и коррозионной активности грунтов;

— определение коэффициента фильтрации.

Результатом изысканий является составление инженерно-геологического отчета с текстовыми и графическими приложе-

ниям (инженерно-геологическая карта для крупных объектов, геологические колонки и разрезы, паспорта лабораторных анализов грунтов и воды и т. д.).

Вопросы для самопроверки

1. Какие карты являются основой для построения инженерно-геологических, гидрогеологических и других карт, используемых при строительстве?

2. Как называется проекция геологического строения на вертикальную плоскость, построенная по геологической карте и по данным геологоразведочных выработок?

3. Какие работы проводятся во время подготовительного этапа?

4. Какие работы проводятся во время полевого этапа изысканий?

5. Какие существуют виды бурения, при каких видах бурения можно отобразить монолиты грунта ненарушенной структуры?

6. Для определения каких свойств грунтов необходим отбор монолитов грунта (с сохраненной структурой)?

7. Как называются методы исследования, основанные на свойствах горных пород (удельном электрическом сопротивлении, скорости распространения упругих сейсмических волн, радиоактивности, магнитной восприимчивости и др.)?

8. Для каких грунтов наливывы в шурфы и нагнетания в скважины позволяют определить коэффициент фильтрации?

9. Какие свойства грунтов определяют методом штамповых испытаний?

10. Какие свойства для слабых грунтов определяют методом вращательного среза (крыльчатка)?

11. На каком этапе изысканий выполняется обработка полевых материалов и результатов лабораторных анализов, составление инженерно-геологического отчета?

12. Какой документ является основанием для начала производства инженерно-геологических изысканий?

13. Какие горные выработки проходят при инженерно-геологических исследованиях? Охарактеризуйте возможности их использования и задачи, которые решаются с их помощью.

1.6. Лабораторные работы

1. Диагностика породообразующих минералов по образцам.
2. Диагностика магматических горных пород по образцам.
3. Диагностика осадочных горных пород по образцам.
4. Диагностика метаморфических горных пород по образцам.
5. Геологические карты и разрезы.
6. Гидрогеологические карты и разрезы.
7. Определение агрессивности подземных вод на основании химического анализа.
8. Определение водопритоков к водозаборным сооружениям.

2. ВЫПОЛНЕНИЕ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

2.1. Контрольная работа N 1

Контрольная работа выполняется по предложенным вариантам, состоит из трех заданий. Целью выполнения контрольной работы № 1 является проверка знаний законов общей геологии, умения решать простейшие задачи инженерной геологии и применять нормативную документацию для разработки технических заданий на инженерные изыскания.

Задание 1

Изучив согласно своему варианту геологический разрез из представленных схематично на рис. 1а, 1б для задания № 1, назовите относительный возраст горных пород, слагающих рассматриваемую территорию. Между какими геологическими периодами произошла тектоническая деформация и как называется изображенная на разрезе дислокация? Какие слои залегают между собой согласно и какие несогласно? Наблюдается ли в разрезе стратиграфический перерыв?

Пример ответа: Территория (рис. 2) сложена породами ордовикского, силурийского, девонского, пермского и юрского возраста. Тектоническая разрывная деформация (сброс) произошла в пермский или триасовый период (до юры), о чем свидетельствуют смещенные вдоль линии разлома пласты пород ордовика, силура, девона, залегающие между собой согласно. Породы девона и перми залегают несогласно, между ними наблюдается

| 2. ВЫПОЛНЕНИЕ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ |

стратиграфический перерыв, отсутствуют отложения каменно-угольного возраста. В триасовый период происходило разрушение пермских отложений, о чем говорит различная их мощность. В юрский период произошло накопление осадочных отложений, залегающих по отношению к более древним породам несогласно.

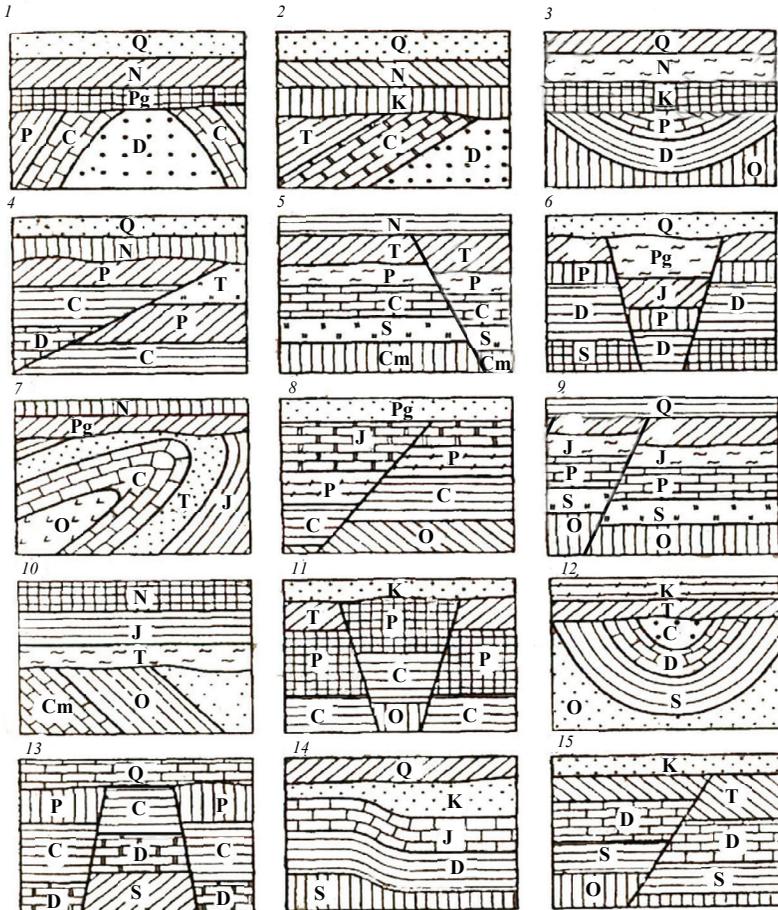


Рис. 1а. Схематические разрезы для задания № 1

| Задание 1 |

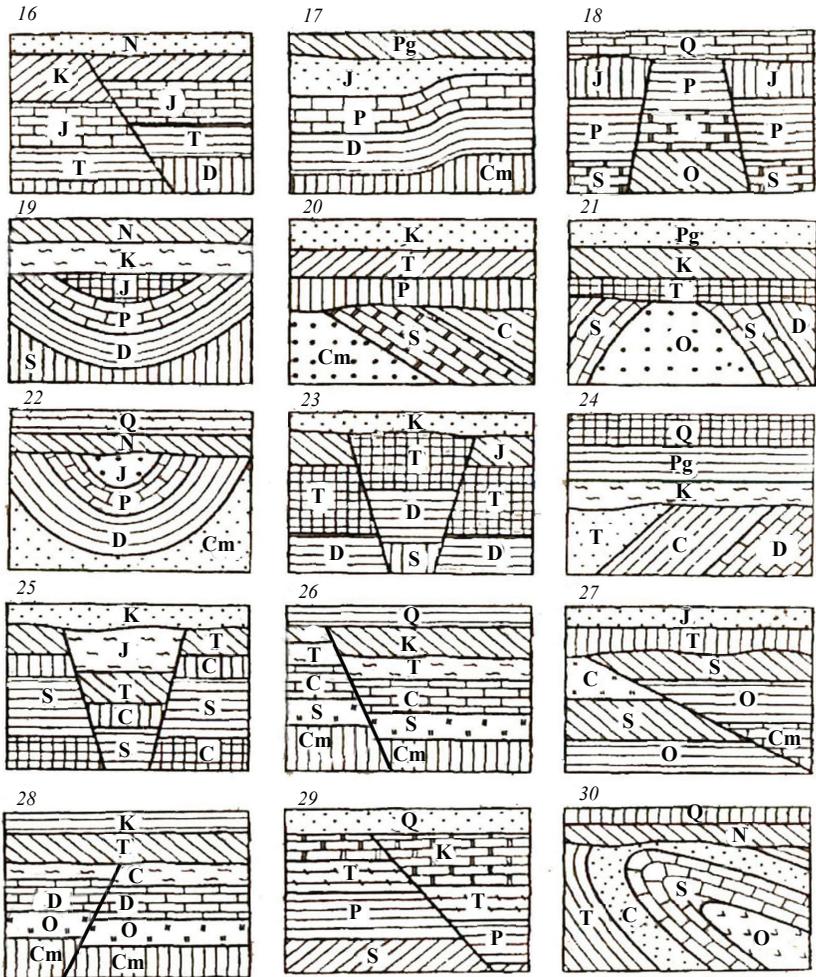


Рис. 16. Схематические разрезы для задания № 1

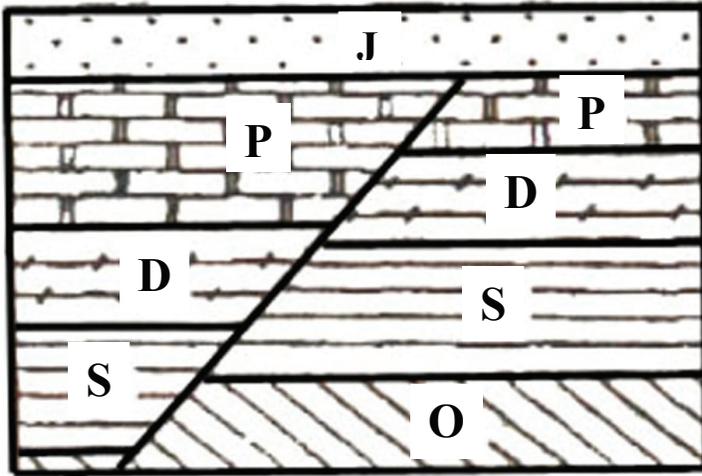


Рис. 2. Схематический геологический разрез

Задание 2

Построить геологический разрез согласно заданию своего варианта по описанию буровых скважин (табл. 1). Топографический профиль построить по абсолютным отметкам устьев скважин. Пример построения геологического разреза по абсолютным отметкам скважин показан на рис. 3.

Строить разрез рекомендуется на миллиметровой бумаге в следующем порядке. В нижней части листа чертим три строки для указания номера скважины, абсолютной отметки устья и указания расстояний между скважинами. Намечаем начало и откладываем вправо длину разреза в масштабе 1 : 1000. В начале разреза строим шкалу абсолютных отметок с таким расчетом, чтобы максимальная отметка была несколько выше наибольшей абсолютной отметки скважин, а минимальная — ниже забоя самой глубокой скважины.

| Задание 2 |

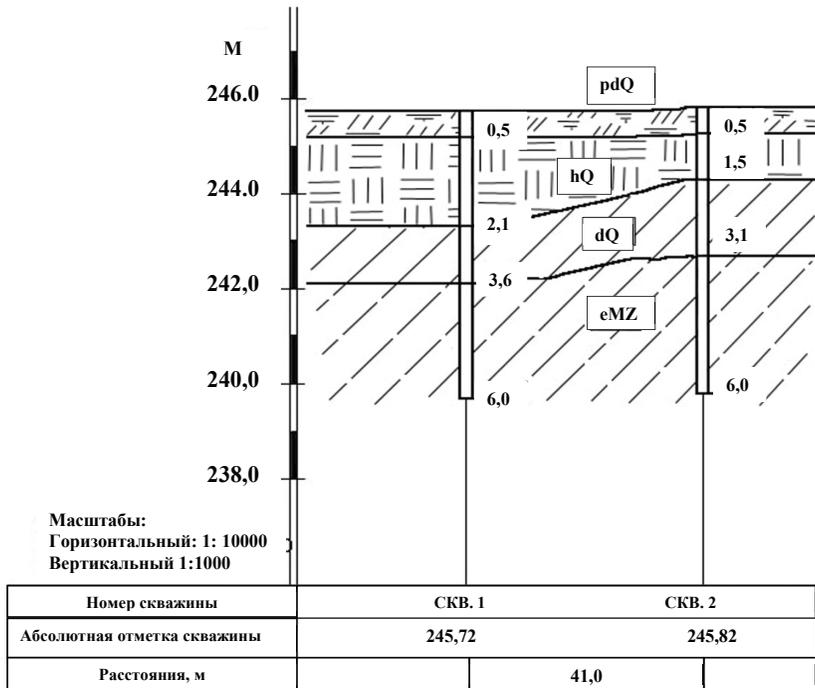


Рис. 3. Геологический разрез

Далее приступаем к построению топографического профиля. От шкалы абсолютных отметок в горизонтальном направлении откладываем в заданном масштабе расстояния до каждой скважины и проводим вертикальный штрих в верхней строке. Под штрихами указываем номера скважин, а ниже — абсолютные отметки их устьев, которые дают точки для построения профиля. Соединив все точки прямыми линиями, получаем топографический профиль поверхности земли.

На построенный профиль наносим колонки буровых скважин. Ствол скважины обозначают двумя вертикальными отрезками. На нижнем конце отрезка, соответствующем глубине пробуренной скважины (забою), ставим короткий поперечный штрих. Справа от штриха записываем глубину скважины.

Вдоль линии скважины размечаем границы слоев и проставляем глубину залегания каждого слоя. В интервале каждого слоя (на полосе шириной 1–2 см) условными обозначениями, взятыми из прил. 6, отмечаем карандашом состав и относительный возраст пород. Сначала на разрезе проводим возрастные границы, т. е. выделяем площади с одноименными индексами. Только после проведения возрастных границ проводим границы между слоями различных пород строго внутри возрастного комплекса. В первую очередь соединяют наиболее характерные, встреченные в нескольких выработках слои. Если в соседних скважинах аналогичного слоя не наблюдается, то его выклинивают на расстоянии середины от соседней скважины. Отметки уровней грунтовых вод по различным выработкам соединяют пунктирной линией. Стволы скважин в интервалах развития водоносных слоев затемняют.

На инженерно-геологических разрезах дополнительно около колонки скважины проставляются условными обозначениями номера проб воды, грунта, монолитов и т. д., а внутри ствола скважины условными обозначениями (штриховкой) показывается консистенция для глинистых грунтов и влажность для обломочных грунтов.

После построения разреза проводим анализ природных особенностей участка строительства. Необходимо выявить, какие инженерно-геологические процессы вызвали аварийную ситуацию или какие геологические процессы могут возникнуть или активизироваться после строительства зданий.

Таблица 1

Описание буровых скважин

Номер скв., абс. отмет- ка устья, м	Геол. воз- раст	Глубина залега- ния по- дошвы слоя, м	Описание горных пород	Глубина залегания уровня воды, м	
				появив- шегося	устано- вивше- гося
1	2	3	4	5	6
1 20,4	dQ C C	0,6 19,0 21,0*	Суглинок твердый Известняк трещиноватый закар- стованный Песчаник плотный	16,0	16,0
2 24,1	dQ C C	8,3 13,1 15,5	Суглинок твердый Известняк закарстованный Песчаник плотный	10,5	10,5
3 24,9	dQ C C	3,2 6,0 8,0	Суглинок твердый Известняк трещиноватый Песчаник плотный	6,2	6,2
4 25,5	C C	2,8 6,0	Известняк трещиноватый Песчаник плотный	1,8	1,8
5 299,6	LQ ₃₋₄ N ₂ N ₂	15,2 17,5 24,0	Лёсс Песок мелкий Глина тугопластичная		

2. ВЫПОЛНЕНИЕ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6
6 310,3	LQ ₃₋₄ N ₂ N ₂	6,6 8,0 17,5	Лёсс Песок пылеватый Глина тугопластичная		
7 311,6	LQ ₃₋₄ N ₂ N ₂	1,6 6,5 19,0	Лёсс Песок пылеватый Глина тугопластичная		
8 324,5	eQ ₄ J	0,5 6,0	Суглинок со щебнем гранита полутвердый Гранит сильно выветрелый трещиноватый	4,0	4,0
9 324,5	eQ ₄ J	3,5 5,5	Суглинок со щебнем и глыбами гранита полутвердый Гранит сильно выветрелый трещиноватый	4,1	4,1
10 324,5	eQ ₄ J	3,5 4,0	Суглинок со щебнем и глыбами гранита полутвердый Гранит сильно выветрелый		
11 324,5	eQ ₄ J	5,5 10,0	Суглинок со щебнем гранита полутвердый, с гл. 4,0 м — мягкопластичный Гранит выветрелый трещиноватый	4,0	4,0

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6
12 220,2	dQ N N T T T	2,0 3,2 5,0 8,4 8,7 9,2	Суглинок коричневый твердый Глина полутвердая темно-серая Песок мелкий плотный желтый Глина зеленая тугопластичная Песок пылеватый плотный серый Глина тугопластичная голубоватая	3,3 8,4	3,3 4,0
13 220,2	dQ N N T T T	2,0 3,1 5,0 8,3 8,6 10,4	Суглинок коричневый твердый Глина полутвердая темно-серая Песок мелкий плотный желтый Глина зеленая тугопластичная Песок пылеватый плотный серый Глина тугопластичная голубоватая	3,4 8,3	3,4 4,0
14 217,7	dQ N N T T T	2,1 3,1 4,0 5,6 6,0 7,5	Суглинок коричневый твердый Глина полутвердая темно-серая Песок мелкий плотный желтый Глина зеленая тугопластичная Песок пылеватый плотный серый Глина тугопластичная голубоватая	1,6	1,6
15 218,1	dQ N N T T	2,1 3,2 5,3 7,2 12,0	Суглинок коричневый твердый Глина полутвердая темно-серая Песок пылеватый плотный серый Глина зеленая тугопластичная, с глубины 6,7 м перемятая мягко- и текучеplastичная Глина твердая голубоватая	2,0 5,0	2,0 5,0

2. ВЫПОЛНЕНИЕ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6
16 240,0	dQ N ₂	1,6 16,5	Суглинок твердый со щебнем Глина полутвердая темно-серая	1,2	1,2
17 238,0	dQ N ₂ N ₁	3,2 18,1 21,0	Суглинок твердый со щебнем Глина полутвердая темно-серая Известняк трещиноватый	0,9	0,9
18 237,0	N ₁ N ₁	15,4 17,5	Известняк трещиноватый Песчаник крепкий	11,2	11,2
19 230,0	aQ N ₁	15,7 18,0	Песок, гравий Песчаник крепкий	3,2	3,2
20 26,2	aQ ₂ mQ ₁	9,8 13,0	Песок мелкий рыхлый Глина полутвердая	3,3	3,3
21 29,3	dQ ₄ aQ ₂ mQ ₁	2,8 4,8 11,0	Супесь пластичная Песок мелкий средней плотности Глина полутвердая	3,0	3,0
22 30,9	dQ ₄ mQ ₁	1,5 15,0	Суглинок тугопластичный Глина полутвердая	1,0	1,0
23 160,4	tQ ₄ mQ ₁ N ₂	3,0 4,4 18,0	Супесь со щебнем кирпича Песок мелкий плотный Известняк-ракушечник	8,9	8,9
24 160,3	tQ ₄ tQ ₄ mQ ₁ N ₂	2,1 2,6 3,7 17,0	Глыбы известняка-ракушечника Суглинок со щебнем Песок мелкий плотный Известняк-ракушечник	9,0	9,0

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6
25 154,2	gQ eQ D	3,0 4,2 7,5	Суглинок твердый с валунами Щебень песчаника Песчаник трещиноватый	3,0	2,3
26 154,0	gQ eQ D	8,5 9,7 12,0	Суглинок твердый с валунами Щебень песчаника Песчаник трещиноватый	8,5	2,4
27 165,5	aQ ₃ aQ ₃	0,4 6,0	Суглинок полутвердый Песок средней крупности	2,0	2,0
28 165,5	aQ ₃ aQ ₃ aQ ₃	0,5 2,5 6,0	Глина полутвердая Суглинок тугопластичный Песок средней крупности	2,5	2,0
29 165,5	aQ ₃ aQ ₃ aQ ₃	2,5 3,2 6,0	Глина тугопластичная Суглинок мягкопластичный Песок средней крупности	3,2	2,0
30 32,5	dQ ₄ IQ ₂ IQ ₂ K	0,2 1,5 4,5 6,0	Суглинок полутвердый с щебнем Песок крупный плотный Песок пылеватый плотный Глина полутвердая зеленая	3,0	3,0
31 32,0	dQ ₄ IQ ₂ K	0,8 5,0 6,5	Суглинок полутвердый с щебнем Песок пылеватый плотный Глина полутвердая зеленая	2,6	2,6
32 29,9	dQ ₄ K	1,2 4,5	Суглинок мягкопластичный с щебнем Глина полутвердая зеленая	0,5	0,5

2. ВЫПОЛНЕНИЕ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6
33 182,0	gQ_2	5,0	Супесь пластичная с гравием и галькой	0,3	0,3
34 185,5	fgQ_2 gQ_2	3,0 5,2	Песок мелкий рыхлый Супесь пластичная с галькой	1,0	1,0
35 189,0	IQ_3 fgQ_2 gQ_2	1,5 7,5 8,0	Глина тугопластичная Песок мелкий средней плотности Супесь пластичная с галькой	4,0	4,0
36 125,0	aQ_2 aQ_2 C_1	1,5 1,8 12,0	Суглинок полутвердый Песок мелкий Известняк трещиноватый	3,0 Стат.	9,5 Дина- мич.
37 123,9	aQ_2 aQ_2 C_1 C_1	1,5 4,5 6,5 7,0 11,0	Суглинок полутвердый Песок мелкий Известняк трещиноватый Провал (пустое пространство) Известняк	2,0 Стат.	8,0 Дина- мич.
38 125,0	aQ_2 aQ_2 C_1 C_1	1,5 2,0 6,5 6,7 13,0	Суглинок полутвердый Песок мелкий Известняк трещиноватый Провал (пустое пространство, вода) Известняк	3,0 Стат.	9,5 Дина- мич.

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6
39 330,0	IQ ₄ IQ ₄ IQ ₄	0,8 5,5 7,0	Супесь мерзлая Песок мелкий мерзлый Суглинок полутвердый		
40 333,0	IQ ₄ IQ ₄ IQ ₄ IQ ₄	1,0 5,0 8,5 11,0	Супесь мерзлая Супесь мерзлая прослоями льда до 0,3 м Песок мелкий мерзлый Суглинок полутвердый		
41 330,0	IQ ₄ IQ ₄	0,8 7,0	Супесь мерзлая Песок мелкий мерзлый		
42 330,0	IQ ₄ IQ ₄	6,0 8,0	Песок мелкий мерзлый Суглинок полутвердый		
43 140,0	tQ ₄ mT ₂ mT ₂	1,0 9,0 12,0	Глыбы и щебень Песчаник на кремнистом цементе Известняк	9,0	5,0
44 140,0	mT ₂ mT ₂ mT ₂	1,0 9,0 11,0	Конгломерат Известняк Глина твердая	5,0	5,0
45 140,0	mT ₂ mT ₂	1,0 10,0	Известняк Глина твердая		
46 141,2	tQ ₄ mT ₂	3,0 10,0	Суглинок со щебнем Глина твердая		

2. ВЫПОЛНЕНИЕ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6
47 255,0	aQ ₂ C ₂ C ₃	3,0 5,0 20,0	Песок мелкий Глина твердая плотная Известняк трещиноватый закар- стованный	2,0 Статич.	10,0 Дина- мич.
48 255,0	aQ ₂ C ₃	5,0 18,0	Песок мелкий Известняк	1,8 Статич.	9,5 Дина- мич.
49 255,0	aQ ₂ C ₃ C ₂	3,0 5,0 17,0	Песок мелкий Глина твердая плотная Известняк	1,7 Статич.	10,5 Дина- мич.

* глубина скважины

Варианты заданий

Вариант 1. На одной прямой, на расстоянии 50 м друг от друга пробурены скважины 1, 2, 3, 4 (табл. 1). Постройте геологический разрез по данным бурения. Примите масштабы: горизонтальный 1 : 1000, вертикальный 1 : 200.

В какой части разреза лучше разместить здание заводоуправления шириной 18 м и цех с мокрым технологическим процессом шириной 48 м? Какие геологические процессы могут возникнуть или активизироваться после строительства зданий?

Вариант 2. По данным бурения скважин 5, 6, 7 (табл. 1), расположенных по прямой на расстоянии 160 м одна от другой, постройте геологический разрез. Масштабы: горизонтальный 1 : 2000, вертикальный 1 : 200. Территория между скважинами 5 и 6 застроена жилыми зданиями, территория между скважинами 6 и 7 предназначена под орошение.

Какие геологические процессы и явления могут возникнуть при утечке воды из коммунальных коммуникаций, укладываемых в подземном проходном коллекторе-туннеле с абсолютной отметкой дна лотка 306 м, который проектируется на месте скважины 6 перпендикулярно линии разреза?

Вариант 3. Постройте геологический разрез по топографическому профилю (рис. 4) и данным бурения скважин 12, 13, 14 и 15 (табл. 1). Какой геологический процесс произошел в массиве?

Вариант 4. Производственное здание длиной 100 м с фундаментом ленточного типа построено на элювиальных грунтах, исследованных скважинами 8, 9, 10 (табл. 1). Скважины пробурены по оси здания с интервалом 50 м. После постройки произошла неравномерная осадка здания, которая вызвала деформации верхнего строения. Для выяснения причин деформации пробурена скважина 11 между скважинами 9 и 10 посередине.

Постройте геологический разрез по данным бурения, масштабы: горизонтальный 1 : 1000, вертикальный 1 : 200, опре-

| 2. ВЫПОЛНЕНИЕ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ |

делите причину неравномерной осадки. Какие ошибки были допущены при инженерно-геологических изысканиях?

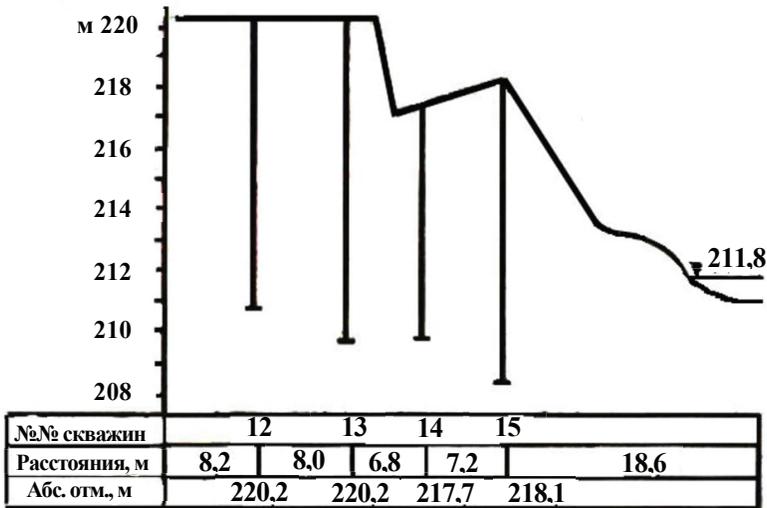


Рис. 4. Топографический профиль

Вариант 5. На заводе строительных материалов пробурены скважины 20, 21, 22 (табл. 1) на расстоянии 70 м друг от друга с целью выбора участка для размещения камнедробильной установки.

Постройте геологический разрез, масштабы: горизонтальный 1 : 1000, вертикальный 1 : 200. В какой части разреза следует расположить камнедробильную установку?

Вариант 6. Постройте геологический разрез участка (масштабы: горизонтальный 1:1000, вертикальный 1 : 200), находящегося в зоне распространения многолетнемерзлых пород и покрытого таежной растительностью. На участке пробурены скважины 39, 40, 41 и 42 (табл. 1) по одной прямой через 50 м.

В какой части участка можно построить открытую стоянку для грузового автотранспорта и на каком участке устройство стоянки приведет к каким необратимым изменениям геологической среды?

Вариант 7. На территории поселка на расстоянии 25 м друг от друга пробурены скважины 23 и 24 (табл. 1). Между ними заложен строительный котлован на глубину 5 м. На дне котлована под экскаватором на площади 3–4 м² образовались провалы глубиной до 0,5 м.

Постройте геологический разрез, масштабы: горизонтальный 1 : 1000, вертикальный 1 : 200. Объясните возможные причины провалов.

Вариант 8. На заводе строительных материалов были пробурены скважины 20, 21, 22 (табл. 1) на расстоянии 70 м друг от друга с целью выбора участка для размещения вращающейся обжиговой печи длиной 60 м и шириной 4 м.

Постройте геологический разрез, масштабы: горизонтальный 1 : 1000, вертикальный 1 : 200. На каком участке разреза целесообразнее установить печь, если учесть, что разность осадок должна быть минимальной?

Вариант 9. Территория между скважинами 5 и 6 застроена жилыми зданиями, территория между скважинами 6 и 7 предназначена под орошение.

По данным бурения скважин 5, 6, 7 (табл. 1), расположенных по прямой на расстоянии 160 м одна от другой, постройте геологический разрез, масштабы: горизонтальный 1 : 2000, вертикальный 1 : 500.

Какие геологические процессы и явления могут возникнуть при утечках воды из канала, который проектируется перпендикулярно линии разреза рядом со скважиной 7, если абсолютная отметка дна канала 308,5 м?

Вариант 10. Проектируется цех с мокрым технологическим процессом, в котором используются кислоты и другие матери-

| 2. ВЫПОЛНЕНИЕ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ |

алы. Утечки могут повлечь за собой изменение свойств грунтов основания и деформацию сооружения.

Постройте геологический разрез по скважинам 43, 44, 45 и 46 (табл. 1), расположенным на одной прямой через 50 м, масштабы: горизонтальный 1 : 1000, вертикальный 1 : 200. Выберите место для цеха длиной 20 м, где он нанесет минимальный ущерб геологической среде.

Вариант 11. Неогеновые отложения на разрезе (рис. 5) представлены глинами, палеогеновые — известняками трещиноватыми и глинами, верхнечетвертичные — галечниками, современные — песками.

На каком участке лучше расположить отстойник промышленных стоков размером 60 х 60 м с точки зрения охраны окружающей среды от утечек? На каких участках нельзя строить и почему?

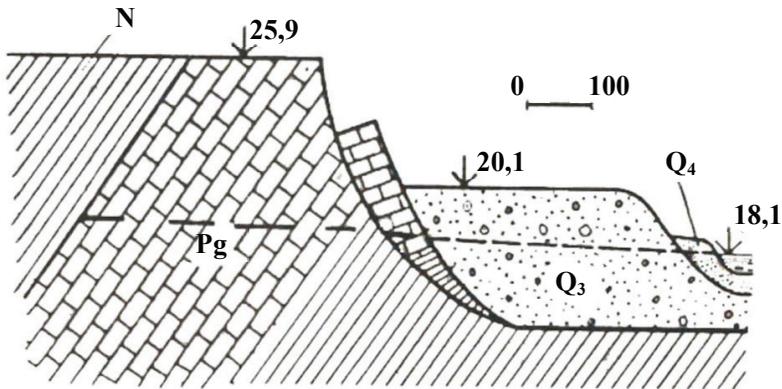


Рис. 5. Геологический разрез

Вариант 12. Постройте геологический разрез участка (масштабы: горизонтальный 1 : 1000, вертикальный 1 : 200), находящегося в зоне распространения многолетнемерзлых пород и покрытого таежной растительностью. На участке пробурены скважины 39, 40, 41 и 42 по одной прямой через 70 м.

В какой части участка можно построить здание склада длиной 50 м и на каком участке строительство приведет к необратимым изменениям геологической среды?

Вариант 13. На заводе строительных материалов пробурены скважины 20, 21, 22 (табл. 1) на расстоянии 50 м друг от друга с целью выбора участка для размещения камнедробильной установки 30×30 м.

Постройте геологический разрез, масштабы: горизонтальный 1 : 1000, вертикальный 1 : 200. На каком участке разреза нельзя запроектировать камнедробильную установку? Какие геологические процессы могут возникнуть при ее эксплуатации?

Вариант 14. Для выяснения причин образования крупных трещин в стене заводского корпуса длиной 150 м вдоль стены через 50 м пробурены скважины 36, 37, 38 (табл. 1). Глубина уровня грунтовых вод дана до начала интенсивной эксплуатации подземного водозабора на соседней территории. Постройте геологический разрез, масштабы: горизонтальный 1:1000, вертикальный 1 : 200. Нанесите статический и динамический уровни грунтовых вод и опишите процесс, который привел к деформации стены.

Вариант 15. На расстоянии 80 м друг от друга пробурены скважины 27, 28 и 29 (табл. 1). Постройте геологический разрез, масштабы: горизонтальный 1 : 1000, вертикальный 1 : 100. Топографический профиль постройте по абсолютным отметкам устьев скважин. Укажите участки на поверхности земли, где может проявляться пучение, на каком участке оно будет наиболее сильным (прил. 4)?

Вариант 16. На расстоянии 80 м друг от друга пробурены скважины 30, 31 и 32 (табл. 1). Постройте геологический разрез, масштабы: горизонтальный 1 : 1000, вертикальный 1 : 100. Топографический профиль постройте по абсолютным отметкам устьев скважин. Укажите участки на поверхности земли,

| 2. ВЫПОЛНЕНИЕ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ |

где может проявляться пучение, на каком участке оно будет наиболее сильным (прил. 4)?

Вариант 17. На расстоянии 70 м друг от друга пробурены скважины 33, 34 и 35 (табл. 1). Постройте геологический разрез, масштабы: горизонтальный 1 : 1000, вертикальный 1 : 100. Топографический профиль постройте по абсолютным отметкам устьев скважин. Укажите участки на поверхности земли, где может проявляться пучение, на каком участке оно будет наиболее сильным (прил. 4)?

Вариант 18. Постройте геологический разрез по скважинам 43, 44, 45 и 46 (табл. 1), расположенным на одной прямой через 50 м, масштабы: горизонтальный 1 : 1000, вертикальный 1 : 200. Выберите место для цеха длиной 25 м с мокрым технологическим процессом, в котором используются кислоты. Утечки могут повлечь за собой изменение свойств грунтов основания и деформации. В какой части разреза и почему не рекомендуется размещать цех с мокрым технологическим процессом?

Вариант 19. По данным бурения скважин 5, 6, 7 (табл. 1), расположенных по прямой на расстоянии 160 м одна от другой, постройте геологический разрез, масштабы: горизонтальный 1 : 2000, вертикальный 1 : 500. Территория между скважинами 5 и 6 застроена жилыми зданиями, территория между скважинами 6 и 7 предназначена под орошение.

Повлияют ли на устойчивость зданий орошение территории между скважинами 6 и 7 и сопряженная с ними инфильтрация воды в грунт? Какие геологические процессы и явления могут возникнуть?

Вариант 20. Используя данные бурения скважин 16, 17, 18 и 19 (табл. 1) и топографический профиль (рис. 6), постройте геологический разрез, примите вертикальный масштаб 1 : 1000.

На каком участке разреза целесообразнее по сейсмическим условиям разместить ответственное промышленное здание

шириной 50 м, если по карте сейсмического районирования (СП 14.13330–2011 «Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция СНиП II-7–81») сейсмичность территории 8 баллов? Существуют ли в пределах разреза участки, где интенсивность сотрясений может быть 9 баллов (прил. 7)?

Вариант 21. Используя данные бурения скважин 16, 17, 18 и 19 (табл. 1) и топографический профиль (рис. 6), постройте геологический разрез, примите вертикальный масштаб 1 : 1000. Какой геологический возраст имеют горные породы массива? Сколько участков можно выделить на разрезе для размещения отстойника промышленных стоков размером 60 x 40 м? На каком участке лучше расположить отстойник с точки зрения охраны окружающей среды от утечек?

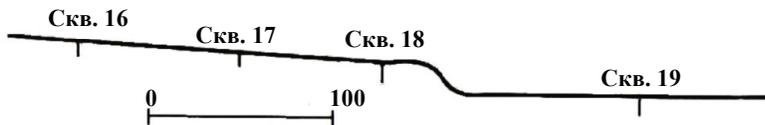


Рис. 6. Топографический профиль

Вариант 22. Скважины 39, 40, 41 и 42 пробурены по одной прямой через 50 м. Постройте геологический разрез участка (масштабы: горизонтальный 1 : 1000, вертикальный 1 : 200), находящегося в зоне распространения многолетнемерзлых пород и покрытого таежной растительностью.

Где в пределах участка можно организовать открытую стоянку для машин, а где устройство стоянки приведет к необратимым изменениям геологической среды?

Вариант 23. Элювиальные грунты, слагающие основание цеха с фундаментом ленточного типа и длиной 100 м, исследованы скважинами 8, 9, 10 (табл. 1). Скважины пробурены по оси здания с интервалом 50 м. После постройки произошла нерав-

номерная осадка здания, которая вызвала деформации верхнего строения. Для выяснения причин деформации пробурена скважина 11 между скважинами 9 и 10 посередине.

Постройте геологический разрез по данным бурения, масштабы: горизонтальный 1 : 1000, вертикальный 1 : 200, определите причину неравномерной осадки. Какие ошибки были допущены при инженерно-геологических изысканиях (табл. П. 8.2, прим.)

Вариант 24. На одной прямой на расстоянии 70 м друг от друга пробурены скважины 1, 2, 3, 4 (табл. 1). Постройте геологический разрез по данным бурения. Примите масштабы: горизонтальный 1 : 1000, вертикальный 1 : 200.

В какой части разреза лучше поместить отстойник промышленных стоков размером 50 x 30 м глубиной 3 м? Какой геологический процесс может активизироваться после начала эксплуатации отстойника? В чем он будет выражаться?

Вариант 25. В процессе строительства подземного сооружения на соседней территории был понижен уровень грунтовых вод (УГВ), что привело к образованию провала на горизонтальной площадке с абсолютной отметкой 255,0 м, подлежащей застройке. С целью выяснения причин провала пробурены три скважины 47, 48 и 49 (табл. 1) на расстоянии 25 м друг от друга.

Постройте геологический разрез, масштабы: горизонтальный 1 : 1000, вертикальный 1 : 200 и объясните причину провала. Возможно ли устранить эту причину и застроить участок?

Вариант 26. Неогеновые отложения на разрезе (рис. 5) представлены глинами, палеогеновые — известняками трещиноватыми и глинами, верхнечетвертичные (Q_3) — галечниками, современные (Q_4) — песками.

Какую сейсмичность следует принять для отдельных участков в пределах разреза, если сейсмичность района по карте сейсмического районирования СП 14.13330–2011 «Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция СНиП II-7–81» равна 7 баллам (прил. 7)?

| Задание 3 |

Вариант 27. Используя данные бурения скважин 16, 17, 18 и 19 (табл. 1) и топографический профиль (рис. 6), постройте геологический разрез, примите вертикальный масштаб 1 : 1000.

На каком участке разреза лучше по геологическим условиям и соображениям охраны геологической среды построить очистные сооружения химического предприятия длиной 50 м, если учесть, что в промышленных стоках присутствуют кислоты, растворы солей, а утечки полностью исключить нельзя?

Вариант 28. Береговой склон (рис. 7) сложен известняками трещиноватыми. Какой геологический процесс будет происходить в горных породах, слагающих береговой склон, если уровень воды в реке будет меняться (поднимется, опустится)?

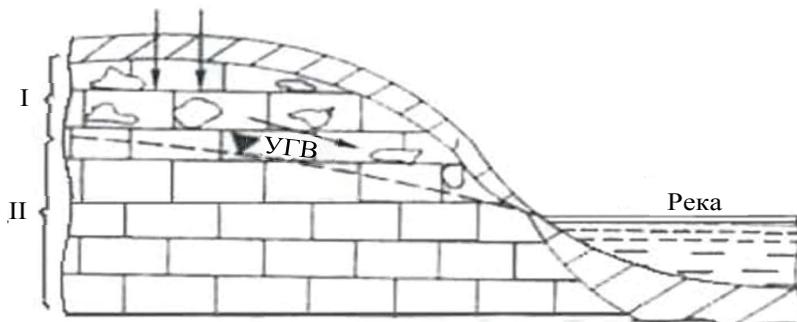


Рис. 7. Геологический профиль берегового склона

Задание 3

Определить количество и ориентировочную глубину буровых скважин при проведении инженерно-геологических изысканий при проектировании площадей коттеджной застройки и отдельных зданий на стадии рабочей документации, используя таблицы П. 8.1, П. 8.2, категорию сложности инженерно-геологических условий определить, используя прил. 9. (в соответствии с СП 11–105–97 ч. 1). Варианты заданий приведены в табл. 2.

Таблица 2

Варианты заданий

№ варианта	Инженерно-геологические условия в пределах площадки	Уровень ответственности	Нагрузка на фундамент, кН/м (этажность)	Размер площади застройки в плане, м	Глубина залегания уровня грунтовых вод, м	Глубина заложения фундамента, м
1	2	3	4	5	6	7
Коттеджная застройка						
1	Горизонты подземных вод не выдержаны по мощности и простираению, скальных грунтов нет *).	II	500 (4)	600x300	4,5	2,5
2	Выделяется 3 различных по литологии слоя, скальных грунтов нет *).	II	500 (4)	400x400	4,0	3,5
3	Выделяется 3 различных по литологии слоя, скальных грунтов нет *).	II	200 (2)	1000x500	нет	3,0

| Задание 3 |

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6	7
4	Горизонты подземных вод не выдержаны по мощности и простираению, скальных грунтов нет *).	II	100 (1)	300x300	3,0	2,5
5	Выделяется 2 различных по литологии слоя, скальных грунтов нет *).	II	500 (4)	1500x1000	нет	3,0
6	Выделяется 4 различных по литологии слоя, скальных грунтов нет *).	II	100 (1)	500x200	нет	2,5
7	Выделяется 2 различных по литологии слоя, скальных грунтов нет *).	II	200 (3)	1500x1500	4,5	4,0
8	Выделяется 3 различных по литологии слоя, скальных грунтов нет *).	II	200 (3)	900x300	нет	3,0
9	Выделяется 2 различных по литологии слоя, скальных грунтов нет *).	II	200 (2)	2000x800	4,0	3,5
10	Выделяется 4 литологических слоя, скальных грунтов нет **).	II	500 (4)	600x600	6,0	4,0
11	Горизонты подземных вод не выдержаны по мощности и простираению, скальных грунтов нет *).	II	500 (4)	300x300	4,0	3,0

| 2. ВЫПОЛНЕНИЕ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ |

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6	7
11	Горизонты подземных вод не выдержаны по мощности и простираению, скальных грунтов нет *).	II	500 (4)	300x300	4,0	3,0
12	Выделяется 2 литологических слоя, скальных грунтов нет *).	II	100 (1)	1300x1100	нет	4,0
13	Выделяется 4 литологических слоя, скальных грунтов нет *).	II	100 (1)	900x700	нет	3,0
14	Выделяется 4 литологических слоя, скальных грунтов нет *).	II	200 (2)	1000x1200	4,0	3,0
15	Горизонты подземных вод не выдержаны по мощности и простираению, скальных грунтов нет *).	II	500 (4)	600x300	5,0	3,5
16	Выделяется 2 литологических слоя, скальных грунтов нет *).	II	100 (1)	900x500	нет	3,0
17	Подземные воды отсутствуют, скальных грунтов нет **)	II	200 (2)	1200x600	нет	4,5
18	Подземные воды отсутствуют, скальных грунтов нет **)	II	500 (4)	750x600	нет	3,0
19	Выделяется 2 различных по литологии слоя, скальных грунтов нет **).	II	1000 (16)	150x10	4,0	2,5

| Задание 3 |

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6	7
Здание на ленточных фундаментах						
20	Выделяется 3 различных по литологии слоя, скальных грунтов нет **).	II	2000 (20)	80x10	нет	4,5
21	Выделяется 2 различных по литологии слоя, скальных грунтов нет *).	II	500 (6)	200x10	нет	6,0
22	Выделяется 5 различных по литологии слоя, скальных грунтов нет **).	II	1000 (16)	100x10	нет	2,5
23	Выделяется 2 различных по литологии слоя, скальных грунтов нет *).	II	1000 (12)	100x10	4,5	3,0
24	Выделяется 3 различных по литологии слоя, скальных грунтов нет **).	II	700 (10)	40x40	нет	3,0
25	Выделяется 5 литологических слоев, скальных грунтов нет **).	I	2000 (18)	60x40	4,0	2,5
26	Выделяется 3 литологических слоев, скальных грунтов нет *).	II	1000 (12)	150x50	нет	4,0
27	Выделяется 4 литологических слоя, скальных грунтов нет *).	II	700 (9)	150x10	нет	3,0

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6	7
28	Выделяется 2 литологических слоя, скальных грунтов нет **).	II	1000 (14)	150x10	нет	3,0
29	Выделяется 2 литологических слоя, скальных грунтов нет **).	II	700 (9)	250x10	нет	3,0

*) в таблице П. 8.1 (прим.) значения расстояний между скважинами следует применять для зданий и сооружений, малочувствительных к неравномерным осадкам.

**) в таблице П. 8.1 (прим.) значения расстояний между скважинами следует применять для зданий и сооружений, чувствительных к неравномерным осадкам.

2.2. Контрольная работа N 2

Целью выполнения контрольной работы является проверка знаний студентов (приобретенных ими при самостоятельной работе на кафедре с коллекциями образцов) по диагностике образцов минералов и горных пород.

Контрольная работа предполагает диагностирование студентом 7 образцов горных пород и минералов. Из 7 образцов необходимо определить 2 породообразующих минерала, 2 осадочные горные породы, 1 метаморфическую горную породу, 1 вулканическую (эффузивную) горную породу и 1 плутоническую (интрузивную) горную породу.

Для породообразующих минералов необходимо определить оптические свойства (прозрачность, цвет минерала, цвет черты, блеск); механические свойства (спайность, излом, твердость); удельный вес и прочие физические свойства (магнитность, вкус, реакцию с соляной кислотой).

Для горных пород необходимо определить генезис, структуру и текстуру, название.

3. ВЫПОЛНЕНИЕ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

Целью выполнения расчетно-графической работы является приобретение студентами навыков построения и интерпретации геологической графики.

Расчетно-графическая работа состоит из трех заданий:

- построение геологической колонки по данным бурения скважин и стратиграфической колонки;
- построение геологического разреза (на миллиметровой бумаге) по данным бурения скважин, стратиграфической колонки и геологической карте;
- построение карты гидроизогипс.

Задание 1

Постройте геологическую колонку скважины, соответствующей номеру вашего варианта (табл. 3), используя описание буровых скважин (табл. 4). Изучите стратиграфическую колонку (табл. 5) и назовите относительный возраст горных пород, вскрытых скважиной. Пример построения геологической колонки по описанию буровой скважины (табл. 6) приводится в табл. 7.

| 3. ВЫПОЛНЕНИЕ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ |

Таблица 3

Варианты заданий

Вариант	Номер скважины	Вариант	Номер скважины	Вариант	Номер скважины
1	1	10	10	19	19
2	2	11	11	20	20
3	3	12	12	21	21
4	4	13	13	22	22
5	5	14	14	23	23
6	6	15	15	24	24
7	7	16	16	25	25
8	8	17	17	26	26
9	9	18	18	27	27

Таблица 4

Описание буровых скважин

Номер скважины и абсолютная отметка устья	Номер слоя	Геологический возраст	Описание горных пород	Глубина залегания подошвы слоя, м	Глубина залегания уровня воды, м (дата замера 2011 г.)	
					по- явив- шегося	устано- вивше- гося
1	2	3	4	5	6	7
1 102,3	1	aQ ₄	Супесь серая заторфованная текучая	2,0	0,8 (06.01)	0,3 (18.09)
	2	aQ ₄	Ил серый текучий	5,9		
	3	aQ ₄	Песок мелкий иловатый сред. плотности	10,1		
	4	aQ ₃	Песок сред. крупности, сред. плотности	11,7		
	5	C ₁	Известняк трещиноватый	25,0*		

| Задание 1 |

Продолжение табл. 4

1	2	3	4	5	6	7
2 106,4	1	aQ ₄	Супесь серая текучая	6,0	5,0 (10.01)	5,0 (18.09)
	2	aQ ₄	Песок мелкий иловатый сред. плотности	14,0		
	3	aQ ₃	Песок средней крупности плотный	19,0		
	4	C ₁	Известняк трещиноватый за- карстованный	34,9		
	5	D ₃	Аргиллит серый	58,7	58,7 (18.01)	12,2 над устьем (19.01)
	6	γPR	Гранит крупнокристалличе- ский трещиноватый, до глуби- ны 2 м выветрелый	65,0		
3 141,3	1	daQ ₄	Супесь серая заторфованная, пластичная	2,2	0,6 (10.01)	0,6 (18.09)
	2	C ₃		8,8		
	3	C ₁	Глина черная плотная, твердая	69,8	40,1 (25.01)	40,7 (18.09)
	4	D ₃	Известняк трещиноватый	89,3	89,3 (28.01)	22,6 (29.01)
	5	γPR	Аргиллит серый Гранит крупнокристалличе- ский трещиноватый, выветре- лый до 90,6 м	92,0		
4 144,1	1	daQ ₄	Супесь серая заторфованная, пластичная	3,1	0,6 (10.01)	0,6 (18.09)
	2	C ₃		11,3		
	3	C ₁	Глина черная твердая Известняк трещиноватый, за- карстованный	72,8	45,0 (06.02)	45,6 (18.09)
	4	D ₃	Аргиллит серый	97,9		
	5	γPR	Гранит трещиноватый крупно- кристаллический, выветрелый до 98,2 м	99,6	97,9 (11.02)	25,8 (12.02)
5 144,6	1	eQ ₄	Супесь серая заторфованная, пластичная	3,5	0,4 (15.02)	0,0 (18.09)
	2	C ₃	Глина черная полутвердая	12,1		
	3	C ₁	Известняк трещиноватый	73,2	46,2 (17.02)	46,8 (18.09)
	4	D ₃	Аргиллит серый	94,9		
	5	γPR	Гранит трещиноватый, выве- трелый до 95,5 м	97,4	94,9 (11.02)	26,1 (21.02)

| 3. ВЫПОЛНЕНИЕ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ |

Продолжение табл. 4

1	2	3	4	5	6	7
6 116,7	1	aQ ₃	Суглинок бурый полутвердый	4,7		
	2	aQ ₃	Супесь желтая пластичная	13,9		
	3	aQ ₃	Песок средней крупности плотный	20,8	15,8 (13.03)	16,2 (18.09)
	4	C ₁	Известняк трещиноватый закарстованный	45,4		
	5	D ₃	Аргиллит серый слаботрещиноватый	65,2		
	6	γPR	Гранит крупнокристаллический трещиноватый, выветрелый	67,0	65,2 (18.03)	1,3 (19.03)
7 101,1	1	aQ ₄	Песок мелкий с глыбами известняка и дресвой, рыхлый	3,8	1,9 (21.03)	1,5 (18.09)
	2	aQ ₃	Песок средней крупности плотный	5,3		
	3	fgQ ₁	Песок крупный средней плотности	6,4		
	4	C ₁	Известняк трещиноватый, закарстованный	29,6		
	5	D ₃	Аргиллит серый	65,2		6,5 над устьем
	6	γPR	Гранит трещиноватый крупнокристаллический, выветрелый до 71 м	70,0	65,2 (28.03)	(29.03)
8 94,6	1	aQ ₄	Песок мелкий рыхлый	5,1	4,9	5,2
	2	aQ ₄	Песок сред. крупности, сред. плотности	14,6	(18.02)	(18.09)
	3	fgQ ₁	Песок крупный, средней плотности			19,8
	4	D ₃	Аргиллит серый	25,0		над устьем
	5	γPR	Гранит крупнокристаллический трещиноватый, выветрелый до 47,1 м	44,6 48,0	44,6 (26,02)	(27.02)
9 98,2	1	aQ ₄	Песок мелкий рыхлый	8,7	1,9	2,2
	2	aQ ₄	Песок крупный с гравием, рыхлый	10,7	(05.03)	(18.09)
	3	aQ ₃	Песок сред. крупности, сред. плотности	17,1		
	4	fgQ ₁	Песок крупный, средней плотности			
	5	C ₁	Известняк трещиноватый закарстованный	22,3		15,1
	6	D ₃	Аргиллит серый	27,0		над устьем
	7	γPR	Гранит трещиноватый выветрелый до 42 м	38,8 46,0	38,8 (08.03)	(09.03)

| Задание 1 |

Продолжение табл. 4

1	2	3	4	5	6	7	
10 96,9	1	aQ ₄	Песок мелкий рыхлый	12,0	2,6 (27.02)	2,9 (18.09)	
	2	aQ ₃	Песок средней крупности	20,1			
	3	fgQ ₁	Песок средней крупности плотный	33,6 35,0			
	4	D ₃	Песок крупный средней плотности Аргиллит серый				
11 105,0	1	aQ ₄	Супесь бурая текучая	5,8	4,1 (02.04)	4,6 (18.09)	
	2	aQ ₄	Песок мелкий кварцевый рых- лый	14,3			
	3	aQ ₃	Песок средней крупности плотный	24,6			
	4	fgQ ₁	Песок крупный средней плот- ности	32,5			
	5	C ₁	Известняк трещиноватый	33,9			7,8 над устьем (09.04)
	6	D ₃	Аргиллит серый	52,2			
	7	γPR	Гранит трещиноватый выветре- лый до 54 м	61,0			
				52,2 (08.04)			
12 106,0	1	aQ ₄	Супесь бурая пластичная	7,2	4,9 (11.04)	5,5 (18.09)	
	2	aQ ₄	Песок мелкий рыхлый	14,7			
	3	aQ ₃	Песок средней крупности плотный	26,0			
	4	fgQ ₁	Песок крупный	32,6			
	5	C ₁	Известняк трещиноватый за- карстованный	34,8			9,4 над устьем (19.04)
	6	D ₃	Аргиллит серый	61,6			
	7	γPR	Гранит трещиноватый, выве- трелый до 63 м	66,0			
				61,6 (19.04)			
13 107,9	1	pQ ₄	Щебень известняка с суглини- стым заполнителем	2,3	9,6 (23.04)	5,5 (18.09)	
	2	aQ ₄	Суглинок бурый полутвердый	9,6			
	3	aQ ₃	Песок средней крупности плотный	28,3			
	4	fgQ ₁	Песок крупный кварцевый средней плотности	42,0			
	5	D ₃	Аргиллит серый	56,0			5,7 над устьем (29.04)
	6	γPR	Гранит крупнокристалличе- ский трещиноватый, выветре- лый до 58 м	59,0			
				56,0 (28.04)			

| 3. ВЫПОЛНЕНИЕ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ |

Продолжение табл. 4

1	2	3	4	5	6	7
14 106,6	1	pQ ₄	Щебень известняка с суглинистым заполнителем	2,3		
	2	aQ ₄	Песок мелкий рыхлый	12,8	4,6 (04.05)	5,1 (18.09)
	3	aQ ₃	Песок средней крупности плотный	25,9		
	4	fgQ ₁	Песок крупный с гравием ср. плотности	41,5		4,1 над устьем (12.05)
	5	D ₃	Аргиллит серый	45,4		
	6	γPR	Гранит трещиноватый выветрелый до 48 м	52,0	45,4 (11.05)	
15 116,5	1	aQ ₃	Суглинок бурый полутвердый	5,1		
	2	aQ ₃	Супесь желтая, пластичная	11,9		
	3	aQ ₃	Песок средней крупности плотный	35,2	14,8 (15.05)	15,2 (18.09)
	4	fgQ ₁	Песок крупный с гравием ср. плотности	48,3		
	5	D ₃	Аргиллит серый	53,7		
	6	γPR	Гранит крупнокристаллический выветрелый до глубины 54,2 м	58,0	53,7 (20.05)	4,6 (21.05)
16 115,6	1	aQ ₃	Суглинок бурый полутвердый	6,3		
	2	aQ ₃	Супесь желтая пластичная	13,5		
	3	aQ ₃	Песок средней крупности плотный	35,7	14,1 (24.05)	14,5 (18.09)
	4	fgQ ₁	Песок крупный с гравием ср. плотности	48,0		
	5	D ₃	Аргиллит серый	52,0		
17 112,8	1	aQ ₃	Суглинок бурый пластичный	10,4	10,9 (03.06)	11,4 (18.09)
	2	aQ ₃	Песок средней крупности плотный	32,0		
	3	fgQ ₁	Песок крупный с гравием и галькой, средней плотности	47,9		
	4	D ₃	Аргиллит серый	64,6		1,4 над устьем (11.06)
	5	γPR	Гранит трещиноватый выветрелый до глубины 66,6 м	70,0	64,6 (10.06)	

| Задание 1 |

Продолжение табл. 4

1	2	3	4	5	6	7
18 116,2	1	aQ ₃	Суглинок бурый полутвердый	10,5	11,7 (14.06)	12,2 (18.09)
	2	aQ ₃	Песок средней крупности	26,3		
	3	fgQ ₁	Песок крупный кварцевый средней плотности	42,4		
	4	C ₁	Известняк трещиноватый, за- карстованный	44,7		
	5	D ₃	Аргиллит серый	51,8		
19 117,1	1	aQ ₃	Суглинок бурый полутвердый	5,4	14,1 (24.06)	14,6 (18.09)
	2	aQ ₃	Супесь желтая пластичная	12,6		
	3	aQ ₃	Песок средней крупности плотный	34,7		
	4	fgQ ₁	Песок крупный средней плотности	38,3		
	5	C ₁	Известняк трещиноватый за- карстованный	46,1		
	6	D ₃	Аргиллит серый	55,3		
	7	γPR	Гранит трещиноватый, выве- трелый до глубины 57,5 м	60,0		
20 116,0	1	aQ ₃	Суглинок бурый полутвердый	4,1	13,2 (02.07)	13,8 (18.09)
	2	aQ ₃	Супесь желтая пластичная	14,9		
	3	aQ ₃	Песок средней крупности плотный	32,8		
	4	fgQ ₁	Песок крупный средней плотности	38,1		
	5	C ₁	Известняк трещиноватый за- карстованный	44,6		
	6	D ₃	Аргиллит серый	62,2		
	7	γPR	Гранит трещиноватый крупно- кристаллический, до глубины 62,5 м выветрелый	70,0		
21 114,5	1	aQ ₃	Суглинок бурый иловатый туго- пластичный	4,4	11,8 (13.07)	11,9 (18.09)
	2	aQ ₃	Супесь желтая пластичная	13,2		
	3	aQ ₃	Песок средней крупности плотный	32,2		
	4	fgQ ₁	Песок крупный с гравием ср. плотности	38,1		
	5	C ₁	Известняк трещиноватый за- карстованный	45,5		
	6	D ₃	Аргиллит серый	67,3		
	7	γPR	Гранит крупнокристалличе- ский трещиноватый, до глуби- ны 74,0 м выветрелый	76,0		

| 3. ВЫПОЛНЕНИЕ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ |

Продолжение табл. 4

1	2	3	4	5	6	7
22 118,6	1	dQ ₄	Суглинок серый со щебнем известняка мягкопластичный	1,6		
	2	aQ ₃	Суглинок бурый мягкопластичный	6,2		
	3	C ₁	Известняк трещиноватый закарстованный	47,1	11,8 (22.07)	12,2 (18.09)
	4	D ₃	Аргиллит серый	93,4		
	5	γPR	Гранит трещиноватый крупнокристаллический, выветрелый до 94,0 м	95,0	93,4 (28.07)	1,3 (29.07)
23 118,4	1	dQ ₄	Песок пылеватый рыхлый	1,2		
	2	aQ ₃	Суглинок бурый мягкопластичный	8,3		
	3	aQ ₃	Супесь желтая пластичная	14,6	10,9 (02.08)	11,3 (18.09)
	4	aQ ₃	Песок средней крупности, ср. плотности	18,9		
	5	C ₁	Известняк трещиноватый закарстованный	47,1		
	6	D ₃	Аргиллит серый	57,4		
	7	γPR	Гранит трещиноватый выветрелый до 58 м	62,0	57,4 (08.08)	2,7 (09.08)
24 144,3	1	edQ ₄	Супесь заторфованная пластичная	2,6	0,4 (10.08)	0,6 (18.09)
	2	C ₃	Глина черная плотная пластичная	11,9		
	3	C ₁	Известняк трещиноватый	73,0	45,8 (15.08)	45,5 (18.09)
	4	D ₃	Аргиллит серый	94,5		
	5	γPR	Гранит трещиноватый крупнокристаллический, выветрелый на глубину до 94,8 м	99,0	94,5 (22.08)	29,1 (23.08)
25 129,2	1	dQ ₄	Супесь серая со щебнем известняка пластичная	2,5		
	2	C ₁	Известняк закарстованный	58,5	30,3 (28.08)	30,0 (18.09)
	3	D ₃	Аргиллит серый	72,4		
	4	γPR	Гранит выветрелый на глубину до 74,0 м	75,0	72,4 (04.09)	13,0 (05.09)

| Задание 1 |

Окончание табл. 4

1	2	3	4	5	6	7
26 131,0	1	dQ ₄	Суглинок с обломками известняка мягкопластичный	3,4		
	2	C ₁	Известняк закарстованный	59,5	24,8 (08.09)	24,7 (18.09)
	3	D ₃	Аргиллит серый	78,6		
	4	γPR	Гранит крупнокристаллический трещиноватый	80,0	78,6 (12.09)	16,2 (13.09)
27 107,5	1	aQ ₄	Песок пылеватый средней плотности	2,6		
	2	aQ ₄	Супесь бурая пластичная	8,4	5,7 (14.09)	5,7 (18.09)
	3	aQ ₄	Песок мелкий рыхлый	18,9		
	4	aQ ₃	Песок средней крупности плотный	22,2		
	5	C ₁	Известняк трещиноватый закарстованный	36,0		
	6	D ₃	Аргиллит серый	53,6		7,1 над
	7	γPR	Гранит трещиноватый крупнокристаллический выветрелый до 55,8 м	59,4	53,6 (17.09)	устьем (18.09)

* глубина скважины

3. ВЫПОЛНЕНИЕ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

Таблица 5

Стратиграфическая колонка

Геологический возраст			Колонка	Мощность, м	Краткое описание горных пород	
Эра	Период	Эпоха				
Кайнозойская (KZ)	Четвертичный (Q)	Современная	aQ ₄		2–15	Супесь серая заторфованная, рыхлая
					2–15	Ил серый с органическими остатками
				2–15	Песок кварцевый крупный с гравием	
			dQ ₄		1–6	Супесь серая заторфованная
					1–6	Песок пылеватый
		Поздняя	aQ ₃		1–6	Песок мелкий с глыбами и дресвой
					2–4	Щебень с суглинистым заполнителем
					2–4	Суглинок бурый плотный
		Ранняя	fgQ ₁		3–9	Супесь желтая
					1–22	Песок средней крупности
Палеозойская (PZ)	Каменноугольный (C)	Поздняя	C ₃		6–10	Глина черная плотная
		Ранняя	C ₁		2–62	Известняк трещиноватый, в отдельных местах закарстованный
Девонский (D)	Поздняя	D ₃		4–46	Аргиллит серый, в отдельных местах трещиноватый	
Протерозойская (PR)		γPR		>10	Гранит крупнокристаллический	

Таблица 6

Описание буровой скважины

Абсолютная отметка устья	Номер слоя	Геологический возраст	Описание горных пород	Глубина зале- гания по- слой, м	Глубина залегания уровня воды, м (дата замера 2005 г.)	
					появивше- гося	у с т а н о - вившегося
117,0	1	aQ ₃	Суглинок бурый полутвердый	5,0		
	2	aQ ₃	Супесь желтая пластичная	13,5		
	3	aQ ₃	Песок средней крупности, плотный	20,8	16,1 (25.01)	16,5 (10.09)
	4	C ₁	Известняк трещиноватый, закарсто- ваный	45,4		
	5	D ₃	Аргиллит серый слаботрещиноватый	65,0	65,0 (30.01)	1,6 (31.01)
	6	γPR	Гранит трещиноватый	67,2*		

* Последняя цифра по скважине означает глубину до забоя скважины. Полошка последнего слоя про-
ходит ниже забоя скважины.

| 3. ВЫПОЛНЕНИЕ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ |

Геологическая колонка — наглядная графическая форма представления первичной геологической документации (описания) скважины. Масштаб колонки принимаем 1 : 500. В **графе 1** проставляем в заданном масштабе шкалу глубин от устья скважины (точка пересечения ствола скважины с поверхностью Земли) до забоя. Затем по данным графы 5 табл. 6 откладываем на шкале глубин глубину залегания подошвы каждого слоя и через полученные точки проводим горизонтальные линии (подошва — нижняя, а кровля — верхняя граница слоя). В **графе 2** проставляем порядковые номера слоев. В **графе 3** проставляем геологические индексы слоев. В **графе 4** помещается значение мощности каждого слоя. Мощность первого слоя равна глубине залегания его подошвы. Мощность остальных слоев вычисляем как разность глубин залегания подошв последующего и предыдущего слоев. Например, для слоя 3 мощность равна $20,8 - 13,5 = 7,3$ м. В **графе 5** проставляются абсолютные отметки подошвы слоя. Абсолютные отметки подошв слоев определяем как разность абсолютной отметки устья скважины и глубины залегания подошвы соответствующего слоя. Например, для слоя 3 абсолютная отметка подошвы равна $117,0 - 20,8 = 96,2$ м. В **графе 6** помещается литологическая колонка. Для этого двумя тонкими линиями рисуем ствол скважины и с обеих сторон от ствола показываем условными обозначениями литологический состав пород каждого слоя. Эти обозначения берем из стратиграфической колонки (табл. 5). Дополнительно к литологической нагрузке допускается цветовая раскраска по возрасту в соответствии с Приложением 1. В **графе 8** приводится характеристика горных пород слоя из таблицы описания скважины.

Заключительная стадия работы — гидрогеологическая характеристика скважины. Для этого в **графе 7** по шкале глубин отмечаем глубины установившегося уровня воды первого (безнапорного) водоносного горизонта и обеих уровней воды второго (напорного) водоносного горизонта.

| Задание 1 |

Таблица 7

Геологическая колонка скважины (Масштаб 1 : 500)

Глубина, м	Номер слоя	Возраст пород (геологический возраст)	Мощность слоя, м	Абсолютная отметка подошвы слоя, м	Колонка	Абсолютные отметки уровней подземных вод, м и дата замера	Описание пород	
1	2	3	4	5	6	7	8	
5	1	aQ ₃	5,0	112,0		↓115,4 31.01↑	Суглинок бурый полутвердый	
10	2		8,5	103,5				Супесь желтая пластичная
15	3		7,3	96,2			↓100,9 25.01	Песок средней крупности плотный
25	4	C ₁					Известняк трещиноватый закарстованный	
30								
35								
45			24,6	71,6			Аргиллит серый слаботрещиноватый	
50	5	D ₃						
55								
65	6	γPR	19,6	52,0		↓52,0	Гранит трещиноватый выветрелый	
			2,2	49,8				

Пересчитываем глубины залегания подземных вод на абсолютные отметки (по аналогии с вычислением абсолютных отметок

в графе 5) и проставляем их в соответствии с образцом (в числителе — абсолютная отметка; в знаменателе — дата замера). Вертикальной линией со стрелкой на конце показываем высоту подъема напорных вод второго водоносного горизонта. **В графе 6** показываем область распространения воды в водоносных горизонтах (зону насыщения), затемняя в соответствии с вынесенными отметками ствол скважины. Зоной насыщения первого безнапорного водоносного горизонта будет область от УГВ (уровня грунтовых вод) до кровли водоупора, второго напорного горизонта — от подошвы водоупора до забоя скважины. Стволы скважин в интервалах развития водоносных слоев затемняем.

Задание 2

Постройте геологический разрез по линии, соответствующей номеру вашего варианта, с использованием стратиграфической колонки, описанием буровых скважин и геологической карты, выданной преподавателем старосте группы. Охарактеризуйте в общих чертах историю геологического развития района, вытекающую из анализа стратиграфической колонки и разреза. Для построения разреза примите горизонтальный масштаб 1 : 10000, вертикальный 1 : 1000.

К разрезу приложить раскрашенную в соответствии с прил. 1 ксерокопию геологической карты, выданной преподавателем старосте группы, раскрашенную стратиграфическую колонку произвольного масштаба и описание попадающих в поле разреза буровых скважин, оформленное по образцу (табл. 6).

Пример построения геологического разреза по геологической карте, стратиграфической колонке и описанию буровых скважин

Построим геологический разрез по линии I — I на геологической карте (рис. 8) с использованием стратиграфической колонки (табл. 5) и описания буровых скважин (табл. 8). На основании анализа стратиграфической колонки и разреза попытаемся восстановить историю геологического развития района.

| Задание 2 |

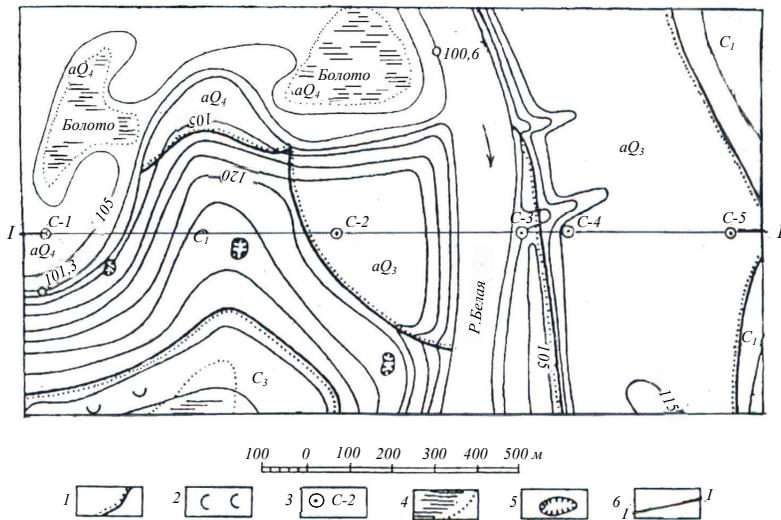


Рис. 8. Геологическая карта:

- 1 — граница стратиграфического несогласия; 2 — оползни;
 3 — буровая скважина и ее номер; 4 — болото; 5 — карстовая воронка;
 6 — линия разреза и ее номер

Пример построения геологического разреза по линии I — I на геологической карте (рис. 8) в уменьшенном масштабе приведен на рис. 9.

Для построения разреза принимаем горизонтальный масштаб (1 : 10000), равный масштабу карты, вертикальный 1 : 1000. Строить разрез рекомендуется на миллиметровой бумаге в следующем порядке. В нижней части листа строим три строки для нумерации, абсолютных отметок скважин и расстояний между ними. Намечаем начало и откладываем вправо длину разреза в масштабе карты. На линии начала разреза строим шкалу абсолютных отметок с таким расчетом, чтобы максимальная отметка была несколько выше верхней точки рельефа, а минимальная — ниже забоя самой глубокой скважины.

Таблица 8

Описание буровых скважин к геологической карте

Номер скважины Абс. отметка устья	Номер слоя	Геологический возраст	Описание горных пород	Глубина залегания плотных слоев, м	Глубина залегания уровня воды, м (дата 2011 г.)	
					Появление	Установле- ние
1 107,2	2	3	4	5	6	7
	1	aQ ₄	Супесь серая, текучая	7,2	6,0 (15.01)	6,0 (10.9)
	2	aQ ₄	Песок мелкий иловатый	13,9		
	3	aQ ₃	Песок средней крупности, плотный	19,0		
	4	C ₁	Известняк трещиноватый, закарстованный	35,0		
	5	D ₃	Аргиллит серый	58,8		11,4 над устьем (24.01)
2 117,0	6	γPR	Гранит трещиноватый, выветрелый до гл. 61 м	65,0*	58,8 (23.01)	
	1	aQ ₃	Суглинок бурый твердый	5,0		
	2	aQ ₃	Супесь желтая пластичная	13,5		
	3	aQ ₃	Песок средней крупности, плотный	20,8	16,1 (25.01)	16,5 (10.9)
	4	C ₁	Известняк трещиноватый, закарстованный	45,4		
	5	D ₃	Аргиллит серый	65,0		
6	γPR	Гранит трещиноватый, выветрелый	67,2	65,0 (30.01)	1,6 (31.01)	

Окончание табл. 8

1	2	3	4	5	6	7
3 104,8	1	aQ ₄	Супесь бурая текучая	5,6	3,9 (02.02)	4,4 (10.09)
	2	aQ ₄	Песок мелкий, рыхлый	14,2		
	3	aQ ₃	Песок средней крупности, плотный	24,4		
	4	fgQ ₁	Песок гравелистый средней плотности	32,7		
	5	C ₁	Известняк трещиноватый	34,1		8,0 над устьем (08.02)
	6	D ₃	Аргиллит серый	52,0		
	7	γPR	Гранит трещиноватый, выветрелый	61,2	52,0 (07.02)	
4 115,4	1	aQ ₃	Суглинок бурый полутвердый	6,1		
	2	aQ ₃	Супесь желтая пластичная	13,3		
	3	aQ ₃	Песок средней крупности, плотный	35,5	13,9 (10.02)	14,4 (10.9)
	4	fgQ ₁	Песок гравелистый средней плотности	47,8		
	5	D ₃	Аргиллит серый	52,2		
5 115,8	1	aQ ₃	Суглинок коричневый твердый	7,9	13,0 (15.02)	13,6 (10.9)
	2	aQ ₃	Супесь желтая пластичная	15,0		
	3	aQ ₃	Песок средней крупности, плотный	32,7		
	4	fgQ ₁	Песок гравелистый средней плотности	38,0		
	5	C ₁	Известняк трещиноватый	44,4		
	6	D ₃	Аргиллит серый	62,0		
	7	γPR	Гранит трещиноватый, выветрелый до гл. 63,0 м	70,2	62,0 (22.02)	2,3 (23.02)

* Последняя цифра по скважине означает глубину до забоя скважины. Полошка последнего слоя про-
ходит ниже забоя скважины.

| 3. ВЫПОЛНЕНИЕ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ |

Далее приступаем к построению топографического профиля (рис. 9). От левой шкалы в горизонтальном направлении откладываем в заданном масштабе расстояния от начала разреза до его пересечения с каждой горизонталью. Точками отмечаем абсолютные отметки соответствующих горизонталей. После этого откладываем от начала разреза расстояния до каждой скважины и проводим вертикальный штрих в верхней строке под разрезом. Под штрихами указываем номера скважин, а ниже — абсолютные отметки их устьев, которые дают дополнительные точки для построения профиля. Соединив все точки плавными линиями, получаем топографический профиль поверхности земли по линии I — I.

Более простой способ — непосредственный перенос точек с карты. Для этого нижний или верхний край листа миллиметровки (в альбомной ориентации) совмещаем с прочерченной на геологической карте линией разреза. Далее непосредственно с карты на край миллиметровки переносим две точки — начало и конец разреза (на геологической карте это точки пересечения линии разреза с рамкой карты). Через эти точки проводим на миллиметровке две вертикальные линии, строго фиксируя вертикальные границы будущего разреза. Совместив, таким образом, нижнюю или верхнюю границу листа миллиметровки (в альбомной ориентации) с линией разреза на геологической карте, мы можем непосредственно переносить нужную нам информацию с карты на белое вспомогательное поле заготовки для разреза.

На построенный профиль наносим колонки буровых скважин. При крупном масштабе разреза ствол скважины обозначают двумя вертикальными отрезками, в остальных случаях — одним. На нижнем конце отрезка, соответствующем глубине пробуренной скважины (забою), ставим короткий поперечный штрих. Справа от штриха записываем глубину скважины.

Вдоль линии скважины размечаем границы слоев и проставляем глубину залегания каждого слоя. В интервале каждого

| Задание 2 |

слоя (на полосе шириной 1–2 см) условными обозначениями, взятыми из стратиграфической колонки, отмечаем карандашом состав и относительный возраст пород. Далее на топографический профиль переносим с карты точки пересечения разреза со стратиграфическими границами и карандашом справа и слева от точек отмечаем относительный возраст пород. Например, левее скважины 2 на профиле отмечаем границу между нижнекаменноугольными известняками (C_1) и верхнечетвертичными отложениями (Q_3).

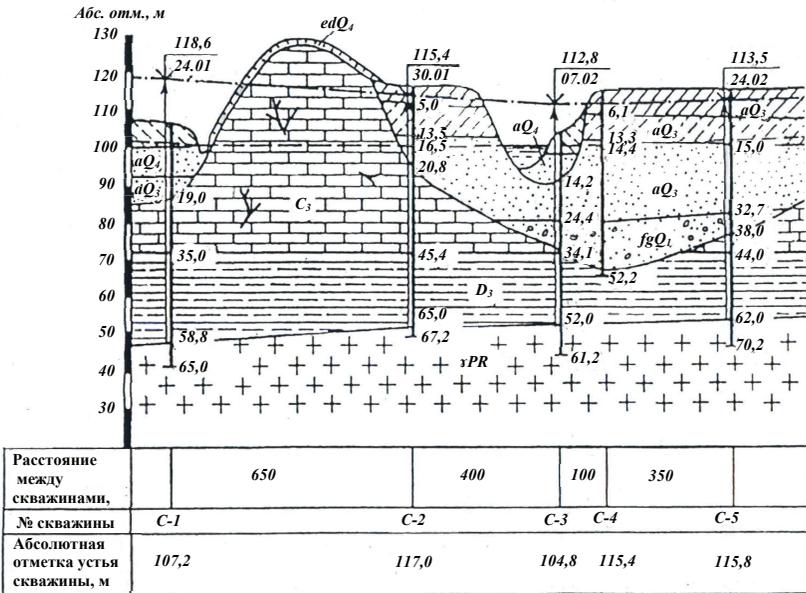


Рис. 9. Геологический разрез по линии I — I

Прежде чем проводить границы слоев на разрезе, восстановим в общих чертах историю геологического развития изучаемого участка. Рассматривая стратиграфическую колонку и колонки скважин на разрезе, видим, что наиболее древними

породами, вскрытыми скважинами, являются протерозойские граниты. Между ними и залегающими выше верхнедевонскими аргиллитами имеется стратиграфический перерыв, во время которого происходило разрушение гранитов и формировался рельеф, поверхность которого могла иметь сложную форму. Это подтверждается тем, что кровля гранитов в скважинах 1, 2, 3, 5, попавших в разрез, вскрыта на разных абсолютных отметках (48,4; 52,0; 52,8; 53,8 м). На верхнедевонских аргиллитах залегают нижнекаменноугольные известняки. Граница между ними почти горизонтальна. В послеканменноугольное время вплоть до начала четвертичного периода осадконакопления на данном участке не происходило. В нижнечетвертичное время по пониженным частям рассматриваемой территории проходил поток, частично размывший нижнекаменноугольные известняки и верхнедевонские аргиллиты. Он выработал долину реки и оставил свои отложения в виде гравелистых песков с галькой (fgQ_1). В верхнечетвертичное время река частично размывла флювиогляциальные отложения (образованные в результате таяния ледников), а затем оставила свои (aQ_3). Позже уровень реки несколько раз менялся, в результате чего были частично размывы верхнечетвертичные осадки, затем отложены современные (aQ_4).

Сделав этот анализ, на разрезе проводим возрастные границы, т. е. выделяем площади с одноименными индексами. Проще всего ограничить слой D_3 , сложнее оконтурить линзу Q_3 . В последнем случае пользуемся точками на профиле, снесенными с карты, и точками на колонках скважин. Только после проведения возрастных границ проводим границы между слоями различных пород строго внутри возрастного комплекса.

После этого вычисляем абсолютные отметки уровней подземных вод как разность между абсолютной отметкой устья скважины и глубиной залегания соответствующего уровня. Если напорный уровень выше устья, то берется не разность,

| Задание 3 |

а сумма. Например, для скважины 1 абсолютная отметка уровня грунтовых вод равна $107,2 - 6,0 = 101,2$ м, а абсолютная отметка напорного уровня равна $107,2 + 11,4 = 118,6$ м. Вычисленные отметки записываем справа от линии скважины и проводим уровни грунтовых вод пунктирной, а напорных — штрихпунктирной линией (рис. 9).

Задание 3

При выполнении разведочных работ пробурено 12 скважин, расположенных в плане в углах квадратной сетки на расстоянии 25 м друг от друга. В табл. 9 приведены абсолютные отметки устьев скважин (в числителе) и результаты одновременного замера глубин залегания уровней грунтовых вод (в знаменателе). Используя эти данные, постройте на топографической основе карту гидроизогипс масштаба 1 : 500, приняв сечение горизонталей и гидроизогипс через 1 м. На карте покажите направление потока и выделите участки с глубиной залегания уровня грунтовых вод менее 2 м.

Таблица 9

Абсолютные отметки устьев скважин (в числителе)
и глубины залегания уровней грунтовых вод (в знаменателе)

Варианты	Номер скважины											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	14,3	13,9	12,8	12,0	15,1	14,6	13,9	13,4	17,3	16,5	15,7	14,7
	4,0	4,2	5,5	1,9	3,7	2,6	2,1	1,5	3,3	3,3	0,8	0,5
2	12,4	11,3	10,6	10,5	13,0	12,5	12,3	12,4	15,3	14,2	13,7	13,3
	3,9	2,4	1,5	1,8	3,2	2,0	1,7	2,8	3,2	1,3	0,4	2,3
3	13,6	13,1	12,5	12,4	16,7	15,1	14,4	13,5	18,2	18,3	18,2	17,0
	3,6	2,8	2,0	1,7	3,6	3,2	1,1	0,4	1,3	4,2	3,1	2,0

| 3. ВЫПОЛНЕНИЕ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ |

Продолжение табл. 9

Варианты	Номер скважины											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4	13,2 4,1	12,5 2,9	12,0 2,4	11,7 3,5	15,2 4,2	14,0 2,0	13,6 1,2	13,3 3,3	18,8 5,0	18,0 4,2	17,3 3,6	17,2 5,2
5	10,3 4,2	9,1 4,3	8,4 2,6	7,5 2,0	10,6 3,8	10,3 3,4	9,5 2,3	9,1 1,5	13,3 3,6	12,2 3,2	11,2 1,3	10,5 0,2
6	9,1 4,3	8,2 2,5	7,6 1,6	7,5 2,0	10,1 3,2	9,5 2,4	9,4 1,8	9,2 2,5	12,0 3,2	11,3 1,7	10,5 0,8	10,3 2,3
7	10,6 3,6	10,1 3,0	9,5 2,3	9,6 1,5	13,2 3,5	12,4 3,2	11,5 1,1	10,5 0,2	15,6 3,3	15,3 4,0	15,1 2,9	14,3 2,4
8	10,1 3,6	9,5 2,1	9,4 1,5	9,6 2,5	11,2 3,3	12,3 0,9	10,5 0,2	10,3 2,3	15,3 4,2	15,4 3,2	14,3 1,9	14,4 4,1
9	15,2 3,5	15,7 2,5	16,7 3,6	17,5 5,4	14,2 4,1	14,3 2,2	15,4 3,0	15,0 4,4	10,3 2,2	10,5 0,3	11,2 1,4	12,3 3,2
10	14,7 0,5	15,7 0,8	16,5 3,3	17,3 3,3	13,4 1,5	13,9 2,1	14,6 2,6	15,1 3,7	12,0 1,9	12,8 5,5	13,9 4,2	14,3 4,0
11	13,3 2,3	13,7 0,4	14,2 1,3	15,3 3,2	12,4 2,8	12,3 1,7	12,5 2,0	13,0 3,2	10,5 1,8	10,6 1,5	11,3 2,4	12,4 3,9
12	17,0 2,0	18,2 3,1	18,3 4,2	18,2 1,3	13,5 0,4	14,4 1,1	15,1 3,2	16,7 3,6	12,4 1,7	12,5 2,0	13,1 2,8	13,6 3,6
13	17,2 5,2	17,3 3,6	18,0 4,2	18,8 5,0	13,3 3,3	13,6 1,2	14,0 2,0	15,2 4,2	11,7 3,5	12,0 2,4	12,5 2,9	13,2 4,1
14	10,5 0,2	11,2 1,3	12,2 3,2	13,3 3,6	9,1 1,5	9,5 2,3	10,3 3,4	10,6 3,8	7,5 2,0	8,4 2,6	9,1 4,3	10,3 4,2
15	10,3 2,3	10,5 0,8	11,3 1,7	12,0 3,2	9,2 2,5	9,4 1,8	9,5 2,4	10,1 3,2	7,5 2,0	7,6 1,6	8,2 2,5	9,1 4,3

| Задание 3 |

Продолжение табл. 9

Варианты	Номер скважины											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
16	14,3 2,4	15,1 2,9	15,3 4,0	15,6 3,3	10,5 0,2	11,5 1,1	12,4 3,2	13,2 3,5	9,6 1,5	9,5 2,3	10,1 3,0	10,6 3,6
17	14,4 4,1	14,3 1,9	15,4 3,2	15,3 4,2	10,3 2,3	10,5 0,2	12,3 0,9	11,2 3,3	9,6 2,5	9,4 1,5	9,5 2,1	10,1 3,6
18	12,3 3,2	11,2 1,4	10,5 0,3	10,3 2,2	15,0 4,4	15,4 3,0	14,3 2,2	14,2 4,1	17,5 5,4	16,7 3,6	15,7 2,5	15,2 3,5
19	15,7 2,2	16,6 3,7	17,5 5,3	18,2 5,4	13,3 2,1	15,0 2,8	15,2 4,4	15,4 3,3	10,5 0,2	11,2 0,9	12,3 3,2	13,4 3,5
20	17,3 3,3	16,5 3,3	15,7 0,8	14,7 0,5	15,1 3,7	14,6 2,6	13,9 2,1	13,4 1,5	14,3 4,0	13,9 4,2	12,8 5,5	12,0 1,9
21	15,3 3,2	14,2 1,3	13,7 0,4	13,3 2,3	13,0 3,2	12,5 2,0	12,3 1,7	12,4 2,8	12,4 3,9	11,3 2,4	10,6 1,5	10,5 1,8
22	18,2 1,3	18,3 4,2	18,2 3,1	17,0 2,0	16,7 3,6	15,1 3,2	14,4 1,1	13,5 0,4	13,6 3,6	13,1 2,8	12,5 2,0	12,4 1,7
23	18,8 5,0	18,0 4,2	17,3 3,6	17,2 5,2	15,2 4,2	14,0 2,0	13,6 1,2	13,3 3,3	13,2 4,1	12,5 2,9	12,0 2,4	11,7 3,5
24	13,3 3,6	12,2 3,2	11,2 1,3	10,5 0,2	10,6 3,8	10,3 3,4	9,5 2,3	9,1 1,5	10,3 4,2	9,1 4,3	8,4 2,6	7,5 2,0
25	12,0 3,2	11,3 1,7	10,5 0,8	10,3 2,3	10,1 3,2	9,5 2,4	9,4 1,8	9,2 2,5	9,1 4,3	8,2 2,5	7,6 1,6	7,5 2,0

| 3. ВЫПОЛНЕНИЕ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ |

Окончание табл. 9

Варианты	Номер скважины											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
26	15,6 3,3	15,3 4,0	15,1 2,9	14,3 2,4	13,2 3,5	12,4 3,2	11,5 1,1	10,5 0,2	10,6 3,6	10,1 3,0	9,5 2,3	9,6 1,5
27	15,3 4,2	15,4 3,2	14,3 1,9	14,4 4,1	11,2 3,3	12,3 0,9	10,5 0,2	10,3 2,3	10,1 3,6	9,5 2,1	9,4 1,5	9,6 2,5
28	10,3 2,2	10,5 0,3	11,2 1,4	12,3 3,2	14,2 4,1	14,3 2,2	15,4 3,0	15,0 4,4	15,2 3,5	15,7 2,5	16,7 3,6	17,5 5,4
29	6,9 2,2	8,1 3,3	10,2 4,3	9,5 3,8	5,9 4,6	6,3 4,7	6,7 2,4	7,9 1,3	4,5 3,7	4,8 2,6	3,2 1,5	6,5 1,4
30	6,5 1,4	3,2 1,5	4,8 2,6	4,5 3,7	7,9 1,3	6,7 2,4	6,3 4,7	5,9 4,6	9,5 3,8	10,2 4,3	8,1 3,3	6,9 2,2

Пример построения карты гидроизогипс

Построим карту гидроизогипс, пользуясь планом расположения скважин, их абсолютными отметками и глубиной залегания грунтовых вод.

На рис. 10 показано расположение 12 скважин в углах квадратной сетки на расстоянии 25 м друг от друга. В табл. 10 приведены абсолютные отметки устьев скважин и результаты одновременного замера глубин залегания уровня грунтовых вод. Используя эти данные, построим топографическую основу и карту гидроизогипс в масштабе 1 : 500, приняв сечение горизонталей и гидроизогипс через 1 м. На карте укажем направление потока и выделим участки с глубиной залегания уровня грунтовых вод менее 2 м.

Таблица 10

Абсолютные отметки устьев скважин и результаты
одновременного замера глубин залегания
уровня грунтовых вод

	Номер скважины											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Абс. отм. скв.	13,1	12,7	11,6	10,8	13,9	13,4	12,7	12,2	16,1	15,3	14,5	13,5
Глубина залегания УГВ	4,1	4,4	5,9	1,7	3,9	2,8	2,2	1,6	3,5	3,2	0,7	0,3

В заданном масштабе наносим план расположения скважин, обозначая их кружками диаметром 2 мм. Слева от каждой скважины записывается ее номер, справа в числителе — абсолютная отметка устья, в знаменателе — абсолютная отметка уровня грунтовых вод (УГВ). Абсолютные отметки УГВ в каждой скважине вычисляем как разность между отметкой устья и глубиной залегания УГВ.

$$H_a = H_3 - h,$$

где H_a — абсолютная отметка УГВ;

H_3 — абсолютная отметка поверхности земли;

h — глубина залегания подземных вод.

Находим далее путем интерполяции между абсолютными отметками устьев скважин точки с абсолютными отметками, равными целому числу (сечение горизонталей и гидроизогипс через 1 м). Соединив точки с одинаковыми отметками плавными линиями, получаем горизонтали рельефа (на рисунке обозначены тонкими линиями). Аналогично путем интерполяции находим точки с абсолютными отметками УГВ. Соединив точки с одинаковыми отметками УГВ плавными линиями, получим гидроизогипсы (на рис. 10 — жирные линии).

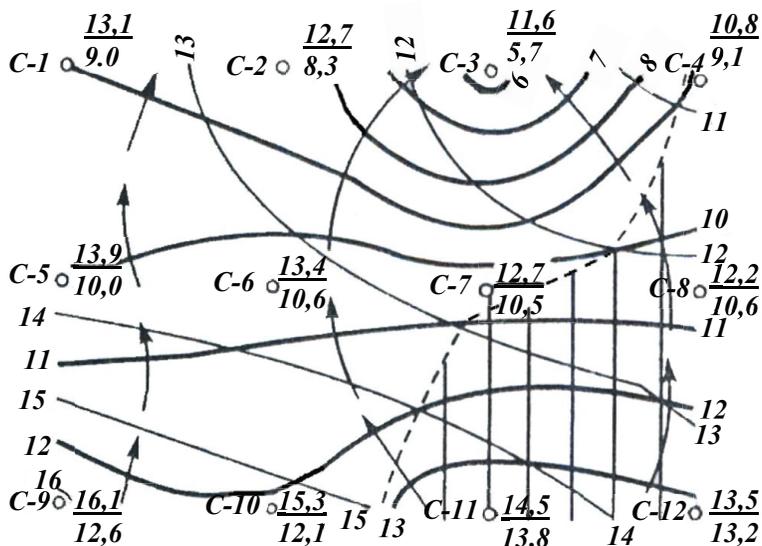


Рис. 10. Пример построения карты гидроизогипс

Определим направление движения потока. Направление определяется по нормали к гидроизогипсе, проведенной к точке, где нужно определить направление потока. Направление потока устанавливаем по всему изучаемому участку, особо обращается внимание на зоны, где направление потока изменяется.

Для выделения участков с глубиной залегания УГВ менее 2 м находим точки пересечения горизонталей и гидроизогипс с разностью отметок 2 м. Линия, проведенная через эти точки, — гидроизобата — будет границей участка. На рис. 10 гидроизобата показана пунктирной линией, а участок с глубиной залегания УГВ менее 2 м заштрихован.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Основная литература

1. Гальперин А. М. Геология. Ч. IV. Инженерная геология : учебник для вузов / А. М. Гальперин, В. С. Зайцев. М. : Недра, 2009. 545 с.
2. Карлович И. А. Геология : учеб. пособие для вузов / И. А. Карлович. М. : Академпроект, 2013. 704 с.
3. ГОСТ 25100–2011. Грунты. Классификация. М. : Стандартиформ, 2013.

Дополнительная литература

1. Ананьев В. П. Инженерная геология : учебник для строит. вузов / В. П. Ананьев, А. Д. Потапов. М. : Высшая школа, 2005. 575 с.
2. Гушин А. И. Практическое руководство по общей геологии : учеб. пособие для студ. вузов / А. И. Гушин, М. А. Романовская, А. Н. Стафеев, В. Г. Талицкий; под ред. Н. В. Короновского. 2-е изд., стер. М. : Издательский центр «Академия», 2007. 160 с.
3. Ломтадзе В. Д. Инженерная геология / В. Д. Ломтадзе. Л. : Недра, 1978. 511 с.
4. Передельский Л. В. Инженерная геология : учеб. пособие / Л. В. Передельский, О. Е. Приходченко. М. : Феникс, 2009. 465 с.
5. Пешковский Л. М. Инженерная геология / Л. М. Пешковский, Т. М. Перескокова. М. : Высшая школа, 1982. 391 с.

6. Петрографический кодекс России. Магматические, метаморфические, метасоматические, импактные образования. 3-е изд. СПб. : ФГУП «ВСЕГЕИ», 2009. 160 с.

7. Сергеев Е. М. Инженерная геология : учебник для вузов / Е. М. Сергеев. М. : МГУ, 1982. 248 с.

8. Чернышев С. Н. Задачи и упражнения по инженерной геологии : учеб. пособие / С. Н. Чернышев, А. Н. Чумаченко, И. Л. Ревелис. М. : Высшая школа, 2002. 254 с.

9. ГОСТ 2578–82. Вода питьевая. М. : Стройиздат, 1982.

10. СП 28.13330.2011. Защита строительных конструкций от коррозии. Актуализированная редакция СНиП 2.03.11–85*. М., 2011.

11. СП 11–105–97, часть I. Общие правила производства работ. М., 1997.

12. СП 11–105–97, часть II. Правила производства работ в районах развития опасных геологических и инженерно-геологических процессов. М., 2000.

13. СП 11–105–97, часть III. Правила производства работ в районах распространения специфических грунтов. М., 2000.

14. СП 47.13330.2012. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11–02–96 М., 2012.

15. СП 14.13330–2011. Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция СНиП II-7–81*. М., 2011.

Методические разработки

1. Архангельский А. Л. Минералы и горные породы : учеб. пособие / А. Л. Архангельский, Б. В. Баранов. Екатеринбург : УГТУ-УПИ, 2004. 85 с.

2. Баранов Б. В. Определитель горных пород : учеб. пособие / Б. В. Баранов. Екатеринбург : УГТУ-УПИ, 2005. 30 с.

3. Венгерова М. В. Инженерная геология : метод. указания к лабораторным работам. В 2 ч. Ч. 1. / М. В. Венгерова, А. С. Венгеров. Екатеринбург : УрФУ, 2011. 46 с.

4. Венгерова М. В. Инженерная геология : метод. указания к лабораторным работам. В 2 ч. Ч. 2. / М. В. Венгерова, А. С. Венгеров. Екатеринбург : УрФУ, 2011. 53 с.

5. Венгерова М. В. Геология : учеб.-метод. пособие / сост. М. В. Венгерова, А. С. Венгеров. Екатеринбург : УрФУ, 2013. 83 с.

6. Грибенюк В. М. Применение горных пород в производстве строительных материалов : учеб. пособие / В. М. Грибенюк. Екатеринбург : ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2006. 44 с.

7. Логинов В. Н. Кристаллография и минералогия : метод. указания к лабораторным работам / В. Н. Логинов, О. И. Корженко. Екатеринбург : УГТУ-УПИ, 2006. 46 с.

Электронные образовательные ресурсы

1. Венгерова М. В. Инженерная геология [Электронный ресурс] : метод. указания к лабораторным работам. Ч. 1 / М. В. Венгерова, А. С. Венгеров. Екатеринбург : УГТУ-УПИ. 2007. Режим доступа: <http://study/ustu.ru>.

2. Венгерова М. В. Инженерное обеспечение строительства [Электронный ресурс] / М. В. Венгерова, А. С. Венгеров, В. М. Грибенюк. Екатеринбург : УрФУ, 2012. Режим доступа: <http://study/ustu.ru>.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Международная стратиграфическая (геохронологическая) шкала

Эоно-тема (Эон)	Эратема (Эра)	Система (период), индекс	Начало, млн лет	Цветное обозначение
Неохрон (фанерозой)	Кайнозойская KZ	Четвертичный (квартер), Q	1,8	Желтовато-серый
		Неогеновый (неоген), N	23,8	Лимонно-желтый
		Палеогеновый (палеоген) Pg	65	Оранжево-желтый
	Мезозойская MZ	Меловой (мел), K Юрский (юра), J Триасовый (триас), T	144	Зеленый
			203	Синий
			250	Фиолетовый
Палеозойская PZ	Пермский (пермь), P Каменноугольный (карбон), C Девонский (девон), D Силурийский (силур), S Ордовикский (ордовик), O Кембрийский (кембрий),Є	295	Оранжево-коричневый	
		355	Серый	
		410	Коричневый	
		435	Серо-зеленый светлый	
		500	Оливковый	
Палеохрон (криптозой)	Протерозойская PR	535	Голубовато-зеленый	
		—	Розовый	
	Архейская AR	—	Сиреневато-розовый	

Примечания: 1. Геологическое время разделяется на эры и периоды, а толща горных пород — на соответствующие группы и системы. Названия групп и систем повторяют названия эр и периодов: палеозойская, квартал и т. д.

2. Периоды (системы) подразделяются на эпохи (отделы); квартал — на четыре, неогеновый, меловой, пермский, девонский и силурийский — на две (два), остальные — на три. Эпохам даются названия: «ранняя», «средняя» и «поздняя» при делении периода на три эпохи или «ранняя» и «поздняя» при выделении двух эпох. Отделы соответственно именуется: «нижний», «средний», «верхний» или «нижний» и «верхний». Самая молодая эпоха (отдел) квартала — голоцен или современная (современный), эпохи (отделы) обозначаются арабскими цифрами. Например, индекс K_2 означает, что порода образовалась в позднемеловую эпоху мелового периода и относится к верхнемеловому отделу меловой системы.

3. Эпохи подразделяются на века (ярусы). Более мелкие подразделения не рассматриваем.

Приложение 2

КЛАССИФИКАЦИЯ глинистых связных грунтов по ГОСТ 25100-2011

По числу пластичности I_p

Разновидность глинистых грунтов	Число пластичности, I_p , %
Супесь	$1 \leq I_p < 7$
Суглинок	$7 \leq I_p < 17$
Глина	$I_p \geq 17$

Примечание. Илы подразделяются по значениям числа пластичности, указанным в таблице, на супесчаные, суглинистые и глинистые.

Приложение 3

КЛАССИФИКАЦИЯ СКАЛЬНЫХ ГРУНТОВ (ГОСТ 25100-2011)

По пределу прочности на одноосное сжатие, МПа:

Скальные:

- очень прочные, $R_c \geq 120$;
- прочные, $120 > R_c \geq 50$;
- средней прочности, $50 > R_c \geq 15$;
- малопрочные, $15 > R_c \geq 5$.

Полускальные:

- пониженной прочности, $5 > R_c \geq 3$;
- низкой прочности, $3 > R_c \geq 1$;
- очень низкой прочности, $R_c < 1$.

По коэффициенту выветрелости:

- слабыветрелые, $1 > K_{wr} \geq 0,9$;
- выветрелые, $0,9 > K_{wr} \geq 0,8$;
- сильновыветрелые, $K_{wr} < 0,8$.

По коэффициенту размягчаемости:

- неразмягчаемые, $K_{sof} \geq 0,75$;
- размягчаемые, $K_{sof} < 0,75$.

Приложение 4

Разновидности дисперсных грунтов (ГОСТ 25100-2011)

Классификация слагающих грунт элементов по размерам

Слагающие грунт элементы	Фракции	Размер, мм
Валуны (глыбы)	Крупные	> 800
	Средние	400–800
	Мелкие	200–400
Галька (щебень)	Крупные	100–200
	Средние	60–100
	Мелкие	10–60
Гравий (дресва)	Крупные	4–10
	Мелкие	2–4
Песчаные частицы	Грубые	1–2
	Крупные	0,5–1
	Средние	0,25–0,5
	Мелкие	0,10–0,25
Пылеватые частицы	Тонкие	0,05–0,10
	Крупные	0,01–0,05
Глинистые частицы	Мелкие	0,002–0,01
		< 0,002

Классификация крупнообломочных грунтов и песков по гранулометрическому составу (ГОСТ 12536)

Разновидность грунтов	Размер частиц d , мм	Содержание частиц, % по массе
Крупнообломочные:		
валунный (при преобладании неокатанных частиц — глыбовый)	>200	>50
галечниковый (при неокатанных гранях — щебенистый)	>10	>50
гравийный (при неокатанных гранях — дресвяный)	>2	>50
Пески:	>2	>25
	>0,50	>50
гравелистый	>0,25	>50
	>0,10	≥75
крупный	>0,10	<75
средней крупности		
мелкий		
пылеватый		

| Приложение 4 |

Примечание. При наличии в крупнообломочных грунтах песчаного заполнителя более 40 % или глинистого заполнителя более 30 % от общей массы воздушно-сухого грунта в наименовании крупнообломочного грунта добавляют наименование вида заполнителя и указывают характеристики его состояния. Вид заполнителя устанавливают после удаления из крупнообломочного грунта частиц крупнее 2 мм. Если обломочный материал представлен ракушкой в количестве $\geq 50\%$, грунт называют ракушечным, если от 30 до 50 % — к наименованию грунта прибавляют «с ракушкой».

Классификация крупнообломочных грунтов и песков по степени неоднородности гранулометрического состава C_u

Разновидность грунтов	Степень неоднородности гранулометрического состава C_u
Однородный грунт	$C_u \leq 3$
Неоднородный грунт	$C_u > 3$

Классификация крупнообломочных грунтов и песков по коэффициенту водонасыщения S_r

Разновидность грунтов	Коэффициент водонасыщения S_r , д. е.
Малой степени водонасыщения	$0 < S_r \leq 0,5$
Средней степени водонасыщения	$0,5 < S_r \leq 0,8$
Водонасыщенные	$0,8 < S_r \leq 1$

Классификация крупнообломочных грунтов по коэффициенту выветрелости крупных обломков K_{wrt}

Разновидность грунтов	Коэффициент выветрелости K_{wrt} , д. е.
Слабовыветрелый	$0 < K_{wrt} \leq 0,50$
Средневыветрелый	$0,50 < K_{wrt} \leq 0,75$
Сильновыветрелый	$0,75 < K_{wrt} \leq 1,00$

| ПРИЛОЖЕНИЯ |

Классификация песков по коэффициенту пористости e

Разновидность песков	Коэффициент пористости e		
	Пески гравелистые, крупные и средней крупности	Пески мелкие	Пески пылеватые
Плотный	$e \leq 0,55$	$e \leq 0,60$	$e \leq 0,60$
Средней плотности	$0,55 < e \leq 0,70$	$0,60 < e \leq 0,75$	$0,60 < e \leq 0,80$
Рыхлый	$e > 0,70$	$e > 0,75$	$e > 0,80$

Классификация глинистых грунтов по показателю текучести I_L

Разновидность грунтов	Показатель текучести I_L
Супесь:	
твердая	$I_L < 0$
тугопластичная	$0 \leq I_L \leq 0,50$
мягкопластичная	$0,50 < I_L \leq 1,00$
текучая	$I_L > 1,00$
Суглинки и глины:	
твердые	$I_L < 0$
полутвердые	$0 \leq I_L \leq 0,25$
тугопластичные	$0,25 < I_L \leq 0,50$
мягкопластичные	$0,50 < I_L \leq 0,75$
течучепластичные	$0,75 < I_L \leq 1,00$
текучие	$I_L > 1,00$

Классификация глинистых грунтов по числу пластичности I_p и содержанию песчаных частиц

Разновидность грунтов	Число пластичности $I_p, \%$	Содержание песчаных частиц (2–0,05 мм), % по массе
Супесь:		
песчанистая	$1 \leq I_p < 7$	≥ 50
пылеватая	$1 \leq I_p < 7$	< 50
Суглинок:		
легкий песчанистый	$7 \leq I_p < 12$	≥ 40
легкий пылеватый	$7 \leq I_p < 12$	< 40
тяжелый песчанистый	$12 \leq I_p < 17$	≥ 40
тяжелый пылеватый	$12 \leq I_p < 17$	< 40
Глина:		
легкая песчанистая	$17 \leq I_p < 27$	≥ 40
легкая пылеватая	$17 \leq I_p < 27$	< 40
тяжелая	$I_p \geq 27$	Не регламентируется

| Приложение 4 |

Классификация глинистых грунтов по наличию включений

Разновидность грунтов	Содержание частиц > 2 мм, % по массе
Супесь, суглинок, глина с галькой (щебнем), с гравием (дресвой) или с ракушкой	От 15 до 25
Супесь, суглинок, глины галечниковые (щебенистые), гравелистые (дресвяные) или ракушечные	Более 25 до 50

Классификация грунтов по относительной деформации набухания без нагрузки ϵ_{sw}

Разновидность грунтов	Относительная деформация набухания без нагрузки ϵ_{sw} , д. е.
Ненабухающий	$\epsilon_{sw} < 0,04$
Слабонабухающий	$0,04 \leq \epsilon_{sw} \leq 0,08$
Средненабухающий	$0,08 < \epsilon_{sw} \leq 0,12$
Сильнонабухающий	$\epsilon_{sw} > 0,12$

Классификация грунтов по относительной деформации просадочности ϵ_{sl}

Разновидность грунтов	Относительная деформация просадочности ϵ_{sl} , д. е.
Непросадочный	$\epsilon_{sl} < 0,01$
Слабопросадочный	$0,01 \leq \epsilon_{sl} \leq 0,03$
Среднепросадочный	$0,03 < \epsilon_{sl} \leq 0,07$
Сильнопросадочный	$0,07 < \epsilon_{sl} \leq 0,12$
Чрезвычайно просадочный	$\epsilon_{sl} > 0,12$

Классификация дисперсных грунтов по степени морозной пучинистости ϵ_{fn} (ГОСТ 28622)

Разновидность грунтов	Степень пучинистости ϵ_{fn} , %
Непучинистый	$\epsilon_{fn} < 1,0$
Слабопучинистый	$1,0 \leq \epsilon_{fn} \leq 3,5$
Среднепучинистый	$3,5 < \epsilon_{fn} \leq 7,0$
Сильнопучинистый	$7,0 < \epsilon_{fn} \leq 10,0$
Чрезмернопучинистый	$\epsilon_{fn} > 10,0$

Приложение 5

Относительная устойчивость главных породообразующих минералов при выветривании и характеристика растворимости

Устойчи- вость при выветри- вании	Растворимость в воде			
	Нерастворимые	Слабора- створимые	Среднера- створимые	Сильнора- створимые
Весьма устойчи- вые	Кварц, корунд, тальк, кремь, каолин, графит, хлорит, лимонит, монт- мориллонит, гранат, турмалин	—	—	—
Устойчи- вые	Мусковит, альбит, ортоклаз	Кальцит, доломит		
Умеренно устойчи- вые	Биотит, авгит, биотит, пироксен	—	Гипс, ангидрит, асбест	—
Неустой- чивые	Оливин, лабра- дор, пирит, сера, глауконит	—	—	Галит, сильвин

Приложение 6

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ



Почвенно растительный слой



Торф



Суглинок делювиальный



Супесь элювиальная



Лесс



Песок мелкий



Песок средний



Песок крупный



Глина



Щебень



Дресва



Известняк



Песчаник



Гранит

Приложение 7

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СЕЙСМИЧНОСТИ ПЛОЩАДОК ПО ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИМ УСЛОВИЯМ

Баллы сейсмических карт характеризуют только некоторые усредненные грунтовые условия района и не отражают конкретных геологических особенностей строительной площадки, поэтому они подлежат уточнению, согласно СП 14.13330.2011 «Актуализированная редакция СНиП II-7–81*».

Категория грунта по сейсмическим свойствам	Грунты	Сейсмичность площадки строительства при сейсмичности района, баллы		
		7	8	9
1	2	3	4	5
I	Скальные грунты всех видов (в том числе вечномерзлые и вечномерзлые оттаявшие) неветрелые и слабоветрелые: крупнообломочные грунты плотные маловлажные из магматических пород, содержащие до 30 % песчано-глинистого заполнителя: выветрелые и сильновыветрелые скальные и нескальные твердомерзлые (вечномерзлые) грунты при температуре -2°C и ниже при строительстве и эксплуатации по принципу I (сохранение грунтов основания в мерзлом состоянии)	6	7	8

| Приложение 7 |

1	2	3	4	5
II	Скальные грунты выветрелые и сильновыветрелые, в том числе вечномерзлые, кроме отнесенных к категории I; крупнообломочные грунты, содержащие более 30 % песчано-глинистого заполнителя с преобладанием контактов между обломками; пески гравелистые, крупные и средней крупности плотные и средней плотности маловлажные и влажные; пески мелкие и пылеватые плотные и средней плотности маловлажные; глинистые грунты с показателями консистенции $I_L \leq 0,5$; при коэффициенте пористости $e < 0,9$ для глин и суглинков и $e < 0,7$ — для супесей; вечномерзлые нескальные грунты пластичномерзлые и сыпучемерзлые, а также твердомерзлые при температуре выше -2°C при строительстве и эксплуатации по принципу I	7	8	9
III	Пески рыхлые независимо от влажности и крупности; пески гравелистые, крупные и средней крупности плотные и средней плотности водонасыщенные; пески мелкие и пылеватые плотные и средней плотности влажные и водонасыщенные; глинистые грунты с показателем консистенции $I_L > 0,5$; глинистые грунты с показателем консистенции $I_L < 0,5$ при коэффициенте пористости $e \geq 0,9$ для глин и суглинков и $e > 0,7$ — для супесей; вечномерзлые нескальные грунты при строительстве и эксплуатации по принципу II (допускается оттаивание грунтов основания)	8	9	> 9

Примечания

1. В случае неоднородного состава грунты относят к более неблагоприятной категории по сейсмическим свойствам, если в пределах верхней 10-метровой толщи (считая от планировочной отметки) слои, относящиеся к этой категории, имеют суммарную толщину более 5 м.

2. При прогнозировании подъема уровня грунтовых вод и обводнения грунтов (в том числе просадочных) в процессе эксплуатации здания и сооружения категории грунтов следует определять в зависимости от свойств грунта (влажности, консистенции) в замоченном состоянии.

3. При строительстве на вечномерзлых нескальных грунтах по принципу II, если зона оттаивания распространяется до подстилающего талого грунта, грунты основания следует рассматривать по фактическому состоянию их после оттаивания.

Приложение 8

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ РАБОЧЕЙ ДОКУМЕНТАЦИИ (СП 11-105-97)

1. Инженерно-геологические изыскания для разработки рабочей документации должны обеспечивать детализацию и уточнение инженерно-геологических условий конкретных участков строительства проектируемых зданий и сооружений и прогноз их изменений в период строительства и эксплуатации с детальностью, необходимой и достаточной для обоснования окончательных проектных решений.

Инженерно-геологические изыскания должны обеспечивать получение материалов и данных, необходимых для разработки окончательных планировочных решений, расчетов оснований, фундаментов и конструкций проектируемых зданий и сооружений, детализации проектных решений по инженерной защите, охране окружающей среды, рациональному природопользованию и обоснованию методов производства земляных работ в соответствии с требованиями СП 47.13330.2012 «Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11–02–96».

2. Инженерно-геологические изыскания следует выполнять на конкретных участках размещения зданий и сооружений в соответствии с проектом, в том числе на участках индивидуального проектирования и переходов через естественные и искусственные препятствия трасс линейных сооружений.

Состав и объемы изыскательских работ следует устанавливать в программе изысканий с учетом вида (назначения) зданий и сооружений (трасс), уровня их ответственности,

сложности инженерно-геологических условий, наличия данных ранее выполненных изысканий и необходимости обеспечения окончательного выделения инженерно-геологических элементов, установления для них нормативных и расчетных показателей на основе определений лабораторными и (или) полевыми методами физических, прочностных, деформационных, фильтрационных и других характеристик свойств грунтов, уточнения гидрогеологических параметров водоносных горизонтов, количественных характеристик динамики геологических процессов и получения других данных для осуществления расчетов оснований, фундаментов и конструкций зданий и сооружений, обоснования их инженерной защиты, а также для решения отдельных вопросов, возникших при разработке, согласовании и утверждении проекта.

3. Горные выработки следует располагать по контурам и (или) осям проектируемых зданий и сооружений, в местах резкого изменения нагрузок на фундаменты, на границах различных геоморфологических элементов.

Для изучения инженерно-геологических условий в сфере взаимодействия зданий и сооружений с геологической средой при наличии опасных геологических и инженерно-геологических процессов при необходимости следует располагать дополнительные выработки за пределами контура проектируемых зданий и сооружений, в том числе и на прилегающей территории.

4. Расстояния между горными выработками следует устанавливать с учетом ранее пройденных выработок в зависимости от сложности инженерно-геологических условий (прил. 9) и уровня ответственности проектируемых зданий и сооружений (ГОСТ 27751–88) в соответствии с табл. П. 8.1.

Таблица П. 8.1

Расстояния между горными выработками в зависимости от сложности инженерно-геологических условий и уровня ответственности проектируемых зданий и сооружений

Категория сложности инженерно-геологических условий	Расстояние между горными выработками для зданий и сооружений I и II уровней ответственности, м	
	I	II
I	75–50	100–75
II	40–30	50–40
III	25–20	30–25

Примечание. Большие значения расстояний следует применять для зданий и сооружений, малочувствительных к неравномерным осадкам, меньшие — для чувствительных к неравномерным осадкам, с учетом регионального опыта и требований проектирования.

При наличии в основании зданий и сооружений грунтов, характеризующихся неоднородным составом и состоянием, изменчивой мощностью, проявлением опасных геологических процессов и т. п., расстояния между выработками допускается принимать менее 20 м, а также бурить их под отдельные опоры фундаментов при соответствующем обосновании в программе изысканий.

Общее количество горных выработок в пределах контура каждого здания и сооружения II уровня ответственности должно быть, как правило, не менее трех, включая выработки, пройденные ранее, а для зданий и сооружений I уровня ответственности — не менее 4–5 (в зависимости от их вида).

При расположении группы зданий и сооружений II и III уровней ответственности, если их строительство осуществляется по проектам массового (типовым) и повторного применения, а также для технически несложных объектов на участке с простыми и средней сложности инженерно-геологическими условиями, если его размеры не выходят за пределы максимальных расстояний между горными выработками (согласно табл. П. 8.1), выработки в пределах контура каждого здания

и сооружения могут не предусматриваться, а общее их количество допускается ограничивать пятью выработками, располагаемыми по углам и в центре участка.

На участках отдельно стоящих зданий и сооружений III уровня ответственности (складские помещения, павильоны, подсобные сооружения и т.п.), размещаемых в простых и средней сложности инженерно-геологических условиях, следует проходить 1–2 выработки.

5. Глубины горных выработок при изысканиях для зданий и сооружений, проектируемых на естественном основании, следует назначать в зависимости от величины сферы взаимодействия зданий и сооружений с геологической средой и прежде всего величины сжимаемой толщи с заглублением ниже нее на 1–2 м.

При отсутствии данных о сжимаемой толще грунтов оснований фундаментов глубину горных выработок следует устанавливать в зависимости от типов фундаментов и нагрузок на них (этажности) по табл. П. 8.2.

Таблица П. 8.2

Глубины горных выработок при изысканиях для зданий и сооружений в зависимости от типов фундаментов и нагрузок на них (этажности)

Здание на ленточных фундаментах		Здание на отдельных опорах	
Нагрузка на фундамент, кН/м (этажность)	Глубина горной выработки от подошвы фундамента, м	Нагрузка на опору, кН	Глубина горной выработки от подошвы фундамента, м
До 100 (1)	4–6	До 500	4–6
200 (2–3)	6–8	1000	5–7
500 (4–6)	9–12	2500	7–9
700 (7–10)	12–15	5000	9–13
1000 (11–16)	15–20	10000	11–15
2000 (более 16)	20–23	15000	12–19
		50000	18–26

Примечания. 1. Меньшие значения глубин горных выработок принимаются при отсутствии подземных вод в сжимаемой толще грунтов основания, а большие — при их наличии.

2. Если в пределах глубин, указанных в таблице, залегают скальные грунты, то горные выработки необходимо проходить на 1–2 м ниже кровли слабо-выветрелых грунтов или подошвы фундамента при его заложении на скальный грунт, но не более приведенных в таблице глубин.

Для массивов скальных грунтов с тектоническими нарушениями глубина горных выработок устанавливается программой изысканий.

6. Глубину горных выработок при плитном типе фундаментов (ширина фундаментов более 10 м) следует устанавливать по расчету, а при отсутствии необходимых данных глубину выработок следует принимать равной половине ширины фундамента, но не менее 20 м для нескальных грунтов. При этом расстояние между выработками должно быть не более 50 м, а количество выработок под один фундамент — не менее трех.

7. Глубину горных выработок для свайных фундаментов в дисперсных грунтах следует принимать, как правило, ниже проектируемой глубины погружения нижнего конца свай не менее чем на 5 м (СНиП 2.02.03–85).

При нагрузке на куст висячих свай свыше 3000 кН, а также при свайном поле под всем сооружением глубину 50 % выработок в нескальных грунтах следует устанавливать ниже проектируемой глубины погружения нижнего конца свай, как правило, не менее чем на 10 м.

Глубину горных выработок при опирании или заглублении свай в скальные грунты следует принимать ниже проектируемой глубины погружения нижнего конца свай не менее чем на 2 м.

Для свай, работающих только на выдергивание, глубину выработок следует принимать на 1 м ниже проектируемой глубины погружения нижнего конца свай.

При наличии в массиве скального грунта прослойки сильно-выветрелых разностей и (или) дисперсного грунта глубину выработок следует устанавливать в программе изысканий, исходя из особенностей инженерно-геологических условий и характера проектируемых объектов.

Приложение 9

КАТЕГОРИИ СЛОЖНОСТИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

Факторы	I (простая)	II (средней сложности)	III (сложная)
1	2	3	4
Геоморфологические условия	Площадка (участок) в пределах одного геоморфологического элемента. Поверхность горизонтальная, нерасчлененная	Площадка (участок) в пределах нескольких геоморфологических элементов одного генезиса. Поверхность наклонная слаборасчлененная	Площадка (участок) в пределах нескольких геоморфологических элементов разного генезиса. Поверхность сильно расчлененная
Геологические в сфере взаимодействия зданий и сооружений с геологической средой	Не более двух различных по литологии слоев, залегающих горизонтально или слабо наклонно (уклон не более 0,1). Мощность выдержана по простирацию. Незначительная степень неоднородности слоев по показателям свойств грунтов, закономерно изменяющихся в плане и по глубине. Скальные грунты залегают с поверхности или перекрыты маломощным слоем нескальных грунтов	Не более четырех различных по литологии слоев, залегающих наклонно или с выклиниванием. Мощность изменяется закономерно. Существенное изменение характеристик свойств грунтов в плане или по глубине. Скальные грунты имеют неровную кровлю и перекрыты нескальными грунтами	Более четырех различных по литологии слоев. Мощность резко изменяется. Линзовидное залегание слоев. Значительная степень неоднородности по показателям свойств грунтов, изменяющихся в плане или по глубине. Скальные грунты имеют сильно расчлененную кровлю и перекрыты нескальными грунтами. Имеются разломы разного порядка

Продолжение табл.

1	2	3	4
<p>Гидрогеологические в сфере взаимодействия зданий и сооружений с геологической средой</p>	<p>Подземные воды отсутствуют или имеется один выдержанный горизонт подземных вод с однородным химическим составом</p>	<p>Два и более выдержанных горизонтов подземных вод, местами с неоднородным химическим составом или обладающих напором и содержащих загрязнения</p>	<p>Горизонты подземных вод не выдержаны по простиранию и мощности, с неоднородным химическим составом или разнообразным загрязнением. Местами сложное чередование водоносных и водопорных пород. Напоры подземных вод и их гидравлическая связь изменяются по простиранию</p>
<p>Геологические и инженерно-геологические процессы, отрицательно влияющие на условия строительства и эксплуатации зданий и сооружений</p>	<p>Отсутствуют</p>	<p>Имеют ограниченное распространение и (или) не оказывают существенного влияния на выбор проектных решений, строительство и эксплуатацию объектов</p>	<p>Имеют широкое распространение и (или) оказывают решающее влияние на выбор проектных решений, строительство и эксплуатацию объектов</p>

Окончание табл.

1	2	3	4
Специфические грунты в сфере взаимодействия зданий и сооружений с геологической средой	Отсутствуют	Имеют ограниченное распространение и (или) не оказывают существенного влияния на выбор проектных решений, строительство и эксплуатацию объектов	Имеют широкое распространение и (или) оказывают решающее влияние на выбор проектных решений, строительство и эксплуатацию объектов
Техногенные воздействия и изменения освоенных территорий	Незначительные и могут не учитываться при инженерно-геологических изысканиях и проектировании	Не оказывают существенного влияния на выбор проектных решений и проведение инженерно-геологических изысканий	Оказывают существенное влияние на выбор проектных решений и осложняют производство инженерно-геологических изысканий в части увеличения их состава и объемов работ

Примечание. Категории сложности инженерно-геологических условий следует устанавливать по совокупности факторов, указанных в настоящем приложении. Если какой-либо отдельный фактор относится к более высокой категории сложности и является определяющим при принятии основных проектных решений, то категорию сложности инженерно-геологических условий следует устанавливать по этому фактору. В этом случае должны быть увеличены объемы или дополнительно предусмотрены только те виды работ, которые необходимы для обеспечения выяснения влияния на проектируемые здания и сооружения именно данного фактора.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ «ГЕОЛОГИЯ».....	6
1.1. Основы общей геологии.....	7
1.1.1. Строение Земли и земной коры.....	7
1.1.2. Породообразующие минералы и горные породы.....	10
Горные породы.....	17
1.1.3. Геохронология.....	24
1.1.4. Глобальная геотектоника.....	28
1.1.5. Вулканизм и сейсмические явления.....	32
1.2. Основы грунтоведения.....	36
1.3. Подземные воды.....	42
1.3.1. Классификация подземных вод.....	42
1.3.2. Законы движения подземных вод.....	53
1.4. Природные геологические и инженерно- геологические процессы.....	59
1.4.1. Экзогенные процессы и вызванные ими явления.....	59
1.4.2. Инженерно-геологические (антропогенные) про- цессы и явления.....	81
1.5. Инженерно-геологические изыскания для строительства.....	86
1.6. Лабораторные работы.....	96
2. ВЫПОЛНЕНИЕ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ.....	97
2.1. Контрольная работа № 1.....	97
2.2. Контрольная работа № 2.....	124

3. ВЫПОЛНЕНИЕ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ.....	125
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	151
ПРИЛОЖЕНИЯ	154
Приложение 1	154
Приложение 2	156
Приложение 3	157
Приложение 4	158
Приложение 5	162
Приложение 6	163
Приложение 7	164
Приложение 8	166
Приложение 9	171

Учебное издание

ГЕОЛОГИЯ

Составители: **Венгерова** Марина Витальевна
Венгеров Андрей Станиславович

Редактор *Т. Е. Мерц*
Верстка *Е. В. Ровнушкиной*

Подписано в печать 20.01.2016. Формат 60×84 1/16.
Бумага писчая. Плоская печать. Гарнитура Newton.
Усл. печ. л. 10,23. Уч.-изд. л. 7,3. Тираж 500 экз. Заказ № 10.

Издательство Уральского университета
Редакционно-издательский отдел ИПЦ УрФУ
620049, Екатеринбург, ул. С. Ковалевской, 5
Тел.: 8 (343) 375-48-25, 375-46-85, 374-19-41
E-mail: rio@urfu.ru

Отпечатано в Издательско-полиграфическом центре УрФУ
620075, Екатеринбург, ул. Тургенева, 4
Тел.: 8 (343) 350-56-64, 350-90-13
Факс: 8 (343) 358-93-06
E-mail: press-urfu@mail.ru

