Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева»

Кафедра маркшейдерского дела и геологии

Составитель
Г. И. Грибанова

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ

Методические материалы

Рекомендовано учебно-методической комиссией специальности
08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений
в качестве электронного издания
для использования в образовательном процессе

Кемерово 2019

Рецензенты:
Лесин Ю. В., профессор кафедры маркшейдерского дела и геологии
Покатилов А. В., председатель учебно-методической комиссии специальности 08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений, кандидат технических наук

Грибанова Галия Ибрагимовна
Инженерная геология: методические материалы [Электронный ресурс]: для обучающихся специальности 08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений, специализации Строительство высотных и большепролетных зданий и сооружений», всех форм обучения / сост. Г. И. Грибанова; КузГТУ. – Электрон. дан. – Кемерово:, 2019. – Систем. требования : Pentium IV ; ОЗУ 4,22 Мб ; Windows 95; мышь. – Загл. с экрана.

В методических материалах изложены основные цели, оборудование, приборы и материалы, и порядок выполнения лабораторных работ по курсу «Инженерная геология».

© КузГТУ, 2019
© Грибанова Г. И.,
составление, 2019

Общие указания к выполнению лабораторных работ и самостоятельной работе студентов

Методические указания к лабораторным занятиям составлены в соответствии с программой дисциплины «Инженерная геология» для подготовки обучающихся специальности «Строительство уникальных зданий и сооружений».

Лабораторные работы проводятся в оборудованной аудитории половинным составом студенческой группы. На каждое занятие назначается дежурный, в обязанности которого входит:

1) получение на кафедре необходимых материалов для выполнения лабораторной работы;

2) наблюдение за чистотой и порядком в аудитории;

3) приём каждого рабочего места после окончания работы;

4) возвращение в полной сохранности материалов и приборов.

Самостоятельная работа студентов включает в себя подготовку к опросам по темам лекций и предварительная домашняя подготовка к лабораторным работам. Предварительная домашняя подготовка к лабораторным работам включает в себя: изучение и конспектирование раздела «Общие положения» лабораторной работы, ознакомление с порядком выполнения работы, подготовку таблиц для записей результатов лабораторных работ.

Программа дисциплины «Инженерная геология» предусматривает выполнение пяти лабораторных работ, четыре из которых относятся к разделам «Минералогия» и «Инженерная петрография» и посвящены изучению минералов и горных пород:

- Лабораторная работа №1 «Основные породообразующие минералы» [2 часа];
- Лабораторная работа № 2 «Скальные магматические грунты (породы); «Скальные метаморфические грунты (породы) [4 часа];
- Лабораторная работа №3 «Скальные осадочные грунты (породы) [4 часа];
- Лабораторная работа №4 «Дисперсные грунты: крупнообломочные, песчаные глинистые» [4 часа].

Лабораторные работы выполняются обучающимися по индивидуальным заданиям, представляющим собой набор образцов:

- скальных грунтов (пород): образец №1 – магматический интрузивный; образец №2 – магматический эффузивный; образец №3 – осадочный; образец №4 – метаморфический;

- дисперсных грунтов (пород) различных инженерно-геологических групп:

образец №1 – крупнообломочный грунт;

образец №2 – песчаный грунт;

образец №3 – глинистый грунт.

Требуемые показатели физико-механических свойств в цифровом выражении для каждого варианта берутся из Альбома показателей физико-механических свойств грунтов задач по грунтоведению.

Лабораторные работы по минералогии инженерной петрографии занимают важнейшее место в подготовке студентов специальности 08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений, специализации Строительство высотных и большепролетных зданий и сооружений.

К инженерно-петрографическим образцам (скальные магматические, метаморфические, осадочные грунты и дисперсные крупнообломочные, песчаные, глинистые) индивидуальной задачи прилагается паспорт инженерно-геологических свойств и их характеристик (показателей), которые студентам предлагается понимать как показатели, установленные ранее в рассматриваемых грунтах в естественном состоянии в горном массиве. Данные показатели по каждой задаче индивидуального варианта приводятся в Альбоме показателей физико-механических свойств грунтов задач по грунтоведению. Эти работы являются наиболее сложными для усвоения дисциплины «Инженерная геология», поскольку они требуют значительного объема самостоятельной работы студента с литературой, с каменным материалом, а также необходимость запоминания большого количества новых терминов и диагностических свойств отдельных минералов.

Лабораторные работы построены по однотипной схеме. Они содержат вводную ознакомительную, но обязательную часть, которая выделена из лекционного курса на самостоятельную проработку во внеаудиторное время. По этому разделу составляется конспект и представляется преподавателю совместно с отчетом по лабораторной работе.

Выполнение лабораторных работ включает в себя знакомство с эталонной коллекцией минералов под руководством преподавателя и выполнение контрольного задания по определению и описанию двух образцов минералов и грунтов индивидуальной задачи. Индивидуальная задача представляет собой набор образцов каменного материала (минералов или горных пород), снабженных номером (например С1 – 15(1). Буквенный символ означает название направления подготовки; цифра после него – номер комплекта задач; число после тире – вариант задачи; цифра в скобках – номер образца в наборе индивидуального задания.

Обратите внимание, что в качестве примеров при характеристике отдельных диагностических свойств минералов используются только минералы из минералогических таблиц данных методических указаний.

Лабораторная работа должна быть защищена, т.е. студенту необходимо продемонстрировать владение терминологией, классификациями и приемами описания отдельных минералов, а также состава и строения грунтов (пород) и инженерно-геологических показателей, используемых в их номенклатуре.

– Лабораторная работа №5 «Работа с инженерно-геологическими и гидрогеологическими картами [4 часа].

Данная работа посвящена ознакомлению с методикой составления гидрогеологической карты и разреза, методикой чтения и использования карт для оценки гидрогеологических параметров и включения их в проектные расчеты осушения территорий, отведенных под строительство зданий и сооружений:

Сведения, полученные на занятиях, помогут глубже понять причины ряда инженерно-геологических явлений, рассматриваемых в лекционной части курса. Они необходимы для анализа инженерно-геологических и гидрогеологических условий на осваиваемой под промышленное и гражданской строительство территории по специальным картам, проведения необходимых мероприятий, направленных на обеспечение безопасности ведения строительных работ, обосновывать и принимать правильные решения в изыскательских работах при строительстве.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

ОСНОВНЫЕ ПОРОДООБРАЗУЮЩИЕ МИНЕРАЛЫ

(работа выполняется в течение 2 часов)

Целью лабораторной работы является изучение состава, морфологических особенностей и диагностических свойств породообразующих и рудных минералов, а также овладение навыками их определения и описания.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Минералы являются важнейшим звеном в ряду вещественной организации земной коры: химические элементы – минералы – горные породы – формации горных пород и т. д.

Что же такое минерал? Однозначное и простое определение дать трудно, т. к. понятие «минерал» различными учеными понимается по-разному и включает в себя много составляющих.

Минералы (лат. «минера» – руда) – это продукты природных физико-химических процессов, протекающих на поверхности или в недрах земной коры, получившие определенную химическую индивидуализацию и определенные физические свойства.

Минералы являются составными частями горных пород, руд, почв.

Горные породы – естественные минеральные агрегаты определенного состава и строения, сформировавшиеся в результате геологических процессов и залегающие в земной коре в виде самостоятельных тел.

По происхождению породы подразделяются на три генетических типа: магматические, осадочные и метаморфические.

Магматические породы образуются в результате охлаждения и затвердевания в недрах или после излияния на поверхность Земли силикатных расплавов – магм, возникающих в мантии или земной коре.

Осадочные породы образуются из остаточных и переотложенных продуктов выветривания и разрушения различных горных пород путем химического или механического выпадения осадков в водно-воздушной среде, иногда при посредничестве организмов.

Метаморфические породы возникают из исходных пород любого происхождения под воздействием меняющихся условий существования (температуры, давления, агрессивного воздействия газов и водных термальных растворов), при этом исходные породы постепенно утрачивают признаки первичного происхождения и в зависимости от вида метаморфизма изменяют свое строение и состав.

Породообразующие минералы – широко распространенные минералы, которыми пространственно сложены горные породы. К породообразующим минералам относятся: кварц, полевые шпаты, амфиболы, пироксены, слюды, хлориты, карбонаты, сульфаты и др. Различают главные или основные и второстепенные породообразующие минералы, а также акцессорные минералы. Для каждой группы пород – изверженных, метаморфических и осадочных – характерны свои породообразующие минералы. Минералы, являющиеся для одних пород второстепенными породообразующими минералами или даже акцессорными, для других могут быть главными породообразующими минералами. Например, оливин для большей части основных изверженных пород является второстепенным, для перидотита – главным.

1.1. Минералы как кристаллические вещества

Минералы в природе находятся в трех агрегатных состояниях: *твердом, жидком и газообразном*. Значительно преобладают твердые минералы, среди которых небольшая часть представлена аморфными образованиями, а подавляющее большинство – кристаллическими веществами. В аморфных телах материальные частицы (атомы, ионы) располагаются беспорядочно, а в кристаллических – упорядоченно, наподобие узлов пространственной решетки (рис. 1.1).

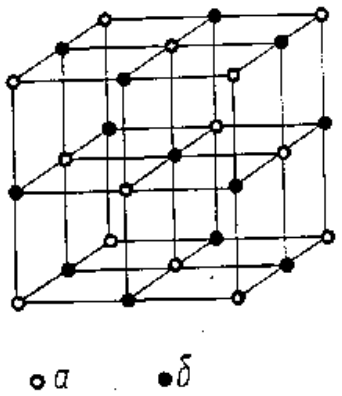


Рис. 1.1. Кристаллическая решетка галита:
а – ионы Cl, б – ионы Na

Закономерному расположению материальных частиц соответствует минимальная внутрен-

няя энергия. Следовательно, кристаллическое состояние вещества более устойчивое, поэтому оно более характерно для природных химических соединений – минералов.

Одним из важнейших свойств минералов способность самограняться – это способность кристаллических минералов при своем образовании, росте покрываться плоскими гранями и прямолинейными ребрами, приобретая геометрически правильную многогранную форму в виде кристаллов. Это свойство присуще только веществам с кристаллическим строением. Для образования кристаллов в природе необходимы особые условия (наличие трещин и других пустот), где они могли бы свободно расти в спокойной обстановке. Кристаллические индивиды, развивающиеся в стесненных условиях не приобретают геометрически правильную форму. Поэтому в природе минералы обычно встречаются в виде агрегатов, сложенных кристаллическими зернами неправильной формы.

1.2. Минералы как химические соединения

Химические элементы закономерно группируются в земной коре, образуя минералы. Как самородные элементы минералы встречаются редко, обычно они образуют различные химические соединения. Среди минералов практически нет химически чистых веществ. В их структуру входят различные химические примеси. В одних минералах количество таких примесей незначительно – это минералы постоянного состава (галит – NaCl). Другие минералы содержат разные количества химических примесей. Такие минералы называют минералами переменного состава, и главная причина их существования – явление изоморфизма.

Изоморфизм – это явление замены в кристаллической решетке минерала одних химических элементов другими, но без изменения **кристаллической структуры минерала. Изоморфизм** происходит при условии разницы в размере взаимозаменяемых атомов не более 15 %, близости их химических свойств и сохранения электронейтральности кристаллической решетки.

Такие минералы представляют собой **твердые смеси**, т. е. **кристаллические растворы** переменного химического состава.

В формулах минералов изоморфные атомы заключаются в круглые скобки и отделяются друг от друга запятыми (например, Mg и Fe в минерале оливин – $(Mg,Fe)_2[SiO_4]$).

Различают два типа изоморфизма по *степени совершенства*: совершенный и несовершенный.

При **совершенном (неограниченном) изоморфизме** возможна полная (до 100 %) замена одних атомов другими, т. е. могут существовать два крайних и все промежуточные по составу минералы, имеющие часто собственные названия. Например, в минерале оливин – $(Mg,Fe)_2[SiO_4]$ наблюдается полный изоморфизм между Mg^{2+} (R = 0,078 нм) и Fe^{2+} (R = 0,082 нм). R – это радиус атомов или ионов, измеряемый в нанометрах (1 нм = 10^{-9} м). Крайними членами изоморфного ряда являются форстерит $Mg_2[SiO_4]$ и фаялит $Fe_2[SiO_4]$.

При **несовершенном (ограниченном) изоморфизме** количество изоморфной примеси не может превышать какого-то предела, неоднозначного для разных минералов. Например, в минерале сфалерит – ZnS железа двухвалентного не более 20 % от суммы (Fe + Zn). Железистая разновидность сфалерита называется марматитом, безжелезистая – клейофаном.

Большинство породообразующих минералов представляет собой изоморфные смеси. Химический состав и физические свойства минерала – члена изоморфного ряда зависят от параметров среды минералообразования.

Проявление изоморфизма оказывает влияние на те или иные физические свойства минерала, что необходимо учитывать при их диагностике. Например, железистая разновидность сфалерита марматит образуется в высокотемпературных гидротермальных условиях и имеет буровато-черный цвет, темно-коричневый цвет черты, а клейофан образуется при более низких температурах и имеет бесцветный или светло-желтый цвет и белый цвет черты.

1.3. Вода в составе минералов

Вода входит в состав минералов в различных формах.

Конституционная вода входит в кристаллическую решетку минералов в виде ионов OH^- или H_3O^+. Удаление её происходит

при высоких температурах (600–700 °С), при этом минерал разрушается. Например, минерал тальк $Mg_3[Si_4O_{10}](OH)_2$.

Кристаллизационная вода входит в решетку минералов в виде молекул H_2O. Удаление её происходит при температурах 300–400 °С, минерал при этом также разрушается. Например, гипс $Ca[SO_4]\cdot 2H_2O$.

Адсорбционная вода может сорбироваться минералами, обладающими коллоидными свойствами. Она удаляется при температуре 110 °С, минерал при этом не разрушается. Например, опал $SiO_2\cdot nH_2O$.

В минералах могут присутствовать одновременно разные виды воды, например $(Al,Mg)_2[Si_4O_{10}](OH)_2\cdot nH_2O$ – монтмориллонит.

1.4. Классификация минералов

Классификация минералов – это группировка более чем 3000 минералов по какому-либо одному или нескольким признакам. В России наиболее распространена классификация минералов, основанная на их химическом составе. Согласно этой классификации всё многообразие минералов поделено на десять типов. В составе большинства типов выделены классы, а иногда и подклассы. Породообразующие и рудные минералы являются представителями не всех типов минералов. Поэтому классификация приводится не в полном объёме.

Тип простые вещества

В этот тип входят минералы, состоящие из одного химического элемента.

Класс самородные металлы: золото – Au.

Класс самородные неметаллы: сера – S.

Тип сернистые соединения и их аналоги

В этот тип входят около 500 минералов, представляющих собой соединения различных элементов с серой, реже мышьяком или теллуром. В составе земной коры они составляют 0,15 % по весу, но включают ряд минералов, являющимися важнейшими рудами на Pb, Zn, Cu, Mo, Hg, As.

Класс простые сульфиды и их аналоги: галенит – PbS, пирит – FeS_2.

Класс сложные сульфиды и их аналоги: халькопирит – $CuFeS_2$.

Тип галогенные соединения

Наиболее широко распространены хлористые и фтористые соединения.

Класс хлориды: галит – $NaCl$, сильвин – KCl.

Класс фториды: флюорит – CaF_2.

Тип кислородные соединения

Класс оксиды и гидроксиды

В этот класс объединены минералы – соединения различных элементов с кислородом (оксиды) и соединения с кислородом и с гидроксильной группой (OH) (гидроксиды). Оксиды и гидроксиды Al, Fe, Mn, Cr – важнейшие руды: магнетит – Fe_3O_4, гематит – Fe_2O_3, кварц – SiO_2.

Класс сульфаты

Соли серной кислоты – H_2SO_4. Многие сульфаты легко растворяются поверхностными водами и поэтому широко участвуют в образовании химических осадков: гипс – $Ca[SO_4]\cdot 2H_2O$.

Класс фосфаты

Минералы этого класса являются солями фосфорной кислоты: апатит – $Ca_5[PO_4]_3(OH,F,Cl)$.

Класс карбонаты

Минералы этого класса являются солями угольной кислоты. Минералы этого класса имеют в основном экзогенное происхождение: кальцит – $Ca[CO_3]$, доломит – $Ca(Mg,Fe)[CO_3]_2$.

Класс силикаты

Минералы этого класса являются главнейшими породообразующими минералами и широко распространены в природе, слагая до 75 % объёма земной коры. Основой кристаллической структуры *силикатов* является кремнекислородный анион $[SiO_4]^{4-}$. Позицию кремния в анионе может занимать алюминий $[AlO_4]^{5-}$, но не более половины объёма решетки. Такие минералы являются *алюмосиликатами*. Анионы в структуре силикатов способны к полимеризации, т. е. к образованию различных анионных

группировок. Между собой одиночные анионы или их группировки соединяются через катионы. Геометрия сочетания катионов и анионных группировок в кристаллической решетке объясняет разнообразие и обусловливает свойства силикатов. Характер сцепления анионов в группировке лежит в основе выделения *подклассов* силикатов.

Подкласс островных силикатов: $(Mg,Fe)_2[SiO_4]$ – оливин, эпидот – $Ca_2(Al_2Fe)[SiO_4][Si_2O_7]O(OH)$.

Подкласс кольцевых силикатов: турмалин – $NaFe_3Al_6[Si_6O_{18}][BO_3]_3(OH)_4$.

Подкласс цепочечных силикатов – пироксенов: авгит – $(Ca,Na)(Mg,Fe^{2+}, Fe^{3+}, Ti, Al)[(Si, Al)_2O_6]$.

Подкласс ленточных силикатов – амфиболов: роговая обманка – $Ca_2Na(Mg,Fe^{2+})_4(Al, Fe^{3+})[(Si,Al)_4O_{11}]_2(OH)_2$, актинолит – $Ca_2(Mg,Fe)_5[Si_4O_{11}]_2(OH)_2$.

Подкласс слоевых силикатов: $Mg_3[Si_4O_{10}](OH)_2$ – тальк, биотит – $K(Mg, Fe)_3[AlSi_3O_{10}](OH, F)_2$.

Подкласс каркасных силикатов: калиевые полевые шпаты (КПШ) – $K[AlSi_3O_8]$, натрий-кальциевые полевые шпаты (плагиоклазы) – это изоморфный ряд $(100 – n)Na[AlSi_3O_8] \leftrightarrow nCa[Al_2Si_2O_8]$.

1.5. Процессы образования минералов

Минералы возникают при геохимических реакциях, сопровождающих геологические процессы. Процессы минералообразования и условия (температура, давление) образования минералов весьма разнообразны, но их можно объединить в две большие группы.

1. **Эндогенные** (или гипогенные, глубинные) процессы минералообразования протекают внутри земной коры и верхней мантии, где господствуют большие температуры и давления. Эндогенное минералообразование протекает за счет **внутренней** тепловой и иной энергии Земли. Среди эндогенных процессов различают магматические, пегматитовые, постмагматические и метаморфические процессы образования минералов.

2. **Экзогенные** (или гипергенные, поверхностные) процессы образования минералов происходят на поверхности или близ поверхности Земли, а также в морях, озерах и болотах, при участии подземных вод. Экзогенное минералообразование протекает, в основном, за счет **солнечной** энергии, при активном участии атмосферы, гидросферы и биосферы (т. е. жизнедеятельности организмов).

В настоящее время выделяют **космогенные**, протекающие в космическом пространстве, процессы минералообразования.

2. СОДЕРЖАНИЕ И ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ №1

Работа выполняется в течение 2 часов.

Лабораторная работа посвящена теоретическому и практическому освоению диагностических свойств минералов с использованием эталонной коллекции. Суть указанных признаков и приемы их использования приводятся ниже.

При подготовке к данной лабораторной работе необходимо составить конспект теоретических положений, а также самостоятельно проработать определитель породообразующих минералов, который содержится в прил. 3.

Необходимое оборудование и материалы: методические указания к лабораторной работе № 1, эталонную коллекцию «Диагностические свойства минералов», шкалы твёрдости, лупы, стеклянные и фарфоровые пластинки, магнитные стрелки, 10 %-ную соляную кислоту, комплект индивидуальных задач на подгруппу – получает дежурный до начала занятия.

При знакомстве с каждым минералом эталонной коллекции необходимо убедиться в собственном умении обнаруживать диагностические признаки минералов, содержащиеся в определителе.

Описание минералов в определителе приведено в последовательности, значительно облегчающей поиск их при определении. Минералы сгруппированы по общим диагностическим свойствам цвету (темноокрашенные и светлоокрашенные) и твердости (с твердостью более 5 – оставляют царапину на стекле, а с твердостью менее 5 не оставляют след на стеклянной пластинке, а не-

которые из них царапаются ногтем). Рекомендуемые группы и список минералов в них приводится ниже.

1. Светлоокрашенные минералы:

1.1. Твердость более 5 (царапают стекло): кварц, халцедон, опал, калиевые полевые шпаты, плагиоклазы.

1.2. Твердость менее 5 (не царапают стекло): галит, сильвин, кальцит, доломит, флюорит, мусковит.

2. Темноокрашенные (яснокрашенные) минералы:

2.1. Твердость более 5: оливин, эгирин, авгит, роговая обманка, эпидот, гранаты, диопсид.

2.2. Твердость менее 5 (листоватые): биотит, хлорит.

2.3. Светлоокрашенные, глиноподобные минералы, твердость 1 и менее (царапаются ногтем): тальк, каолинит, монтмориллонит.

При знакомстве с минералами эталонной коллекции необходимо убедиться в собственном умении обнаруживать диагностические признаки минералов, содержащиеся в определителе; научиться отличать похожие друг на друга минералы (например: кварц и полевые шпаты, галенит и антимонит).

Определение минералов в породах имеет свои особенности, обусловленные малым размером зерен, изменчивостью твердости, блеска при нередком замещении первичных минералов вторичными.

При определении породообразующих минералов, отметив общий тон (темный, светлый) окраски, необходимо прежде всего принять во внимание форму зерен и агрегатов, твердость, блеск. Некоторые светлоокрашенные минералы могут изменить тон окраски до темного. Например, кварц и плагиоклаз иногда приобретают в породах темно-серую окраску.

Важным элементом диагностики является анализ минеральной ассоциации, в которой встречен диагностируемый минерал.

Результаты определения диагностических свойств минералогического образца индивидуальной задачи заносятся в соответствующие графы отчета. Форма и пример составления отчета, образец оформления титульного листа приводятся в прил. 1 и 2.

Жирным шрифтом в определителе выделены свойства, имеющие решающее значение для диагностики. Желательно определить и описать два-три минерала из пород петрографиче-

ских образцов индивидуальной задачи, тем более что при выполнении последующих работ по изучению грунтов магматического, осадочного и метаморфического генезиса потребуется определение всех слагающих породы минералов.

В конце занятия студент защищает составленный отчет по диагностике минералогических образцов и предоставляет на проверку конспект теоретических положений к лабораторной работе. Контрольные вопросы для защиты работы приведены в конце методических указаний.

2.1. Морфология минералов и их агрегатов

Морфология (греч. «морфос» – форма, «логос» – слово, учение) минералов и минеральных агрегатов – это изучение и характеристика минералов и их формы (внешнего вида). Морфология минералов и их агрегатов зависит от химического состава, кристаллической структуры минералов и от условий и способа их образования. Это позволяет использовать морфологические особенности для диагностики минералов и судить об их генезисе (происхождении).

2.1. 1. Морфология минеральных зёрен

Основная масса твердых минералов встречается в виде зерен неправильной формы, обладающих лишь внутренним кристаллическим строением, но не имеющих кристаллических граней. Хорошо образованные кристаллы, т. е. зерна, ограниченные собственными гранями, встречаются гораздо реже.

Морфология минеральных зерен неправильной формы характеризуется степенью изометричности и выражается в различном соотношении их длины, ширины и толщины (высоты). По степени изометричности выделяют следующие морфологические типы минеральных зерен – изометричные, удлиненные, уплощенные и переходные.

Изометричные зерна, имеющие равновеликие размеры по трём взаимно перпендикулярным направлениям в пространстве («шаровидные»). Такие зерна наиболее характерны для минералов, кристаллизующихся в кубической сингонии (рис. 2.1, а).

Удлинённые или **вытянутые в одном направлении** зёрна, среди которых по соотношению длины и поперечника различают следующие разновидности: **столбчатые, шестоватые, игольчатые, волокнистые** зерна удлиненной формы чаще встречаются у минералов, кристаллизующихся в сингониях средней категории (тригональной, тетрагональной, гексагональной), реже – низшей (рис. 2.1, б).

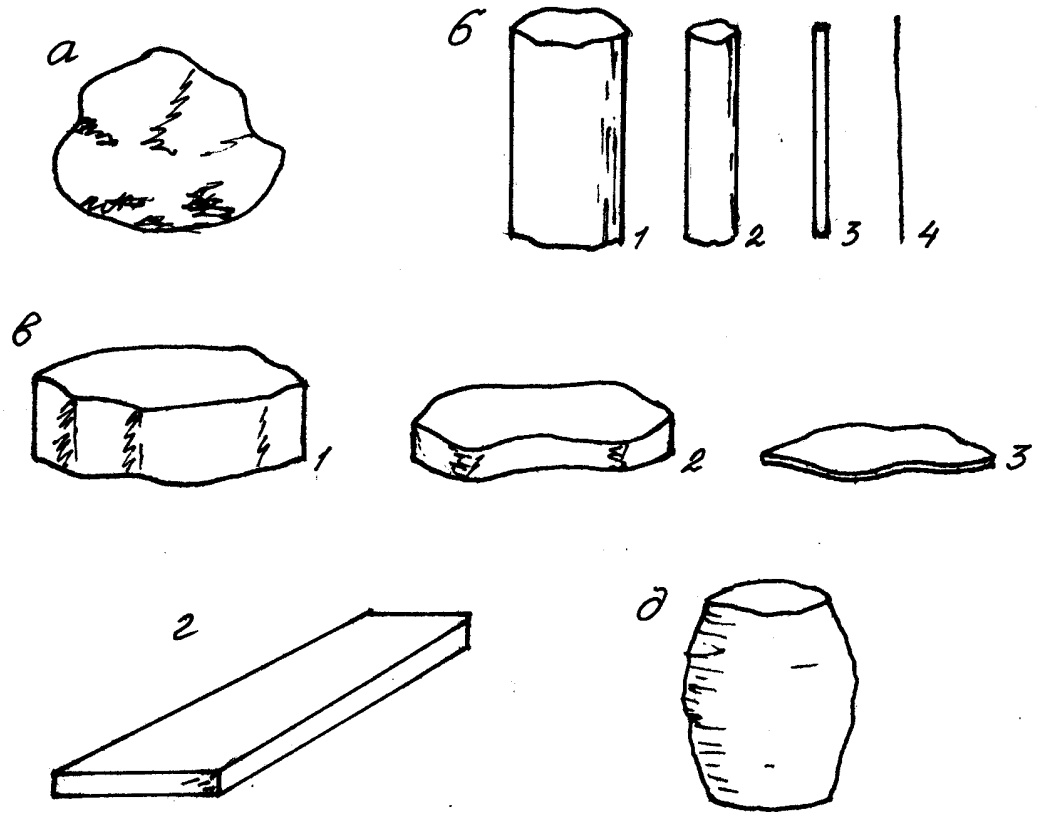


Рис. 2.1. Морфология минеральных зерен по степени изометричности
а – **изометричные**; б – **удлиненные**: 1 – столбчатые; 2 – шестоватые; 3 – игольчатые; 4 – волокнистые; в – **уплощенные**: 1 – таблитчатые; 2 – пластинчатые; 3 – листоватые; г – **досковидные**; д – **бочёнковидные**

Уплощенные (сплюснутые) зёрна, одинаково вытянутые в двух направлениях, при сохранении третьего короткого. По «толщине» различают: **таблитчатые, пластинчатые, листоватые, чешуйчатые** зерна (рис. 2.1, в).

Уплощенный облик зерен обычно имеют минералы, кристаллизующиеся в сингониях низшей категории (рис. 2.1, в). Существуют формы зёрен **переходные** между основными тремя типами. **Досковидные** зёрна имеют промежуточную форму между вторым и третьим типами (столбчатые и одновременно уплощенные индивиды). **Бочёнковидные** зёрна – промежуточная форма между первым и вторым типами (рис. 2.1, г, д).

Некоторые минералы обладают неправильной формой зерна, которая по соотношению длины, ширины и высоты примерно соответствует изометричной форме.

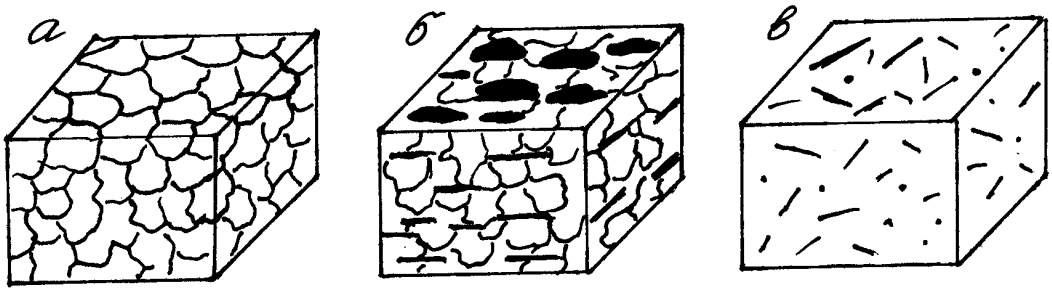


Рис. 2.2. Сечения минеральных зерен разных форм в горных породах: а – изометричные зерна кальцита в мраморе; б – листоватые черные зерна биотита в гнейсе; в – игольчатые зерна роговой обманки в трахите

Определяя форму зерна минерала в образце, необходимо обратить внимание на различие сечений зёрен. Изометричные зёрна имеют одинаковые сечения при любом случайном сколе. Вытянутые и уплощенные зёрна имеют различные сечения вдоль и поперёк зерна. По этому признаку зёрна разных форм в породах легко отличаются друг от друга (рис. 2.2).

Минералы, развивающиеся в свободном пространстве или обладающие большой силой кристаллизации, при своем росте приобретают правильную многогранную форму. При этом возникают кристаллы, близкие по облику, часто различаются по набору простых форм, участвующих в огранке, т. е. по габитусу. Например, кристаллы пирита обычно встречаются в виде гексаэдров или пентагондодекаэдров (рис. 2.3). Общий облик для них изометричный, но габитус кристаллов различен: в первом случае

– гексаэдрический, во втором – пентагон-додекаэдрический. Поэтому, характеризуя морфологию зерна минерала, имеющего кристаллическую огранку, необходимо внешний облик конкретизировать указанием габитуса кристалла. Например, хорошо образованные шестоватые по облику кристаллы берилла имеют гексагонально-призматический габитус (хорошо развиты грани гексагональной призмы).

Грани кристаллов часто бывают покрыты различной **штриховкой** или бороздками. У одних минералов штриховатость проявляется вдоль вытянутости кристаллов (турмалин, эпидот, эгирин, арсенопирит), у других – поперек (кварц). Для кубических кристаллов пирита характерно, что штрихи одной грани расположены перпендикулярно по отношению к штрихам каждой соседней грани (см. рис. 2.3, а). Образование штриховатости граней связано с особенностями внутреннего строения кристаллов.

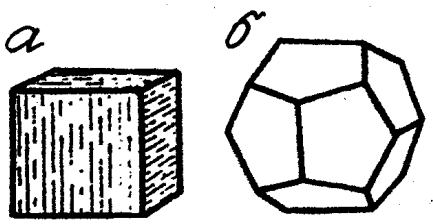


Рис. 2.3. Кристаллы пирита различного габитуса: а – гексаэдр; б – пентагондодекаэдр

2.1.2. Морфология минеральных агрегатов

Минералы в природе редко встречаются в виде отдельных кристаллов или изолированных кристаллических зерен. Обычно, независимо от способа образования, минералы образуют незакономерные сростки кристаллических зерен, либо некристаллические (аморфные) массы, называемые минеральными агрегатами.

Минеральный агрегат – скопление одного или нескольких минералов, возникшее в результате природных процессов минералообразования. Если минеральный агрегат сложен одним минералом, он называется **мономинеральным**, а если двумя и более минералами – **полиминеральным**. Строение и морфология минеральных агрегатов очень разнообразны. Многие из них типичны, приобрели собственные названия и являются важным элементом диагностики минералов. По условиям образования и распространенности различают две группы минеральных агрегатов:

зернистые и особые.

Зернистые агрегаты представляют собой скопление кристаллических минеральных зерен, иногда в сочетании с хорошо образованными кристаллами. Зернистые агрегаты наиболее распространены в природе – ими представлено подавляющее большинство горных пород и руд.

Зернистые агрегаты принято классифицировать по нескольким параметрам.

По абсолютному размеру кристаллических зерен выделяют следующие агрегаты:

1) **явнозернистые** – размер зерен больше 0,1 мм, они легко различимы глазом;

2) **скрытозернистые** – размер зерен меньше 0,1 мм, зерна неразличимы глазом, зернистое строение агрегата надежно устанавливается только при исследовании под микроскопом.

По относительному размеру зерен зернистые агрегаты делятся на:

1) **равномернозернистые** – зерна приблизительно одного размера;

2) **неравномернозернистые** – зерна различны по размерам.

В зависимости от **количественного содержания минералов** в полиминеральном агрегате минерал может образовывать **сплошной зернистый** агрегат или присутствовать в виде **вкрапленных зерен** в массе другого минерала. Вкрапленность может быть равномерной или неравномерной.

По степени заполнения пространства различают **плотные** и **рыхлые** зернистые агрегаты.

Особые минеральные агрегаты имеют значительно меньшее распространение в земной коре, чем зернистые агрегаты. Это объясняется тем, что для их возникновения требуются специфические условия минералообразования.

1. Дендриты (греч. – «дерево») – агрегаты, напоминающие ветки дерева или ветвящиеся ростки мха. Дендриты образуются при быстрой кристаллизации, а также при кристаллизации по тонким трещинкам или в вязкой среде. В виде дендритов встречаются некоторые самородные элементы (золото, серебро, медь), оксиды Mn, лед (рис. 2.4, а).

2. Друзы (нем. – «щетка») – агрегаты хорошо образованных

кристаллов, прикрепленных одним концом к общему основанию (рис. 2.4, б). Образуются при кристаллизации минералов в свободном пространстве: в открытых трещинах, пустотах.

3. Секреции (лат. – «выделение») – образуются в результате заполнения минералами неправильных, чаще округлых пустот, полостей в горных породах. Отложение вещества происходит послойно от стенок пустоты к ее центру, результатом этого является концентрически-зональное строение секреции. Причем отдельные слои (зоны) секреции отличаются, друг от друга по цвету, а часто и по составу. Мелкие секреции (до 10 мм в поперечнике), нацело, заполненные минеральным веществом называются **миндалинами**, более крупные, нередко с пустотой внутри, – **жеодами** (рис. 2.4, в).

4. Конкреции (лат. – «стяжение, сгущение») – представляют собой шаровидные или неправильной формы образования (**желваки**), возникающие в осадочных породах, в основном на стадии преобразования осадка в осадочную горную породу. Они образуются за счет стяжения минерального вещества к какому-либо центру кристаллизации, при этом рост кристаллов в отличие от секреций направлен противоположно – от центра к периферии, в результате чего, нередко, возникает радиально-лучистое внутреннее строение конкреции (рис. 2.4, г). Наиболее часто в виде конкреций встречаются: фосфорит, сидерит, марказит и др. минералы.

5. Оолиты – это сферические образования небольших размеров (от долей миллиметра до 10–15 мм) с ясно выраженным концентрически-скорлуповатым, реже радиально-лучистым строением (рис. 2.4, д). Они образуются при осадконакоплении во взвешенном состоянии в подвижной водной среде путем послойного отложения вещества вокруг каких-либо затравок (песчинок, пузырьков воздуха и пр.), либо при диагенезе в результате диффузии в коллоидной среде. В виде оолитов встречается кальцит, гидроксиды Fe и Mn, железистые хлориты.

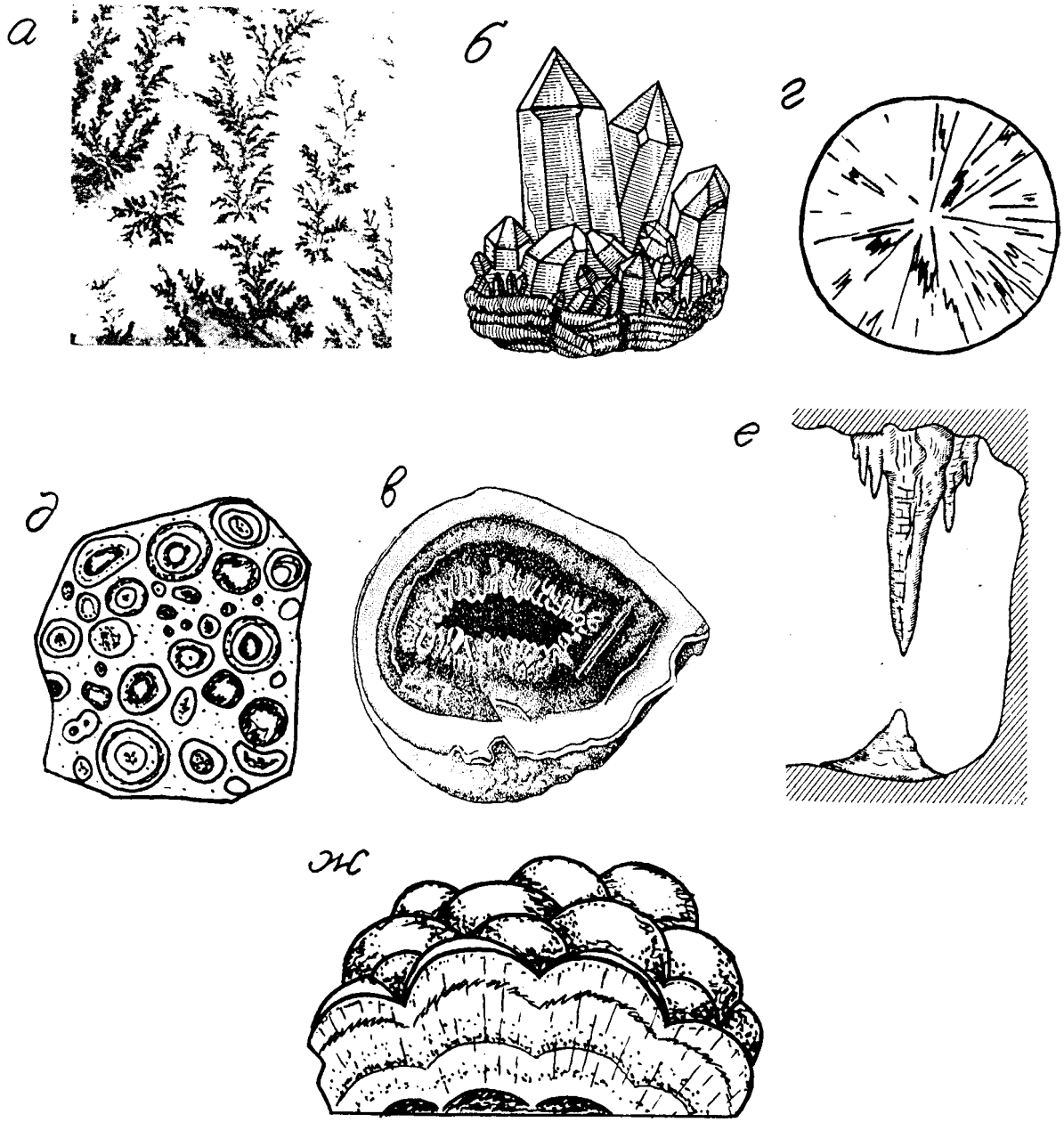


Рис. 2.4. Особые минеральные агрегаты: а – дендриты оксидов марганца; б – друза кристаллов кварца; в – жеода в разрезе, состоящая из кварца и халцедона; г – конкреция фосфорита в изломе; д – оолитовое строение боксита; е – натечные агрегаты кальцита в виде сталактита (вверху) и сталагмита (внизу); ж – натечный почковидный агрегат халцедона

6. Натечные агрегаты возникают в пустотах горных пород путем выпадения из медленно испаряющихся коллоидных растворов. При свободном стекании в крупных полостях под действием силы тяжести возникают натечные образования в виде сосулек – **сталактиты** и растущие им навстречу за счет падающих

капель **сталагмиты** (рис. 2.4, е). Медленно продвигающиеся коллоиды при высачивании на стенки пустот обволакивают их, постепенно теряют воду и затвердевают, образуя **почковидные и гроздевидные** агрегаты (рис. 2.4, ж). Крупные шарообразные образования с блестящей поверхностью носят название **«стеклянные головы».** Натечные образования обнаруживают концентрически-зональное внутреннее строение, которое объясняется послойным отложением вещества из раствора.

Натечные формы образуют опал, кальцит, малахит, лимонит, псиломелан и др.

7. Землистые агрегаты (син. – порошковатые) – это мягкие мучнистые образования, в которых отдельные минеральные зерна неразличимы невооруженным глазом. В зависимости от цвета эти агрегаты называются **сажистыми** (черного цвета) или **охристыми** (коричневого и бурого цвета). Образуются в экзогенных условиях при химическом разрушении горных пород и руд. Землистые агрегаты образуют глинистые минералы, гидроксиды Fe и Mn (лимонит, псиломелан) и др.

2.2. Физические свойства минералов

К физическим свойствам, используемым для быстрого макроскопического, т. е. невооруженным глазом, определения минералов относятся: цвет, цвет черты, блеск, спайность, твердость, плотность, излом, прозрачность. Некоторые физические свойства, как магнитность, растворимость (в воде и кислотах), прочность, побежалость, ощущение на ощупь, запах также используются, но более ограниченно, т. к. проявляются у небольшого количества минералов.

Следует иметь в виду, что **отдельные** физические свойства могут быть одинаковыми у **различных** минералов и, наоборот, какое-либо **отдельное** свойство (например, цвет или плотность) у **одного** и того же минерала может меняться в зависимости от условий образования. Поэтому, при определении минерала необходимо установить для него **возможно большее** количество свойств, которые дадут **сочетание** (комплекс) свойств, присущее **только** данному минералу. В редких случаях некоторые свойства бывают настолько характерны, что по **одному** из них можно сра-

зу определить минерал (магнитность у магнетита, бурная реакция с разбавленной соляной кислотой у кальцита и некоторые другие).

Все физические свойства зависят от химического состава, кристаллической структуры и условий образования минералов.

Цвет минералов – это физическое свойство минералов, являющееся важным диагностическим признаком. Цвет (окраска) минерала зависит от длины волн тех частей падающего на минерал света, которые минералом отражаются, пропускаются или поглощаются. Бесцветные минералы отражают или пропускают все волны белого света, темные (черные) их поглощают. Зеленый минерал, например, отражает или пропускает зеленый свет и поглощает все другие компоненты белого света.

Окраска минерала может быть вызвана вхождением в его кристаллическую структуру элементов хромофор, которые своим присутствием обусловливают определенный цвет минералов. К числу хромофор относят Fe, Ti, V, Mn, Co и многие другие элементы. Минералы, содержащие двухвалентное железо, характеризуются зеленым (хлорит), темно-зеленым и черным (авгит, роговая обманка) цветом.

Окраска может быть связана с дефектами кристаллической решетки минерала. Например, иризация в сине-желтых тонах у плагиоклазов.

Цвет некоторых минералов не зависит от их кристаллохимической природы, а вызван посторонними тонко рассеянными механическими примесями. Например, розовая окраска кальцита вызвана тончайшими вростками гематита.

Некоторые минералы обладают постоянным цветом. Это значительно облегчает их диагностику. Более того, многие минералы названы по этому признаку: хлорит – в переводе зеленый. Для многих других минералов цвет не является устойчивым признаком. Такие минералы, как кварц, кальцит, могут быть окрашены чуть ли не в любой цвет. Окраска минералов часто отражает сходство с окрасками каких-то известных предметов или веществ. Например, молочно-белый или дымчато-серый цвет кварца, соломенно-желтый пирита или травяно-зеленый эпидота.

Чтобы научиться самостоятельно улавливать характерные оттенки цвета отдельных минералов, необходимо попытаться

зрительно запомнить цвета минералов эталонной коллекции.

Цвет черты – это цвет минерала в порошке. Порошок получается при растирании или царапанье твердым минералом по пластинке неглазурованного (шероховатого) фарфора или фаянса. Цвет черты может совпадать с собственным цветом минерала или отличаться от него.

Светлоокрашенные или бесцветные прозрачные и полупрозрачные минералы обладают белой (неокрашенной) чертой. Яснoокрашенные и темноокрашенные непрозрачные минералы также могут иметь неокрашенную черту или окрашенную черту, цвет которой совпадает с цветом минерала в куске. Лишь небольшая группа таких минералов обладает цветом порошка, резко отличным от цвета самого минерала. В последнем случае цвет черты является важным диагностическим признаком. Например, гематит, лимонит и магнетит в кусках часто имеют одинаковую черную окраску, но по цвету черты их можно легко отличить друг от друга – черта будет соответственно вишнево-красная, желто-бурая и черная.

Для того чтобы научиться практически использовать этот диагностический признак, возьмите черту минералов эталонной коллекции. Запомните оттенки цвета порошка, особенно тех минералов, для которых это важное диагностическое свойство, сравните с цветом черты минералов индивидуальной задачи.

Блеск минералов является оптическим эффектом, который создается при отражении света от поверхности минерала и не связан с его окраской. Блеск зависит от показателей преломления и отражения световых лучей поверхностью вещества и от скульптуры этой поверхности. Когда поверхность представляет собой грань кристалла или идеально ровный скол зерна, отражается большая часть падающего света, интенсивность блеска высока. Если же поверхность представлена скрытозернистым агрегатом, то отраженные от такой скрытобугорчатой массы световые лучи будут рассеиваться и гасить друг друга, интенсивность блеска резко снизится (рис. 2.5). Поэтому один и тот же минерал может иметь разный характер блеска в различных агрегатах.

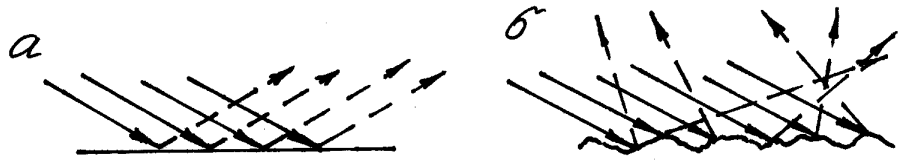


Рис. 2.5. Отражение света: а – от идеально ровного скола зерна; б – от поверхности скрытозернистого агрегата (увеличено)

По степени интенсивности различают три вида блеска.

1. **Металлический блеск** напоминает блеск свежего металла. Это самый сильный блеск. Металлический блеск имеют непрозрачные минералы (независимо от их окраски), дающие черный цвет черты (пирит и др.).

2. **Полуметаллический блеск** или **металловидный** напоминает блеск потускневшей поверхности металла (гематит, графит).

3. **Неметаллический блеск** объединяет целую группу разновидностей.

Стеклянный блеск соответствует блеску стекла. Это самый распространенный в природе блеск, им обладают около 70 % минералов, как светлоокрашенных, так и темноокрашенных с бесцветной чертой (силикаты, карбонаты, сульфаты, кварц на гранях кристаллов).

Жирный блеск напоминает блеск поверхности, смазанной жиром, маслом. Этот блеск характерен для минералов, у которых поверхность скола зерен имеет бугорчатый неровный характер (нефелин, кварц в изломе зерен).

Перламутровый блеск напоминает радужные переливы внутренней перламутровой поверхности ракушек. Он обусловлен отражением света от тонких пластинок или плоскостей спайности минералов (мусковит, тальк, пластинчатые зерна гипса).

Шелковистый блеск возникает при параллельно-волокнистом строении агрегата минерала и напоминает внешний вид шелковых нитей (хризотил-асбест, волокнистый гипс).

Восковый блеск напоминает внешний вид поверхности воска, парафина. Он характерен преимущественно для светлоокрашенных минералов, образующих скрытозернистые агрегаты, со скрытобугорчатой поверхностью (халцедон скрытозернистая разновидность кварца).

Матовый блеск или **тусклый** напоминает поверхность мягкой ворсовой ткани (плюша, велюра). Такой блеск характерен для тонкодисперсных (землистых) агрегатов минералов, обладающих значительной микропористостью (глинистые минералы, землистые лимонит и гематит).

Определение блеска для начинающих представляет известные трудности. Поэтому при изучении блеска рекомендуется тщательно рассмотреть минералы с различными типами блеска из эталонной коллекции, сравнить их между собой, с блеском минералов индивидуальной задачи и попытаться зрительно запомнить.

Спайность минералов – это способность **отдельного** кристалла или **отдельного** зерна минерала раскалываться или расщепляться по определенным направлениям с образованием ровных, гладких, блестящих поверхностей, называемых **плоскостями спайности**. Спайность присуща только кристаллическим веществам. Плоскости спайности ориентированы в тех направлениях, в которых наблюдаются наименьшие силы сцепления между ионами и молекулами в кристаллической решетке минералов (рис. 2.6). Спайность минералов различается *по степени совершенства*.

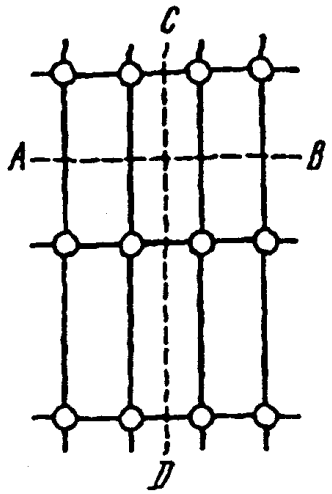


Рис. 2.6. Ориентировка плоскостей спайности. Кристалл легче расколется по направлению AB, чем по CD

Весьма совершенная. Минерал легко расщепляется на отдельные тонкие пластинки или листочки, получить излом иначе, чем по спайности, трудно (слюды, гипс) (рис. 2.7, а).

Совершенная. Минерал при слабом ударе раскалывается по определенным направлениям. Получаются выколки, похожие на кристаллы, с ровными ступенчатыми поверхностями скола (кальцит, галит, амфиболы) (рис. 2.7, б).

Средняя (ясная). При раскалывании образуются как ровные плоскости спайности, так и неровные поверхности излома по случайным направлениям (полевые шпаты, пироксены) (рис. 2.7, в).

Несовершенная (неясная). Минерал раскалывается по произвольным направлениям с образовани-

ем неровных поверхностей излома, отдельные плоскости спайности обнаруживаются с трудом (кварц, нефелин) (рис. 2.7, г).

Весьма несовершенная. Спайность практически отсутствует. При раскалывании на изломе нельзя обнаружить ровных плоскостей (магнетит, пирит) (рис. 2.7, д).

Рис. 2.7. Поверхность скола зерен минералов с различной степенью совершенства спайности: а – весьма совершенной; б – совершенной; в – средней; г – несовершенной; д – весьма несовершенной

Определяя степень совершенства спайности, необходимо фиксировать количество направлений, в которых она проявляется. Существуют минералы, обладающие спайностью в одном (слюды), в двух (амфиболы, пироксены), в трех (кальцит, галит), в четырех (флюорит) и шести (сфалерит) направлениях (рис. 2.8). Причем степень совершенства спайности в различных направлениях может быть разной. Например, у полевых шпатов два направления спайности: по одному направлению она близка к совершенной, по другому – средняя.

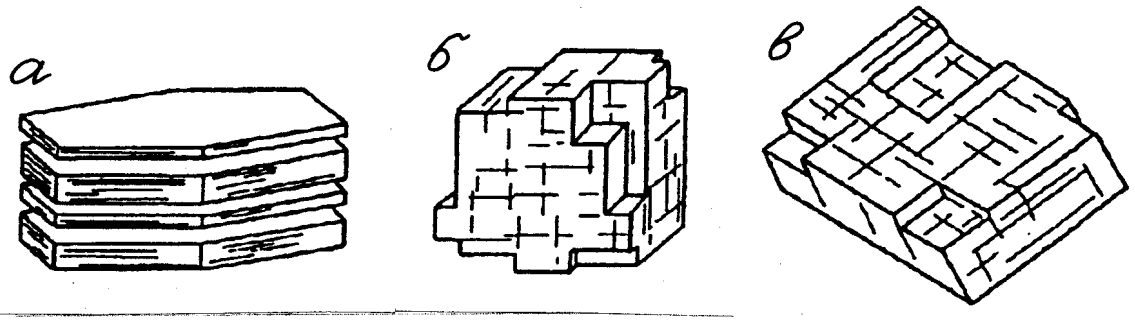


Рис. 2.8. Количество направлений спайности минералов: а – одно зерно биотита; б – три под углом 90° галита; в – три под углами 120° и 60° кальцита

При наличии спайности в двух и более направлениях важным для диагностики минералов является определение угла *между плоскостями спайности*. Например, кальцит и галит имеют по три направления спайности, однако, углы между плоскостями спайности галита прямые, а у кальцита – нет. Поэтому выколки по спайности галита похожи на кубики, а кальцита – на

кубики, сплюснутые по диагональной оси (см. рис. 2.7, б, в).

Спайность – одно из самых важных диагностических свойств минералов. При самостоятельном знакомстве с этим свойством необходимо помнить, что оно характерно **одному зерну или кристаллу** минерала, **а не** минеральному агрегату. Сначала изучите это свойство по крупным одиночным зернам, кристаллам минералов с различной степенью совершенства спайности (биотит, полевой шпат, кальцит). Обратите внимание на количество направлений спайности и углы между ними. Затем необходимо научиться распознавать это свойство по отдельным зернам в минеральном агрегате. Очевидно, что уловить наличие или отсутствие спайности возможно, когда размер зерен **достаточно крупный** (более 0,1 мм). Определить спайность минерала в скрытозернистом агрегате макроскопически невозможно. Ясно выраженная спайность в мономинеральном агрегате устанавливается по следующим особенностям: осматривая всю поверхность агрегата, замечают, что она носит неровный характер, но отдельные элементы этой поверхности представляют собой ровные блестящие площадки, разно ориентированные в пространстве. Например, мономинеральный агрегат кальцита в мраморе. В случае несовершенной спайности ровные площадки отсутствуют. Например, в мономинеральном агрегате зерен кварца.

Горные породы и руды часто представляют собой полиминеральные агрегаты минералов с различной спайностью. Потренируйтесь в умении определять это свойство по породе гранит. Черные зерна биотита обладают весьма совершенной спайностью, светлоокрашенные в разных тонах полевые шпаты характеризуются средней спайностью, а дымчато-серый кварц отличается отсутствием спайности. Зрительно запомните разницу в характере спайности минералов.

Твердость минералов – это сопротивление механическому воздействию (царапанью, шлифованию, вдавливанию) другого более твердого тела, обусловленное в основном прочностью кристаллической структуры минералов.

При визуальной диагностике минералов используют **твёрдость царапанья**. Она определяется царапаньем острием тела, твёрдость которого известна (эталоном твёрдости) по исследуемому минералу. Эталонами твёрдости в минералогии приняты

десять минералов, твёрдость которых принята за условные целые числа. Расположенные в порядке возрастания твёрдости они образуют **шкалу твёрдости Мооса**. В шкале твёрдости каждый предыдущий минерал царапается (чертится) последующим (табл. 1). С помощью шкалы Мооса можно определить **относительную** твёрдость минерала. Для определения твердости исследуемого минерала по его поверхности проводят (с нажимом) острым углом минерала-эталона из шкалы Мооса. Если на исследуемом минерале остается царапина, то его твёрдость меньше, чем у эталона. Если вместо царапины на поверхности исследуемого минерала остается порошок минерала-эталона, то его твёрдость больше, чем у эталона. Испытание проводится до тех пор, пока твёрдость исследуемого минерала не определится как промежуточная между предыдущим и последующим взятыми эталонами или как равная одному из них.

Таблица 1

Шкала твердости Мооса

Минерал	Относительная твердость по шкале Мооса	Абсолютная твердость, кг/мм^2	Минерал	Относительная твердость по шкале Мооса	Абсолютная твердость, кг/мм^2
Тальк	1	2,4	Ортоклаз	6	795
Гипс	2	36	Кварц	7	1120
Кальцит	3	109	Топаз	8	1427
Флюорит	4	189	Корунд	9	2060
Апатит	5	536	Алмаз	10	10060

Твёрдость минерала необходимо определять на **отдельном кристаллическом индивиде минерала** (по грани кристалла, плоскости спайности или выраженному сколу минерального зерна). При определении твёрдости по агрегату минерала часто получают заниженную твёрдость. Это касается скрытозернистых и особенно землистых агрегатов, твёрдость которых оказывается на

несколько единиц шкалы Мооса меньше истинной твёрдости минерала (например, твёрдость гематита – 5,5–6, а в землистом агрегате – около 1). Для определения твёрдости землистых масс следует растереть порошок по поверхности эталона, наблюдая, покроется ли она царапинами.

Эталоны шкалы Мооса могут заменить некоторые легко доступные предметы: *простой карандаш* – твёрдость 1, *ноготь* – 2, *стекло* – 5, *стальная игла или нож* – 6.

В земной коре преобладают минералы твёрдостью не более 7 (2–6). Единственными минералами с твёрдостью 9 и 10 являются корунд и алмаз. Последний отсутствует в учебной шкале Мооса не только по причине своей ценности, но и потому, что нет в природе веществ, твёрдость которых имеет смысл сравнивать с этим эталоном. Минералы с твёрдостью 7–8 составляют небольшую группу (гранаты, турмалин), также малочисленны и минералы с твердостью менее двух. По относительной твердости минералы удобно разбить на три группы: **мягкие** – царапаются ногтем (гипс, тальк, глинистые минералы); **средней твёрдости** – не царапаются ногтем, но стекло оставляет на них царапину (карбонаты, сульфаты, многие слоистые силикаты); **твёрдые** – не царапаются стеклом (кварц, силикаты).

Поэтому для грубой оценки твёрдости, но достаточной при макроскопической диагностике минералов, можно пользоваться ногтем и обычным оконным стеклом. Твёрдость минерала выше 5 можно оценивать по степени легкости царапанья минералом стекла. Для этого необходимо выработать привычку царапать с одинаковым усилием. При одном и том же нажиме царапина, оставленная на стекле минералом с твёрдостью 9 будет глубже и заметнее той, которую оставил минерал с твёрдостью близкой к 5.

Будьте внимательны, если минерал в полиминеральном агрегате горной породы встречается в виде небольших по размеру зерен, царапая им по стеклу, вы рискуете не попасть на стекло испытуемым минералом. Царапайте эталоном (стеклом) по исследуемому минералу.

Определяя твёрдость некоторых минералов, не спутайте её с *хрупкостью*. Слишком большое усилие, прикладываемое к эталону при царапании, может привести к тому, что зерно минерала

просто раскрошится под нажимом. Например, иголочки актинолита довольно твёрдые – 5,5, но хрупкие.

Необходимо помнить, что твёрдость некоторых минералов в горных породах и рудах может оказаться значительно ниже истинной. Это связано с явлением замещения их вторичными минералами, при сохранении внешней формы. Например, оливин (твёрдость 6,5–7), замещаясь серпентином, твёрдость которого 3,5, может обнаруживать твёрдость до 4.

Плотность минералов – физическое свойство, определяющееся отношением массы минерала к занимаемому объему ($\rho = m / V$).

Плотность минералов зависит от химического состава и особенностей кристаллической структуры минералов, в частности, от плотности упаковки атомов в кристаллической решетке.

По плотности минералы условно можно разбить на три группы (это удобно при макродиагностике минералов): легкие ($\rho < 2{,}5$), средние ($\rho = 2{,}5$–4) и тяжелые ($\rho > 4$). Тяжелые – это чаще всего рудные минералы (пирит, галенит, магнетит). Из нерудных высокой плотностью обладают барит (4,6), что является его важнейшим диагностическим свойств.

При макроскопической диагностике минерала важно уметь определить его плотность приблизительно, путем взвешивания минерала на руке, и установить его принадлежность к легкой, средней или тяжелой по плотности группе, дать оценку «легкий», «средний», «тяжелый».

Прозрачность минералов – способность минералов в той или иной степени пропускать свет. По степени прозрачности различают следующие минералы. **Прозрачные** минералы (горный хрусталь) – через них ясно видны предметы, они пропускают свет подобно оконному стеклу. **Полупрозрачные** (дымчатый кварц) – видны лишь очертания предметов, они пропускают свет подобно матовому стеклу. **Просвечивающие** минералы – свет проходит лишь через тонкие пластинки (халцедон) или через тонкий край минерала (гематит). **Непрозрачные** – не пропускают световых лучей даже в очень тонких пластинках (магнетит, пирит).

Прочие физические свойства. Имеются в виду некоторые простые физические свойства, характерные для небольшого чис-

ла минералов, но имеющие для этих минералов важное диагностическое значение.

Магнитность характерна для минералов, содержащих железо. Для определения магнитности минералов используется магнитная стрелка компаса. Минералы, обладающие магнитностью, при поднесении их к неподвижной магнитной стрелке приводят ее в движение.

Реакция с соляной кислотой (HCl). С соляной кислотой взаимодействуют минералы из класса карбонатов. Кальцит при нанесении капли 10%-ной соляной кислоты бурно «вскипает» (выделяет пузырьки CO_2), доломит реагирует аналогично только в порошке, магнезит реагирует при действии нагретой соляной кислоты.

Побежалость это тонкая пестроокрашенная или радужная пленка, образующаяся на поверхности минералов в результате окисления. Пёстрая сине-розовая побежалость характерна для латунно-желтого халькопирита.

Гигроскопичность, т. е. способность поглощать воду. Это свойство легко обнаруживается по прилипанию к языку и влажным губам (глинистые минералы).

Растворимость в воде свойственна некоторым галоидам (галит, сильвин).

Растворимые в воде минералы иногда обладают характерным **вкусом**. Например, соленый на вкус галит легко отличим от жгучего горько-соленого сильвина.

Есть минералы, узнаваемые по **ощущению при прикосновении**. Например, тальк жирный на ощупь.

Парагенетические ассоциации минералов

Совместное образование минералов в природе называют **парагенезисом**. **Парагенетическая ассоциация минералов** (или минеральный парагенезис минералов) – это группа минералов, закономерно образовавшаяся в ходе единого процесса, ограниченного в пространстве и во времени и протекающего в определенных физико-химических условиях. Так, в зависимости от процесса минералообразования, выделяют магматические, пегматитовые и др. минеральные парагенезисы минералов.

Знание минеральных парагенезисов существенно помогает в определении минералов. По наличию некоторых легкоузнавае-

мых минералов удается предполагать, а затем и найти другие минералы, характерные для данного парагенезиса. Например, знание типичных и широко распространенных минеральных парагенезисов магматических пород позволяет легко определять их минеральный состав: узнав в светлоокрашенной породе черный листоватый биотит, рядом можно предполагать наличие кварца и полевых шпатов. Не менее важно знание и так называемых «запрещенных» парагенезисов, т. е. пар и групп минералов, которые не могут образовываться совместно. К запрещенным парагенезисам в магматических породах относят, например, пару кварц – нефелин. Наиболее типичные минеральные парагенезисы приведены в минералогических таблицах.

Сокращения, используемые в приложении 3:

агр. – агрегаты
жирн. – жирный
кр. – кристаллы;
разн. – разновидность
совер. – совершенная
таблитч. – таблитчатые
вкр. – вкрапленные
зер. – зерна
несов. – несовершенная
син. – синоним
спл. – сплошной

Контрольные вопросы

1. Что такое минерал?
2. Какие процессы приводят к образованию минералов?
3. Свойства минералов как кристаллических веществ.
4. Химическая классификация минералов.
5. Какие диагностические признаки используются для определения минералов?
6. Можно ли узнать минерал по форме его кристаллов?
7. Какими бывают минеральные зерна по степени изометричности?
8. Что такое минеральный агрегат? Специфика зернистых и особых агрегатов.
9. Охарактеризовать физические свойства, используемые для диагностики минералов. Каковы особенности их применения?

Список рекомендуемой литературы

1. Ананьев, В. П. Основы геологии, минералогии и петрографии: учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению «Строительство» и строит. специальностям / В. П. Ананьев, А. Д. Потапов. – Москва: Высш. шк., 2008. – 400 с.

2. Ананьев, В. П. Инженерная геология / В. П. Ананьев, А. Д. Потапов. – Москва: Высш. шк., 2006. – 575 с.

3. Бетехтин, А. Г. Курс минералогии. / А.Г. Бетехтин. – Москва: КДУ, 2008. – 735 с.

4. Геологический словарь. Т. 1, 2. – Москва : Недра, 1978.

5. Лебедева, Н. Б. Пособие к практическим занятиям по общей геологии / Н. Б. Лебедева. – Москва: МГУ, 1986. – 101 с.

Приложение 1

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Кузбасский государственный технический университет
имени Т. Ф. Горбачева»

Кафедра маркшейдерского дела и геологии

ОТЧЕТ

по лабораторной работе № 1

Основные породообразующие минералы

Составил студент гр. УЗс-181
Петров И. И.

Проверил доцент Иванов И. И.

Кемерово 2019

Приложение 2

Форма и пример описания минералов отчета

Номер образца	Номер минерала в образце	Кристаллы, зёрна	Агрегат	Цвет	Черта	Блеск	Спайность	Твердость	Прочие свойства, прозрачность, излом	Название минерала, формула	Происхождение	Применение
С1–12(1)	1	Изометричные зёрна	Зернистый	Светло-серый	Белая	Стеклянный	Совершенная	3	Бурная реакция с соляной кислотой	$Ca[CO_3]$	1. Магматическое. 2. Гидротермальное. 3. Кора выветривания при разложении минералов, содержащих Ca. 4. Осадочное	Металлургия в качестве флюса, сельское хозяйство, строительство, декоративный камень, оптика

Приложение 3

Определитель минералов

Название минерала, химическая формула, сингония	Форма кристаллов и зёрен	Агрегаты	Цвет	Черта	Блеск	Спайность	Твёрдость	Плотность, прозрачность, излом, прочие свойства	Происхождение	Практическое применение
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1. Темноокрашенные минералы **1.1. Минералы твердостью более 5**										
1. **Кварц SiO_2** с. тригональная	**Кр. удлинённо-призматические, похожи на карандаши.** Зёр. неправильной формы	Спл. зернистые и вкрапленные, друзы	Разнообразный, обычно **молочно-белый, серый, бесцветный водяно-прозрачный**	Белая	**Жирный**, на гранях кристаллов стеклянный	**Несов.**	**7**	Пл. 2,5-2,8 г/см^3, полупрозрачен или прозрачен, изл. раковистый, горизонтальная штриховка на гранях кристаллов	1. Магматическое – в кислых магматических породах. 2. Пегматитовое – в гранитных пегматитах. 3. Гидротермальное. 4. Метаморфическое. 5. В экзогенных условиях стоек к физическому и химическому разрушению (выветриванию) и накапливается в виде частиц песчаной и пылеватой размерности в обломочных осадочных породах	Оптика, радиотехника, ювелирное дело, стекольная промышленность

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2. **Халцедон SiO_2** с. тригональная, является скрытокристаллической разновидностью кварца	Зёр. волокнистые **не различимы глазом**	**Скрытозернистые, натёчные концентрически-слоистые, желваки**	Разнообразный, чаще серый, жёлто-серый, красно-бурый	Белая	**Восковый**, редко матовый	Несов.	**6,5**	Пл.2,5-2,8 г/см^3, часто просвечивает, изл. раковистый	1. Гидротермальное низкотемпературное, обычно сопровождающее вулканическую деятельность – халцедон выделяется в пустотах и трещинах лав. 2. Экзогенное – при дегидратации гелей кремнезёма	Поделочный камень, в ювелирном деле, в приборостроении
3. Опал **$SiO_2 \cdot nH_2O$** аморфен, это твёрдый гидрогель кремнезёма	Кр. не образует	**Стеклоподобные массы натёчные, желваки, реже землистые, псевдоморфозы**	Различные оттенки жёлтого, бурого, красного, серого	Белая	**Восковый** до матового, иногда стеклянный	-	**5-5,5**	. Пл. 1,9-2,5 г/см^3, просвечивает по краям, изл. раковистый, от халцедона отличается меньшей твердостью	1. Кора выветривания: при разложении силикатов. 2. Осадочное: в прибрежных зонах морских бассейнов. 3. Биогенное: в результате жизнедеятельности организмов, имеющих кремниевый скелет, панцирь (диатомит, трепел). 4. Гидротермальное низкотемпературное (редко). 5.Из гейзеров и горячих источников в вулканических областях (кремнистый туф, гейзерит)	Поделочный камень, строительное дело, абразивная промышленность и др.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
4. **Калиевые полевые шпаты (КПШ) $K[AlSi_3O_8]$** с. моноклинная и триклинная	Кр. таблитчатые, таблитчато-призматические. Зёр. **таблитчатые до изометричных**	Спл. зернистые и вкрапленные	**Розовый, мясо-красный, кремово-жёлтый, голубовато-зелёный (амазонит),** реже светло-серый, белый, бесцветный (санидин)	Белая	**Стеклянный**	В двух направлениях под углом 90°. По одному направлению **совершенная**, по другому – менее совершенная **(до средней)**	**6**	Пл. 2,5–2,6 г/см^3, непрозрачен, иногда прозрачен (санидин)**,** встречается в **светлоокрашенных магматических породах** в парагенезисе с кварцем, биотитом или роговой обманкой, кислым или щелочным плагиоклазом	1. Магматическое – являются породообразующими минералами кислых и щелочных пород. 2. Пегматитовое преобладает микроклин, ортоклаз редок. 3. Метасоматическое – калиевые полевые шпаты, чаще микроклин образуется при калиевом метасоматозе. 4. Гидротермальное. 5. Метаморфическое	. Микроклин и ортоклаз из пегматитов используется в керамической и стекольной промышленности. Амазонит – поделочный камень

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
5. **Плагиоклазы (100–n) $Na[AlSi_3O_8]$ – n $Ca[Al_2Si_2O_8]$** с. триклинная	Кр.таблитчато-призматические. **Зёр. таблитчатые до изометричных, характерны полисинтетические двойники**	Спл. зернистые и вкрапленные	**Белый, серый до тёмно-серого** (основной плагиоклаз), иногда с зеленоватым оттенком, редко бесцветный	Белая	**Стеклянный**	В двух направлениях под углом 90°. По одному направлению **совершенная,** по другому менее совершенная **(до средней)**	**6**	Пл. 2,6–2,7 г/см^3, непрозрачен до прозрачного, на плоскостях спайности иногда наблюдается **голубоватая или желто-синяя иризация (свечение)**	1. Магматическое – для основных пород характерны основные плагиоклазы, для средних–средние, для кислых – кислые плагиоклазы. 2. Пегматитовое – чаще олигоклаз и альбит. 3. Метасоматическое – чаще образуется альбит. 4. Метаморфическое – в сланцах и гнейсах, обычно андезин, олигоклаз, иногда альбит. 5. Гидротермальное – в рудных жилах часто образуется альбит	Как облицовочный декоративный камень – лабрадор; в ювелирном деле–солнечный камень (разновидность с искристо-золотистым отливом)

1.2. Светлоокрашенные минералы твердость менее 5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
15. **Галит NaCl** (син. каменная соль), с. кубическая	Кр. в виде кубов. **Зёр. изометричные**	Спл. зернистые, реже друзы, выцветы, рыхлые массы	**Бесцветный водянопрозрачный, белый серый, редко желтоватый**	Белая	**Стеклянный,** на выветрелой поверхности жирный	**Совер.** по кубу в трёх направлениях	**2,5**	Пл. 2,1-2,2 г/см^3, **легко растворяется в воде, имеет солёный вкус**	1. В основном экзогенное – химические осадки усыхающих озёр и лагун в условиях сухого и жаркого климата. 2. Экзогенные выцветы солей в пустынях. 3. Вулканические возгоны	Пищевая и химическая промышленность, сырьё для получения металлического натрия
16. **Сильвин KCl,** с. кубическая	Кр. в виде кубов. **Зёр. изометричные**	Спл. зернистые, реже выцветы	**Бесцветный водянопрозрачный, белый, ярко-красный**	Белая	**Стеклянный,** на выветрелой поверхности жирный	**Совер.** по кубу в трёх направлениях	**2**	Пл. 1,9-2,0 г/см^3, **легко растворяется в воде, имеет горько-солёный жгучий вкус**	1. В основном экзогенное – химические осадки усыхающих озёр и лагун в условиях сухого и жаркого климата. 2. Экзогенные выцветы солей в пустынях. 3. Вулканические возгоны	Удобрения, химическая промышленность

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
17. **Кальцит** **$Ca[CO_3]$** (син. известковый шпат), с. тригональная	Кр. ромбоэдры, таблитчатые. **Зёр. таблитчатые до изометричных**	Спл. зернистые и вкрапл., скытозернистые, натёчные, землистые	Белый, серый, бесцветный водяно-прозрачный, жёлтый, голубой, розовый	Белая	**Стеклянный,** у землистых агрегатов матовый	**Совер.** по ромбоэдру в трёх направлениях	**3**	Пл. 2,6-2,8 г/см^3, **бурная реакция с HCl в куске,** изл. ступенчатый	1. Магматическое. 2. Гидротермальное 3. Кора выветривания: при разложении минералов, содержащих Са . 4. Осадочное химическое . 5. Осадочное биохимическое (ракушечник)**,** слагает ракушеч-ник, 6.Метаморфическое	Металлургия в качестве флюса; сельское хозяйство, строительство – известь, цемент; декоративный камень, мел
18.Доломит **$CaMg[CO_3]_2$**	Кр. ромбоэдры. Зерна таблитчатые до изометричных	Спл. зернистые и вкрапл., натёчные, землистые	Белый, серый, иногда, жёлтоватый, зеленоватый, розовый	Белая	**Стеклянный,** у землистых агрегатов матовый	**Совер.** по ромбоэдру в трёх направлениях	**3,5-4**	Пл. 2,6-2,8 г/см^3, **бурная реакция с HCl в порошке,** изл. ступенчатый	1. Осадочное химическое – в морских солеродных бассейнах. 2. Вторичные доломитовые породы образуются в экзогенных условиях. 3. Гидротермальное. 4. Метаморфическое	Строительный материал, в металлургии (флюс), извлечение магния, огнеупорные кирпичи

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
19. **Флюорит CaF_2** (син. плавиковый шпат), с. кубическая	Кр. кубы, реже октаэдры. **Зёр. изометричные**	Спл. зернистые и вкрапленные, реже натёчные, друзы	**Зелёный, фиолетовый** реже бесцветный водяно-прозрачный, голубой	Белая	**Стеклянный,** в изломе жирный	**Совер.** по октаэдру в четырёх направлениях	**4**	Пл. 3,1-3,2 г/см^3, **трещины спайности пересекаются, образуя равносторонние треугольники, пятнистая окраска**, полупрозрачен	1. В основном гидротермальное низкотемпературное. 2. Пневматолитовое в грейзенах. 3. Экзогенное при осадконакоплении	В металлургии в качестве флюса, получение фтористых соединений, оптический флюорит – оптическое сырьё
20.**Мусковит $KAl_2[AlSi_3O_{10}](OH,F)_2$** с. моноклинная	Кр. таблитчатые. Зёр. **листоватые**, пластинчатые, таблитчатые	Спл. зернистые и вкрапленные, скрытозернистые	**Серебристо-белый**, серый, светло-коричневый иногда с розоватым или зеленоватым оттенком	Белая	**Перламутровый**	**Весьма совершен.** в одном направлении, спайные листочки гибкие и упругие	**2-3**	Пл. 2,7 г/см^3, **спайные листочки бесцветные водяно-прозрачные**	1. Магматическое в связи с кислыми породами. 2. Пегматитовое (основное промышленное значение). 3. Метаморфическое: в кристаллических сланцах. 4. Пневматолитовое в грейзенах. 5.Гидротермальное и метасоматическое	90 % мусковита в электропромышленности, радиотехнике и приборостроении, где используются его диэлектрические свойства

2. Темноокрашенные минералы

2.1.Темноокрашенные минералы твердостью более 5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
21. **Оливин $(Mg,Fe)_2[SiO_4]$** (син. перидот), с. ромбическая	Кр. редки. **Зёр. изометричные**	Спл. зернистые и вкрапленные	**Зеленовато-чёрный**, реже тёмно-зелёный, светло-жёлто-зелёный	Белая	Стеклянный, до **воскового** при замещении серпентином	**Несов.**	**6,5-7 до 4** при замещении	Пл. 3,2-3,6 г/см^3, **встречается в тёмно-окрашенных породах, парагенезис с авгитом**	1. Магматическое. В связи с ультраосновными породами (дуниты, перидотиты, кимберлиты) или основными породами (габбро, базальты). 2. Пегматитовое в связи с гранитами редок фаялит. 3.Контактово-метасоматическое (магнезиальные скарны) и контактово-метаморфическое (мраморы)	Маложелезистые разновидности используются для изготовления огнеупорных кирпичей. Хризолит – драгоценный камень
22. **Эгирин $NaFe[Si_2O_6]$**, с. моноклинная	Кристаллы длинно-призматические, зерна игольчатые	Спл. зернистые и вкрапленные	**Чёрный,** иногда с зеленоватым оттенком	Белая	Стеклянный	**Средняя** в двух направлениях под углом 87	**5,5-6,5**	Пл. 3,5-3,6 г/см^3, **встречается в щелочных магматических породах, парагенезис с нефелином**	1. В основном магматическое – породообразующий минерал в щелочных магматических породах. 2.Пневматолитовое в альбититах	Не имеет

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
23. **Авгит** **(Ca,Na)** **(Mg,Fe,Al)** **[(Si,Al)$_2$O$_6$],** с. моноклинная	Кр. короткостолбчатые. **Зёр. короткостолбчатые до изометричных**	Спл. зернистые и вкрапленные	**Чёрный,** иногда с зеленоватым оттенком	Белая	Стеклянный	**Средняя** в двух направлениях под углом 87°	**5-6,5**	Пл. 2,9-3,2 г/см^3, **встречается в тёмноокрашенных породах, парагенезис с основным плагиоклазом, оливином**	1. Магматическое – породообразующий минерал основных магматических пород. 2. Образуется при контактовом и региональном метаморфизме. 3. Обнаружен в образцах лунных пород	Не имеет
24. **Роговая обманка** **Ca$_2$Na** **(Mg,Fe^{2+})$_4$** **(Al,Fe^{3+})** **[(Si,Al)$_4$O$_{11}$]$_2$** **(OH)$_2$** с. моноклинная	Кр. длинно-призматические. **Зёр. от короткостолбчатых до игольчатых**	Спл. зернистые и вкрапленные	**Чёрный,** иногда с зеленоватым оттенком, тёмно-зелёный	Белая	Стеклянный	**Совер.** в двух направлениях под углом 124°	**5,5-6**	Пл. 3,0-3,5 г/см^3, **встречается в светлоокрашенных магматических породах, парагенезис с кислыми или средними плагиоклазами**	1.Магматическое – в интрузивных и эффузивных породах среднего, кислого, щелочного состава. 2.Метаморфическое – в сланцах, гнейсах и амфиболитах, так же в контактовых роговиках	Не имеет

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
25. Эпидот $Ca_2(Al_2Fe)[SiO_4][Si_2O_7]O(OH)$ с. моноклинная	Кр. удлинённые. Зёр. от коротко-столбчатых до игольчатых	Спл. зернистые и вкрапленные, скрыто-зернистые, радиально-лучистые	Травяно-зелёный, фисташково-зелёный (тёплые тона)	Белая	Стеклянный	Совер. в одном направлении	6,5-7	Пл. 3,3-3,6 г/см^3, штриховка на гранях кристаллов и зёрен параллельно удлинению	1. Контактово-метасоматическое в известковых скарнах с кальциевым гранатом, диопсидом, хлоритом, кварцем, кальцитом, сульфидами. 2. Регионально-метаморфическое в составе зелёных сланцев и эпидотовых амфиболитов	Не имеет
26. Гранат $R_3N_2[SiO_4]_3$ R – Ca, Mg, Mn, Fe N – Al, Fe, Cr, с. кубическая	Кр. ромбододекаэдры, тетрагон-триоктаэдры. Зёр. изометричные	Спл. зернистые и вкрапленные, друзы	Красно-бурый, буровато-чёрный, жёлто-зелёный, фиолетово-красный	Белая	Стеклянный, в изломе жирный	Несов.	6,5-7,5	Пл. 3,4-4,3 г/см^3, часто парагенезис с эпидотом, кальцитом, диопсидом, слюдами	1. Регионально-метаморфическое в кристаллических сланцах и гнейсах. 2. Контактово-метасоматическое в скарнах	Абразивное сырьё, прозрачные гранаты в ювелирном деле

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
27. Диопсид $CaMg[Si_2O_6]$ с. моноклинная	Кр. короткостолбчатые. Зёр. короткостолбчатые до изометричных	Спл. зернистые и вкрапленные	Светлый серо-зелёный	Белая	Стеклянный	Средняя в двух направлениях под углом 87°	5,5-6	Пл. 3,3-3,4 г/см^3, часто парагенезис с гранатом, эпидотом	1. Магматическое. 2. Контактово-метасоматическое в скарнах. 3. Метаморфическое в роговиках	Не имеет

2.2. Темноокрашенные минералы твердостью менее 5

28. **Биотит $K(Mg,Fe)_3[AlSi_3O_{10}](OH,F)_2$** с. моноклинная	Кр. таблитчатые. Зёр. **листоватые**, пластинчатые, таблитчатые	Спл. зернистые и вкрапленные, редко друзы	**Чёрный**, темно-бурый	Белая	Стеклянный, иногда с перламутровым отливом	**Весьма совершен.** в одном направлении, спайные листочки гибкие и упругие	**2-3**	Пл. 3,0-3,1 г/см^3, иногда просвечивает, **встречается в светлоокрашенных магматических породах, парагенезис с кислым плагиоклазом, кварцем, КПШ**	1. Магматическое в связи с кислыми, средними и щелочными породами. 2. Пегматитовое. 3. Метаморфическое: в различных сланцах и гнейсах. 4. Гидротермальное и метасоматическое, высокотемпературное	Не имеет

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
29. **Хлориты** $\mathbf{(Mg,Fe)_{6-n}(Al,Fe^{3+})_n[Al_nSi_{n-4}O_{10}](OH)_8}$ с. моноклинная	Кр. таблитчатые редки. Зёр. **листоватые,** чешуйчатые	Спл. зернистые и вкрапленные, скрытозернистые, железистые хлориты – оолиты	**От светло-зелёного до тёмно-зелёного**	Белая, зеленоватая	**Стеклянный** до перламутрового , у скрытозернистых масс **матовый**	**Весьма совершен.** в одном направлении, спайные листочки гибкие, но не упругие	**2-3**	Пл. 2,6-3,4 г/см^3, в тонких листочках прозрачен	1. Метаморфическое – в составе зелёных сланцев. 2. Гидротермальное и метасоматическое, низкотемпературное. Образуется как вторичный минерал за счет магнезиально-железистых силикатов. 3. Осадочное химическое при недостатке кислорода в прибрежной зоне морей	Железистые разновидности (шамозит и тюрюнгит) – руда на железо
30. **Тальк** $\mathbf{Mg_3[Si_4O_{10}](OH)_2}$ (син.: жировик, мыльный камень) с. моноклинная	Кр. таблитчатые редки. Зёр. **листоватые,** чешуйчатые	Спл. зернистые, скрытозернистые плотные (жировик)	Зелёный, **светло-зелёный, светло-серый, белый,** иногда голубоватый	Белая	**Перламутровый** в плотных скрытозернистых агрегатах **восковый**	**Весьма совершен.** в одном направлении, спайные листочки гибкие, но не упругие	**1 (царапается ногтем)**	Пл. 2,7-2,8 г/см^3**, жирен на ощупь,** в тонких листочках прозрачен	Метаморфическое – при метасоматическом изменении богатых магнием магматических пород, доломитов, а также при динамометаморфическом преобразовании глинистых пород в составе кристаллических сланцев	Огнеупорный и кислотоупорный материал, в бумажной и резиновой промышленности как наполнитель, медицина

2.3. Светлоокрашенные, глиноподобные минералы твердость менее 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
31. **Каолинит** **$Al_4[Si_4O_{10}](OH)_8$** (син. земля фарфоровая), с. моноклинная	Кр. редки. Зёр. чешуйчатые **(неразличимы глазом)**	**Землистые,** редко натёчные	**Белый, голубоватый, желтоватый, розоватый, зеленоватый**	Белая	**Матовый**	Весьма совершен., но форма агрегатов не позволяет её наблюдать	**1 (царапается ногтем)**	Пл. 2,6 г/см^3, **гигроскопичен (прилипает к языку), в сухом виде растирается между пальцами, во влажном состоянии пластичен, с характерным запахом глины**	Экзогенное в коре выветривания при химическом разрушении минералов различных пород. Каолинит входит в состав глинистых пород	Строительство, керамика, бумажная промышленность, производство линолеума, красок, буровых растворов и др
32. **Монтмориллонит** **$Al_2Mg_3[Si_4O_{10}](OH)_2 \cdot nH_2O$** с. моноклинная	Кр. редки. Зёр. чешуйчатые **(неразличимы глазом)**	**Землистые**	**Белый, сероватый, голубоватый, розоватый, зеленоватый**	Белая	**Матовый**	Весьма совершен., но форма агрегатов не позволяет её наблюдать	**1 (царапается ногтем)**	Пл. 1,7-2,7 г/см^3, **жирный на ощупь, гигроскопичен (прилипает к языку), в сухом виде растирается между пальцам**	Экзогенное – при химическом выветривании эффузивных пород. Входит в состав бентонитовых глин и других глинистых пород	Обладает высокой способностью поглощать жидкость и другие вещества. Используется для очистки нефти, воды, пищевых продуктов, как наполнитель в мыловарении

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

Часть 1. СКАЛЬНЫЕ МАГМАТИЧЕСКИЕ ГРУНТЫ (ПОРОДЫ)

(работа выполняется в течение 2 часов)

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Целью данной работы является знакомство с важнейшими представителями магматических грунтов по эталонной коллекции, приобретение навыков по инженерно-геологической оценке скальных грунтов, определение его номенклатуры и классификационного положения согласно ГОСТ 25100–2011 [3].

Естественные минеральные агрегаты определенного состава и строения, сформировавшиеся в результате геологических процессов и залегающие в земной коре в виде самостоятельных тел, называются горными породами. По генезису (происхождению) все горные породы подразделяются на три типа 1) магматические горные породы; 2) осадочные горные породы; 3) метаморфические горные породы.

В инженерной геологии горные породы рассматриваются как грунты, слагающие основания инженерных сооружений, являющиеся средой или материалом для возведения сооружений.

Важнейшее значение при этом имеет изучение состава и свойств грунтов, т. к. именно данные о них в первую очередь необходимы для расчётов, связанных с проектированием любых сооружений и разработкой систем инженерной защиты территории и строительных объектов.

Магматические горные породы (грунты) образуются в результате застывания и кристаллизации магмы – сложного силикатного расплава, поднимающегося из недр Земли. Они относятся к классу пород (грунтов) с жёсткими кристаллизационными связями. Скальные грунты залегают обычно в виде сплошного или трещиноватого массива. Наличие структурных связей кристаллизационного типа обусловливает их малую деформируемость и высокую прочность, которая значительно превосходит нагрузки, существующие в строительной практике.

1.1. По инженерно-геологической классификации, утверждённой ГОСТ 25100–2011, все магматические горные породы (грунты) подразделяются на таксономические подразделения по группам признаков:

– **класс (подкласс)** – по природе структурных связей – скальные с жёсткими кристаллизационными связями;

– **тип** (по генезису) – магматические интрузивные или эффузивные;

– **вид** (по вещественному, петрографическому или литологическому составу) – силикатные;

– **подвид** – (по наименованию грунтов с учётом размеров частиц и показателей свойств) – перидотиты, габбро, диориты граниты и другие;

– **разновидности** (по количественным показателям состава, строения, состояния и свойств грунтов) – прочные, невыветрелые, плотные и др.

1.2. ФАЦИАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ МАГМАТИЧЕСКИХ ГРУНТОВ

Фации (условия образования) магматических пород интрузивного происхождения выделяют по глубинам их затвердевания. Фации вулканических пород устанавливают в зависимости от степени сохранности первичного минерального состава.

Классификация магматических пород по условиям образования

1. **Интрузивные**
   - а) глубинные (абиссальные)
   - б) близповерхностные (гипабиссальные)
2. **Эффузивные**
   - а) неизменённые (кайнотипные)
   - б) изменённые (палеотипные)

Условия образования породы достаточно надёжно устанавливаются на основе анализа особенностей строения породы, то есть структуры и текстуры.

Структура грунта – особенности строения грунта, обусловленные степенью раскристаллизации вещества, формой и размером минеральных частиц, относительной разницей в размере.

Выделяют следующие виды структур:

1.2.1. Структуры по степени кристалличности минеральной массы:

а) **полнокристаллическая** (весь объём породы слагается хорошо различимыми минеральными зёрнами);

б) **стекловатая** (весь объём породы сложен вулканическим стеклом);

в) **неполнокристаллическая** (без микроскопа устанавливается предположительно, если весь объём породы или часть его сложена скрытозернистым агрегатом).

1.2.2. Структуры по абсолютному размеру зёрен породы:

а) < 0,1 мм – **скрытозернистая** (зернистость улавливается, но отдельные зёрна невооружённым глазом неразличимы);

б) 0,1 мм – **мелкозернистая;**

в) 1–5 мм – **среднезернистая;**

г) 5–10 мм – **крупнозернистая;**

д) 10–20 мм – **грубозернистая;**

е) > 20 мм – **гигантозернистая.**

Примечание. Если порода характеризуется резкой разницей в размерах зёрен, то в описании отдельно отмечается структура основной массы и структура вкрапленников.

1.2.3. Структуры по относительной разнице в размере зёрен:

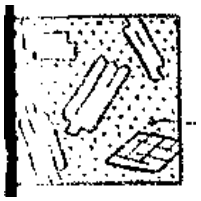
а) **равномернозернистая** (разница в размерах зёрен одного и того же минерала $l_{max}/l_{min} < 2$;

б) **неравномернозернистая** $l_{max}/l_{min} \geq 2$.

Среди неравномернозернистых структур особо выделяют структуры под следующими названиями: **порфировая** и **порфировидная**, отличающиеся структурой основной массы породы.

Порфировая структура (рис. 1) характеризуется наличием в породе вкрапленных кристаллов – порфировых выделений, погруженных в скрытозернистую основную массу, содержащую нераскристаллизованный остаток – стекло.

Порфировидная структура (рис. 2) отличается от порфировой структуры полнокристаллической основной массой, которая слагается агрегатом зерен от мелкозернистого до крупнозернистого строения.



Основная масса скрытозернистая

Основная масса полнокристаллическая

Рис. 1. Порфировая структура

Рис. 2. Порфировидная структура

Пример описания интрузивного образца. Структура полнокристаллическая, среднезернистая, равномернозернистая, порфировидная.

Текстура грунта – особенности сложения грунта, обусловленные пространственным расположением слагающих грунт частиц, степенью компактности выполнения объёма породы минеральной массой.

Выделяют следующие виды текстур:

1.2.4. Текстуры по степени однородности минеральной массы:

а) **однородная** (рис. 3),

б) **неоднородные** (пятнистые, полосчатые) (рис. 4, 5).

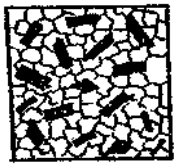


Рис. 3. Однородная текстура

Рис. 4. Пятнистая текстура

Рис. 5. Полосчатая текстура

1.2.5. Текстуры по степени взаимоориентировки зёрен:

Рис. 6. Неориентированная текстура

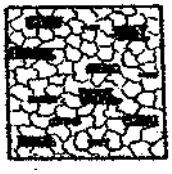


Рис. 7. Директивная (линейная) текстура интрузивной породы

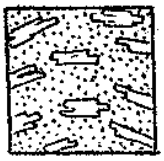


Рис. 8. Флюидальная (потоковая) текстура вулканической породы

а) **неориентированная** (рис. 6);

б) **ориентированная** (рис. 7, 8):

- директивная – обнаруживается в полнокристаллических породах как результат движения магмы при кристаллизации (рис.7);

- флюидальная – обнаруживается в неполнокристаллических породах с ориентировкой вкрапленников в направлении течения лавы (рис.8).

1.2.6. Текстуры по степени выполнения объёма породы минеральной массой:

а) **массивная** (компактная) – пустоты невооружённым глазом не обнаруживаются;

б) **пористая** – имеются пустоты размером < 1 мм;

в) **пузыристая** – имеются пустоты размером > 1 мм (пористая и пузыристая имеют место в эффузивных неизмененных породах);

г) **миндалекаменная** – ранее имевшиеся пустоты заполнены вторичными минералами (опалом, эпидотом, карбонатами и другими минералами) (рис. 9).

Заполненные пустоты «миндалины»

Рис. 9. Миндалекаменная текстура

1.3. КЛАССИФИКАЦИЯ МАГМАТИЧЕСКИХ ГРУНТОВ ПО ХИМИЧЕСКОМУ СОСТАВУ

Все магматические грунты (горные породы) по химическому составу подразделяются на два ряда: а) щелочно-земельный ряд и б) щелочной ряд (прил. 1). Внутри каждого ряда грунты подразделяются на группы. Классификационным признаком деления грунтов на группы является содержание в них кремнезёма (SiO_2), выраженное в процентах.

В щелочноземельном ряду выделяются четыре группы:

а) породы ультраосновного состава (SiO_2 < 45 %);
б) породы основного состава (SiO_2 = 45–52 %);
в) породы среднего состава (SiO_2 = 52–65 %);
г) породы кислого состава (SiO_2 = 65–75 %);
В щелочноземельном ряду выделяются три группы:
а) породы среднего состава (SiO_2 = 62–65 %);
б) породы среднего-основного состава (SiO_2 = 50–60 %);
в) породы ультраосновного состава (SiO_2 = 40–50 %).

Содержание кремнезёма SiO_2 в горной породе устанавливается химическим анализом. Но в макроскопической диагностике горных пород принадлежность породы к химической группе устанавливают по количественному (%) соотношению в породе темноокрашенных минералов к светлоокрашенным минералам, используя диаграмму Даминовой А. М. (прил. 2), на которой всё поле диаграммы разделено ломаной линией на две зоны: зона темноокрашенных минералов (авгит, оливин, роговая обманка, биотит, эгирин) и зона светлоокрашенных минералов (плагиоклазы, кварц, калиевые полевые шпаты, нефелин). Точка на границе этих зон, установленная по количественному соотношению темноцветных минералов в породе, указывает на принадлежность породы к группе по химическому составу.

1.4. КЛАССИФИКАЦИЯ МАГМАТИЧЕСКИХ ГРУНТОВ ПО МИНЕРАЛЬНОМУ СОСТАВУ

Минеральный состав горной породы обусловливается его химическим составом. Поэтому в классификации горных пород по минеральному составу А. Н. Заварицкого каждая группа пород по минеральному составу соответствует группе пород по химическому составу, что отражено на диаграмме А. М. Даминовой (прил. 2). Название группам пород по минеральному составу составлено из названия самой распространённой интрузивной породы и самой распространённой эффузивной породы в этой группе. Например, название группы по минеральному составу гранитов-липаритов. Это значит, что самой распространённой в природе интрузивной породой этой группы является гранит, а самой распространённой эффузивной породой этой группы является липарит.

1.5. РАЗНОВИДНОСТИ МАГМАТИЧЕСКИХ ГРУНТОВ

Согласно инженерно-геологической классификации, утверждённой ГОСТ 25100–2011, магматические грунты подразделяются на следующие разновидности:

а) – по пределу прочности на одноосное сжатие в водонасыщенном состоянии R_c (МПа):

очень прочный	скальные	> 120
прочный		120–50
средней прочности		>50–15
малопрочные		>15–5

б) – по плотности скелета (ρ_d) грунты подразделяются:

очень плотный	> 2,50
плотный	2,50–2,10
средней плотности	2,1—1,20
низкой плотности	< 1,20

в) – по степени размягчаемости в воде, характеризуемой коэффициентом размягчаемости ($K_{saf} = \frac{R_c}{R_w}$), грунты подразделяются:

неразмягчаемые	$K_{saf} \geq 0{,}75$
размягчаемые	$K_{saf} < 0{,}75$

где R_w – предел прочности на одноосное сжатие в воздушно-сухом состоянии; R_c – предел прочности на одноосное сжатие в водонасыщенном состоянии.

2. ПРИБОРЫ И МАТЕРИАЛЫ

2.1. Эталонные коллекции горных пород
2.2. Рабочая коллекция горных пород
2.3. Определитель минералов:
а) шкала Мооса
б) пластина фарфоровая

в) пластина стеклянная
г) 10 % соляная кислота
д) лупа диаметр 60 мм
е) намагниченная стрелка компаса

2.4. Схема химической классификации минералов
2.5. Схема диаграммы Даминовой А. М.
2.6. Номенклатурные схемы горных пород
2.7. Схема трафаретов Швецова М. С.
2.8. Форма отчётной таблицы

3. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Практическая часть работы сводится к самостоятельному просмотру образцов грунтов эталонной коллекции с одновременным запоминанием признаков и названий пород.

При просмотре коллекции необходимо убедиться в различиях структур и текстур интрузивных и эффузивных пород, обратить внимание на последовательное нарастание густоты окраски от кислых пород к ультраосновным. Необходимо научиться отличать биотит и роговую обманку по форме зёрен, кварц и полевые шпаты по окраске и различиям в спайности. Необходимо сравнить кайнотипные и палеотипные вулканические породы и научиться улавливать признаки зелёнокаменного и краснокаменного изменения по оттенкам окраски.

Далее в предложенной индивидуальной задаче необходимо выбрать образец магматического интрузивного грунта (№ 1) и сделать его описание в соответствии с прил. 4.

3.1. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

3.1.1. Определить структуру магматического грунта (образцы: № 1 – интрузивный; № 2 – эффузивный), руководствуясь методикой, изложенной в п. 1.2. Заполнить графу 2 отчётной таблицы.

3.1.2. Определить текстуру грунта, руководствуясь методикой, изложенной в п. 1.2. Заполнить графу 3 отчётной таблицы.

3.1.3. Определить цвет образца, заполнить графу 4 отчётной таблицы.

3.1.4. Определить минеральный состав грунта. Диагностику минералов интрузивной магматической породы (обр. № 1) провести, используя методические указания. Установить процентное содержание каждого минерала в горной породе.

С помощью трафаретов М. С. Швецова (рис. 10) определить процентное содержание темноцветных минералов в составе интрузивной магматической горной породы.

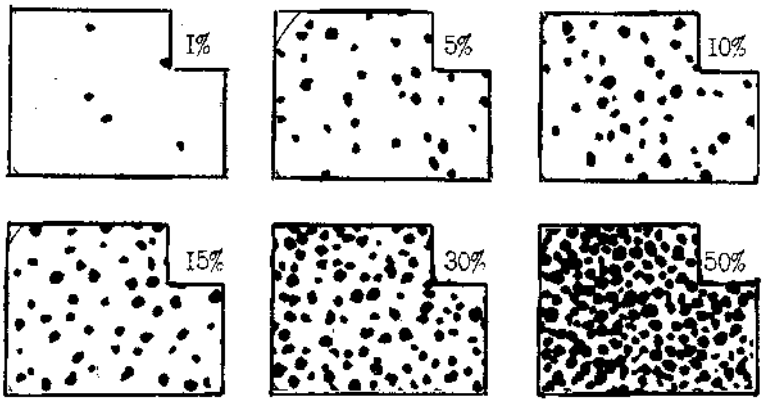


Рис. 10. Трафареты М. С. Швецова для определения процентного содержания составных частей породы

Минеральный состав эффузивной магматической породы установить предположительно по соотношению тёмной и светлой составляющей в цвете горной породы, используя диаграмму А. М. Даминовой (прил. 1).

Результаты диагностики внести в графу 5 отчётной таблицы.

3.1.5. По структуре и текстуре горной породы определить фациальную группу породы, используя прил. 1. Результаты внести в графу 6 отчётной таблицы.

3.1.6. По соотношению темноцветных минералов и светлых минералов в горной породе определить принадлежность породы к химическому ряду и химической группе по диаграмме А. М. Даминовой (прил. 2). Результаты занести в графу 7 отчётной таблицы.

3.1.7. Используя диаграмму А. М. Даминовой (прил. 2) установить принадлежность породы к группе согласно классификации горных пород по минеральному составу. Результаты занести в графу 8 отчётной таблицы.

3.1.8. Используя номенклатуру магматических пород с учётом их фациальных условий образования и принадлежность к

группе по минеральному составу (прил. 3), дать точное петрографическое название горной породе. Результаты занести в графу 9 отчётной таблицы.

3.1.9. Установить принадлежность грунта к таксономическим подразделениям (классу, типу (подтипу), виду, подвиду) согласно инженерно-геологической классификации грунтов, утверждённой ГОСТ 25100–2011 (п. 1). Результаты занести в графы 10, 11, 12, 13 отчётной таблицы.

3.1.10. В графу 14 отчётной таблицы выписать оценочные показатели разновидности грунта в следующем порядке:

– структура;

– текстура;

– R_c – предел прочности на одноосное сжатие в водонасыщенном состоянии, МПа;

– ρ_d – плотность скелета грунта, г/см^3;

– K_{wr} – коэффициент выветрелости грунта (д. е.);

– K_{saf} – коэффициент размягчаемости грунта в воде (д. е.);

3.1.11. С первой горизонтальной строки Альбома показателей физико-механических свойств грунтов задач по грунтоведению в графу 14 отчётной таблицы выписать значения показателей физико-механических свойств грунтов для образца № 1 и из второй горизонтальной строки для образца № 2 (R_c, ρ_d, R_{wr}).

3.1.12. В графу 15 выписать наименование грунта согласно конкретным значениям показателей физико-механических свойств грунта по таблицам Б1, Б2, Б3, Б4, Б5 ГОСТ 25100–2011 [4].

3.1.13. Сделать вывод по результатам работы. Вывод представляет собой полную инженерно-геологическую характеристику грунта, которая заключается в точном наименовании грунта, указании структурно-текстурных особенностей и таксономической оценке. Форма и пример заполнения отчётной таблицы и вывода приведены в прил. 4.

15. Оформить титульный лист. Образец оформления приведён в прил. 5.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назовите пути образования горных пород в земной коре.
2. Дайте инженерно-геологическую классификацию горных пород.
3. Перечислите таксономические категории классификации магматических пород согласно ГОСТ 25100-2011.
4. В чем заключается различие свойств глубинных и излившихся пород?
5. В чем отличие понятия «структура» горных пород от «текстуры»?
6. Опишите структурно-текстурные особенности интрузивных и эффузивных пород.

Список рекомендуемой литературы

1. Ананьев, В. П. Основы геологии, минералогии и петрографии: учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению «Строительство» и строит. специальностям / В. П. Ананьев, А. Д. Потапов. – Москва: Высш. шк., 2008. – 400 с.
2. Ананьев, В. П. Инженерная геология / В. П. Ананьев, А. Д. Потапов. – Москва: Высш. шк., 2006. – 575 с.
3. ГОСТ 25100–2011. Грунты. Классификация. Межгосударственный стандарт. – Москва, 2011. – 78 с.

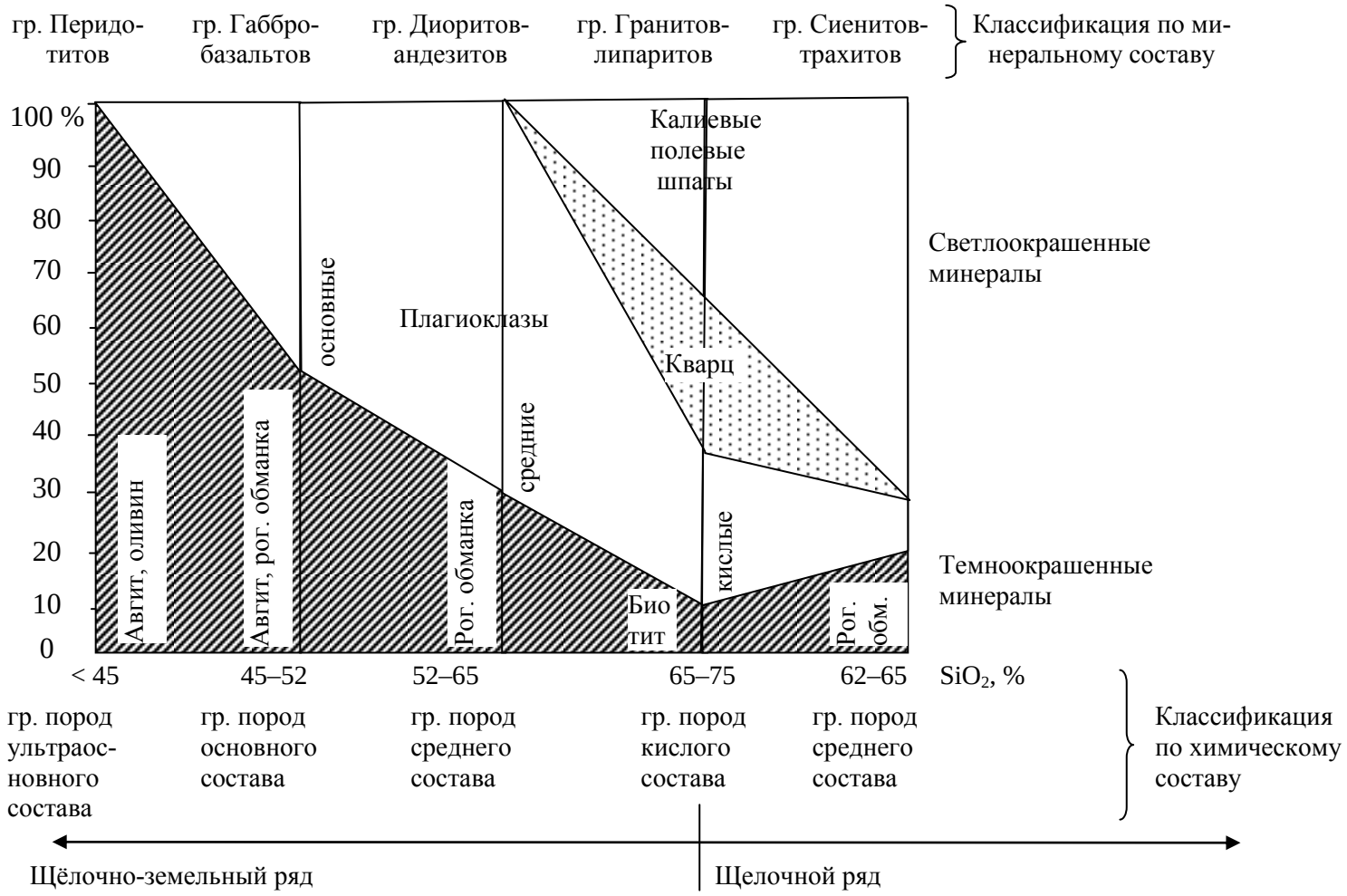
Приложение 1

Структурно-текстурные особенности магматических пород в зависимости от фациальных условий образования

Фациальная группа пород	Структура	Текстура
Интрузивная абиссальная	Полнокристаллическая равномернозернистая среднезернистая или крупнозернистая; Неравномернозернистая порфировидная со среднезернистой или крупнозернистой основной массой	Компактная
Интрузивная гипабиссальная	Полнокристаллическая мелкозернистая; Неравномернозернистая порфировидная с мелкозернистой основной массой; Равномернозернистая грубозернистая или гигантозернистая (пегматоидный тип)	Компактная
Эффузивная	Стекловатая или неполнокристаллическая, равномернозернистая скрытозернистая или неравномернозернистая порфировая со скрытозернистой основной массой	Компактная (плотная), пористая, пузыристая, миндалекаменная

Приложение 2

Диаграмма Даминовой А. М.



Приложение 3

Номенклатура магматических горных пород

Группа пород по минеральному составу / Фация	Перидотитов	Габбро-базальтов	Диоритов-андезитов	Гранитов-липаритов	Сиенитов-трахитов
Интрузивная абиссальная	1. Перидотит (оливин + авгит) 2. Дунит (оливин ≈ 100 %) 3. Пироксенит (авгит ≈ 100 %)	1. Габбро 2. Лабрадорит (основной плагиоклаз ≈ 100 %)	Диорит	1. Гранит 2. Щелочной гранит (нет плагиоклаза) 3. Плагиогранит (нет КПШ)	Сиенит
Интрузивная гипабиссальная	Нерасщеплённые		1. Микрогаббро 2. Габбро-порфирит (порфировидная структура)	1. Микродиорит 2. Диорит-порфирит (порфировидная структура)	1. Микрогранит 2. Гранит-порфир (порфировидная структура)
	Расщеплённые (нет темноцветных минералов)				1. Гранитный пегматит (грубо- и гигантозернистая структура) 2. Гранит-аплит (мелкозернистая структура)
Эффузивная кайнотипная		Базальт	Андезит	1. Липарит 2. Обсидиан (стекловатая структура)	Трахит
Эффузивная палеотипная		1. Базальтовый порфирит (имеются вкрапленники) 2. Диабаз (нет вкрапленников)	Андезитовый порфирит	Липаритовый порфир	Трахитовый порфир

Приложение 4

Форма отчёта и пример решения задачи по скальным магматическим грунтам (горным породам)

№ варианта, задачи, образца породы (грунта)	Петрография							
	Структура	Текстура	Цвет породы (в породах порфировой структуры цвет основной массы)	Минеральный состав, % (для эффузивных пород предполагаемый состав и цветовой индекс)	Группа пород по фациальным условиям образования	Группа пород по минеральному составу классификаций А. Н. Заварицкого	Ряд и группа пород по химической классификации	Название породы
1	2	3	4	5	6	7	8	9
С1-2(1)	Полнокристаллическая, мелкозернистая, равномернозернистая, порфировидная	Однородная, неориентированная, компактная	Серый	Авгит 60 %, плагиоклаз 40 %	Интрузивная гипабиссальная	Габбро-базальтов	Щелочноземельный ряд. Группа пород основного состава	Габбро

Продолжение прил. 4

Таксономические подразделения по ГОСТ 25100-2011					
Класс	Тип (подтип)	Вид	Подвид	Разновидности	
				Показатели физико-механических свойств	Наименование разновидностей грунта
10	11	12	13	14	15
Скальные (с жёсткими структурными связями кристаллизационного типа)	Магматические (интрузивные)	Силикатные Основного состава	Габбро	Структура Текстура R_c = 140 P_d = 2,27 K_{wt} = 1 K_{saf} = 0,9	Мелкозернистая Однородная, компактная Очень прочный Очень плотный Невыветрелый Неразмягчаемый

Вывод: Образец № 1 – грунт скальный, магматический (интрузивный), силикатный (основного состава), габбро, мелкозернистой структуры, однородной компактной текстуры; очень прочный, очень плотный, невыветрелый, неразмягчаемый.

Приложение 5

Пример оформления титульного листа отчёта по лабораторной работе № 2 «Скальные магматические грунты (породы)»

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева»

Кафедра маркшейдерского дела и геологии

Отчет
по лабораторной работе № 2

Часть 1. Скальные магматические грунты (породы)

Составил студент гр. УЗс-181
Иванов И. И.

Проверил доцент Петров С. А.

Кемерово 2019

Часть 2. СКАЛЬНЫЕ МЕТАМОРФИЧЕСКИЕ ГРУНТЫ (ПОРОДЫ)

(Работа выполняется в течение 2 часов)

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Метаморфические породы образуются в результате глубоких изменений и преобразований магматических и осадочных пород в процессе метаморфизма – под влиянием высокой температуры, давления и химически активных веществ. Эти факторы метаморфизма вызывают изменения химического, минералогического состава, структуры, текстуры исходных пород. Все превращения при метаморфизме осуществляются в твёрдом состоянии.

Метаморфическим породам присущи кристаллическая структура и своеобразная текстура: сланцеватая, когда пластинчатые минералы типа слюд располагаются параллельно друг другу; гнейсовая – для которой характерно чередование сланцеватых и зернистых полос.

В зависимости от ведущего фактора метаморфизма различают следующие типы метаморфизма: динамический, контактовый, региональный.

Динамический (катакластический) – вызывается действием направленного давления в зонах тектонических разрывных нарушений.

Контактовый метаморфизм – развивается на контакте между внедрившейся магмой и вмещающими её горными породами. Воздействие высокой температуры, а также газов и магматических растворов ведёт к коренному изменению вмещающих пород.

Региональный метаморфизм – проявляется на больших площадях и в глубине земной коры. Сопровождает складчатообразующие процессы на заключительных этапах развития геосинклиналей, вызывается воздействием петростатического и направленного давления, температуры с участием растворов, играющих роль среды и катализатора химических реакций.

Метаморфические породы (грунты) классифицируются в зависимости от вида метаморфизма, следствием которого они яв-

ляются.

Инженерно-геологическая классификация метаморфических грунтов включает следующие таксономические единицы (по ГОСТ 25100–2011), выделяемые по группам признаков:

– **класс (подкласс)** – по природе структурных связей;

– **тип (подтип)** – по генезису;

– **вид (подвид)** – по вещественному, петрографическому или литологическому составу;

– **разновидности** – по количественным показателям состава, строения, состояния и свойств грунтов.

1.1. **Структуры метаморфических пород**

1.1.1. **Структуры дробления.** Различают **брекчиевидную** и **милонитовую** структуры. Первая характеризует начальную стадию дробления, вторая отличается появлением значительного количества перетёртого, развальцованного и мелкораздробленного материала, цементирующего обломки (рис. 1).

а) б)

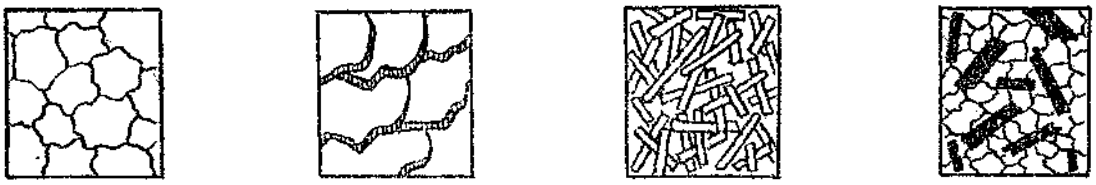
Рис. 1. Структуры дробления: а) брекчиевидная; б) милонитовая

1.1.2. **Структуры перекристаллизации** (кристаллобластовые структуры). Кристаллобластовые структуры подразделяются по форме зёрен:

а) **гранобластовая структура** (характеризуется зёрнами, по форме близкими изометричным, рис. 2, а), мелкозернистая (1 мм) разновидность такой структуры силикатных пород получила название **роговиковой**.

б) **лепидобластовая структура** (свойственна породам, состоящим из чешуйчатых и листоватых зёрен, рис. 2, б);

в) **нематобластовая** структура (выделяется в породах, сложенных шестоватыми и игольчатыми зёрнами, рис. 2, в).



а) б) в) г)

Рис. 2. Кристаллобластовые структуры: а) гранобластовая; б) лепидобластовая; в) нематобластовая; г) нематогранобластовая

Структуру пород, состоящих из зёрен разной формы, называют составным наименованием. Например, нематогранобластовая (выделяется в породах, сложенных изометричными и шестоватыми зёрнами, но с преобладанием первой) (рис. 2, г).

1.1.3. **Реликтовые структуры.** Данная группа структур выделяется в породах, обнаруживающих наряду с начальными признаками дробления или перекристаллизации отчётливые реликты структуры материнской породы. При наименовании структур сохраняют название структуры материнской породы, но в начале названия добавляют приставку бласто- в случае начальной перекристаллизации и кластo- – начального дробления. Например, в известняке стенки раковин слагаются крупными кристаллами кальцита, такая структура называется бластобиоморфная.

1.2. Текстуры метаморфических пород

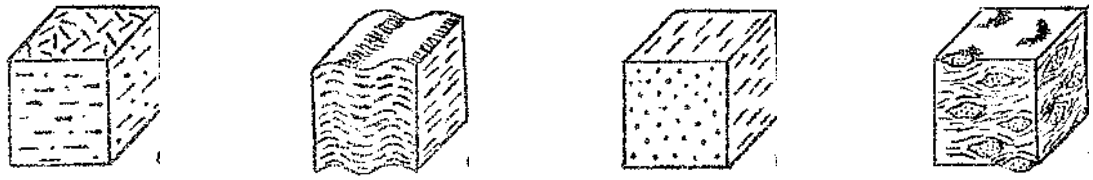
1.2.1. Текстуры по степени однородности:
а) однородная, б) неоднородная (пятнистая, полосчатая).

1.2.2. Текстуры по степени взаимоориентировки зёрен
Устанавливаются:
а) неориентированная
б) ориентированные (сланцеватая и гнейсовая) текстуры.

Сланцеватая текстура подразделяется на параллельно-сланцеватую, волнисто-сланцеватую, линейно-сланцеватую и линзовидную (рис. 3).

Гнейсовая ориентированная текстура выделяется в том случае, если наряду с ориентировкой зёрен в породе установлен

определённый минеральный состав (кварц, полевые шпаты, темноцветные минералы), свойственный гнейсам.



а) б) в) г)

Рис. 3. Сланцеватые текстуры: а) параллельносланцеватая; б) волнистосланцеватая; в) линзовидносланцеватая; г) линзовидная (очковая)

1.2.3. **Реликтовые** текстуры выделяют в породах начального метаморфизма. Например, слоистая (наряду со сланцеватой) текстура в глинистых сланцах.

1.3. Минеральный состав метаморфических пород

Минеральный состав пород зависит от исходных пород и условий термодинамического воздействия, вызывающего последовательную смену ассоциаций минералов по мере повышения давления и температуры. Описание основных метаморфических пород приведено в прил. 1.

1.4. Разновидности скальных грунтов метаморфического происхождения

Согласно инженерно-геологической классификации, утвержденной ГОСТ 25100–2011, метаморфические грунты подразделяются на следующие разновидности:

а) по пределу прочности на одноосное сжатие в водонасыщенном состоянии R_c, МПа:

очень прочные	скальные	> 120
прочные		120–50
средней прочности		50–15
малопрочные		15–5

б) по плотности сухого (скелета) грунты подразделяются (ρ_d, г/см^3):

очень плотный > 2,50

плотный	2,50–2,10
средней плотности	2,10 – 1,20
низкой плотности	< 1,20

в) по коэффициенту выветрелости (K_{wr}, д. е.) скальные грунты подразделяются на:

слабовыветрелые	1–0,9
средневыветрелые	0,8–0,90
сильновыветрелые	< 0,80

г) по степени размягчаемости в воде, характеризуемой коэффициентом размягчаемости ($K_{saf} = \frac{R_c}{R_w}$), грунты подразделяются:

неразмягчаемый	$K_{saf} \geq 0{,}75$
размягчаемый	$K_{saf} < 0{,}75$

где R_w – предел прочности на одноосное сжатие в воздушно-сухом состоянии;

R_c – предел прочности на одноосное сжатие в водонасыщенном состоянии.

2. ПРИБОРЫ И МАТЕРИАЛЫ

1. Эталонные коллекции горных пород.
2. Рабочие коллекции горных работ.
3. Определитель минералов:
   а) шкала Мооса;
   б) пластинка фарфоровая;
   в) пластинка стеклянная;
   г) 10 % соляная кислота;
   д) лупа ∅ 60 мм;
   е) намагниченная стрелка компаса.
4. Схема химической классификации минералов.
5. Схема диаграммы Даминовой А. М.
6. Номенклатурные схемы горных пород.
7. Схемы трафаретов Швецова М. С.
8. Форма отчетной таблицы.

3. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

3.1. На грунтах эталонной коллекции необходимо познакомиться с основными представителями метаморфических пород, их структурно-текстурными особенностями, петрографическими наименованиями, минеральным составом.

3.2. Определить структуру грунта индивидуального задания, руководствуясь признаками, изложенными в общих положениях и лекциях, заполнить графу 2 отчётной таблицы.

3.3. Определить текстуру грунта, руководствуясь рекомендациями, изложенными в общих положениях (п. 1.2). Заполнить графу 3 отчётной таблицы.

3.4. Определить цвет образца, заполнить графу 4 отчётной таблицы.

3.5. Определить минеральный состав грунта, используя методические указания [1, 2, 3, 6]. Результаты занести в графу 5 отчетной таблицы.

3.6. Используя описание структуры и текстуры, по табл. 1 определить вид метаморфизма грунта. Заполнить графу 6 отчётной таблицы.

Таблица 1

Вид метаморфизма	Структуры	Текстуры
Динамический (катакластический)	структуры дробления (брекчиевидные, милонитовые)	текстуры неоднородные, неориентированные, реже сланцеватые
Контактовый (термальный)	структуры перекристаллизации, разнозернистые, роговиковые	неоднородные, неориентированные
Региональный	структуры перекристаллиции	однородные, полосчатые, сланцеватые и гнейсовые

3.7. Определить петрографическое наименование грунта, используя данные прил. 1, заполнить графу 7 отчётной таблицы.

3.8. Определить таксономические единицы: класс, группу, подгруппу, тип и вид согласно инженерно-геологической классификации грунтов, утверждённой ГОСТом 25100–2011 [3]. Ре-

зультаты занести в графы 8, 9, 10, 11, 12.

3.9. В графу 13 отчётной таблицы выписать наименования оценочных показателей разновидностей грунта в следующем порядке:

– структура;

– текстура;

– R_c – предел прочности на одноосное сжатие в водонасыщенном состоянии, МПа;

– ρ_d – плотность скелета грунта, г/см^3;

– k_{wr} – коэффициент выветрелости грунта, д. е.;

– k_{saf} – коэффициент размягчаемости грунта в воде, д. е.

3.10. С четвёртой горизонтальной строки Альбома показателей физико-механических свойств грунтов задач по грунтоведению в графу 12 отчётной таблицы выписать значения показателей физико-механических свойств данного грунта (k_{saf} , R_c, ρ_d, k_{wr}).

3.11. В графу 13 выписать наименование разновидности грунта согласно конкретным значениям показателей физико-механических свойств грунта по таблицам Б1, Б2, Б3, Б4, Б5 ГОСТа 25100–2011 [3].

3.12. Сделать вывод по результатам работы. Вывод представляет собой полную инженерно-геологическую характеристику грунта, которая заключается в точном наименовании грунта и таксономической оценке. Пример заполнения отчётной таблицы и вывода приведены в прил. 2.

3.13. Оформить титульный лист. Образец оформления приведён в прил. 3.

Контрольные вопросы

1. Что такое метаморфизм?
2. Назовите виды метаморфизма.
3. Что является факторами метаморфизма?
4. Какие виды структур свойственны метаморфическим породам?
5. Какие виды текстур наблюдаются у пород, подвергшихся региональному метаморфизму?
6. Назовите породообразующие минералы метаморфических пород.

7. Чем отличаются метаморфические породы от магматических?

Список рекомендуемой литературы

1. Ананьев, В. В. Основы геологии, минералогии и петрографии : учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению «Строительство» и строит. специальностям / В. П. Ананьев, А. Д. Потапов. – Москва : Высш. шк., 2008. – 400 с.

2. Ананьев, В. П. Инженерная геология / В. П. Ананьев, А. Д. Потапов. – Москва : Высш. шк.,2006. – 575 с.

3. ГОСТ 25100–2011. Грунты. Классификация. Межгосударственный стандарт. – Москва, 2011. – 78 с.

Приложение 1

Номенклатура, состав и особенности строения пород метаморфического происхождения

Вид метаморфизма	Названия пород	Минеральный состав	Структура	Текстура	Примечание
Динамический	тектонические брекчии; милониты	порода состоит из обломков исходной породы	брекчиевидная или милонитовая	пятнистая, неориентированная, иногда сланцеватая	
Контактовый	Роговики; скарны	кварц, полевой шпат, эпидот, авгит, роговая обманка, биотит, кальцит, гранаты	кристаллобластовая мелкозернистая и скрытозернистая, роговиковая	неориентированная, пятнистая	
Региональный а) осадочно-метаморфические породы	глинистые сланцы	глинистые минералы, хлорит, примесь кварц-полевошпатового алевритового материала	бластопелитовая, бластоалевропелитовая с признаками лепидобластовой структуры	сланцеватая и реликтовая слоистая	
	рассланцованные алевролиты и песчаники	в обломочной части кварц, полевые шпаты, в цементе гидрослюды, хлорит, серицит	алевритовая или псаммитовая	реликтовая слоистая и метаморфическая сланцеватая	
б) метаморфические	сланцы-филлиты	серицит, хлорит, тальк	лепидобластовая	сланцеватая	конкретное название сланцу даётся по 1–2 преобладающим минералам
	кристаллические сланцы	мусковит, биотит, хлорит, актинолит, кварц, дистен, турмалин, гранаты и др.	кристаллобластовая	сланцеватая	
	гнейсы	кварц, полевой шпат, биотит, роговая обманка, редко дистен, гранаты	лепидогранобластовая или нематогранобластовая	гнейсовая	различают рогово-обманковый и биотитовый гнейсы
	амфиболиты	роговая обманка	нематобластовая	сланцеватая	
	кварциты	кварц	гранобластовая	однородная, неориентированная	
	мраморы	кальцит, примесь хлорита, гематита и др.	гранобластовая	неориентированная, однородная, пятнистая, полосчатая	

Приложение 2

Форма отчёта задач по грунтоведению и пример их решения по скальным метаморфическим грунтам (горным породам)

№ варианта, задачи, образца породы (грунта)	Петрография					
	Структура	Текстура	Цвет	Минеральный состав	Вид метаморфизма	Наименование породы
1	2	3	4	5	6	7
С 1–10(4)	Лепидогранобластовая	Ориентированная гнейсовая	Светло-серый	Кварц, биотит, плагиоклаз	Динамотермальный	Биотитовый гнейс

Таксономические подразделения по ГОСТ 25100-2011					
Класс	Тип (подтип)	Вид	Подвид	Разновидности	
				Показатели физико-механических свойств	Наименование разновидностей
8	9	10	11	12	13
Скальные	Метамор-фические	Силикатные	биотито-вый гнейс	Структура Текстура R_c = 70 МПа ρ_d = 2,44 г/см^3 K_{wt} = 0,9 (д.е) K_{saf} = 0,85 (д.е)	Лепидогранобластовая Гнейсовая Прочный Плотный Невыветрелый Неразмягчаемый

Вывод: Образец № 4– грунт скальный, метаморфический, силикатный, биотитовый гнейс лепидогранобластовой структуры, гнейсовой текстуры; прочный, плотный, невыветрелый, неразмягчаемый.

Приложение 3

Пример оформления титульного листа отчёта по лабораторной работе № 2
Скальные метаморфические грунты (породы)

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Кузбасский государственный технический университет
имени Т. Ф. Горбачева»

Кафедра маркшейдерского дела и геологии

Отчет
по лабораторной работе № 2
Часть 2. Скальные метаморфические грунты (породы)

Выполнил
студент группы УЗс-181
Иванов И. И.

Проверил
доцент Сидоров А. А.

Кемерово 2019

Лабораторная работа № 3
СКАЛЬНЫЕ ОСАДОЧНЫЕ ГРУНТЫ (ПОРОДЫ)

(Работа выполняется в течение 4 часов)

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

К скальным и полускальным грунтам осадочного происхождения относятся литифицированные (окаменевшие) представители групп обломочных и глинистых осадочных пород, а также скальные и полускальные осадочные породы химического и биохимического происхождения. Под литификацией понимают совокупность процессов превращения рыхлых осадочных пород в породы с жёсткими структурными связями под влиянием уплотнения, растущего давления и отложения минеральных цементов, вырабатываемых в процессе диагенеза.

Генетические подразделения осадочных грунтов принято выделять по происхождению исходного для их образования материала и способу его отложения. Они характеризуются различными структурно-текстурными особенностями строения, индивидуальными особенностями состава, номенклатуры и присущими каждому подразделению приёмами описания.

Инженерно-геологическая классификация осадочных грунтов включает следующие таксономические единицы (по ГОСТ 25100–2011), выделяемые по группам признакам:

– **класс (подкласс)**– по природе структурных связей – скальные с жёсткими структурными кристаллизационными связями и полускальные с цементационными связями);

– **тип (подтип)** – (по генезису) – осадочные;

– **вид** – по вещественному, петрографическому или литологическому составу – силикатные, карбонатные, кремнистые, сульфатные, галоидные;

– **подвид** – (по наименованию грунтов) – песчаники, конгломераты, брекчии, туффиты, известняки, доломиты, аргиллиты, алевролиты, опоки, трепела, диатомиты, мел, мергели, галиты, карнолиты;

– **разновидности** – по количественным показателям состава, строения, состояния и свойств грунтов.

1.1. Структуры обломочных пород

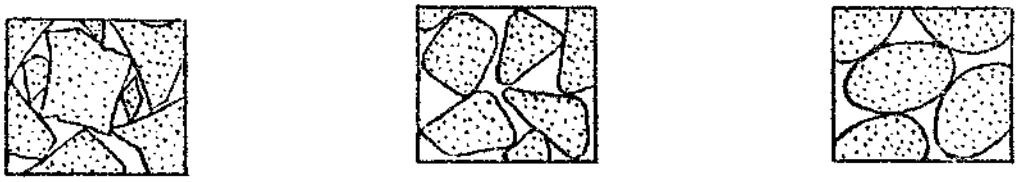
При характеристике структуры учитываются размер обломков, их сортировка, степень окатанности (форма) обломков, а также структурный тип (вид) цемента.

1.1.1. По размеру обломков выделяются структуры:
а) > 2 мм – **псефитовая** (грубообломочная**)**;
б) 0,1–2 мм – **псаммитовая** (песчаная);
в) 0,01–0,1 мм – **алевритовая** (пылеватая).

Примечание. Алевритовая структура без микроскопа предположительно устанавливается в обломочных породах, в которых визуально не видны отдельные обломочные зёрна.

1.1.2. По степени сортировки обломков различают структуры:
а) сортированная
б) несортированная

1.1.3. По степени окатанности (форме) обломков выделяют **неокатанные**, **полуокатанные** и **окатанные** обломочные зёрна (рис. 1). Неокатанные обломки могут быть обнаружены в породах псефитовой структуры. Песчаные породы, как правило, слагаются полуокатанными и окатанными зёрнами.



а) б) в)

Рис. 1. Структуры обломков по степени окатанности:
а) неокатанные зёрна, б) полуокатанные зёрна, в) окатанные зёрна

1.1.4. Тип (вид) цемента обломочных пород

По соотношению обломков и цементирующего материала выделяют следующие типы цементов (рис. 2):

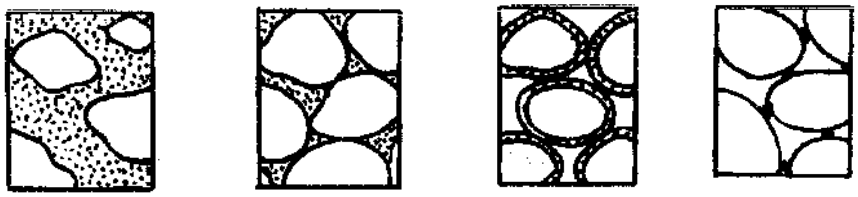
а) **базальный** – обломочные зёрна не соприкасаются друг с

другом, «плавают в цементе»;

б) **поровый** – зёрна соприкасаются друг с другом, а цемент заполняет поры между ними;

в) **плёночный** – цемент покрывает зёрна плёнкой, остальная часть пор остаётся незаполненной;

г) **контактовый** – цемент присутствует только в участках соприкосновения зёрен.



а) б) в) г)

Рис. 2. Структурные типы цементов обломочных пород:
а – базальный, б – поровый, в – плёночный, г – контактовый

1.2. Структуры глинистых грунтов

Структура грунтов, сложенных глинистыми минералами, называется **пелитовой**. Она устанавливается обычно в морских по происхождению грунтах. В общем случае в глинистых полускальных грунтах содержится примесь алевритового или песчаного материала и структура их соответственно, называется алевропелитовой или псаммопелитовой. Порода при этом приобретает заметную шероховатость.

1.3. Структуры пород химического происхождения

Структуры по степени кристалличности минеральной массы:

а) **аморфная** (некристаллическая) структура (сложена коллоидными частицами размером менее 0,001 мм);

б) **коллоидальная** структура (устанавливается под микроскопом);

в) **кристаллически-зернистая** структура

Структуры по размеру кристаллических зёрен:

а) >1 мм	**грубозернистая;**
б) 0,5–1 мм	**крупнозернистая;**
в) 0,1–0,5 мм	**среднезернистая;**
г) 0,01–0,1 мм	**мелкозернистая;**
д) 0,001–0,01 мм	**пелитоморфная.**

По относительной разнице в размере зёрен различают **равномерно-** и **неравномернозернистую** структуры.

Без микроскопа может быть установлена только кристаллически-зернистая структура с размером зёрен более 0,1 мм. Породы, сложенные кристаллическими зёрнами размером менее 0,1 мм, характеризуются скрытозернистой структурой. Структуры пород аморфного и колоидально-зернистого строения могут быть охарактеризованы только предположительно (по литературным источникам).

В грунтах данной группы пород очень редко (в известняках) обнаруживается **оолитовая** структура, выражающаяся в наличии в составе породы новообразований округлой или эллипсоидальной формы концентрически-зонального строения.

1.4. Структуры пород органогенного происхождения

В структурном отношении они состоят полностью или частично из остатков стойких частей растений и животных. В первом случае выделяются:

а) **биоморфная** структура (порода слагается цельными нераздробленными остатками);

б) **органогенно-детритовая** структура (порода состоит из раздробленных обломков и обрывков ископаемой фауны и флоры).

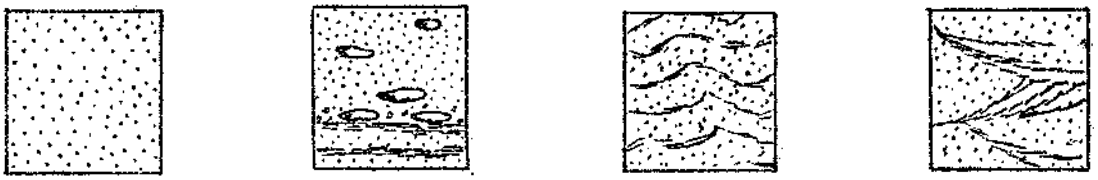
Во втором случае выделяют структуры смешанного типа: биоморфно-зернистую, биоморфно-пелитовую и др.

1.5. Текстуры пород осадочного происхождения

Основным видом текстур обломочных пород является слоистость, выражающаяся либо в чередовании слойков разного гра-

нулометрического состава, либо в чередовании слойков, обогащённых в разной степени углистым веществом, либо в ориентировке уплощённых обломков вдоль слоистости. По наличию или отсутствию слоистости различают: а) **неслоистую**, б) **горизонтально-слоистую**, в) **волнистослоистую,** г) **косослоистую** текстуры (рис. 3).

При характеристике слоистости отмечается отчётливость её проявления: резко выраженная, отчётливая, неотчётливо выраженная.



а) б) в) г)

Рис. 3. Текстуры обломочных пород: а) неслоистая, б) горизонтальная, в) волнистослоистая, г) косослоистая

В породах органогенного происхождения также выделяют текстуры по степени однородности:

а) **однородную;**

б) **неоднородную** (пятнистую, конкреционную).

1.6. Минеральный состав обломочных пород

В обломочной части обломочных пород обнаруживаются обломки различных по происхождению скальных пород и отдельные дезинтегрированные зёрна минералов (кварц, полевой шпат, авгит, роговая обманка, биотит, мусковит).

Наиболее распространёнными в обломочных породах цементами являются:

а) **глинистый** – гидрослюдистый, реже каолинитовый (порода легко разрушается стеклом и не реагирует с HCl, обломки рельефно возвышаются над поверхностью скола);

б) **карбонатный** – кальцитовый или доломитовый (порода легко разрушается стеклом, капля кислоты вскипает либо на не потревоженной стеклом поверхности образца (кальцит) или с порошком породы (доломит);

в) **кремнистый** – опаловый или халцедоновый (стекло не царапает породу, реакция с HCl отрицательная, плоские поверхности раскола поражают как цемент, так и обломки);

г) **железистый** – лимонитовый (обнаруживается в породах бурых тонов окраски с охристо-жёлтой чертой). В общем случае цементам характерен смешанный состав.

1.7. Минеральный состав глинистых грунтов

Наиболее распространёнными минералами глинистых грунтов являются гидрослюды. Значительно реже обнаруживается каолинит (белый минерал) и ещё реже монтмориллонит (белый или зеленовато-серый минерал). Наряду с указанными минералами в зеленоцветных морских глинах содержится хлорит. Присутствующая в составе глинистых пород алевритовая и песчаная примесь слагается кварцем и полевыми шпатами. Чёрные по окраске грунты содержат углистое вещество. В некоторые грунты входит примесь кальцита (вскипают с HCl).

Состав и окраска глинистых грунтов зависят от фациальных условий образования. Наиболее распространённые грунты тёмно-серых и чёрных тонов окраски, содержащие углистое вещество, формировались в условиях заболоченных озёрных бассейнов. Зеленоцветные грунты возникли в результате окаменения глубоководных озёрных и морских илов.

1.8. Минеральный состав скальных грунтов химического и биохимического происхождения

Минеральный состав пород этой группы весьма разнообразен. В породах отчётливо выражена тенденция к мономинеральности толщ как следствие процессов химической дифференциации. В составе пород обнаруживаются оксиды, гидрооксиды, соли кислот. В качестве примесей в них устанавливаются глинистые минералы, а также обломочные частицы, представленные кварцем и полевыми шпатами. Важнейшие породообразующие минералы грунтов этой группы указаны в прил. 1.

1.9. Разновидности скальных и полускальных грунтов осадочного происхождения

Согласно инженерно-геологической классификации, утвержденной ГОСТ 25100–2011, осадочные грунты подразделяются на следующие разновидности:

а) по пределу прочности на одноосное сжатие в водонасыщенном состоянии (R_c, МПа):

очень прочные	скальные	> 120
прочные		120–50
средней прочности		50–15
малопрочные		15–5
пониженной прочности	полускальные	5–3
низкой прочности		3–1
очень низкой прочности		< 1

б) по степени размягчаемости в воде, характеризуемой коэффициентом размягчаемости $K_{saf} = \frac{R_c}{R_w}$:

неразмягчаемые	$K_{saf} \geq 0{,}75$
размягчаемые	$K_{saf} < 0{,}75$

где R_w – предел прочности на одноосное сжатие в воздушно-сухом состоянии, МПа;

R_c – предел прочности на одноосное сжатие в водонасыщенном состоянии, МПа.

в) – по плотности скелета (ρ_d, г/см^3) грунты подразделяются:

очень плотный	> 2,50
плотный	2,50–2,10
средней плотности	2,10–1,20
низкой плотности	< 1,20

г) по коэффициенту выветрелости (K_{wt}, д. е.), грунты подразделяются:

невыветрелые	1
слабовыветрелые	1–0,90

средневыветрелые	0,90–0,8
сильновыветрелые	< 0,80

д) по степени растворимости в воде (q_{sr}, г/л) грунты подразделяются:

нерастворимый	$q_{sr} < 0,01$
труднорастворимый	0,01–1
среднерастворимый	1–10
легкорастворимый	$q_{sr} > 10$

е) – по степени водопроницаемости ($K_ф$, м/сут) грунты подразделяются:

водонепроницаемый	< 0,005
слабоводопроницаемый	0,005–0,30
водопроницаемый	0,30–3
сильноводопроницаемый	3–30
очень сильноводопроницаемый	> 30

2. ПРИБОРЫ И МАТЕРИАЛЫ

1. Эталонные коллекции горных пород.
2. Рабочие коллекции горных работ.
3. Определитель минералов:
   а) шкала Мооса;
   б) пластинка фарфоровая;
   в) пластинка стеклянная;
   г) 10 % соляная кислота;
   д) лупа ∅ 60 мм;
   е) намагниченная стрелка компаса.
4. Схема химической классификации минералов.
5. Схема диаграммы Даминовой А. М.
6. Номенклатурные схемы горных пород.
7. Схемы трафаретов Швецова М. С.
8. Форма отчетной таблицы.

3. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

.

3.1. На грунтах эталонной коллекции необходимо познакомиться с основными представителями осадочных пород, их структурно-текстурными особенностями, петрографическими наименованиями, минеральным составом.

3.2. Определить структуру грунта индивидуального задания (образец № 3), руководствуясь признаками, изложенными в общих положениях (п. 1.1 – для обломочных грунтов; п. 1.2 – для глинистых грунтов; п. 1.3 – для пород химического происхождения; п. 1.4 – для пород органогенного происхождения) и лекциях. Заполнить графу 2 отчётной таблицы.

3.3. Определить текстуру грунта, руководствуясь рекомендациями, изложенными в общих положениях (п. 1.5). Заполнить графу 3 отчётной таблицы.

3.4. Определить цвет образца. Заполнить графу 4 отчётной таблицы.

3.5. Определить минеральный состав грунта, руководствуясь материалами методических указаний (п. 1.6. – для обломочных грунтов; п. 1.7. – для глинистых грунтов; п. 1.8. – для грунтов химического и биохимического происхождения). Заполнить графу 5 отчетной таблицы.

3.6. Определить фациальные условия образования, используя материалы лекций и прил. 1. Заполнить графу 6 отчетной таблицы.

3.7. Определить классификационную принадлежность по генетическим признакам и химическому составу (прил. 1). Заполнить графу 7 отчетной таблицы.

3.8. Используя описание структуры и текстуры, петрографиеские номенклатуры (прил. 1, 2) определить петрографическое название осадочной породы.

Вулканические туфы и вулканогенно-осадочные туффиты – легкие породы, имеющие пористую текстуру, красную, охристо-желтую и черную окраску.

Литифицированные глинистые грунты называются **аргиллитами**. При наличии примесей название их вводится в номенклатуру грунта. По этому признаку выделяются аргиллиты алевритистые, песчанистые, углистые, известковистые и др. разно-

видности. Заполнить графу 8 отчетной таблицы.

3.9. Определить таксономические единицы: класс, тип (подтип), вид, подвид согласно инженерно-геологической классификации грунтов, утвержденной ГОСТ 25100–2011 [3]. Результаты занести в графы 9, 10, 11, 12, 13 отчетной таблицы.

3.10. В графу 14 отчётной таблицы выписать наименования оценочных показателей разновидностей грунта в следующем порядке:

– структура;

– текстура;

– R_c – предел прочности на одноосное сжатие в водонасыщенном состоянии, МПа;

– ρ_d – плотность скелета грунта, г/см^3;

– k_{wr} – коэффициент выветрелости грунта, д. е.;

– k_{saf} – коэффициент размягчаемости грунта в воде, д. е.;

– q_{sr} – степень растворимости в воде, д. е.;

– $k_ф$ – степень водопроницаемости в воде, м/сут.

3.11. С третьей горизонтальной строки Альбома показателей физико-механических свойств грунтов задач по грунтоведению в графу 14 выписать значения показателей физико-механических свойств данного грунта (R_c, K_{saf}, q_{sr}, $K_ф$, ρ_d, k_{wr}).

3.12. В графу 15 выписать наименование разновидности грунта согласно конкретным значениям показателей физико-механических свойств грунта по таблицам Б1, Б2, Б3, Б4, Б5, Б6, Б7 ГОСТа 25100–2011 [3].

3.13. Сделать вывод по результатам работы. Вывод представляет собой полную инженерно-геологическую характеристику грунта, которая заключается в точном наименовании грунта и таксономической оценке. Пример заполнения отчётной таблицы и вывода приведены в прил. 3.

3.14. Оформить титульный лист. Образец оформления приведён в прил. 4.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое скальные грунты?
2. Что такое горные породы?
3. Как классифицируют горные породы по происхождению?

4. Как классифицируют осадочные обломочные породы по форме и размеру обломков?

5. Каковы основные свойства осадочных пород?

6. Назовите структуры обломочных пород.

7. Какие структуры наблюдаются у осадочных обломочных пород?

8. Какие структуры имеют химические и биохимические породы?

9. На какие подгруппы делятся породы химического и биохимического происхождения?

10. Назовите инженерно-геологическую классификацию горных пород.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ананьев, В. П. Основы геологии, минералогии и петрографии : учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению «Строительство» и строит. специальностям / В. П. Ананьев, А. Д. Потапов. – Москва : Высш. шк., 2008. – 400 с.

2. Ананьев, В. П. Инженерная геология / В. П. Ананьев, А. Д. Потапов. – Москва: Высш. шк., 2006. – 575 с.

3. ГОСТ 25100–2011. Грунты. Классификация. Межгосударственный стандарт. – Москва, 2011. – 78 с.

Приложение 1

Номенклатура, особенности состава и строения пород химического и биохимического происхождения

Подгруппа пород	Название породы	Минеральный состав	Структура	Текстура	Фациальные условия образования
Биохимические карбонатные	известняк, ракушняк, мел	кальцит	биоморфная, органогенно-детритовая, кристаллически-зернтстая, иногда оолитовая	неслоистая, горизонтально-слоистая, однородная и пятнистая	шельфовая часть моря
Карбонатные глинистые	мергель	кальцит (25–75 %), глинистые минералы (75–25 %)	пелито-кристаллически-зернистая	неслоистая, горизонтально-слоистая, однородная или пятнистая	озёрные и морские глубоководные илы
Биохимические	опока	опал	коллоидально-зернистая, биоморфная	однородная или пятнистая	озёрные и морские глубоководные илы
Кремнистые	яшма	халцедон	скрытозернистая	неслоистая, пятнистая	продукт вулканической деятельности в подводных условиях
Химические сульфатные	гипс	гипс	кристаллически-зернистая	неслоистая, горизонтально-слоистая, однородная, пятнистая	отложения замкнутых непроточных бассейнов в условиях аридного климата
Химические Галоидные	каменная соль	галит	кристаллически-зернистая	неслоистая, горизонтально-слоистая, однородная, пятнистая	отложения замкнутых непроточных бассейнов
	сильвинит	сильвин	Кристаллически-зернистая	неслоистая, горизонтально-слоистая, однородная, пятнистая	отложения замкнутых непроточных бассейнов

Приложение 2

Петрографическая номенклатура скальных и полускальных осадочных пород

<table>
<tr><td rowspan="2">Размер обломков, мм</td><td colspan="3">Форма обломков</td><td rowspan="2">Вулканогенные породы (пирокластический материал > 90 %)</td><td rowspan="2">Осадочно-вулканогенные породы (пирокластический материал 50–90 %)</td></tr>
<tr><td colspan="2">неокатанная</td><td>окатанная</td></tr>
<tr><td>1</td><td colspan="2">2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr>
<tr><td>10–100</td><td colspan="2">брекчия</td><td>конгломерат</td><td>туф грубообломочный</td><td>туффит агломератовый</td></tr>
<tr><td>2–10</td><td colspan="2">дресвянник</td><td>гравелит</td><td>туф гравийный</td><td>туффит гравийный</td></tr>
<tr><td>1–2</td><td rowspan="4">песчаник</td><td colspan="2">грубозернистый</td><td rowspan="4">туф песчаный</td><td rowspan="4">туффит песчаный</td></tr>
<tr><td>0,5–1</td><td colspan="2">крупнозернистый</td></tr>
<tr><td>0,25–0,5</td><td colspan="2">среднезернистый</td></tr>
<tr><td>0,1–0,25</td><td colspan="2">мелкозернистый</td></tr>
<tr><td>0,01–0,1</td><td colspan="3">алевролит</td><td>туф алевритовый</td><td>туффит алевритовый</td></tr>
</table>

Приложение 3

Форма и примеры описания скальных осадочных грунтов

№ варианта, задачи, образца породы (грунта)	Петрография						
	Структура (для обломочных пород структура обломков и вид цемента)	Текстура	Цвет	Минеральный состав (для обломочных пород состав обломков и состав цемента)	Фациальные условия образования	Классификационная принадлежность по генетическим признакам и химическому составу	Название породы
1	2	3	4	5	6	7	8
С1-12 (3)	псаммитовая, мелкозернистая, слабо сортированная; обломки окатанные, цемент базальный	косослоистая	серый	в обломках кварц и полевые шпаты, цемент глинистый	русловые, речные, прибрежные морские и озёрные	обломочные силикатные	Песчаник мелкозернистый

Продолжение прил. 3

Таксономические подразделения по ГОСТ 25100–2011						
					Разновидности	
Класс	Группа	Подгруппа	Тип	Вид	Показатели физико-механических свойств	Наименование разновидностей
9	10	11	12	13	14	15
Скальные	Скальные	Осадочные	Силикат-ные	Песчаник	Структура Текстура R_c = 40 K_{saf} = 0,8 ρ_d = 2,40 K_{wt} = 0,70 q_{sr} = 0,20 $K_ф$ = 100	мелкозернистая косослоистая средней прочности неразмягчаемый плотный сильновыветрелый труднорастворимый очень сильно водопроницаемый

Вывод: Образец № 3 – грунт скальный, осадочный, силикатный; песчаник, косослоистый, средней прочности, неразмягчаемый, плотный, сильновыветрелый, труднорастворимый, очень сильно водопроницаемый.

Приложение 4

Пример оформления титульного листа отчёта
по лабораторной работе № 3

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Кузбасский государственный технический университет
имени Т. Ф. Горбачева»

Кафедра маркшейдерского дела и геологии

Отчет
по лабораторной работе № 3
Скальные осадочные грунты (породы)

Составил студент гр. УЗс-181

Петров И. И.

Проверил доцент Иванов И. И.

Кемерово 2019

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4

ДИСПЕРСНЫЕ ГРУНТЫ: КРУПНООБЛОМОЧНЫЕ, ПЕСЧАНЫЕ, ГЛИНИСТЫЕ

(Работа выполняется в течение 4 часов)

Цель выполнения работы – приобретение навыков по инженерно-геологической оценке дисперсных грунтов.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Лабораторный цикл «Дисперсные грунты» в составе курса «Инженерная геология» для студентов строительных специальностей общим объемом 4 часа предусматривает изучение раздельнозернистых крупнообломочных, песчаных и глинистых грунтов.

Результаты выполнения лабораторных работ оформляются в табличной форме на двойном листе клетчатой бумаги, на внутреннем развороте. Пример оформления титульной страницы, а также форма и пример составления отчета приведены в конце данных методических указаний (прил. 1, 2, 3, 4). Общие положения и методика выполнения лабораторной работы № 5 приводятся ниже.

Природные дисперсные грунты – это нескальные грунты, состоящие из отдельных минеральных зерен или обломков горных пород разного размера, несвязанных или слабо связанных друг с другом (галечник, гравий, щебень, дресва, песок, глина).

Согласно ГОСТ 25100–2011 [3] дисперсные грунты подразделяются на две группы – **несвязные** и **связные** грунты. Они обладают механическими и водно-коллоидными структурными связями.

Крупнообломочные грунты (раздельнозернистые породы) – осадочные образования, состоящие из минеральных частиц или обломков горных пород, находящихся в простом соприкосновении, поэтому не обладающих связностью (галечник, гравий, щебень, дресва).

Структуру крупнообломочных грунтов характеризуют по: размеру обломков, их сортировке, степени окатанности (форме)

обломков.

По **размеру обломков** крупнообломочные породы имеют структуру **псефитовую** («псэфос» – камешек), с размером обломков более 2 мм.

По **относительной разнице в размере** обломков выделяют структуры: **сортированную, несортированную**.

По **степени окатанности** обломков выделяют структуры: **неокатанные, полуокатанные, окатанные**

В **минеральном составе** обломков псефитовой размерности принимают участие обломки **магматических, осадочных, метаморфических** пород, а также дезинтегрированные зёрна отдельных наиболее устойчивых к выветриванию минералов: **кварц, полевой шпат, халцедон.**

В качестве **заполнителя** в крупнообломочных дисперсных грунтах может быть **песчаный** или **глинистый** материал.

Фациальные условия образования грунта устанавливаются по степени окатанности обломков, их размеру, сортировке обломочного материала.

Несортированные грунты, сложенные угловатыми неокатанными обломками характерны для **делювиальных, элювиальных и ледниково-моренных** отложений. Хорошая окатанность галек характерна для **морских, дельтовых, речных и озерных** отложений **(аллювиальных).**

Петрографическое наименование грунту дается исходя из размеров и степени окатанности обломков, а также количественного содержания обломков в грунте, согласно инженерно-геологической классификации, утвержденной ГОСТ 25100–2011, приведённой в табл. 1.

Таблица 1

Классификация крупнообломочных грунтов по структуре и количественному содержанию обломков

Размер зёрен, мм	Форма обломков		Содержание зёрен, % по объему
	окатанная	неокатанная	
Более 200	валунный	глыбовый	> 50
10–200	галечниковый	щебенистый	> 50
2–10	гравийный	дресвяный	> 50

Природные дисперсные песчаные грунты – это нескальные грунты, состоящие из отдельных минеральных зёрен или обломков горных пород разного размера, несвязанных или слабо связанных друг с другом – галечник, гравий, щебень, дресва, песок, глина.

Согласно ГОСТ 25100–2011 (Грунты. Классификация) дисперсные грунты подразделяются на две группы – **несвязные** и **связные** грунты. Они обладают механическими и водно-коллоидными структурными связями.

Песчаный грунт (песок) – это мелкообломочная рыхлая горная порода, состоящая из зёрен (песчинок) размером от 0,1 мм до 2 мм, содержащая примесь пылеватых и глинистых частиц.

Структуру песчаных характеризуют по: размеру обломков, их сортировке, степени окатанности (форме) обломков.

По **размеру обломков** пески имеют псаммитовую структуру («псаммос» – песок), с размером обломков менее 2 мм.

По **относительной разнице в размере** обломков выделяют структуры: **сортированную, несортированную**.

По **степени окатанности** обломков выделяют структуры: **неокатанные и полуокатанные и окатанные**.

Минеральный состав обломков псаммитовой размерности представлен обломками **кварца и полевых шпатов**. Отличить их без микроскопа довольно трудно.

Фациальные условия образования грунта устанавливаются по: степени окатанности обломков, их размеру, сортировке обломочного материала.

Песчаные грунты, плохо сортированные с плохо окатанными зёрнами характерны для речных русловых и ледниковых флювиогляциальных отложений. Хорошая сортировка, окатанность, малые содержания крупных зёрен характерны для **эоловых, дельтовых, морских, озёрных отложений**.

Петрографическое наименование грунту даётся исходя из размеров обломков (% по массе) в грунте, согласно инженерно-геологической классификации, утверждённой ГОСТ 25100–2011.

Таблица 2

Классификация песчаных грунтов по гранулометрическому составу и количественному содержанию обломков

Размер зёрен, мм	Содержание зёрен, % по массе	Наименование грунта
> 2	> 25	песок гравелистый
> 0,5	> 50	песок крупный
> 0,25	> 50	песок средней крупности
> 0,10	≤ 75	песок мелкий
> 0,10	< 75	песок пылеватый

Таксономические подразделения природных дисперсных грунтов по ГОСТ 25100–2011 содержат следующие соподчинённые единицы, выделяемые по группам признаков:

– **класс** – по природе структурных связей;

– **тип (подтип)** – по генезису;

– **вид** – по вещественному, петрографическому или литологическому составу;

– **подвид** – по наименованию грунтов;

– **разновидности** – по количественным показателям состава, строения, состояния и свойств грунтов:

S_r – коэффициент водонасыщения (степень влажности) грунта – это степень заполнения объёма пор водой;

E_{fh}– относительная деформация пучения (характеристика, отражающая способность грунта к морозному пучению);

D_{sal} – степень засоленности грунта;

I_r – относительное содержание органического вещества;

e – коэффициент пористости грунта;

I_d – степень плотности грунта;

$C_н$ – степень неоднородности грунта.

K_{fr} – коэффициент истираемости крупных обломков, д. е.

Эти показатели определяются опытным путём. Для выполнения лабораторной работы студенты берут эти показатели из Альбома показателей физико-механических свойств грунтов задач по грунтоведению для студентов строительных специальностей.

Природные дисперсные глинистые грунты – это наиболее тонкодисперсные осадочные породы, отличающиеся высокой гидрофильностью и чувствительностью к изменениям влажности.

Специфические «глинистые» свойства этих пород обусловлены наличием в них высокодисперсной глинисто-коллоидной фракции с диаметром частиц < 0,002 мм. По содержанию данной фракции различают глины суглинки и супеси.

Согласно ГОСТ 25100–2011 (Грунты. Классификация) [3] глинистые грунты представляют группу **связных** грунтов. Они обладают механическими и водно-коллоидными структурными связями.

Структура глинистых грунтов носит название **пелитовой** (глинистой), при наличии алевритовой примеси – **алевропелитовой**.

Минеральный состав глинистых грунтов представляют минералы: **каолинит, гидрослюда, монтмориллонит**. Кроме того, в глинистых грунтах могут быть установлены примеси тончайших обломочных зёрен кварца и полевого шпата, а также карбонатный, торфяно-растительный и углистый материал.

Фациальные условия образования глинистого грунта устанавливаются по: степени однородности, наличию и отсутствию слоистости, цвету, присутствию примесей, числу пластичности.
Однородное сложение характерно для глинистых грунтов кор выветривания. Горизонтальная слоистость, цвет белый и тёмно-серый, наличие органики характерны для озёрных и болотных пресноводных отложений. Тёмно-коричневые, зеленоватые цвета характерны для лагунных отложений. Плохая сортировка, частая примесь пылеватых и песчаных частиц характерны для речных аллювиальных отложений.

Петрографическое наименование глинистому грунту даётся исходя из содержания примеси песчаных частиц размером 2–0,5 мм, согласно инженерно-геологической классификации, утверждённой ГОСТ 25100–2011, приведённой в табл. 3.

Таблица 3

Классификация глинистых грунтов по гранулометрическому составу и числу пластичности $I_р$

Наименование грунта	Содержание зёрен 2–0,5 мм, % по объёму	Число пластичности $I_р$
Глина	< 40	17–27
Суглинок	≥ 40	7–17
Супесь	> 50	1–7

Таксономические подразделения природных дисперсных глинистых грунтов по ГОСТ 25100–2011 содержат следующие соподчинённые единицы, выделяемые по группам признаков:

– **класс (подкласс)** – по природе структурных связей;

– **тип (подтип)** – по генезису;

– **вид** по вещественному, петрографическому или литологическому составу;

– **подвид** – по наименованию грунтов;

– **разновидности** – по количественным показателям состава, строения, состояния и свойств глинистых грунтов:

$I_р$ – число пластичности грунта;

I_1 – показатель текучести грунта;

ε_{sw} – относительная деформация набухания без нагрузки глинистого грунта, д. е.;

ε_{fn} – степень морозной пучинистости, %;

ε_{sl} – относительная деформация просадочности глинистого грунта;

I_r – относительное содержание органического вещества.

D_{sal} – степень засоленности легкорастворимыми солями

Эти показатели определяются опытным путём, но для выполнения лабораторной работы студенты берут эти показатели из Альбома показателей физико-механических свойств грунтов задач по грунтоведению.

3. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Крупнообломочный грунт (образец №1)

1. На грунтах эталонной коллекции познакомиться с их минеральным составом, структурой, количественным составом обломков, фациальными условиями образования и петрографическим наименованиям.

2. Определить структуру грунтов индивидуального задания, руководствуясь признаками, изложенными в общих положениях, заполнить графу 2 отчётной таблицы (прил. 1).

3. Определить минеральный состав обломков грунтов индивидуального задания, руководствуясь определителем минералов, а также учебниками по минералогии и петрографии [1, 2, 3]. Заполнить графу 3 отчётной таблицы.

4. Определить состав заполнителя грунтов, руководствуясь общими положениями данной работы, и оценить его количественное содержание в процентах от объёма грунта. Результаты внести в графу 4 отчётной таблицы.

5. Установить фациальные условия образования грунтов индивидуального задания по признакам, изложенным в общих положениях данной работы. Заполнить графу 5 отчётной таблицы.

6. Определить петрографическое наименование грунтов по структурным признакам и количественному содержанию обломков в грунте, руководствуясь методическими указаниями и ГОСТ 25100–2011 [3] и внести в графу 6 отчётной таблицы.

7. Определить таксономические подразделения: класс, тип, подтип, вид и подвид грунта согласно инженерно-геологической классификации грунтов, утвержденной ГОСТом 25100–2011 [3].

8. Из табл. 2 указанного ГОСТа для крупнообломочных грунтов, от графы «Подвид» перемещаясь влево, выписать соответствующие наименования вышеперечисленных таксономических подразделений в графы 11, 10, 9, 8 и 7 отчетной таблицы.

9. В графу 12 отчетной таблицы выписать наименования оценочных признаков разновидностей грунта в таком порядке:

– структура;

– количественное содержание в грунте обломков размером 2–10 мм, 10–200 мм, более 200 мм;

– S_r – коэффициент водонасыщения;
– K_{wt} – коэффициент выветреллости грунта;
– K_{fr} – коэффициент истираемости грунта.

10. С первой горизонтальной строки Альбома показателей физико-механических свойств грунтов задач по грунтоведению в графу 12 выписать значения показателей физико-механических свойств данного грунта (S_r, K_{wt}, K_{fr}).

11. В графу 13 отчетной таблицы выписать структуру грунта (из графы 2); количественное содержание обломков в грунте определенного размера установить визуально.

12. В графу 13 отчетной таблицы выписать наименование разновидности грунта согласно конкретным значениям показателей физико-механических свойств грунта по таблицам Б.9; Б.11; Б.14; Б.15; ГОСТ 25100–2011 [3, с. 29–31].

13. По результатам проделанной работы сделать вывод, представляющий собой полную инженерно-геологическую характеристику грунта, которая заключается в точном наименовании грунта с указанием заполнителя и таксономической оценке. Пример заполнения отчетной таблицы и вывода приведён в прил. 1.

Песчаный грунт (образец № 2)

1. На грунтах эталонной коллекции познакомиться с их минеральным составом, структурой, количественным содержанием обломков, определённой крупности по массе от общего объёма породы, фациальными условиями образования и петрографическим наименованиям.

2. Определить структуру грунтов индивидуального задания, руководствуясь признаками, изложенными в общих положениях и источниках (1, 2, 3), заполнить графу 2 отчётной таблицы.

3. Определить минеральный состав обломков грунтов индивидуального задания, руководствуясь признаками, изложенными в общих положениях и источниках (1, 2, 3). Заполнить графу 3 отчётной таблицы.

4. Установить фациальные условия образования грунтов индивидуального задания по признакам, изложенным в общих по-

ложениях данной работы. Заполнить графу 4 отчётной таблицы.

5. Определить петрографическое наименование грунтов по структурным признакам и количественному содержанию обломков в грунте, руководствуясь методическими указаниями и ГОСТ 25100–2011, внести в графу 5 отчётной таблицы.

6. Определить таксономические класс, группу, подгруппу, тип и вид грунта согласно инженерно-геологической классификации грунтов, утверждённой ГОСТ 25100–2011 [3] и методическим указаниям.

Из таблицы 2 указанного ГОСТа для песков в графы «Подвид» перемещаясь влево, выписать соответствующие наименования вышеперечисленных таксономических подразделений в графы 10, 9, 8, 7 и 6 отчётной таблицы.

7. В графу 11 отчётной таблицы выписать наименования оценочных признаков в следующем порядке:

– структура;

– гранулометрический состав грунта. Содержание зёрен размером > 2 мм, затем 2–0,5 мм; 0,5–0,25 мм; 0,25–0,1 мм; < 0,1 мм;

– S_r – коэффициент водонасыщения;

– ε_{fh}– относительная деформация пучения;

– D_{sal} – степень засоленности грунта;

– I_r – относительное содержание органического вещества;

– e – коэффициент пористости грунта;

– I_d – степень плотности грунта;

– $C_н$ – степень неоднородности гранулометрического состава песков.

8. Со второй горизонтальной стоки Альбома показателей физико-механических свойств грунтов по грунтоведению в графу 11 выписать значения показателей физико-механических свойств данного грунта S_r, ε_{fh}, D_{sal}, I_r, I_d.

Показатели e, $C_н$ рассчитываются. Данные для их расчёта также берутся из Альбома показателей физико-механических свойств грунтов задач по грунтоведению.

Коэффициент пористости грунта е определяется по формуле

$$e = \frac{\rho_s - \rho}{\rho},$$

где ρ_s – плотность частиц грунта, г/см^3; ρ – плотность сухого грунта, г/см^3.

Степень неоднородности гранулометрического состава песков $C_н$ определяется по формуле

$$C_н = \frac{d_{60}}{d_{10}},$$

где d_{60} и d_{10} – диаметры частиц, в миллиметрах, меньше которых в грунте содержится соответственно 60 и 10 % (по массе) частиц.

9. В графу 12 отчётной таблицы выписать структуру грунта (из графы 2); количественное содержание обломков в грунте определённого размера установит визуально;

10. В графу 13 отчётной таблицы выписать наименование разновидности грунта согласно конкретным значениям показателей физико-механических свойств грунта по таблицам Б.9 – Б.15 ГОСТа 25100–2011 [3, с. 29–31].

11. Сделать вывод по результатам проделанной работы. Вывод представляет собой полную инженерно-геологическую характеристику грунта, которая заключается в точном наименовании грунта с указанием примесей и таксономической оценке. Пример заполнения отчётной таблицы и вывода приведены в прил 2.

Глинистый грунт (образец №3)

1. На грунтах эталонной коллекции познакомиться с их минеральным составом, структурой, гранулометрическим составом, фациальными условиями образования и петрографическим наименованием.

2. Определить структуру грунтов индивидуального задания, руководствуясь признаками, изложенными в общих положениях и источниках [1, 2], заполнить графу 2 отчётной таблицы.

3. Определить цвет грунта индивидуального задания и заполнить графу 3 отчётной таблицы.

4. Определить минеральный состав грунта индивидуального задания, руководствуясь определителем минералов, а также

методическими указаниями и учебником по минералогии и петрографии [1, 2]. Установить наличие или отсутствие примесей. Руководствуясь общими положениями данной работы, определить наличие зёрен крупностью 2–0,5 мм и оценить их количественное содержание в процентах от объёма грунта. Результаты внести в графу 4 отчётной таблицы. Кроме того, установить наличие органических веществ торфяно-растительного происхождения, карбонатного или углистого материала.

5. Установить фациальные условия образования грунтов индивидуального задания по признакам, изложенным в общих положениях данной работы. Заполнить графу 5 отчётной таблицы.

6. Определить петрографическое наименование грунтов по структурным признакам, цвету и количественному содержанию примеси зёрен крупностью 2–0,5 мм в грунте, руководствуясь методическими указаниями и ГОСТ 25100–2011, внести в графу 6 отчётной таблицы.

7. Определить таксономические класс, группу, подгруппу, тип и вид грунта согласно инженерно-геологической классификации грунтов, утверждённой ГОСТ 25100–2011 [3] и методическими указаниями.

Вписать в графы 11, 10, 9, 8 и 7 отчётной таблицы, перемещаясь от графы «подвид» влево, таксономические подразделения глинистых грунтов:

8. В графу 12 отчётной таблицы выписать наименования оценочных признаков в следующем порядке:

– структура;

– I_p – число пластичности. Это разность влажностей, соответствующая двум состояниям грунта (на границе текучести W_1 и на границе раскатывания W_p):

$$I_p = W_1 - W_p;$$

– I_L – показатель текучести грунта:

$$I_L = \frac{W - W_p}{I_p},$$

где W – естественная влажность грунта; W_p – влажность грунта на границе раскатывания; I_p – число пластичности;

– ε_{sw} – относительная деформация набухания грунта;

– ε_{fh} – относительная деформация пучения, отражающая способность грунта к морозному пучению;

– ε_{sl} – относительная деформация просадочности грунта;

– I_r – относительное содержание органического вещества.

9. С третьей горизонтальной стоки Альбома показателей физико-механических свойств грунтов по грунтоведению [с. 19–29] в графу 12 выписать значения показателей физико-механических свойств данного грунта ε_{sw}, ε_{fh}, ε_{sl}, I_r.

10. В графу 12 отчётной таблицы выписать структуру грунта (из графы 2); количественное содержание примеси частиц крупностью 2–0,5 мм определить визуально.

11. В графу 12 отчётной таблицы выписать наименование разновидности грунта согласно конкретным значениям показателей физико-механических свойств грунта по таблицам Б.9 – Б.10 ГОСТ 25100–2011 [3, с. 25–30].

12. Сделать вывод по результатам проделанной работы. Вывод представляет собой полную инженерно-геологическую характеристику грунта, которая заключается в точном наименовании грунта и таксономической оценке. Пример заполнения отчётной таблицы и вывода приведены в приложении 1.

Результаты выполнения лабораторной работы оформляются в табличной форме на двойном листе клетчатой бумаги, на внутреннем развороте. Форма и пример составления отчёта приведены в конце данных методических указаний: для образца №1 используется приложение 1, для образца № 2 – приложение 2 и для образца № 3 – приложение 3. Пример оформления титульного листа – приложение 4.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Дайте инженерно-геологическую классификацию осадочных горных пород.

2. На чем основана классификация обломочных осадочных пород?

3. Охарактеризуйте грубообломочные породы.

4. Охарактеризуйте песчаные и алевритовые породы.

5. В чем заключаются особенности глинистых грунтов?

6. Назовите структуры осадочных пород.

7. Какие фациальные условия характерны для дисперсных пород осадочных пород?

8. Какие природные процессы способствуют образованию дисперсных пород?

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ананьев В. П. Основы геологии, минералогии и петрографии: учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению «Строительство» и строит. специальностям / В. П. Ананьев, А. Д. Потапов. – Москва: Высш. шк., 2008. – 400 с.

2. Ананьев, В. П. Инженерная геология: учебник для студентов строит. специальностей вузов / В. П. Ананьев, А. Д. Потапов. – Москва: Высш. шк.,2006. – 575 с.

3. ГОСТ 25100–2011. Грунты. Классификация. Межгосударственный стандарт. – Москва, 2011. – 78 с.

Приложение 1

Инженерно-геологическая характеристика крупнообломочных дисперсных грунтов

№ варианта задачи, № образца грунта	Петрографическая характеристика грунта					Таксономические подразделения по ГОСТ 25100–2011						
											Разновидности	
	Структура	Минеральный состав обломков	Состав заполнителя и содержание его, %	Фациальные условия образования	Петрографическое наименование	Класс (аод-класс)	Тип	Подтип	Вид	Подвид	Структура, количественный состав обломков и показатели физико-механических свойств грунтов	Наименование разновидности грунта
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1-12(1)	Псефитовая, несортированная. Обломки окатанные	Кварц, халцедон, диорит	Песчаный 30 %, глинистый 12 %	Речные аллювиальные	Галечниковый с песчано-глинистым заполнителем	Дисперсные (несвязные)	Осадочные	Эоловые	Минеральный	Крупнообломочный	Структура Размер зёрен более 2 мм составляет более 50 % S_r = 0,65 Kwrt = 0,7 K_{frr} = 0,15	Псефитовая Несортированная Галечниковый Средней степени водонасыщения Слабовыветрелый Прочный)

Вывод: Образец № 1 – грунт дисперсный, несвязный, осадочный, минеральный силикатный, крупнообломочный, галечниковый с песчаным заполнителем, средней степени водонасыщения, слабовыветрелый, прочный.

Приложение 2

Инженерно-геологическая характеристика дисперсных песчаных грунтов

№ варианта, задачи, образца грунта	Петрография				Таксономические подразделения по ГОСТ 25100–2011						
	Структура	Минеральный состав обломков	Фациальные условия образования	Петрографическое наименование грунта	Класс (подкласс)	Тип	Подтип	Вид	Подвид	Разновидности	
										Структура, количественный состав обломков и показатели свойств грунтов	Наименование разновидности грунта
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1–12 (2)	Псаммитовая крупнозернистая несортированная. Зёрна неокатанные и полуокатанные	Кварц, полевые шпаты, примесь глинистых частиц 5 %	Ледниковые флювиогляциальные	Песок крупнозернистый	Дисперсные (несвязные)	Осадочные	Эоловые	Минеральный	Пески	Структура	Псаммитовая, крупнозернистая, несортированная
										Гранулометрический состав грунта. Содержание зёрен размером более 0,5 мм составляет более 50 %	Песок крупный
										S_r = 0,95	насыщенный водой
										ε_{fh} = 0,008	непучинистый
										D_{sal} = 2 %	слабозасоленный
										I_r = 0,03	с примесью органики
										e = 0,4	плотный
										I_d = 0,45	среднеуплотнённый
										$C_н$ = 25	неоднородный
										t = 10°C	немёрзлый (талый)

Вывод: образец № 2– грунт дисперсный, несвязный, осадочный, минеральный силикатный, песок крупный, структура псаммитовая крупнозернистая несортированная. Песок крупный, насыщенный водой, непучинистый, слабозасоленный, с примесью органических веществ, плотный, среднеуплотнённый, неоднородный.

Приложение 3

Инженерно-геологическая характеристика глинистых дисперсных грунтов

№ варианта, задачи, образца грунта	Петрографическая характеристика грунта					Таксономические подразделения по ГОСТ 25100–2011						
											Разновидности	
	Структура	Цвет	Минеральный состав	Фацициальные условия образования	Петрографическое наименование грунта	Класс (подкласс)	Тип	Подтип	Вид	Подвид	Структура, количественный состав обломков и показатели физико-механических свойств грунтов	Наименование разновидности грунта
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1–12 (3)	Пелитовая	Желтовато-коричневый	Гидрослюда	Лагунгунные	Глина гидрослюдистая	Дисперсные (связные)	Осадочные	Склоновые	Силикатные	Глинистые грунты	Структура I_p = 0,18 I_l = 0,005 ε_{sw} = 0,17 ε_{fh} = 0, 09 ε_{sl} = 0,002 I_r = 0, 5	пелитовая глина полутвёрдая сильнонабухающая сильнопучинистая непросадочная сильнозаторфованная

Вывод: образец № 3 – грунт дисперсный, связный, осадочный, силикатный глинистый. Структура пелитовая. Глина полутвёрдая, сильнонабухающая, сильнопучинистая, непросадочная, заторфованная.

Приложение 4

Пример оформления титульного листа отчёта
по лабораторной работе № 4

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Кузбасский государственный технический университет
имени Т. Ф. Горбачева»

Кафедра маркшейдерского дела и геологии

Отчёт
по лабораторной работе № 4
ДИСПЕРСНЫЕ ГРУНТЫ: КРУПНООБЛОМОЧНЫЕ,
ПЕСЧАНЫЕ, ГЛИНИСТЫЕ

Составил студент гр. УЗс-181
И. И. Иванов

Проверил ст. преподаватель
А. П. Петров

Кемерово 2019

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

РАБОТА С ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИМИ И ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИМИ КАРТАМИ

(Работа выполняется в течение 4 часов)

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Курс инженерной геологии готовит студентов к чтению материалов изысканий, их анализу для выбора оптимальных проектных решений по размещению сооружений конструкций и способов производства земельно-скальных работ, соответствующих природным условиям. Инженер-строитель должен самостоятельно анализировать предназначенные для него геологические, инженерно-геологические, гидрогеологические карты и разрезы совместно с текстом отчета по изысканиям. Необходимо не только грамотно использовать этот материал в проектной работе, извлекая всю необходимую информацию, но и планировать дальнейшие исследования. Неблагоприятные геологические процессы, как показывает опыт, зачастую связаны с недопониманием и игнорированием строителями природных особенностей участка, на котором производятся работы. Поэтому мы обязаны не только знакомить студентов с ходом процессов, но и акцентировать внимание на профилактике и экстренных методах борьбы с ними.

Построение простых разрезов, гидрогеологических карт и краткое описание природной инженерно-геологической ситуации необходимо для того, чтобы студент смог получить представление об этой важнейшей форме геологической документации и в дальнейшем умел ею воспользоваться при прохождении других дисциплин, дипломном проектировании и на производстве.

Качественные и количественные показатели параметров подземных вод принято называть **режимом подземных вод**. Они включают кратковременные, сезонные, многолетние и вековые изменения уровней, напора, направления движения, расходов, химического и газового составов, температуры и др. Факторами, определяющими режим подземных вод являются: геологическое строение, геоморфологическая обстановка, гидрометеорологические условия, биосфера и деятельность человека.

Выявленные в процессе гидрогеологической съёмки пара-

метры режима (на момент завершения наблюдений) изображают в виде **гидрогеологических карт** различного масштаба и содержания. На детальных картах-планах масштаба 1 : 25000 и крупнее принято показывать различающиеся по условиям геологического залегания водоносные комплексы, рельеф поверхности подземных потоков в гидроизолиниях, направление движения, данные, характеризующие степень водообильности, состав, физико-химические показатели и другие характеристики в зависимости от направления использования графических материалов.

На **гидрогеологических разрезах** графически изображаются в вертикальной плоскости гидрогеологические структуры водоносных горизонтов, водоупорных пластов с отметками уровней и напоров подземных вод, которые представляют собой профиль рельефа поверхности подземного водоносного горизонта.

В горной практике детальные карты-планы и разрезы используются для решения задач на стадиях технического и рабочего проектирования при оценке обводнённости шахтных (карьерных) полей и выборе методов их осушения.

При выполнении лабораторной работы встретятся следующие понятия и термины:

– водоносные породы – водопроницаемые породы, в которых поры, трещины и другие пустоты заполнены гравитационной водой, залегающие в виде пластов и линз.

– водоносные горизонты – толщи, содержащие один или несколько водоносных пластов, гидродинамически связанных между собой и имеющих единую гидравлическую (для грунтовых и безнапорных межпластовых вод) или пьезометрическую (для напорных артезианских вод) поверхность;

– водоупоры – горные породы, практически не пропускающие через себя воду;

– грунтовые воды гравитационные подземные воды первого от поверхности постоянно существующего водоносного горизонта, расположенного на первом водонепроницаемом слое;

– межпластовые воды – подземные воды, залегающие между двумя водоупорами, они могут быть ненапорными и напорными (артезианскими);

– ненапорные воды – межпластовые воды, уровень которых устанавливается ниже водоупорной кровли или совпадает с ней;

– напорные (артезианские) воды – межпластовые воды, уровень которых устанавливается выше водоупорной кровли. Артезианские воды залегают в чашеобразных структурах – мульдах, впадинах или в моноклинально погружающихся толщах;

– кровля водоносного горизонта – нижняя поверхность водоупорного слоя, перекрывающего межпластовый водоносный горизонт;

– напор – высота, подъёма воды межпластового горизонта выше водоупорной кровли;

– гидроизогипса – линия, соединяющая точки с одинаковой абсолютной отметкой уровня грунтовых или ненапорных межпластовых вод;

– карта гидроизогипс – графическое изображение в горизонтальной плоскости рельефа поверхности (зеркала) грунтовых или ненапорных межпластовых вод на какой-либо период времени;

– гидроизопьеза – линия, соединяющая точки с одинаковой абсолютной отметкой пьезометрического уровня напорных межпластовых (артезианских) вод;

– карта гидроизопьез – графическое изображение в горизонтальной плоскости рельефа поверхности пьезометрического уровня артезианских вод, установившегося на период наблюдений.

2. СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В данной работе предлагается проанализировать гидрогеологические условия региона, изученного сетью скважин, вскрывших межпластовый водоносный горизонт с ненапорными, напорными и напорными фонтанирующими водами (см. поясняющую схему, рис. 1), построить гидрогеологическую карту и разрез и оценить водопроницаемость породы слагающей водоносный пласт.

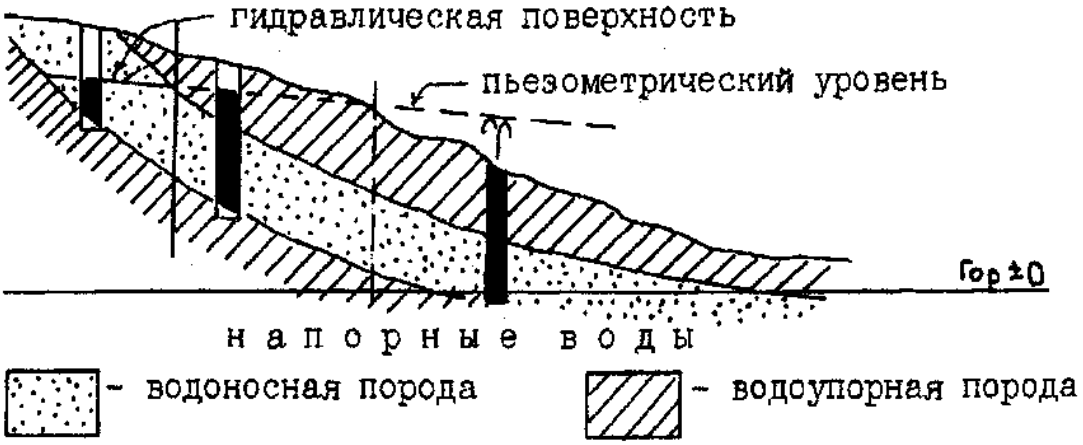


Рис. 1. Схематическое строение межпластового водоносного горизонта в разрезе

3. МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОЙ КАРТЫ

Основой для построения карты служат бланки с нанесенным в изолиниях рельефом поверхности земли и обозначенными точками наблюдательных гидрогеологических скважин. Исходная информация (24 варианта) по скважинам для построения рельефа поверхности водоносного горизонта содержится в табл. 2. По каждой скважине известны: абсолютная отметка устья скважины (абсолютная отметка поверхности Земли в точке забуривания скважины) H, м; глубина залегания воды в скважине $h_{\text{в}}$, м; глубина залегания водоупорной кровли $h_{\text{к}}$, м (рис. 2).

Последовательность построения карты

1. Составить расчетную таблицу (помещается в текст отчета) по форме, представленной в табл. 1, перенеся исходные данные своего варианта из табл. 2.

2. Рассчитать и занести в табл. 1 абсолютную отметку уровня подземных вод по каждой скважине ($H_{вг}$, м). $H_{\text{вг}} = H - h_{в}$ (для фонтанирующих вод $H + h_{\text{в}}$).

3. Оценить и занести в табл. 1 напорность вод в каждой скважине исходя из того, что для ненапорных вод $h_{\text{в}} \geq h_{к}$, для

напорных $h_в < h_к$, для фонтанирующих вод $h_в$ дано со знаком «+» (см. рис. 2).

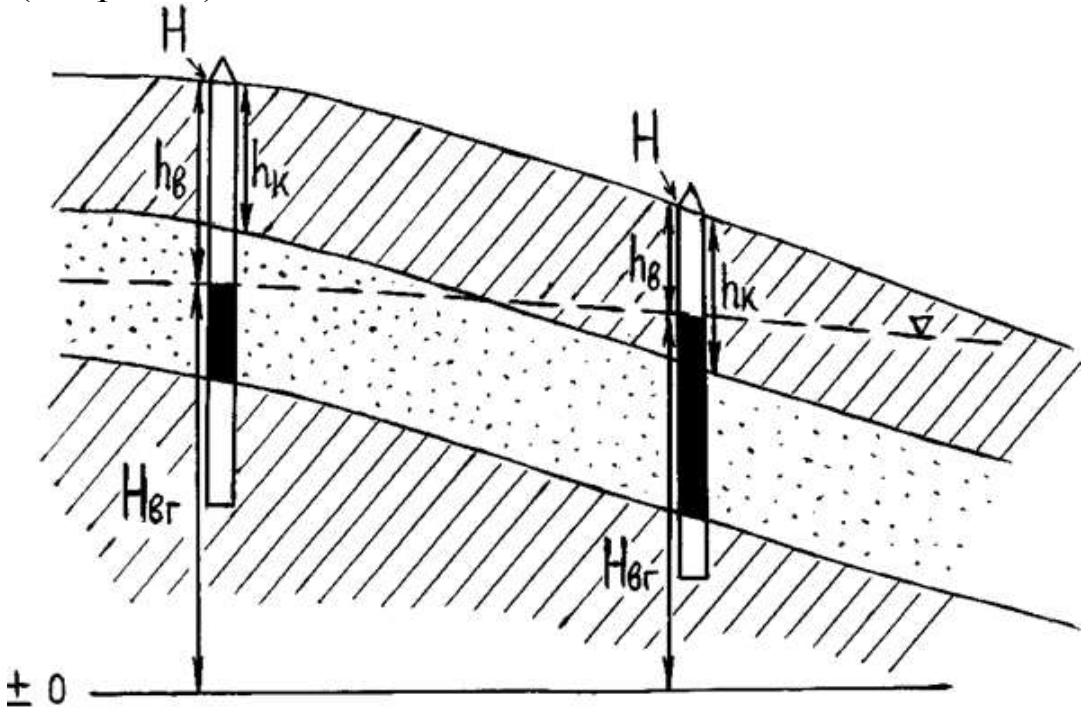


Рис. 2. Схема, иллюстрирующая исходные данные для построения поверхности водоносного горизонта, пояснения в тексте (условные знаки см. рис. 1)

Таблица 1

Расчётная таблица и пример заполнения

№ скв.	Абсолютная отметка устья (точки забуривания скважины) $H_м$	Глубина залегания воды в скважине $h_в$, м	Глубина залегания водоупорной кровли $H_к$, м	Абсолютная отметка уровня подземных вод $H_{вг}$, м	Оценка напорности вод
24	320	20	30	300	напорная
31	340	25	20	315	ненапорная
42	280	+5	30	285	фонтанирующая

4. Вычисленные абсолютные отметки уровня подземных вод ($H_{вг}$) вынести карандашом на бланк рядом с соответствующей

скважиной.

5. Используя условные знаки (см. приложение), обозначить характер напорности вод каждой скважины (закрасить внутренний кружок синим цветом, если вскрыты безнапорные воды, желтым цветом – напорные воды, красным – фонтанирующие).

6. Оконтурить границы развития ненапорных, напорных и напорных фонтанирующих вод (контур проводить по середине между скважинами с разным типом вод).

7. По абсолютным отметкам уровня подземных вод ($H_{вг}$) методом треугольников построить карту гидроизолиний. Высоту заложения гидроизолиний принять равной 2 метра, проводить изолинии с четными значениями абсолютных отметок (см. пример рис. 3). План гидроизолиний и используемые для его построения треугольники выполняются в карандаше. Рекомендуется в начале проследить одну изолинию (например +280), чтобы выявить характерные перегибы рельефа гидравлической (пьезометрический) поверхности.

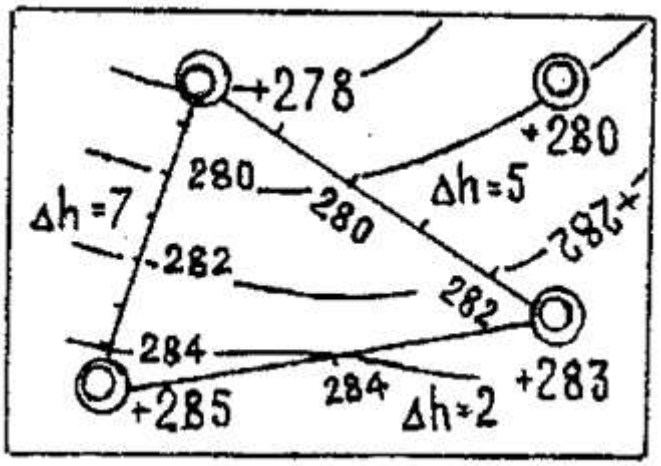
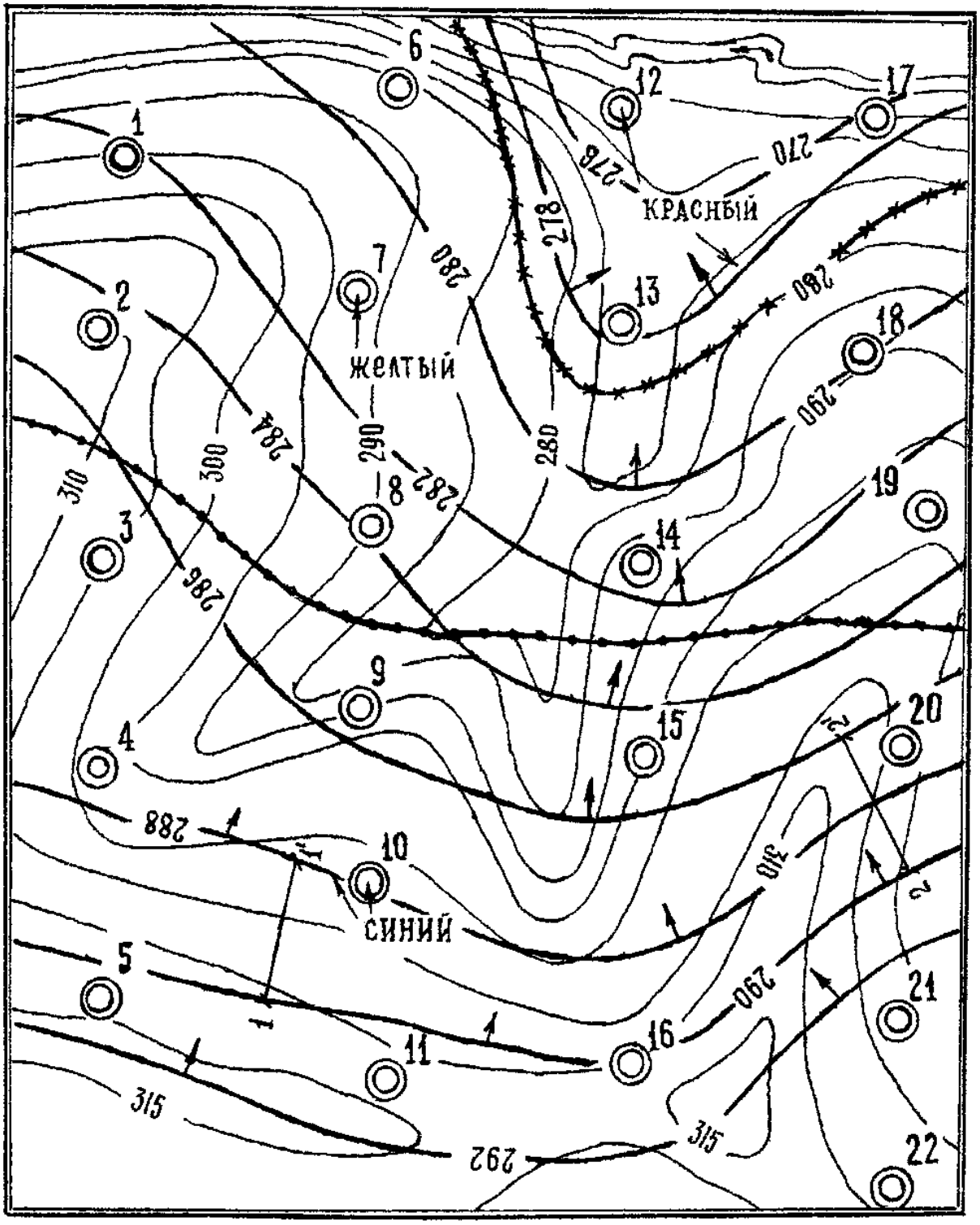


Рис. 3. Пример пропорционального деления отрезков между скважинами для определения точек прохождения прослеживаемых изолиний

8. В поле развития ненапорных вод гидроизолиний являются гидроизогипсами, в контуре напорных вод они становятся гидроизопьезами. Поднимите соответствующим цветом гидроизолиний и, устранив вспомогательные карандашные пометки, окрасьте цветными карандашами поля развития ненапорных, напорных и фонтанирующих вод.

9. Условным знаком покажите главное и фланговое направления движения потока по оси прогибов водной поверхности (по нормали к гидроизогипсе или гидроизопьеза в точке, где определяется направление потока, в сторону понижения абсолютных отметок).

Пример оформления карты гидроизогипс и гидроизопьез показан на рис. 4.



Карта гидроизогипс и гидроизопьез
Масштаб 1 : 5000

Рис. 4. Пример оформления карты гидроизогипс и гидроизопьез

4. МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЗРЕЗА

Гидрогеологические разрезы прилагаются к картам, поясняя и дополняя их. На разрезах отражаются геологическое строение, литологический состав водоносных и водоупорных пластов их возраст и фациальный тип, а также профиль рельефа поверхности подземного водоносного горизонта.

Рекомендуется (в данной работе) строить разрез в горизонтальном масштабе, равном масштабу карты (1 : 5000), и вертикальном 1 : 1000. Разрез строят на миллиметровке или на линованной в прямую клетку бумаге.

Исходные данные для построения гидрогеологического разреза берутся из расчетной табл. 1 и табл. 3 повариантно.

Построение разреза производится в следующем порядке:

1. По карте задаётся направление разреза повариантно:

вариант 1 – скважины № 5, 4, 3, 7, 12;
вариант 2 – скважины № 11, 10, 9, 8, 13, 12;
вариант 3 – скважины № 16, 15, 14, 13, 12;
вариант 4 – скважины № 22, 21, 20, 19, 18, 17;
вариант 5 – скважины № 4, 9, 14, 13, 12;
вариант 6 – скважины № 5, 10, 14, 13, 12;
вариант 7 – скважины № 22, 21, 15, 14, 13, 12;
вариант 8 – скважины № 11, 15, 14, 13, 17;
вариант 9 – скважины № 5, 9, 8, 13, 17;
вариант 10 – скважины № 11, 10, 15, 14, 13, 17;
вариант 11 – скважины № 22, 21, 20, 14, 13, 12;
вариант 12 – скважины № 12, 13, 14, 15, 16;
вариант 13 – скважины № 22, 21, 15, 14, 13, 17;
вариант 14 – скважины № 5, 9, 8, 13, 12;
вариант 15 – скважины № 11, 10, 9, 14, 13, 12;
вариант 16 – скважины № 5, 9, 14, 18, 17;
вариант 17 – скважины № 11, 10, 9, 8, 7, 12;
вариант 18 – скважины № 22, 16, 15, 14, 13, 12;
вариант 19 – скважины № 5, 4, 8, 13, 17;
вариант 20 – скважины № 22, 21, 15, 19, 18, 17;
вариант 21 – скважины № 5, 10, 9, 8, 13, 17;

вариант 22 – скважины № 11, 15, 14, 18, 17;
вариант 23 – скважины № 22, 21, 20, 19, 18, 17;
вариант 24 – скважины № 5, 10, 14, 13, 17.

Заданное направление фиксируется на карте линией, соединяющей центры скважин.

2. На чертежах разрезов принято фланги западных румбов размещать слева, восточных справа. До построения определитесь с размещением флангов. Боковые кромки карты соответствуют направлению меридианов.

3. Определив максимальный перепад высот по линии разреза (между наивысшей отметкой рельефа и отметкой наиболее заглубленного забоя скважин), оцените (в масштабе 1 : 1000) высоту будущего чертежа и на его флангах проведите ограничивающие вертикальные линии с отметками горизонтов через 10 метров. В общем случае перепад высот составляет около 120 м, высота чертежа около 12 см, чертёж разместится между горизонтами +320 и +200 м.

4. Постройте профиль рельефа поверхности земли по линии разреза, на линию рельефа вынесите места расположения устьев скважин и их номера (см. пример исполнения, рис. 4). Грубо профиль рельефа можно построить по абсолютным отметкам поверхности земли в точке забуривания скважины Н, м (расчетная табл. 1, колонка № 2).

5. По оси скважин вниз от устья отложите в масштабе 1 : 1000 глубины контактов литологических разностей пород (табл. 3) и соедините их плавными линиями в виде слоев. Нижнюю границу третьего слоя проводить не следует, т. к. скважина не вскрыла подошву слоя.

6. Рассчитайте абсолютную отметку забоя скважины, отняв от абсолютной отметки поверхности земли (Н, м) последний метр третьего слоя и, вынесите на разрез.

7. Для каждого слоя в средней части чертежа укажите фациальный и возрастной индексы (например: Q_{III}), обозначьте состав слоев условными знаками.

8. По оси скважин отметьте рассчитанные абсолютные отметки уровня подземных вод ($Н_{вг}$ из табл. 1, колонка № 5). Отметки, соединённые плавной линией, представляют собой след

С

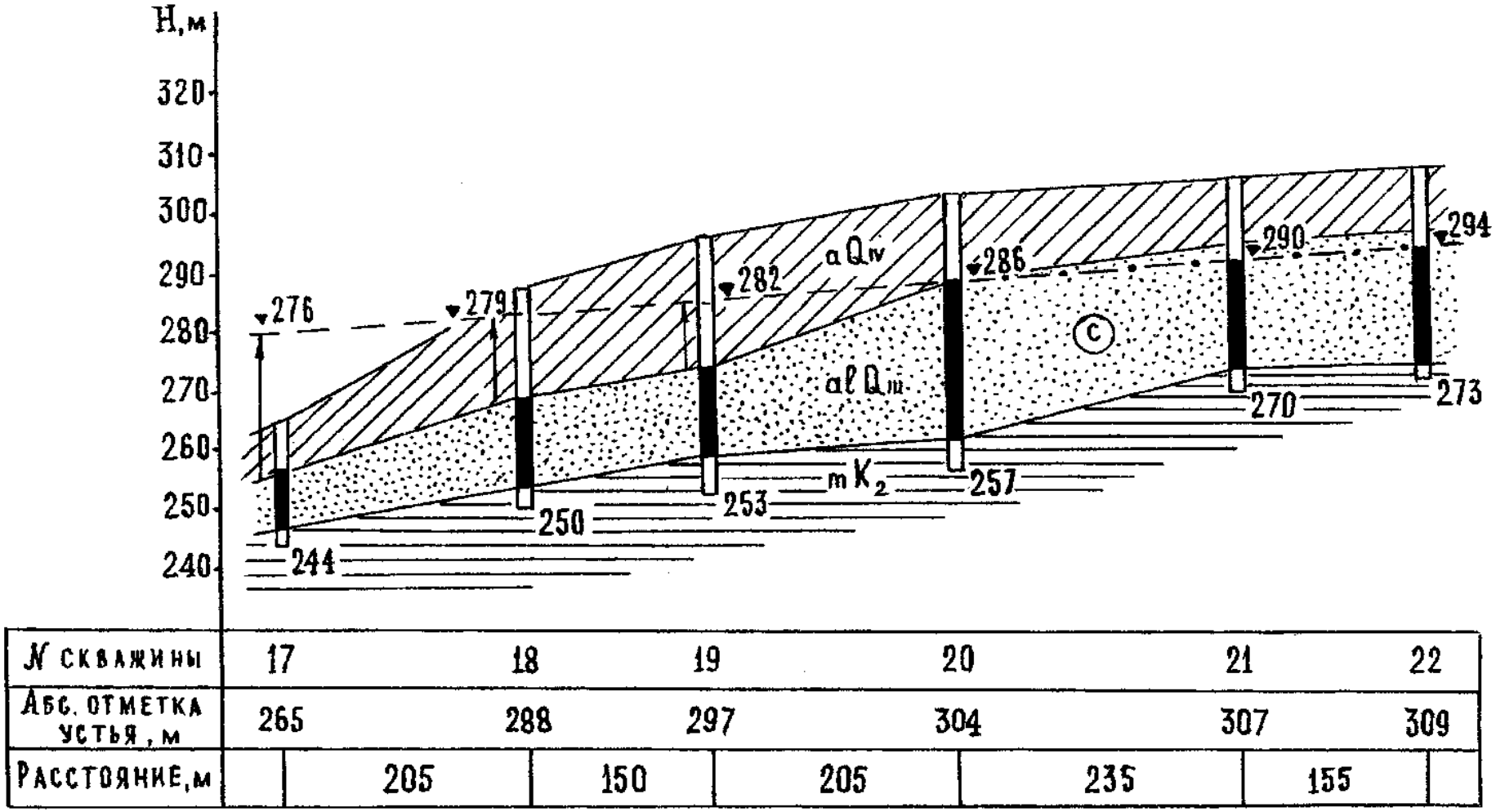


Рис. 5. Пример оформления гидрогеологического разреза. Гидрогеологический разрез по линии скв. 17-22

пересечения гидравлической – пьезометрической поверхности водоносного пласта с плоскостью разреза. Поднимите соответствующим условным знаком линию профиля рельефа поверхности водоносного горизонта в ненапорной и напорной части разреза. Пример построения гидрогеологического разреза см. рис. 5.

5. АНАЛИЗ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОЙ КАРТЫ И РАЗРЕЗА

По построенным карте и разрезу необходимо проанализировать связь формы поверхности подземных вод с геологическим строением, рельефом местности, оценить условия питания и дренирования вод и др.

1. Охарактеризуйте общее направление движения потока (по сторонам света), его связь с рельефом местности и геологическим строением участка.

2. По соотношению и характеру поведения гидроизогипс – гидроизопьез выделите водораздельные и депрессионные участки поверхности водного потока, участки питания, границы перехода ненапорных вод в артезианские.

3. Оцените связь подземных вод с рекой (в северной части участка), возможность открытого дренирования (родники), там, где поверхность земли ниже пьезометрического уровня, есть ли необходимость тампонажа (заполнения ствола скважины цементной или глинистой пробкой) и каких скважин с целью охраны водных запасов.

4. Определите максимальные и минимальные значения гидравлического уклона (градиента) в пределах характеризуемой площади.

$$\mathrm{J} = \frac{H_1 - H_2}{\ell_{1-2}}, \qquad (1)$$

где J – гидравлический градиент; H_1, H_2 – абсолютные отметки гидроизолиний; ℓ_{1-2} – расстояние между соответствующими гидроизолиниями.

Выбранные для определения градиента 3–4 направления нанесите на гидрогеологическую карту условным знаком.

6. ОЦЕНКА ВОДОПРОНИЦАЕМОСТИ ВОДОНОСНОЙ ПОРОДЫ ВОДОНОСНОГО ГОРИЗОНТА

Водопроницаемость горных пород оценивается коэффициентом фильтрации. В данной работе предлагается определить коэффициент фильтрации среднезернистого водоносного песка по результатам откачек воды из совершенной скважины на исследуемой территории. Под совершенной понимают скважину с фильтром, опущенным до водоупора ложа водоносного пласта и перекрывающим полностью ненапорный водоносный горизонт или с положением депрессионной кривой на уровне или ниже верхней рабочей части фильтра для напорных вод. Используются данные откачек из одиночных скважин, в связи с чем радиусы влияния (депрессионной воронки) приняты ориентировочно из эмпирических данных (по Д. И. Щеголеву).

6.1. Расчёт коэффициента фильтрации по данным откачек из скважин, вскрывших безнапорные воды.

$$К_ф = 0.732Q\frac{l_g R - l_g r}{(2H_1 - S)S}, \qquad (2)$$

где $К_ф$ – коэффициент фильтрации, м /сут; Q – дебит скважины при откачке, м^3/сут; R – радиус депрессионной воронки, м; r – радиус фильтра скважины, м; H_1 – уровень безнапорного водоносного горизонта до откачки, м; S – достигнутое понижение уровня после откачки, $S = H_1 - H_2$, м.

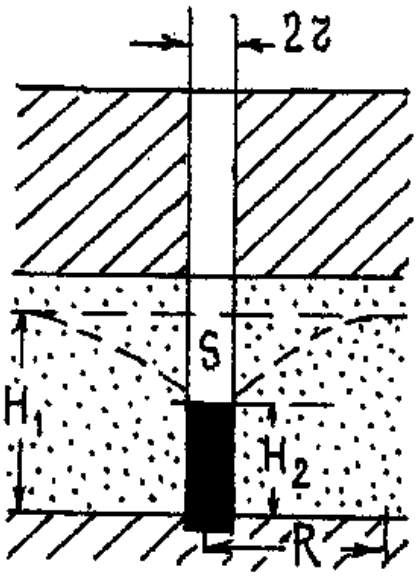


Рис. 6. Расчетная схема для скважины вскрывшей ненапорные воды

Исходные данные для расчёта коэффициента фильтрации по-вариантно приведены в табл. 4.

6.2. Расчёт коэффициента фильтрации по данным откачек из напорной части водоносного горизонта

$$К_ф = 0{,}366Q\frac{l_g R - l_g r}{M \cdot S}, \qquad (3)$$

где $К_ф$ – коэффициент фильтрации, м /сут;

Q – дебит скважины при откачке, м^3 /сут;

R – радиус депрессионной воронки, м;

r – радиус фильтра скважины, м;

M – мощность напорного водоносного пласта, м;

S – достигнутое понижение уровня после откачки, м;

H_1 – высота поднятия воды в скважине до откачки, м.

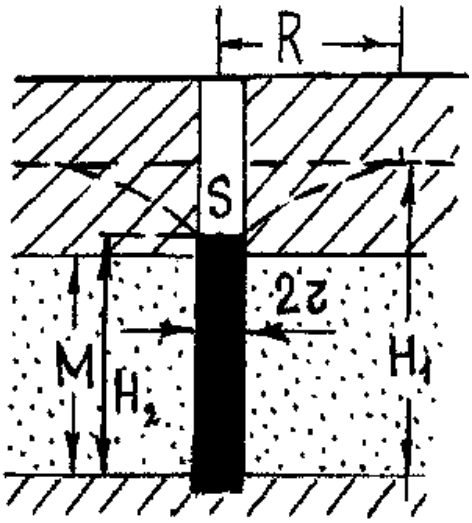


Рис. 7. Расчетная схема для скважины, вскрывшей напорные воды

Исходные данные для расчета коэффициента фильтрации приведены в табл. 5.

В конце занятия преподавателю представляются построенные гидрогеологическая карта и гидрогеологический разрез, расчеты коэффициента фильтрации и результаты их анализа в виде отчета в тетради.

Лабораторная работа должна быть защищена. Вопросы для защиты приведены в конце методических указаний по данной работе.

Таблица 2

Глубина залегания воды и кровли водоносного горизонта

Наблюда-тельная сква-жина и её номер	Абсолютные отметки поверхности земли, м	Варианты															
		1		2		3		4		5		6		7		8	
		$h_в$, м	$h_к$, м	$h_в$, м	$h_к$, м	$h_в$, м	$h_к$, м	$h_в$, м	$h_к$, м	$h_в$, м	$h_к$, м	$h_в$, м	$h_к$, м	$h_в$, м	$h_к$, м	$h_в$, м	$h_к$, м
скв 1	295,0	15,0	20,0	13,0	18,0	13,0	19,0	11,0	16,0	11,0	21,0	16,0	22,0	16,0	21,0	14,0	19,0
скв 2	312,0	33,0	34,0	32,0	32,0	31,0	33,0	29,0	31,0	32,0	35,0	32,0	36,0	35,0	32,0	33,0	33,0
скв 3	305,0	22,0	19,0	21,0	16,0	20,0	20,0	18,0	17,0	22,0	21,0	21,0	22,0	21,0	20,0	22,0	16,0
скв 4	299,0	14,0	9,0	12,0	7,0	12,0	11,0	10,0	8,0	15,0	12,0	13,0	13,0	15,0	10,0	13,0	8,0
скв 5	315,0	25,0	19,0	21,0	17,0	22,0	21,0	21,0	18,0	26,0	20,0	24,0	21,0	24,0	18,0	21,0	17,0
скв 6	286,0	15,0	19,0	16,0	21,0	17,0	23,0	14,0	18,0	13,0	20,0	12,0	22,0	16,0	20,0	17,0	22,0
скв 7	293,0	15,0	21,0	17,0	23,0	18,0	24,0	14,0	20,0	16,0	22,0	17,0	24,0	16,0	21,0	18,0	24,0
скв 8	290,0	9,0	14,0	11,0	16,0	12,0	17,0	8,0	13,0	10,0	15,0	11,0	16,0	10,0	16,0	12,0	17,0
скв 9	290,0	8,0	7,0	10,0	9,0	11,0	10,0	7,0	6,0	9,0	10,0	10,0	11,0	8,0	9,0	11,0	10,0
скв 10	302,0	17,0	16,0	19,0	17,0	20,0	18,0	16,0	14,0	18,0	17,0	19,0	18,0	18,0	17,0	20,0	18,0
скв 11	314,0	24,0	21,0	26,0	22,0	27,0	24,0	23,0	20,0	25,0	23,0	26,0	24,0	23,0	20,0	27,0	23,0

Продолжение табл. 2

Наблюда-тельная сква-жина и её номер	Абсолютные отметки поверхности земли, м	Варианты															
		1		2		3		4		5		6		7		8	
		$h_в$, м	$h_к$, м	$h_в$, м	$h_к$, м	$h_в$, м	$h_к$, м	$h_в$, м	$h_к$, м	$h_в$, м	$h_к$, м	$h_в$, м	$h_к$, м	$h_в$, м	$h_к$, м	$h_в$, м	$h_к$, м
скв 12	267,0	+3,0	15,0	+4,0	14,0	+5,0	13,0	+6,0	12,0	+2,0	16,0	+1,0	17,0	+4,0	16,0	+5,0	15,0
скв 13	273,0	+4,0	18,0	+5,0	17,0	+6,0	16,0	+7,0	15,0	+2,0	19,0	+3,0	20,0	+5,0	19,0	+6,0	18,0
скв 14	286,0	7,0	15,0	6,0	16,0	5,0	14,0	4,0	13,0	10,0	17,0	9,0	18,0	8,0	15,0	7,0	16,0
скв 15	295,0	13,0	11,0	12,0	10,0	11,0	9,0	10,0	8,0	14,0	12,0	15,0	13,0	14,0	12,0	13,0	11,0
скв 16	309,0	21,0	17,0	20,0	16,0	19,0	15,0	17,0	15,0	22,0	18,0	23,0	19,0	22,0	18,0	21,0	17,0
скв 17	265,0	+4,0	8,0	+5,0	7,0	+6,0	6,0	+7,0	5,0	+3,0	9,0	+2,0	10,0	+5,0	9,0	+6,0	8,0
скв 18	288,0	14,0	20,0	12,0	18,0	13,0	17,0	11,0	15,0	15,0	20,0	16,0	21,0	15,0	21,0	13,0	20,0
скв 19	297,0	18,0	22,0	17,0	20,0	16,0	19,0	15,0	18,0	19,0	23,0	21,0	24,0	19,0	23,0	18,0	22,0
скв 20	304,0	20,0	18,0	18,0	17,0	16,0	15,0	17,0	15,0	19,0	19,0	21,0	20,0	21,0	19,0	19,0	18,0
скв 21	303,0	14,0	10,0	11,0	8,0	10,0	6,0	12,0	7,0	13,0	11,0	15,0	12,0	15,0	11,0	12,0	9,0
скв 22	309,0	14,0	11,0	12,0	9,0	11,0	8,0	13,0	7,0	14,0	12,0	15,0	13,0	15,0	12,0	13,0	10,0

Продолжение табл. 2

Наблюда-тельная скважина и её номер	Абсолютные отметки поверхности земли, м	Варианты															
		9		10		11		12		13		14		15		16	
		$h_в$, м	$h_к$, м	$h_в$, м	$h_к$, м	$h_в$, м	$h_к$, м	$h_в$, м	$h_к$, м	$h_в$, м	$h_к$, м	$h_в$, м	$h_к$, м	$h_в$, м	$h_к$, м	$h_в$, м	$h_к$, м
скв 1	295,0	14,0	20,0	12,0	12,0	17,0	12,0	17,0	23,0	14,0	19,0	12,0	17,0	12,0	18,0	10,0	15,0
скв 2	312,0	32,0	32,0	31,0	33,0	29,0	31,0	32,0	35,0	32,0	33,0	31,0	31,0	30,0	32,0	28,0	30,0
скв 3	305,0	21,0	21,0	19,0	18,0	23,0	22,0	22,0	23,0	21,0	18,0	20,0	15,0	23,0	22,0	22,0	23,0
скв 4	299,0	13,0	12,0	11,0	9,0	16,0	13,0	14,0	14,0	13,0	8,0	11,0	7,0	16,0	13,0	12,0	13,0
скв 5	315,0	23,0	22,0	22,0	19,0	27,0	19,0	25,0	25,0	24,0	18,0	20,0	16,0	27,0	21,0	23,0	20,0
скв 6	286,0	18,0	24,0	15,0	19,0	14,0	21,0	13,0	23,0	14,0	20,0	15,0	20,0	17,0	21,0	18,0	23,0
скв 7	293,0	19,0	25,0	15,0	21,0	17,0	23,0	18,0	25,0	14,0	20,0	16,0	21,0	17,0	23,0	19,0	25,0
скв 8	290,0	13,0	18,0	9,0	14,0	11,0	16,0	12,0	17,0	8,0	13,0	10,0	15,0	11,0	17,0	13,0	18,0
скв 9	290,0	12,0	11,0	8,0	7,0	10,0	11,0	11,0	12,0	7,0	6,0	9,0	8,0	10,0	9,0	12,0	11,0
скв 10	302,0	21,0	19,0	17,0	15,0	19,0	18,0	20,0	19,0	16,0	15,0	18,0	16,0	19,0	18,0	21,0	19,0
скв 11	314,0	28,0	25,0	24,0	21,0	26,0	24,0	27,0	25,0	23,0	20,0	25,0	21,0	26,0	23,0	28,0	24,0
скв 12	267,0	+6,0	13,0	+3,0	17,0	+2,0	18,0	+2,0	16,0	+2,0	14,0	+3,0	13,0	+5,0	15,0	+6,0	16,0

Продолжение табл. 2

Наблюда-тельная сква-жина и её номер	Абсолютные отметки поверхности земли, м	Варианты															
		9		10		11		12		13		14		15		16	
		$h_в$, м	$h_к$, м	$h_в$, м	$h_к$, м	$h_в$, м	$h_к$, м	$h_в$, м	$h_к$, м	$h_в$, м	$h_к$, м	$h_в$, м	$h_к$, м	$h_в$, м	$h_к$, м	$h_в$, м	$h_к$, м
скв 13	273,0	+7,0	17,0	+8	16,0	+3,0	20,0	+4,0	20,0	+3,0	17,0	+4,0	16,0	+4,0	20,0	+5,0	19,0
скв 14	286,0	6,0	15,0	5,0	14,0	11,0	18,0	10,0	19,0	6,0	14,0	5,0	15,0	7,0	17,0	6,0	18,0
скв 15	295,0	12,0	10,0	11,0	9,0	15,0	13,0	16,0	14,0	12,0	10,0	11,0	9,0	14,0	13,0	13,0	12,0
скв 16	309,0	20,0	18,0	18,0	16,0	23,0	19,0	24,0	20,0	20,0	16,0	19,0	15,0	23,0	19,0	22,0	18,0
скв 17	265,0	+7,0	7,0	+8,0	5,0	+4	10,0	+3,0	11,0	+3,0	7,0	+4,0	6,0	+6,0	10,0	+7,0	9,0
скв 18	288,0	12,0	18,0	12,0	16,0	16,0	21,0	17,0	22,0	13,0	19,0	11,0	17,0	16,0	22,0	14,0	20,0
скв 19	297,0	17,0	20,0	16,0	19,0	20,0	24,0	22,0	25,0	17,0	21,0	16,0	19,0	20,0	24,0	19,0	22,0
скв 20	304,0	17,0	16,0	18,0	16,0	20,0	20,0	22,0	21,0	19,0	17,0	17,0	16,0	22,0	20,0	20,0	19,0
скв 21	303,0	11,0	7,0	13,0	8,0	14,0	12,0	16,0	13,0	13,0	9,0	10,0	7,0	16,0	12,0	13,0	10,0
скв 22	309,0	12,0	9,0	14,0	8,0	15,0	13,0	16,0	14,0	13,0	10,0	11,0	8,0	16,0	13,0	14,0	11,0

Продолжение табл. 2

Наблюда-тельная скважина и её номер	Абсолютные отметки поверхности земли, м	Варианты															
		17		18		19		20		21		22		23		24	
		$h_в$, м	$h_к$, м	$h_в$, м	$h_к$, м	$h_в$, м	$h_к$, м	$h_в$, м	$h_к$, м	$h_в$, м	$h_к$, м	$h_в$, м	$h_к$, м	$h_в$, м	$h_к$, м	$h_в$, м	$h_к$, м
скв 1	295,0	10,0	20,0	15,0	21,0	15,0	20,0	16,0	21,0	15,0	20,0	15,0	21,0	13,0	18,0	13,0	23,0
скв 2	312,0	31,0	34,0	31,0	35,0	35,0	34,0	34,0	35,0	33,0	33,0	32,0	34,0	31,0	37,0	33,0	34,0
скв 3	305,0	23,0	22,0	22,0	23,0	24,0	21,0	23,0	18,0	22,0	22,0	20,0	19,0	24,0	23,0	23,0	24,0
скв 4	299,0	14,0	11,0	12,0	12,0	16,0	11,0	14,0	9,0	14,0	13,0	12,0	8,0	17,0	15,0	15,0	15,0
скв 5	315,0	25,0	19,0	23,0	20,0	27,0	21,0	22,0	19,0	24,0	22,0	23,0	20,0	25,0	21,0	25,0	22,0
скв 6	286,0	12,0	19,0	11,0	21,0	17,0	21,0	18,0	23,0	19,0	25,0	16,0	20,0	15,0	22,0	14,0	24,0
скв 7	293,0	15,0	21,0	16,0	23,0	17,0	23,0	19,0	25,0	20,0	26,0	16,0	22,0	17,0	23,0	19,0	25,0
скв 8	290,0	9,0	14,0	10,0	15,0	11,0	16,0	13,0	19,0	14,0	19,0	10,0	15,0	12,0	17,0	13,0	18,0
скв 9	290,0	8,0	9,0	9,0	10,0	10,0	9,0	12,0	11,0	13,0	12,0	9,0	8,0	10,0	11,0	12,0	13,0
скв 10	302,0	17,0	16,0	18,0	17,0	19,0	18,0	21,0	19,0	22,0	20,0	18,0	16,0	19,0	19,0	20,0	19,0
скв 11	314,0	24,0	22,0	25,0	23,0	26,0	23,0	28,0	24,0	29,0	26,0	25,0	22,0	26,0	24,0	27,0	20,0

Продолжение табл. 2

Наблюдательная скважина и её номер	Абсолютные отметки поверхности земли, м	Варианты															
		17		18		19		20		21		22		23		24	
		$h_в$, м	$h_к$, м	$h_в$, м	$h_к$, м	$h_в$, м	$h_к$, м	$h_в$, м	$h_к$, м	$h_в$, м	$h_к$, м	$h_в$, м	$h_к$, м	$h_в$, м	$h_к$, м	$h_в$, м	$h_к$, м
скв 12	267,0	+1,0	15,0	0	16,0	+5,0	17,0	+6,0	16,0	+7,0	15,0	+8,0	14,0	+4,0	18,0	+3,0	19,0
скв 13	273,0	+1,0	18,0	+2,0	19,0	+4,0	20,0	+7,0	10,0	+9,0	16,0	+7,0	15,0	+4,0	19,0	+4,0	20,0
скв 14	286,0	9,0	16,0	8,0	17,0	7,0	17,0	8,0	18,0	6,0	16,0	4,0	14,0	11,0	17,0	10,0	19,0
скв 15	295,0	13,0	11,0	14,0	12,0	15,0	13,0	14,0	12,0	12,0	10,0	11,0	9,0	15,0	13,0	16,0	14,0
скв 16	309,0	21,0	17,0	22,0	18,0	23,0	19,0	22,0	18,0	20,0	14,0	19,0	16,0	23,0	19,0	24,0	21,0
скв 17	265,0	+2,0	8,0	+1,0	9,0	+6,0	10,0	+7,0	9,0	+7,0	6,0	+8,0	6,0	+5	11,0	+4,0	12,0
скв 18	288,0	15,0	19,0	15,0	20,0	14,0	22,0	14,0	20,0	14,0	19,0	13,0	16,0	16,0	21,0	17,0	22,0
скв 19	297,0	18,0	22,0	20,0	23,0	20,0	24,0	19,0	22,0	17,0	18,0	16,0	19,0	20,0	24,0	20,0	23,0
скв 20	304,0	18,0	18,0	20,0	19,0	22,0	20,0	20,0	19,0	15,0	16,0	17,0	16,0	19,0	18,0	21,0	19,0
скв 21	303,0	12,0	10,0	14,0	11,0	16,0	12,0	13,0	10,0	11,0	8,0	13,0	9,0	14,0	12,0	15,0	13,0
скв 22	309,0	13,0	11,0	14,0	12,0	16,0	13,0	14,0	11,0	12,0	10,0	14,0	8,0	15,0	13,0	16,0	14,0

Примечание: $h_в$ – глубина залегания воды от поверхности земли, м

$h_к$ – глубина залегания водоупорной кровли водоносного горизонта от поверхности земли, м

Таблица 3

Геологический разрез по скважинам

№ скв.	Слой 1. Суглинок аллювиальный бурый, плотный												
	Глубина залегания слоя от – до по вариантам, м												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	0–20	0–18	0–19	0–16	0–21	0–22	0–21	0–19	0–20	0–17	0–22	0–23	0–19
2	0–34	0–32	0–33	0–31	0–35	0–36	0–32	0–33	0–34	0–32	0–36	0–37	0–33
3	0–19	0–16	0–20	0–17	0–21	0–22	0–20	0–16	0–21	0–18	0–22	0–23	0–18
4	0–9	0–7	0–11	0–8	0–12	0–13	0–10	0–8	0–12	0–9	0–13	0–14	0–8
5	0–19	0–17	0–21	0–18	0–20	0–21	0–18	0–17	0–22	0–19	0–19	0–25	0–18
6	0–19	0–21	0–23	0–18	0–20	0–22	0–20	0–22	0–24	0–19	0–21	0–23	0–20
7	0–21	0–23	0–24	0–20	0–22	0–24	0–21	0–24	0–25	0–21	0–23	0–25	0–20
8	0–14	0–16	0–17	0–13	0–15	0–16	0–16	0–17	0–18	0–14	0–16	0–17	0–13
9	0–7	0–9	0–10	0–6	0–10	0–11	0–9	0–10	0–11	0–7	0–11	0–12	0–6
10	0–16	0–17	0–18	0–14	0–17	0–18	0–17	0–18	0–19	0–15	0–18	0–19	0–15
11	0–21	0–22	0–24	0–20	0–23	0–24	0–20	0–23	0–25	0–21	0–24	0–25	0–20
12	0–15	0–14	0–13	0–12	0–16	0–17	0–16	0–15	0–13	0–17	0–18	0–16	0–14
13	0–18	0–17	0–16	0–15	0–19	0–20	0–19	0–18	0–17	0–16	0–20	0–20	0–17
14	0–15	0–16	0–14	0–13	0–17	0–18	0–15	0–16	0–15	0–14	0–18	0–19	0–14
15	0–11	0–10	0–9	0–8	0–12	0–13	0–12	0–11	0–10	0–9	0–13	0–14	0–10
16	0–17	0–16	0–15	0–15	0–18	0–19	0–18	0–17	0–18	0–16	0–19	0–20	0–16
17	0–8	0–7	0–6	0–5	0–9	0–10	0–9	0–8	0–7	0–5	0–10	0–10	0–7
18	0–20	0–18	0–17	0–15	0–20	0–21	0–21	0–19	0–18	0–16	0–21	0–22	0–19
19	0–22	0–20	0–19	0–18	0–23	0–24	0–23	0–21	0–20	0–19	0–24	0–25	0–21
20	0–18	0–17	0–15	0–15	0–19	0–20	0–19	0–18	0–16	0–16	0–20	0–21	0–17
21	0–10	0–8	0–6	0–7	0–11	0–12	0–11	0–9	0–7	0–8	0–12	0–13	0–9
22	0–11	0–9	0–8	0–7	0–12	0–13	0–12	0–10	0–9	0–8	0–13	0–14	0–10

Продолжение табл. 3

№ скв.	Слой 1. Суглинок аллювиальный бурый, плотный										
	Глубина залегания слоя от – до по вариантам, м										
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	0–17	0–18	0–15	0–20	0–21	0–20	0–21	0–20	0–21	0–18	0–23
2	0–31	0–32	0–30	0–34	0–35	0–34	0–35	0–33	0–34	0–37	0–34
3	0–15	0–22	0–23	0–22	0–23	0–21	0–18	0–22	0–19	0–23	0–24
4	0–7	0–13	0–13	0–11	0–12	0–11	0–9	0–13	0–8	0–15	0–15
5	0–16	0–21	0–20	0–19	0–20	0–21	0–19	0–22	0–20	0–21	0–22
6	0–20	0–21	0–23	0–19	0–21	0–21	0–23	0–25	0–20	0–22	0–24
7	0–21	0–23	0–25	0–21	0–23	0–23	0–25	0–26	0–22	0–23	0–25
8	0–15	0–17	0–18	0–14	0–15	0–16	19	0–19	0–15	0–17	0–18
9	0–8	0–9	0–11	0–9	0–10	0–9	0–11	0–12	0–8	0–11	0–13
10	0–16	0–18	0–19	0–16	0–17	0–18	0–19	0–20	0–16	0–19	0–19
11	0–21	0–23	0–24	0–22	0–23	0–23	0–24	0–26	0–22	0–24	0–20
12	0–13	0–15	0–16	0–15	0–16	0–17	0–16	0–15	0–14	0–18	0–19
13	0–16	0–20	0–19	0–18	0–19	0–20	0–10	0–16	0–15	0–19	0–20
14	0–15	0–17	0–18	0–16	0–17	0–17	0–18	0–16	0–14	0–17	0–19
15	0–19	0–13	0–12	0–11	0–12	0–13	0–12	0–10	0–9	0–13	0–14
16	0–15	0–19	0–18	0–17	0–18	0–19	0–18	0–14	0–16	0–19	0–21
17	0–6	0–10	0–9	0–8	0–9	0–10	0–9	0–6	0–6	0–11	0–12
18	0–17	0–22	0–20	0–19	0–20	0–22	0–20	0–19	0–16	0–21	0–22
19	0–19	0–24	0–22	0–22	0–23	0–24	0–22	0–18	0–19	0–24	0–23
20	0–16	0–20	0–19	0–18	0–19	0–20	0–19	0–16	0–16	0–18	0–19
21	0–7	0–12	0–10	0–10	0–11	0–12	0–10	0–8	0–9	0–12	0–13
22	0–8	0–13	0–11	0–11	0–12	0–13	0–11	0–10	0–8	0–13	0–14

Таблица 4

Геологический разрез по скважинам

№ скв.	Слой 2. Песок аллювиальный, среднезернистый, водоносный												
	Глубина залегания слоя от – до по вариантам, м												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	20–26	18–26	19–24	16–25	21–28	22–27	21–27	19–27	20–25	17–26	22–29	23–28	19–25
2	34–42	32–40	33–41	31–40	35–43	36–44	32–41	33–41	34–42	32–41	36–44	37–45	33–41
3	19–32	16–29	20–33	17–30	21–34	22–35	20–31	16–30	21–34	18–31	22–34	23–36	18–33
4	9–20	7–18	11–22	8–19	12–23	13–24	10–21	8–18	12–22	9–20	13–23	14–25	8–19
5	19–34	17–31	21–35	18–32	20–33	21–36	18–35	17–32	22–35	19–33	19–34	25–37	18–33
6	19–29	17–31	23–33	18–28	20–30	22–32	20–30	22–32	24–34	19–29	21–31	23–33	20–28
7	21–33	23–35	24–36	20–28	22–30	24–31	21–34	24–35	25–37	21–30	23–31	25–32	20–32
8	14–24	16–26	17–27	13–23	15–25	16–26	16–25	17–27	18–27	14–24	16–26	17–27	13–23
9	7–18	9–20	10–21	6–16	10–21	11–22	9–18	10–21	11–22	7–18	11–22	12–23	6–17
10	16–30	17–31	18–32	14–28	17–31	18–32	17–30	18–32	19–33	15–29	18–32	19–32	15–29
11	21–37	22–38	24–40	20–36	23–39	24–40	20–37	23–38	25–41	21–37	24–40	25–41	20–36
12	15–24	14–23	13–22	12–21	16–25	17–26	16–25	15–24	13–22	17–22	18–26	16–27	14–23
13	18–29	17–28	16–27	15–26	19–30	20–31	19–30	18–29	17–28	16–27	20–31	20–32	17–28
14	15–41	16–42	14–40	13–39	17–43	18–44	15–42	16–42	15–41	14–40	18–44	19–45	14–40
15	11–49	10–48	9–47	8–46	12–50	13–51	12–50	11–50	10–48	9–47	13–51	14–52	10–48
16	17–59	16–58	15–57	15–57	18–60	19–61	18–60	17–59	18–58	16–58	19–61	20–62	16–58
17	8–18	7–17	6–16	5–15	9–19	10–20	9–20	8–20	7–17	5–16	10–19	11–21	7–17
18	20–37	18–33	17–32	15–30	20–35	21–36	21–39	19–33	18–32	16–31	21–36	22–37	19–36
19	22–35	20–37	19–36	18–35	23–40	24–41	23–36	21–38	20–38	19–36	24–41	25–42	21–35
20	18–40	17–39	15–37	15–37	19–41	20–42	19–41	18–40	16–37	16–38	20–42	21–43	17–41
21	10–31	8–29	6–27	7–28	11–32	12–33	11–32	9–30	7–28	8–28	12–33	13–34	9–30
22	11–34	9–32	8–31	7–30	12–35	13–36	12–34	10–33	9–31	8–30	13–36	14–37	10–34

Продолжение табл. 4

№ скв.	Слой 2. Песок аллювиальный серый, среднезернистый, водоносный										
	Глубина залегания слоя от – до по вариантам, м										
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	17–25	18–23	15–24	20–27	21–26	20–28	21–27	20–23	21–26	18–29	23–28
2	31–39	32–40	30–39	34–42	35–43	34–42	35–41	33–42	34–42	37–42	34–45
3	15–28	22–32	23–29	22–33	23–34	21–32	18–29	22–34	19–31	23–35	24–34
4	7–17	13–21	13–18	11–22	12–23	11–22	9–18	13–21	8–20	15–24	15–23
5	16–30	21–34	20–31	19–32	20–35	21–36	19–32	23–36	20–31	21–32	22–37
6	20–30	21–32	23–28	19–29	21–31	21–31	23–31	25–33	20–29	22–31	24–33
7	21–34	23–35	25–27	21–29	23–30	23–35	25–36	26–35	22–28	23–29	25–30
8	15–25	17–26	18–22	14–24	15–25	16–26	19–27	19–28	15–24	17–24	18–27
9	8–19	9–20	11–16	9–20	10–21	9–18	11–21	12–22	8–17	11–22	13–23
10	16–30	18–31	19–27	16–30	17–31	18–31	19–32	20–33	16–27	19–30	19–31
11	21–37	23–39	24–35	22–38	23–39	23–36	24–39	26–41	22–36	24–38	20–40
12	13–22	15–22	16–20	15–24	16–25	17–26	16–24	15–22	14–22	18–26	19–27
13	16–27	20–27	19–26	18–29	19–30	20–31	10–27	16–28	15–25	19–31	20–30
14	15–41	17–39	18–38	16–42	17–43	17–43	18–43	16–41	14–38	17–42	19–43
15	9–47	13–46	12–45	11–49	12–50	13–51	12–49	10–46	9–45	13–51	14–50
16	15–57	19–56	18–56	17–59	18–60	19–61	18–57	14–58	16–56	19–59	21–62
17	6–16	10–15	9–14	8–18	9–19	10–21	9–18	6–16	6–16	11–20	12–21
18	17–32	22–31	20–29	19–34	20–35	22–40	20–34	19–31	16–28	21–34	22–35
19	19–36	24–35	22–35	22–39	23–40	24–37	22–36	18–35	19–34	24–41	23–40
20	16–38	20–36	19–28	18–40	19–41	20–42	19–38	16–36	16–38	18–40	19–41
21	7–28	12–26	10–27	10–31	11–32	12–33	10–29	8–28	9–27	12–31	13–34
22	8–31	13–30	11–29	11–34	12–35	13–35	11–31	10–30	8–31	13–34	14–36

Таблица 5

Геологический разрез по скважинам

№ скв.	Слой 3. Глина морская сине-серая, плотная												
	Глубина залегания слоя от – до по вариантам, м (вторая цифра глубина забоя скважины от поверхности земли)												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	26–32	26–31	24–30	25–29	28–34	27–33	27–33	27–30	25–32	26–33	29–34	28–32	25–30
2	42–49	40–47	41–48	40–47	43–50	44–50	41–50	41–43	42–51	41–50	44–51	45–54	41–48
3	32–40	29–36	33–41	30–37	34–42	35–43	31–41	30–39	34–42	31–42	34–40	36–42	33–42
4	20–30	18–27	22–31	19–29	23–32	24–32	21–32	18–24	22–33	20–31	23–32	25–31	19–26
5	34–40	31–36	35–39	32–36	33–38	36–40	35–41	32–37	35–45	33–40	34–41	37–43	33–40
6	29–36	31–38	33–39	28–35	30–36	32–38	30–37	32–40	34–41	29–37	31–35	33–40	28–33
7	33–38	35–42	30–37	31–36	30–37	31–38	34–39	35–41	37–40	30–36	31–38	32–37	32–40
8	24–28	26–31	27–31	23–27	25–28	26–30	25–29	27–32	27–32	24–30	26–31	27–32	23–31
9	18–24	20–26	21–27	16–22	21–27	22–28	18–25	21–28	22–30	18–28	22–28	23–30	17–24
10	30–34	31–35	32–36	28–33	31–34	32–36	30–35	32–40	33–39	29–39	32–36	32–37	29–37
11	37–42	38–43	40–45	36–41	39–44	40–46	37–41	38–42	41–47	37–45	40–47	41–45	36–42
12	24–28	23–27	22–26	21–25	25–29	26–30	25–29	24–31	22–29	22–33	26–34	27–34	23–33
13	29–34	28–33	27–32	26–32	30–35	31–36	30–34	29–34	17–23	27–39	31–42	32–36	28–35
14	41–46	42–47	40–45	39–44	43–48	44–49	42–45	42–48	41–49	40–47	44–51	45–49	40–47
15	49–54	48–53	47–52	46–51	50–55	51–56	50–54	50–56	48–52	47–52	51–60	52–57	48–54
16	59–72	58–71	57–70	57–70	60–72	61–73	60–71	59–61	58–63	58–64	61–65	62–68	58–63
17	18–24	17–23	16–22	15–21	19–25	20–26	20–25	20–25	17–27	16–27	19–25	21–27	17–25
18	35–41	33–39	32–39	32–39	35–41	36–42	39–42	33–37	32–44	31–40	36–42	37–41	36–43
19	39–46	37–44	36–43	36–43	40–49	41–49	36–45	38–42	38–45	36–47	41–55	42–53	35–41
20	40–45	39–44	37–42	37–42	41–46	42–47	41–44	40–47	37–41	38–49	42–51	43–50	41–48
21	31–38	29–36	27–34	28–35	32–39	33–40	32–37	30–38	28–35	28–36	33–42	34–47	30–35
22	34–38	32–36	31–35	30–34	35–40	36–41	34–39	33–40	31–37	30–34	36–40	37–41	34–39

Продолжение табл. 5

№ скв.	Слой 3. Глина морская сине-серая, плотная										
	Глубина залегания слоя от – до по вариантам, м (вторая цифра глубина забоя скважины от поверхности земли)										
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	25–31	23–31	24–31	27–32	26–31	28–35	27–33	23–31	26–32	29–32	28–31
2	39–43	40–43	39–42	42–46	43–49	42–50	41–47	42–49	42–48	42–47	45–50
3	28–34	32–37	29–35	33–38	34–40	32–39	29–35	34–40	31–39	35–41	34–39
4	17–25	21–26	18–23	22–26	23–31	22–29	18–26	21–28	20–27	24–29	23–30
5	30–36	34–39	31–37	32–38	35–42	36–42	32–37	36–41	31–38	32–40	37–42
6	30–34	32–41	28–31	29–37	31–39	31–37	31–40	33–39	29–33	31–39	33–38
7	34–40	35–42	27–35	29–35	30–37	35–40	36–42	35–42	28–35	29–34	30–37
8	25–32	26–35	22–28	24–30	25–32	26–31	27–31	28–32	24–28	24–30	27–31
9	19–26	20–24	16–23	20–27	21–29	18–25	21–29	22–29	17–25	22–29	23–31
10	30–37	31–37	27–23	30–34	31–41	31–37	32–40	33–40	27–34	30–38	31–39
11	37–41	39–43	35–35	38–41	39–45	36–42	39–47	41–47	36–41	38–43	40–46
12	22–37	22–29	20–40	24–29	25–32	26–31	24–31	22–29	22–29	26–30	27–33
13	27–32	27–31	26–33	29–35	30–36	31–35	27–35	28–35	25–30	31–37	30–32
14	41–48	39–43	38–42	42–47	43–47	43–50	43–50	41–47	38–42	42–49	43–51
15	47–51	46–50	45–50	49–52	50–54	51–59	49–53	46–50	45–50	51–58	50–57
16	57–62	56–61	56–61	59–66	60–64	61–67	57–63	58–62	56–63	59–67	62–65
17	16–26	15–22	14–20	18–29	19–26	21–28	18–25	16–24	16–21	20–26	21–29
18	32–37	31–37	29–33	34–46	35–41	40–47	34–41	31–40	28–34	34–40	35–41
19	36–41	35–41	35–40	39–43	40–47	37–43	36–43	35–39	34–40	41–45	40–46
20	38–45	36–39	28–35	40–45	41–49	42–48	38–46	36–42	38–43	40–43	41–47
21	28–34	26–30	27–33	31–38	32–40	33–39	29–35	28–31	27–35	31–37	34–40
22	31–37	30–33	29–37	34–40	35–42	35–41	31–37	30–35	31–38	34–40	36–41

Таблица 6

Исходные данные для расчета коэффициента фильтрации из безнапорной части водоносного горизонта

Показатели	Значения показателей по вариантам										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Радиус скважины (фильтра) *r*, м	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Радиус депрессионной воронки *R*, м	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Начальная (до откачки) мощность водоносного горизонта H_1, м	9,0	10,0	13,0	11,0	7,0	12,0	13,0	9,0	14,0	10,0	8,0
Мощность водоносного горизонта после понижения H_2, м	2,0	6,0	4,0	5,0	3,0	4,0	3,0	4,0	5,0	5,0	4,0
Величина понижения *S*, м	7,0	4,0	9,0	6,0	4,0	8,0	10,0	5,0	9,0	5,0	4,0
Дебит скважины *Q*, $м^3$/сут	52,6	58,3	174,2	131,2	63,8	233,3	192,8	102,6	211,3	86,2	71,4
Коэффициент фильтрации $K_ф$, м/сут											

Продолжение табл. 6

Показатели	Значения показателей по вариантам												
	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Радиус скважины (фильтра) *r*, м	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Радиус депрессионной воронки *R*, м	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Начальная (до откачки) мощность водоносного горизонта H_1, м	7,0	12,0	9,0	13,0	9,0	10,0	7,0	11,0	8,0	12,0	14,0	9,0	13,0
Мощность водоносного горизонта после понижения H_2, м	2,0	2,0	3,0	6,0	5,0	4,0	2,0	7,0	2,0	3,0	6,0	2,0	9,0
Величина понижения *S*, м	5,0	10,0	6,0	7,0	4,0	6,0	5,0	4,0	6,0	9,0	8,0	7,0	4,0
Дебит скважины *Q*, $м^3$/сут	96,7	241,1	125,3	143,4	56,7	112,4	128,3	75,7	137,3	215,1	181,2	87,4	59,6
Коэффициент фильтрации $K_ф$, м/сут													

Таблица 7

Исходные данные для расчета коэффициента фильтрации из напорной части водоносного горизонта

Показатели	Значения показателей по вариантам											
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
Радиус скважины (фильтра) r, м	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Радиус депрессионной воронки R, м	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Начальный напор H_1, м	11,0	13,0	11,0	14,0	14,0	11,0	15,0	10,0	16,0	13,0	14,0	11,0
Напор после понижения H_2, м	7,0	10,0	5,0	10,0	8,0	6,0	11,0	5,0	7,0	8,0	9,0	4,0
Мощность водоносного горизонта М, м	6,0	8,0	5,0	9,0	7,0	5,0	10,0	6,0	8,0	10,0	7,0	6,0
Достигнутое водопонижение S, м	4,0	3,0	6,0	4,0	6,0	5,0	4,0	5,0	9,0	5,0	5,0	7,0
Дебит скважины Q, м /сут	48,7	54,7	82,0	49,2	134,0	91,2	63,5	56,0	148,3	75,1	116,0	97,4
Коэффициент фильтрации $K_ф$, м/сут												

Показатели	Значения показателей по вариантам											
	13	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**
Радиус скважины (фильтра) r, м	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Радиус депрессионной воронки R, м	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Начальный напор H_1, м	12,0	15,0	11,0	10,0	14,0	13,0	16,0	12,0	10,0	15,0	11,0	14,0
Напор после понижения H_2, м	7,0	9,0	7,0	5,0	7,0	6,0	8,0	8,0	4,0	10,0	8,0	7,0
Мощность водоносного горизонта М, м	8,0	7,0	5,0	7,0	8,0	7,0	9,0	6,0	7,0	9,0	7,0	6,0
Достигнутое водопонижение S, м	5,0	6,0	4,0	5,0	7,0	7,0	8,0	4,0	6,0	5,0	3,0	7,0
Дебит скважины Q, м /сут	60,8	83,1	56,2	71,3	136,2	128,6	157,3	49,8	95,5	78,0	45,8	137,4
Коэффициент фильтрации $K_ф$, м/сут												

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что изучает наука «Гидрогеология»?
2. Какие горные породы могут быть водоносными?
3. В чем отличие верховодки от грунтовой воды?
4. По каким законам фильтрации движется подземная вода?
5. Что такое коэффициент фильтрации?
6. Что такое водопроницаемость и от чего она зависит?
7. Что такое карта гидроизопьез? Для каких целей ее используют?
8. Что такое карта гидроизогипс, и какие задачи позволяет она решать?
8. Что такое водоносный горизонт?
9. Что такое водоносный комплекс?
10. Что такое режим подземных вод? От чего он зависит?

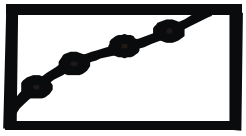
Приложение

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

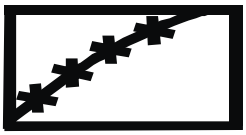
Область распространения ненапорных вод (закрашивается синим цветом)

Область распространения напорных вод (закрашивается желтым цветом)

Область распространения напорных вод с пьезометрическим уровнем выше поверхности земли (закрашивается красным цветом)



Граница распространения напорных вод



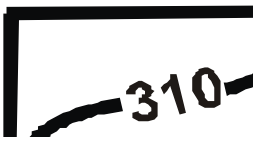
Граница распространения напорных вод с пьезометрическим уровнем выше поверхности земли

Гидрогеологические скважины: вверху номер скважины, справа абсолютная отметка уровня водоносного горизонта

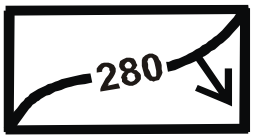
а) скважина, вскрывшая безнапорные воды (синим цветом)

б) скважина, вскрывшая напорные воды (желтым цветом)

в) скважина, вскрывшая напорные воды с пьезометрическим уровнем выше поверхности земли (красным цветом)



Гидроизогипса гидравлической поверхности безнапорных вод и направление движения потока (изображаются синим цветом)



Гидроизопьеза пьезометрической поверхности напорных вод и направление движения потока (изображаются красным цветом)

Участок (1 – 1$^{/}$), выбранный для оценки гидравлического уклона (градиента)

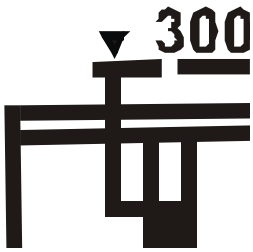
Современные (голоценовые) аллювиальные (речные) отложения, представлены суглинками бурыми плотными

Верхнечетвертичные (позднеплейстоценовые) аллювиально-озерные отложения, представлены песками среднезернистыми водоносными

Верхнемеловые морские отложения, представлены глинами сине-серыми плотными

Гидравлический уровень безнапорных вод и его абсолютная отметка (синим цветом)

Пьезометрический уровень напорных вод и его абсолютная отметка (красным цветом)



Гидрогеологическая скважина с водоносным слоем (черное), справа абсолютная отметка забоя скважины, слева пьезометрический уровень

АЛЬБОМ

показателей физико-механических свойств скальных и дисперсных пород (грунтов)

Общие положения

Предлагаемые таблицы Альбома содержат показатели физико-механических свойств наиболее распространённых **скальных** (табл. 1) и **дисперсных пород** (табл. 2, 3), полученные опытным путём. Пользование ими предусматривает выполнение студентами лабораторных работ по грунтоведению с целью получения навыков пользования ГОСТ 25100–2011 (Грунты. Классификация) для определения разновидности (оценки) пород по заданным таксономическим показателям их физико-механических свойств.

1. Скальные грунты

К классу скальных грунтов относятся магматические, метаморфические и сцементированные осадочные породы (ГОСТ 25100–2011. Грунты. Классификация). Их основными показателями физико-механических свойств являются: R_c, R_w, P_d, K_{wt} (графы 3, 4, 5, 6).

В Альбоме показателей физико-механических свойств задач по грунтоведению показатели по всем четырём образцам скальных грунтов различных генетических типов в пределах одной задачи расположены построчно в следующем порядке (сверху вниз):

1 строка – интрузивный грунт,

2 строка – эффузивный грунт,

3 строка – осадочный грунт,

4 строка – метаморфический грунт.

Наименования разновидностей (оценка) образцов скальных грунтов согласно их показателям определяются по таблицам Б.1; Б.2; Б.3; Б.4; Б.5; Б.6; Б.7; Б.8; Б.9 приложения Б ГОСТ 25100–2011 [3, с. 25–27].

Примеры заполнения отчётной формы таблицы по всем задачам для скальных грунтов и выводы по ним приведены в приложениях к лабораторным работам №2, №3, №4 (для магматических пород – прил.1; для метаморфических – прил. 2; для осадочных – прил. 3).

1. Дисперсные грунты

2.1 Крупнообломочные и песчаные грунты

Дисперсные грунты – это нескальные грунты, состоящие из отдельных минеральных частиц (зёрен) разного размера, несвязанных или слабо связанных друг с другом – песок, галечник, щебень, гравий, дресва и др. (ГОСТ 25100–2011. Грунты. Классификация).

Их основными показателями физико-механических свойств являются:

– для крупнообломочных грунтов: S_r, K_{wr}, K_{fr}, (графы 14, 15, 17, 20);

– для песков: гранулометрический состав, I_d, ρ_s, ρ, S_r, I_r, D_{sal}, ε_{fh}, $C_н$ (графы 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 17, 18, 19, 20, табл. 2).

Требуемые показатели физико-механических свойств **крупнообломочных грунтов** в цифровом выражении для каждой индивидуальной задачи снимаются (берутся) с первой горизонтальной строки

табл. 2 показателей физико-механических свойств грунтов задач по грунтоведению (стр. 15 – 20).

Наименование разновидностей (оценка) образцов крупнообломочных дисперсных грунтов (прил. 6, графа 13) согласно показателям их физико-механических свойств определяются по табл. Б9, Б.10; Б.11; Б.14; Б.15 приложения ГОСТ 25100–2011.

Требуемые в задаче определения показателей физико-механических свойств разновидностей **песчаных грунтов** в цифровом выражении для каждой индивидуальной задачи снимаются (берутся) со второй строки табл. 2 показателей физико-механических свойств грунтов задач по грунтоведению.

Наименования разновидностей (оценка) песков согласно показателям их физико-механических свойств определяются по таблицам Б.9, Б.10; Б.11; Б.12; Б.13, а также пунктам 2.2–2.3. приложения Б ГОСТ 25100–2011. Пример заполнения отчётной формы по 1 и 2 задачам лабораторной работы (крупнообломочный и песчаный грунты) и выводы по ним приведены в прил. 1 и 2 к лабораторной работе №4.

3. Дисперсные глинистые грунты

Дисперсные глинистые грунты – это наиболее тонкодисперсные осадочные породы, отличающиеся высокой гидрофильностью и чувствительностью к изменениям влажности.

Специфические «глинистые» свойства этих пород обусловлены наличием в них высокодисперсной глинисто-коллоидной фракции с диаметром частиц <0,002 мм. По содержанию данной фракции различают суглинки и супеси.

Требуемые в задачах показатели физико-механических свойств разновидностей грунтов в цифровом выражении для каждой задачи берутся из табл. 3 данного Альбома: W, W_L, W_p, E_{sw}, I_r, ε_{fh}, ε_{se}, (стр. 21 – 24).

Наименования разновидностей (оценка) глинистых грунтов согласно показателям их физико-механических свойств определяются по табл. Б.16, Б.17,Б.18, Б.19, Б.20, Б.21, Б.22, Б.25 прил. Б ГОСТ 25100–2011 (Грунты. Классификация) с. 32–36.

Пример заполнения отчётной формы по третьей задаче (глинистому грунту) и вывод приведены в прил. 3 лабораторной работы №4.

Скальные грунты

Таблица 1

№ варианта	№ задачи	Предел прочности на одноосное сжатие, МПа, в состоянии		Плотность скелета P_d, г/см^3	Коэффициент выветрелости K_{wt}, д. е.	Степень растворимости грунта q_{sr}, г/л	Коэффициент фильтрации $K_ф$, м/сут	Степень засолённости грунта D_{sal}, %	Температура грунта t, °С
		сухом, R_w	водонасыщенном, R_c						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1–1	1	150	150	2,85	1,0	–	–	–	–
	2	100	90	2,75	0,92	–	–	–	–
	3	4,2	0,9	2,2	0,74	0,095	4,9	5,1	–2
	4	40	40	2,41	0,85	–	–	–	–
1–2	1	160	180	2,6	1,0	–	–	–	–
	2	130	130	2,8	0,95	–	–	–	–
	3	60	20	2,32	0,81	0,091	10	3,7	–5
	4	14	14	2,48	0,62	–	–	–	–
1–3	1	130	130	2,81	1,0	–	–	–	–
	2	110	100	2,69	0,92	–	–	–	–
	3	20	10	2,20	0,74	0,005	0,9	0,06	–1
	4	40	35	2,41	0,69	–	–	–	–
1–4	1	130	150	2,8	1,0	–	–	–	–
	2	90	90	2,78	0,82	–	–	–	–
	3	14	1,4	2,5	0,45	0,19	5,7	0,2	–2
	4	180	180	2,4	0,92	–	–	–	–
1–5	1	110	110	2,61	1,0	–	–	–	–
	2	50	40	2,77	0,84	–	–	–	–
	3	16	3,7	2,36	0,7	0,005	6,4	0,12	–4
	4	140	150	2,84	0,93	–	–	–	–

Продолжение табл. 1

№ варианта	№ задачи	Предел прочности на одноосное сжатие, МПа, в состоянии		Плотность скелета P_d, г/см^3	Коэффициент выветрелости K_{wt}, д. е.	Степень растворимости грунта q_{sr}, г/л	Коэффициент фильтрации $K_ф$, м/сут	Степень засолённости грунта D_{sal}, %	Температура грунта t, °С
		сухом, R_w	водонасыщенном, R_c						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1–6	1	140	150	2,64	1,0	–	–	–	–
	2	110	100	2,81	0,95	–	–	–	–
	3	20	6,7	2,4	0,57	0,06	4,3	0,9	+10
	4	60	45	2,4	0,87	–	–	–	–
1–7	1	150	150	2,8	0,93	–	–	–	–
	2	100	40	2,77	1,0	–	–	–	–
	3	30	14	2,4	0,74	8,4	0,5	7,4	–1
	4	60	40	2,75	0,96	–	–	–	–
1–8	1	144	140	2,65	0,96	–	–	–	–
	2	100	100	2,69	1,0	–	–	–	–
	3	60	10	2,2	0,69	0,005	10,1	0,2	–1
	4	60	48	2,44	1,0	–	–	–	–
1–9	1	160	150	2,7	1,0	–	–	–	–
	2	120	90	2,8	0,95	–	–	–	–
	3	70	60	2,3	0,87	2,2	10,0	4,9	–3
	4	40	14	2,44	0,66	–	–	–	–
1–10	1	130	130	2,99	0,96	–	–	–	–
	2	100	100	2,87	1,0	–	–	–	–
	3	13	9,0	2,33	0,44	0,3	0,5	0,2	+9,6
	4	55	40	2,68	0,89	–	–	–	–

Продолжение табл. 1

№ варианта	№ задачи	Предел прочности на одноосное сжатие, МПа, в состоянии		Плотность скелета P_d, г/см^3	Коэффициент выветрелости K_{wt}, д. е.	Степень растворимости грунта q_{sr}, г/л	Коэффициент фильтрации $K_ф$, м/сут	Степень засолённости грунта D_{sal}, %	Температура грунта t, °С
		сухом, R_w	водонасыщенном, R_c						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1–11	1	200	200	2,8	1,0	–	–	–	–
	2	110	100	2,7	0,92	–	–	–	–
	3	58	40	2,5	0,72	4,4	0,08	8,05	–1
	4	6	2	2,4	0,82	–	–	–	–
1–12	1	160	160	2,9	0,98	–	–	–	–
	2	100	110	2,84	1,0	–	–	–	–
	3	10	8	2,0	0,7	0,001	10,1	0,2	–4
	4	40	40	2,45	0,91	–	–	–	–
1–13	1	140	140	2,74	1,0	–	–	–	–
	2	90	100	2,64	0,91	–	–	–	–
	3	30	0,3	2,3	0,5	500	0,001	90	+10
	4	50	40	2,44	0,81	–	–	–	–
1–14	1	140	140	2,7	1,0	–	–	–	–
	2	80	100	2,7	0,95	–	–	–	–
	3	20	40	2,4	0,71	1,0	100	4,4	–2
	4	55	2	2,6	0,9	–	–	–	–
1–15	1	130	160	2,9	0,95		–	–	–
	2	100	110	2,84	1,0	–	–	–	–
	3	40	40	2,45	0,85	0,01	10,6	0,2	–1
	4	70	8	2,0	0,95	–	–	–	–

Продолжение табл. 1

№ варианта	№ задачи	Предел прочности на одноосное сжатие, МПа, в состоянии		Плотность скелета P_d, г/см^3	Коэффициент выветрелости K_{wt}, д. е.	Степень растворимости грунта q_{sr}, г/л	Коэффициент фильтрации $K_ф$, м/сут	Степень засолённости грунта D_{sal}, %	Температура грунта t, °С
		сухом, R_w	водонасыщенном, R_c						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1–16	1	150	152	2,9	1,0	–	–	–	–
	2	90	81	2,74	0,99	–	–	–	–
	3	16	12	2,48	0,77	0,9	1,9	1,6	+10
	4	49	33	2,8	0,89	–	–	–	–
1–17	1	125	140	2,65	1,0	–	–	–	–
	2	81	84	2,71	0,91	–	–	–	–
	3	70	40	2,55	0,88	0,71	93,4	7,4	+10
	4	15	13	2,47	0,77	–	–	–	–
1–18	1	170	166	2,84	1,0	–	–	–	–
	2	110	110	2,76	0,92	–	–	–	–
	3	18	44	1,99	0,47	0,03	17,1	0,2	–1
	4	60	2,2	2,49	0,84	–	–	–	–
1–19	1	130	130	2,8	1,0	–	–	–	–
	2	92	80	2,7	0,99	–	–	–	–
	3	2,5	0,7	2,4	0,33	0,005	1,1	0,02	+10
	4	52	40	2,3	0,86	–	–	–	–
1–20	1	200	200	2,55	1,0	–	–	–	–
	2	74	66	2,71	0,98	–	–	–	–
	3	6,4	1,1	1,9	0,11	1,9	0,005	1,9	–2
	4	19	14	2,37	0,91	–	–	–	–

Продолжение табл. 1

№ варианта	№ задачи	Предел прочности на одноосное сжатие, МПа, в состоянии		Плотность скелета P_d, г/см^3	Коэффициент выветрелости K_{wt}, д. е.	Степень растворимости грунта q_{sr}, г/л	Коэффициент фильтрации $K_ф$, м/сут	Степень засолённости грунта D_{sal}, %	Температура грунта t, °С
		сухом, R_w	водонасыщенном, R_c						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1–21	1	154	152	2,9	1,0	–	–	–	–
	2	92	81	2,74	0,97	–	–	–	–
	3	9,0	4,5	2,14	0,8	0,9	3,3	1,7	–1
	4	51	37	2,44	0,89	–	–	–	–
1–22	1	210	210	2,9	1,0	–	–	–	–
	2	120	111	2,8	0,96	–	–	–	–
	3	10	6	1,88	0,66	4,5	0,005	4,9	+9
	4	53	44	2,6	0,89	–	–	–	–
1–23	1	130	166	2,74	1,0	–	–	–	–
	2	98	110	2,66	0,91	–	–	–	–
	3	5	0,5	2,08	0,71	0,005	0,05	0,2	–4
	4	45	39	2,51	0,85	–	–	–	–
1–24	1	190	192	2,9	1,0	–	–	–	–
	2	99	88	2,55	0,99	–	–	–	–
	3	12	1,2	2,0	0,78	0,05	0,5	0,001	+10
	4	9	4	2,22	0,82	–	–	–	–
1–25	1	160	160	2,8	1,0	–	–	–	–
	2	120	110	2,6	0,94	–	–	–	–
	3	4	0,9	2,4	0,81	0,009	2,2	0,79	–1
	4	22	2,2	1,9	0,33	–	–	–	–

Продолжение табл. 1

№ варианта	№ задачи	Предел прочности на одноосное сжатие, МПа, в состоянии		Плотность скелета P_d, г/см^3	Коэффициент выветрелости K_{wt}, д. е.	Степень растворимости грунта q_{sr}, г/л	Коэффициент фильтрации $K_ф$, м/сут	Степень засолённости грунта D_{sal}, %	Температура грунта t, °С
		сухом, R_w	водонасыщенном, R_c						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1–26	1	150	150	2,85	1,0	–	–	–	–
	2	100	90	2,75	0,92	–	–	–	–
	3	4,2	0,9	2,2	0,74	0,95	4,9	5,1	–2
	4	40	40	2,41	0,85	–	–	–	–
1–27	1	160	154	2,6	1,0	–	–	–	–
	2	130	88	2,8	0,95	–	–	–	–
	3	60	20	2,32	0,81	0,21	3,3	1,7	–1
	4	14	14	2,48	0,62	–	–	–	–
1–28	1	130	130	2,81	1,0	–	–	–	–
	2	110	100	2,69	0,92	–	–	–	–
	3	20	10	2,05	0,74	0,005	0,9	0,06	–
	4	40	35	2,41	0,69	–	–	–	–
1–29	1	130	150	2,8	1,0	–	–	–	–
	2	90	90	2,78	0,82	–	–	–	–
	3	14	1,4	2,0	0,45	0,19	5,7	0,2	–1
	4	180	180	2,4	0,92	–	–	–	–
1–30	1	110	110	2,61	1,0	–	–	–	–
	2	50	40	2,77	0,84	–	–	–	–
	3	16	3,7	2,36	0,7	0,005	6,4	0,12	–4
	4	140	150	2,84	0,93	–	–	–	–

Продолжение табл. 1

№ варианта	№ задачи	Предел прочности на одноосное сжатие, МПа, в состоянии		Плотность скелета P_d, г/см^3	Коэффициент выветрелости K_{wt}, д. е.	Степень растворимости грунта q_{sr}, г/л	Коэффициент фильтрации $K_ф$, м/сут	Степень засолённости грунта D_{sal}, %	Температура грунта t, °С
		сухом, R_w	водонасыщенном, R_c						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2–1	1	150	150	2,85	1,0	–	–	–	–
	2	100	90	2,75	0,92	–	–	–	–
	3	4,2	0,9	2,2	0,74	0,095	4,9	5,1	–2
	4	40	40	2,41	0,85	–	–	–	–
2–2	1	160	180	2,6	1,0	–	–	–	–
	2	130	130	2,8	0,95	–	–	–	–
	3	60	20	2,32	0,81	0,091	10	3,7	–5
	4	14	14	2,48	0,62	–	–	–	–
2–3	1	130	130	2,81	1,0	–	–	–	–
	2	110	100	2,69	0,98	–	–	–	–
	3	20	10	2,20	0,89	0,005	0,9	0,06	–1
	4	40	35	2,41	0,66	–	–	–	–
2–4	1	130	150	2,8	1,0	–	–	–	–
	2	90	90	2,78	0,96	–	–	–	–
	3	14	1,4	2,5	0,47	0,19	5,7	0,2	–2
	4	180	180	2,4	0,22	–	–	–	–
2–5	1	110	110	2,61	1,0	–	–	–	–
	2	50	40	2,77	0,93	–	–	–	–
	3	16	3,7	2,36	0,7	0,005	6,4	0,12	–4
	4	140	150	2,84	0,93	–	–	–	–

Продолжение табл. 1

№ варианта	№ задачи	Предел прочности на одноосное сжатие, МПа, в состоянии		Плотность скелета P_d, г/см^3	Коэффициент выветрелости K_{wt}, д. е.	Степень растворимости грунта q_{sr}, г/л	Коэффициент фильтрации $K_ф$, м/сут	Степень засолённости грунта D_{sal}, %	Температура грунта t, ^{o}C
		сухом, R_w	водонасыщенном, R_c						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2–6	1	140	150	2,64	1,0	–	–	–	–
	2	110	100	2,81	0,95	–	–	–	–
	3	20	6,7	2,4	0,57	0,06	4,3	0,9	+10
	4	60	45	2,4	0,87	–	–	–	–
2–7	1	150	150	2,8	0,93	–	–	–	–
	2	100	40	2,77	1,0	–	–	–	–
	3	30	14	2,4	0,74	8,4	0,5	7,4	–1
	4	60	40	2,75	0,96	–	–	–	–
2–8	1	144	140	2,65	0,96	–	–	–	–
	2	100	100	2,69	1,0	–	–	–	–
	3	60	10	2,2	0,69	0,005	10,1	0,2	–1
	4	60	48	2,44	1,0	–	–	–	–
2–9	1	160	150	2,7	1,0	–	–	–	–
	2	120	90	2,8	0,95	–	–	–	–
	3	70	60	2,3	0,87	2,2	10,0	4,9	+3
	4	40	14	2,44	0,66	–	–	–	–
2–10	1	130	130	2,99	0,96	–	–	–	–
	2	100	100	2,87	1,0	–	–	–	–
	3	13	9,0	2,33	0,44	0,3	0,5	0,2	+9,6
	4	55	40	2,68	0,89	–	–	–	–

Продолжение табл. 1

№ варианта	№ задачи	Предел прочности на одноосное сжатие, МПа, в состоянии		Плотность скелета P_d, г/см^3	Коэффициент выветрелости K_{wt}, д. е.	Степень растворимости грунта q_{sr}, г/л	Коэффициент фильтрации $K_ф$, м/сут	Степень засолённости грунта D_{sal}, %	Температура грунта t, °С
		сухом, R_w	водонасыщенном, R_c						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2–11	1	200	200	2,8	1,0	–	–	–	–
	2	110	100	2,7	0,92	–	–	–	–
	3	58	40	2,5	0,72	4,4	0,08	8,05	–1
	4	6	2	2,4	0,82	–	–	–	–
2–12	1	160	160	2,9	0,98	–	–	–	–
	2	100	110	2,84	1,0	–	–	–	–
	3	10	8	2,0	0,7	0,001	10,1	0,2	–4
	4	40	40	2,45	0,91	–	–	–	–
2–13	1	140	140	2,74	1,0	–	–	–	–
	2	90	100	2,64	0,91	–	–	–	–
	3	30	0,3	2,3	0,5	5,00	0,001	9,0	+10
	4	50	40	2,44	0,81	–	–	–	–
2–14	1	140	140	2,7	1,0	–	–	–	–
	2	80	100	2,7	0,95	–	–	–	–
	3	20	40	2,4	0,71	1,0	10,0	4,4	–2
	4	55	2	2,6	0,9	–	–	–	–
2–15	1	130	160	2,9	0,95	–	–	–	–
	2	100	110	2,84	1,0	–	–	–	–
	3	40	40	2,45	0,85	0,01	10,6	0,2	–1
	4	70	8	2,0	0,95	–	–	–	–

Продолжение табл. 1

№ варианта	№ задачи	Предел прочности на одноосное сжатие, МПа, в состоянии		Плотность скелета P_d, г/см^3	Коэффициент выветрелости K_{wt}, д. е.	Степень растворимости грунта q_{sr}, г/л	Коэффициент фильтрации $K_ф$, м/сут	Степень засолённости грунта D_{sal}, %	Температура грунта t, °С
		сухом, R_w	водонасыщенном, R_c						
1	2		3	4	5	6	7	8	9
2–16	1	150	152	2,0	1,0	–	–	–	–
	2	90	81	2,74	0,99	–	–	–	–
	3	16	12	2,48	0,77	0,9	1,9	1,6	+10
	4	49	33	2,8	0,89	–	–	–	–
2–17	1	125	140	2,65	1,0	–	–	–	–
	2	81	84	2,71	0,91	–	–	–	–
	3	70	40	2,55	0,88	0,71	93,4	7,4	+10
	4	15	13	2,47	0,77	–	–	–	–
2–18	1	170	166	2,84	1,0	–	–	–	–
	2	110	110	2,76	0,92	–	–	–	–
	3	18	44	1,99	0,47	0,03	17,1	0,2	–1
	4	60	2,2	2,49	0,84	–	–	–	–
2–19	1	130	130	2,8	1,0	–	–	–	–
	2	92	80	2,7	0,99	–	–	–	–
	3	2,5	0,7	2,4	0,33	0,005	1,1	0,02	+10
	4	52	40	2,3	0,86	–	–	–	–
2–20	1	200	200	2,55	1,0	–	–	–	–
	2	74	66	2,71	0,98	–	–	–	–
	3	6,4	1,1	1,9	0,11	1,9	0,005	1,9	–2
	4	19	14	2,37	0,91	–	–	–	–

Продолжение табл. 1

№ варианта	№ задачи	Предел прочности на одноосное сжатие, МПа в состоянии		Плотность скелета P_d, г/см^3	Коэффициент выветрелости K_{wt}, д. е.	Степень растворимости грунта q_{sr}, г/л	Коэффициент фильтрации $K_ф$, м/сут	Степень засолённости грунта D_{sal}, %	Температура грунта t, °С
		сухом, R_w	водонасыщенном, R_c						
1	2	154	3	4	5	6	7	8	9
2–21	1	92	152	2,9	1,0	–	–	–	–
	2	9,0	81	2,74	0,97	–	–	–	–
	3	51	4,5	2,14	0,8	0,9	3,3	1,7	–1
	4	210	37	2,44	0,89	–	–	–	–
2–22	1	120	210	2,9	1,0	–	–	–	–
	2	10	111	2,8	0,96	–	–	–	–
	3	53	6	1,88	0,66	4,5	0,005	4,9	+9
	4	130	44	2,6	0,89	–	–	–	–
2–23	1	98	166	2,74	1,0	–	–	–	–
	2	5	110	2,66	0,91	–	–	–	–
	3	45	0,5	2,08	0,71	0,005	0,05	0,2	–4
	4	190	39	2,51	0,85	–	–	–	–
2–24	1	99	192	2,9	1,0	–	–	–	–
	2	12	88	2,55	0,99	–	–	–	–
	3	9	1,2	2,0	0,78	0,05	0,5	0,001	+10
	4	160	4	2,22	0,82	–	–	–	–
2–25	1	120	160	2,8	1,0	–	–	–	–
	2	4	110	2,6	0,94	–	–	–	–
	3	22	0,9	2,4	0,81	0,009	2,2	0,79	–1
	4	154	2,2	1,9	0,33	–	–	–	–

Продолжение табл. 1

№ варианта	№ задачи	Предел прочности на одноосное сжатие, МПа в состоянии		Плотность скелета P_d, г/см^3	Коэффициент выветрелости K_{wt}, д. е.	Степень растворимости грунта q_{sr}, г/л	Коэффициент фильтрации $K_ф$, м/сут	Степень засолённости грунта D_{sal}, %	Температура грунта t, °С
		сухом, R_w	водонасыщенном, R_c						
1	2		3	4	5	6	7	8	9
2–26	1	150	150	2,85	1,0	–	–	–	–
	2	100	90	2,75	0,92	–	–	–	–
	3	4,2	0,9	2,2	0,74	0,95	4,9	5,1	–2
	4	40	40	2,41	0,85	–	–	–	–
2–27	1	160	154	2,6	1,0	–	–	–	–
	2	130	88	2,8	0,95	–	–	–	–
	3	60	20	2,32	0,81	0,21	3,3	1,7	–1
	4	14	14	2,48	0,62	–	–	–	–
2–28	1	130	130	2,81	1,0	–	–	–	–
	2	110	100	2,69	0,92	–	–	–	–
	3	20	10	2,05	0,74	0,005	0,9	0,06	
	4	40	35	2,41	0,69	–	–	–	–
2–29	1	130	150	2,8	1,0	–	–	–	–
	2	90	90	2,78	0,82	–	–	–	–
	3	14	1,4	2,0	0,45	0,19	5,7	0,2	–1
	4	180	180	2,4	0,92	–	–	–	–
2–30	1	110	110	2,61	1,0	–	–	–	–
	2	50	40	2,77	0,84	–	–	–	–
	3	16	3,7	2,36	0,7	0,005	6,4	0,12	–4
		140	150	2,84	0,93	–	–	–	–

2. Дисперсные грунты

Таблица 2

2.1. Дисперсные крупнообломочные и песчаные грунты

Вариант задания	№ задачи	Гранулометрический состав, %								Степень плотности I_d, д. е.	Плотность частиц грунта, ρ_s, г/см^3	Плотность сухого грунта, ρ, г/см^3	Степень влажности Sr, д. е.	Коэффициент выветрелости K_{wt}, д. е.	Коэффициент истираемости, K_{fr}, д. е.	Относительное содержание органического вещества, I_r, д. е.	Степень засоленности, D_{sal}, %	Относительная деформация пучения E_{fh}, д. е.	Температура грунта, t °C
		грубообломочные		песчаные				пылеватые	глинистые										
		размер частиц, мм																	
		> 10	10–2	2–1	1–0,5	0,5–0,25	0,25–0,1	0,1–0,05	< 0,005										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1–1	1												0,82	0,89	0,17				–10
	2	–	5,0	43,4	28,1	9,5	7,6	3,9	2,5	0,71	2,65	1,9	0,82			0,04	1,9	0,005	–10
1–2	1												0,67	0,91	0,09				–8
	2	1,0	7,7	31,5	30,0	24,8	4,0	1,0	–	0,75	2,64	1,95	0,67			0,05	4,4	0,06	–8
1–3	1												0,91	0,41	0,09				–3
	2	–	5,0	9,4	46,7	20,0	12,5	6,4	–	0,72	2,66	2,0	0,91			0,04	2,2	0,053	–3
1–4	1												1,02	0,6	0,25				–4
	2	–	14,0	19,0	28,1	17,0	19,4	2,5	–	0,55	2,67	1,85	1,03			0,06	8,0	0,03	–4
1–5	1												0,44	0,82	0,42				–1
	2	4,0	6,2	20,5	44,4	9,1	8,8	5,4	1,6	0,61	2,63	1,97	0,44			0,03	5,5	0,02	–1
1–6	1												0,4	0,6	0,05				–14
	2	11,0	21,6	34,4	20,0	10,0	3,0	–	–	0,87	2,65	2,01	0,41			0,10	0,9	0,015	–14
1–7	1												1,01	0,61	0,33				–12
	2	–	2,0	20,0	40,1	18,0	15,9	4,0	–	0,76	2,64	1,92	1,02			0,12	5,0	0,005	–12
1–8	1												0,91	0,55	0,11				–10
	2	–	3,0	8,7	20,0	34,4	19,9	10,0	4,0	0,67	2,66	1,95	0,92			0,06	2,3	0,02	–10
1–9	1												0,73	0,83	0,73				–8
	2	–	–	6,2	9,8	16,7	59,8	6,3	1,2	0,51	2,61	1,83	0,72			0,02	4,6	0,05	–8

Продолжение табл. 2

Вариант задания	№ задачи	Гранулометрический состав, %								Степень плотности I_d, д. е.	Плотность частиц грунта, ρ_s, г/см^3	Плотность сухого грунта, ρ, г/см^3	Степень влажности Sr, д. е.	Коэффициент выветрелости K_{wt}, д. е.	Коэффициент истираемости, K_{fr}, д. е.	Относительное содержание органического вещества, I_r, д. е.	Степень засоленности, D_{sal}, %	Относительная деформация пучения E_{fh}, д. е.	Температура грунта, t °C
		грубообломочные		песчаные				пылеватые	глинистые										
		размер частиц, мм																	
		> 10	10–2	2–1	1–0,5	0,5–0,25	0,25–0,1	0,1–0,05	< 0,005										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1–10	1												0,81	0,22	0,25				–6
	2	7,3	2,1	7,5	11,6	48,4	14,6	6,3	2,2	0,73	2,63	2,05	0,81			0,05	6,0	0,02	–6
1–11	1												0,47	0,33	0,11				–3
	2	–	–	3,0	16,3	32,6	27,1	21,0	–	0,71	2,64	1,95	0,47			0,11	6,5	0,15	–3
1–12	1												0,69	0,47	0,005				–5
	2	6,7	1,2	33,8	20,0	12,9	9,2	13,0	3,2	0,70	2,65	1,94	0,69			0,06	6,2	0,15	–5
1–13	1												1,03	0,88	0,35				–13
	2	–	–	11,7	20,0	34,4	19,9	10,0	4,0	0,88	2,71	2,22	1,04			0,02	6,4	0,02	–13
1–14	1												0,84	0,65	0,24				–2
	2	2,0	5,2	48,0	36,0	5,7	3,4	1,1	0,6	0,71	2,65	2,0	0,84			0,02	1,9	0,005	–2
1–15	1												0,77	0,26	0,19				–3
	2	4,2	5,8	12,6	57,4	14,0	38	2,2		0,68	2,7	1,94	0,77			0,03	5,2	0,065	–3
1–16	1												0,55	0,41	0,13				–4
	2	1,1	20,0	31,9	34,0	8,0	5,0	–	–	0,70	2,5	1,90	0,55			0,04	4,0	0,06	–4
1–17	1												0,71	0,53	0,26				–8
	2	–	–	10,4	50,6	14,0	12,0	10,0	3,0	0,67	2,66	1,99	0,71			0,08	3,4	0,009	–8
1–18	1												0,88	0,89	0,49				–5
	2	–	9,0	10,0	20,0	30,0	21,0	7,8	2,2	0,48	2,72	1,70	0,88			0,04	5,0	0,02	–5
1–19	1												1,0	0,77	0,38				–7
	2	1,1	7,4	20,0	20,0	20,0	24,2	6,3	1,0	0,67	2,67	1,90	1,0			0,06	4,5	0,04	–7

Продолжение табл. 2.

Вариант задания	№ задачи	Гранулометрический состав, %								Степень плотности I_d, д. е.	Плотность частиц грунта, ρ_s, г/см^3	Плотность сухого грунта, ρ, г/см^3	Степень влажности Sr, д. е.	Коэффициент выветрелости K_{wt}, д. е.	Коэффициент истираемости, K_{fr}, д. е.	Относительное содержание органического вещества, I_r, д. е.	Степень засоленности, D_{sal}, %	Относительная деформация пучения E_{fh}, д. е.	Температура грунта, t °C
		грубообломочные		песчаные				пылеватые	глинистые										
		размер частиц, в мм																	
		> 10	10–2	2–1	1–0,5	0,5–0,25	0,25–0,1	0,1–0,05	< 0,005										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1–20	1												0,9	0,66	0,50				–8
	2	–	10,0	42,3	42,7	3,3	1,7	–	–	0,60	2,64	1,8	0,9			0,02	2,9	0,02	–8
1–21	1												0,47	0,1	0,15				–9
	2	–	10,1	51,1	26,2	7,4	5,2	–	–	0,67	2,71	1,94	0,47			0,10	1,0	0,04	–9
1–22	1												0,67	0,41	0,05				–4
	2	–	15,9	21,1	19,0	24,5	5,5	7,8	6,2	0,60	2,65	1,91	0,67			0,11	4,0	0,09	–4
1–23	1												0,88	0,56	0,24				–10
	2	–	–	10,4	17,5	50,6	11,9	7,4	2,2	0,60	2,64	1,92	0,88			0,12	3,8	0,04	–10
1–24	1												1,0	0,39	0,3				–9
	2	–	9,0	45,0	29,8	11,0	5,2	–	–	0,62	2,66	1,81	1,0			0,15	2,2	0,05	–9
1–25	1												0,92	0,61	0,46				–12
	2	–	2,0	10,0	34,0	42,7	6,3	5,0	–	0,63	2,67	1,79	0,92			0,07	2,7	0,02	–12
1–26	1												0,44	0,82	0,42				–4
	2	–	5,0	23,2	20,0	31,7	11,3	3,4	1,6	0,63	2,67	1,93	0,44			0,06	2,9	0,01	–4
1–27	1												0,82	0,89	0,17				–10
	2	–	5,0	43,4	28,1	9,5	7,6	3,9	2,5	0,71	2,65	1,9	0,82			0,04	1,9	0,005	–10
1–28	1												0,67	0,91	0,09				–8
	2	–	7,7	31,5	30,0	24,8	4,0	1,0	1,0	0,75	2,64	1,95	0,67			0,05	4,4	0,06	–8
1–29	1												0,91	0,41	0,09				–3
	2	–	5,0	9,4	46,7	20,0	12,5	6,4	–	0,72	2,66	2,0	0,91			0,04	2,2	0,053	–3
1–30	1												1,02	0,6	0,25				–4
	2	–	14,0	19,0	28,1	17,0	19,4	2,5	–	0,55	2,67	1,85	1,03			0,06	8,0	0,03	–4

Продолжение табл. 2.

Вариант задания	№ задачи	Гранулометрический состав, %								Степень плотности, I_d, д. е.	Плотность частиц грунта, ρ_s, г/см^3	Плотность сухого, грунта, ρ, г/см^3	Степень влажности, S_r, д. е.	Коэффициент выветрелости, K_{wt}, д. е.	Коэффициент истираемости, K_{fr}, д. е.	Относительное содержание органического вещества, I_r, д. е.	Степень засоленности, D_{sal}, %	Относительная деформация пучения E_{fh}, д. е.	Температура грунта t, °C
		грубообломочные		песчаные				пылеватые	глинистые										
		размер частиц, мм																	
		> 10	10–2	2–1	1–0,5	0,5–0,25	0,25–0,1	0,1–0,05	< 0,005										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
2–1	1												0,82	0,89	0,17				–10
	2	–	5,0	43,4	28,1	9,5	7,6	3,9	2,5	0,71	2,65	1,9	0,82			0,04	1,9	0,005	–10
2–2	1												0,67	0,91	0,09				–8
	2	1,0	7,7	31,5	30,0	24,8	4,0	1,0	–	0,75	2,64	1,95	0,67			0,05	4,4	0,06	–8
2–3	1												0,91	0,41	0,09				–3
	2	–	5,0	9,4	46,7	20,0	12,5	6,4	–	0,72	2,66	2,0	0,91			0,04	2,2	0,053	–3
2–4	1												1,02	0,6	0,25				–4
	2	–	14,0	19,0	28,1	17,0	19,4	2,5	–	0,55	2,67	1,85	1,03			0,06	8,0	0,03	–4
2–5	1												0,44	0,82	0,42				–1
	2	4,0	6,2	20,5	44,4	9,1	8,8	5,4	1,6	0,61	2,63	1,97	0,44			0,03	5,5	0,02	–1
2–6	1												0,4	0,6	0,05				–14
	2	11,0	21,6	34,4	20,0	10,0	3,0	–	–	0,87	2,65	2,01	0,41			0,10	0,9	0,015	–14
2–7	1												1,01	0,61	0,33				–12
	2	–	2,0	20,0	40,1	18,0	15,9	4,0	–	0,76	2,64	1,92	1,02			0,12	5,0	0,005	–12
2–8	1												0,91	0,55	0,11				–10
	2	–	3,0	8,7	20,0	34,4	19,9	10,0	4,0	0,67	2,66	1,95	0,92			0,06	2,3	0,02	–10
2–9	1												0,73	0,83	0,73				–8
	2	–	–	6,2	9,8	16,7	59,8	6,3	1,2	0,51	2,61	1,83	0,72			0,02	4,6	0,05	–8

Продолжение табл. 2

Вариант задания	№ задачи	Гранулометрический состав, %								Степень плотности I_d, д. е.	Плотность частиц грунта ρ_s, г/см^3	Плотность сухого грунта ρ, г/см^3	Степень влажности S_r, д. е.	Коэффициент выветрелости K_{wt}, д. е.	Коэффициент истираемости, K_{fr}, д. е.	Относительное содержание органического вещества I_r, д. е.	Степень засоленности D_{sal}, %	Относительная деформация пучения E_{fh}, д. е.	Температура грунта t, °C
		грубообломочные		песчаные				пылеватые	глинистые										
		размер частиц, мм																	
		> 10	10–2	2–1	1–0,5	0,5–0,25	0,25–0,1	0,1–0,05	< 0,005										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
2–10	1												0,81	0,22	0,25				–6
	2	7,3	2,1	7,5	11,6	48,4	14,6	6,3	2,2	0,73	2,63	2,05	0,81			0,05	6,0	0,02	–6
2–11	1												0,47	0,33	0,11				–3
	2	–	–	3,0	16,3	32,6	27,1	21,0	–	0,71	2,64	1,95	0,47			0,11	6,5	0,15	–3
2–12	1												0,69	0,47	0,005				–5
	2	6,7	1,2	33,8	20,0	12,9	9,2	13,0	3,2	0,70	2,65	1,94	0,69			0,06	6,2	0,15	–5
2–13	1												1,03	0,88	0,35				–13
	2	–	–	11,7	20,0	34,4	19,9	10,0	4,0	0,88	2,71	2,22	1,04			0,02	6,4	0,02	–13
2–14	1												0,84	0,65	0,24				–2
	2	2,0	5,2	48,0	36,0	5,7	3,4	1,1	0,6	0,71	2,65	2,0	0,84			0,02	1,9	0,005	–2
2–15	1												0,77	0,26	0,19				–3
	2	4,2	5,8	12,6	57,4	14,0	38	2,2		0,68	2,7	1,94	0,77			0,03	5,2	0,065	–3
2–16	1												0,55	0,41	0,13				–4
	2	1,1	20,0	31,9	34,0	8,0	5,0	–	–	0,70	2,5	1,90	0,55			0,04	4,0	0,06	–4
2–17	1												0,71	0,53	0,26				–8
	2	–	–	10,4	50,6	14,0	12,0	10,0	3,0	0,67	2,66	1,99	0,71			0,08	3,4	0,009	–8
2–18	1												0,88	0,89	0,49				–5
	2	–	9,0	10,0	20,0	30,0	21,0	7,8	2,2	0,48	2,72	1,70	0,88			0,04	5,0	0,02	–5
2–19	1												1,0	0,77	0,38				–7
	2	1,1	7,4	20,0	20,0	20,0	24,2	6,3	1,0	0,67	2,67	1,90	1,0			0,06	4,5	0,04	–7

Продолжение табл.2

Вариант задания	№ задачи	Гранулометрический состав, %								Степень плотности I_d, д. е.	Плотность частиц грунта ρ_s, г/см^3	Плотность сухого грунта ρ, г/см^3	Степень влажности S_r, д. е.	Коэффициент выветрелости K_{wt}, д. е.	Коэффициент истираемости, K_{fr}, д. е.	Относительное содержание органического вещества I_r, д. е.	Степень засоленности D_{sal}, %	Относительная деформация пучения E_{fh}, д. е.	Температура грунта t, °C
		грубообломочные		песчаные				пылеватые	глинистые										
		размер частиц, мм																	
		> 10	10–2	2–1	1–0,5	0,5–0,25	0,25–0,1	0,1–0,05	< 0,005										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
2–20	1												0,9	0,66	0,50				–8
	2	–	10,0	42,3	42,7	3,3	1,7	–	–	0,60	2,64	1,8	0,9			0,02	2,9	0,02	–8
2–21	1												0,47	0,1	0,15				–9
	2	–	10,1	51,1	26,2	7,4	5,2	–	–	0,67	2,71	1,94	0,47			0,10	1,0	0,04	–9
2–22	1												0,67	0,41	0,05				–4
	2	–	15,9	21,1	19,0	24,5	5,5	7,8	6,2	0,60	2,65	1,91	0,67			0,11	4,0	0,09	–4
2–23	1												0,88	0,56	0,24				–10
	2	–	–	10,4	17,5	50,6	11,9	7,4	2,2	0,60	2,64	1,92	0,88			0,12	3,8	0,04	–10
2–24	1												1,0	0,39	0,3				–9
	2	–	9,0	45,0	29,8	11,0	5,2	–	–	0,62	2,66	1,81	1,0			0,15	2,2	0,05	–9
2–25	1												0,92	0,61	0,46				–12
	2	–	2,0	10,0	34,0	42,7	6,3	5,0	–	0,63	2,67	1,79	0,92			0,07	2,7	0,02	–12
2–26	1												0,44	0,82	0,42				–4
	2	–	5,0	23,2	20,0	31,7	11,3	3,4	1,6	0,63	2,67	1,93	0,44			0,06	2,9	0,01	–4
2–27	1												0,82	0,89	0,17				–10
	2	–	5,0	43,4	28,1	9,5	7,6	3,9	2,5	0,71	2,65	1,9	0,82			0,04	1,9	0,005	–10
2–28	1												0,67	0,91	0,09				–8
	2	–	7,7	31,5	30,0	24,8	4,0	1,0	1,0	0,75	2,64	1,95	0,67			0,05	4,4	0,06	–8
2–29	1												0,91	0,41	0,09				–3
	2	–	5,0	9,4	46,7	20,0	12,5	6,4	–	0,72	2,66	2,0	0,91			0,04	2,2	0,053	–3
2–30	1												1,02	0,6	0,25				–4
	2	–	14,0	19,0	28,1	17,0	19,4	2,5	–	0,55	2,67	1,85	1,03			0,06	8,0	0,03	–4

3. Глинистые грунты

Таблица 3

Вариант задания	Номер задачи	Естественная влажность, %	Граница текучести W_L, %	Граница раскатывания W_p, %	Относительная деформация набухания без нагрузки E_{sw}	Относительное содержание органического вещества J_r	Относительная деформация пучения E_{fh}	Относительная деформация просадочности E_{sl}	Температура грунта t, °С
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1–1	3	0,21	0,35	0,24	0,100	0,09	0,08	0,006	–10
1–2	3	0,25	0,27	0,20	0,010	0,22	0,085	0,022	–12
1–3	3	0,25	0,33	0,21	0,066	0,005	0,04	0,035	–14
1–4	3	0,35	0,40	0,30	0,150	0,20	0,091	0,009	–17
1–5	3	0,27	0,33	0,22	0,060	0,11	0,066	0,017	–10
1–6	3	0,30	0,35	0,25	0,014	0,45	0,16	0,015	–11
1–7	3	0,21	0,23	0,19	0,030	0,15	0,041	0,006	–5
1–8	3	0,30	0,32	0,25	0,090	0,06	0,055	0,017	–9
1–9	3	0,31	0,35	0,27	0,084	0,12	0,065	0,020	–7
1–10	3	0,276	0,30	0,22	0,033	0,30	0,024	0,025	–20
1–11	3	0,25	0,31	0,21	0,090	0,13	0,041	0,050	–17
1–12	3	0,33	0,37	0,27	0,143	0,30	0,025	0,007	–22
1–13	3	0,24	0,27	0,18	0,090	0,64	0,220	0,020	–10
1–14	3	0,40	0,45	0,35	0,100	0,09	0,081	0,024	–8
1–15	3	0,22	0,28	0,18	0,050	0,11	0,040	0,001	–5

Продолжение табл. 3

Вариант задания	Номер задачи	Естественная влажность, %	Граница текучести W_L, %	Граница раскатывания W_p, %	Относительная деформация набухания без нагрузки E_{sw}	Относительное содержание органического вещества J_r	Относительная деформация пучения E_{fh}	Относительная деформация просадочности E_{sl}	Температура грунта t, °С
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1–16	3	0,41	0,50	0,35	0,150	0,15	0,093	0,008	–4
1–17	3	0,20	0,23	0,18	0,050	0,16	0,061	0,027	–9
1–18	3	0,30	0,35	0,27	0,330	0,68	0,110	0,015	–11
1–19	3	0,46	0,50	0,40	0,100	0,05	0,060	0,007	–13
1–20	3	0,25	0,30	0,20	0,060	0,17	0,020	0,019	–15
1–21	3	0,31	0,48	0,28	0,062	0,07	0,081	0,005	–10
1–22	3	0,25	0,32	0,20	0,142	0,015	0,066	0,028	–12
1–23	3	0,22	0,30	0,18	0,091	0,07	0,027	0,016	–14
1–24	3	0,35	0,40	0,30	0,088	0,32	0,091	0,009	–15
1–25	3	0,40	0,58	0,33	0,135	0,07	0,055	0,019	–16
1–26	3	0,25	0,31	0,21	0,102	0,100	0,09	0,08	–10
1–27	3	0,33	0,37	0,27	0,143	0,010	0,22	0,085	–12
1–28	3	0,24	0,27	0,18	0,090	0,066	0,005	0,04	–14
1–29	3	0,40	0,45	0,35	0,100	0,150	0,20	0,091	–17
1–30	3	0,22	0,28	0,18	0,050	0,060	0,11	0,066	–10

Продолжение табл. 3

Вариант задания	Номер задачи	Естественная влажность, %	Граница текучести W_L, %	Граница раскатывания W_p, %	Относительная деформация набухания без нагрузки E_{sw}	Относительное содержание органического вещества J_r	Относительная деформация пучения E_{fh}	Относительная деформация просадочности E_{sl}	Температура грунта t, °С
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2–1	3	0,21	0,35	0,24	0,100	0,09	0,08	0,006	–10
2–2	3	0,25	0,27	0,20	0,010	0,22	0,085	0,022	–12
2–3	3	0,25	0,33	0,21	0,066	0,005	0,04	0,035	–14
2–4	3	0,35	0,40	0,30	0,150	0,20	0,091	0,009	–17
2–5	3	0,27	0,33	0,22	0,060	0,11	0,066	0,017	–10
2–6	3	0,30	0,35	0,25	0,014	0,45	0,16	0,015	–11
2–7	3	0,21	0,23	0,19	0,030	0,15	0,041	0,006	–5
2–8	3	0,30	0,32	0,25	0,090	0,06	0,055	0,017	–9
2–9	3	0,31	0,35	0,27	0,084	0,12	0,065	0,020	–7
2–10	3	0,276	0,30	0,22	0,033	0,30	0,024	0,025	–20
2–11	3	0,25	0,31	0,21	0,090	0,13	0,041	0,050	–17
2–12	3	0,33	0,37	0,27	0,143	0,30	0,025	0,007	–22
2–13	3	0,24	0,27	0,18	0,090	0,64	0,220	0,020	–10
2–14	3	0,40	0,45	0,35	0,100	0,09	0,081	0,024	–8
2–15	3	0,22	0,28	0,18	0,050	0,11	0,040	0,001	–5

Продолжение табл. 3

Вариант задания	Номер задачи	Естественная влажность, %	Граница текучести W_L, %	Граница раскатывания W_p, %	Относительная деформация набухания без нагрузки E_{sw}	Относительное содержание органического вещества J_r	Относительная деформация пучения E_{fh}	Относительная деформация просадочности E_{sl}	Температура грунта t, °С
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2–16	3	0,41	0,50	0,35	0,150	0,15	0,093	0,008	–4
2–17	3	0,20	0,23	0,18	0,050	0,16	0,061	0,027	–9
2–18	3	0,30	0,35	0,27	0,330	0,68	0,110	0,015	–11
2–19	3	0,46	0,50	0,40	0,100	0,05	0,060	0,007	–13
2–20	3	0,25	0,30	0,20	0,060	0,17	0,020	0,019	–15
2–21	3	0,31	0,48	0,28	0,062	0,07	0,081	0,005	–10
2–22	3	0,25	0,32	0,20	0,142	0,015	0,066	0,028	–12
2–23	3	0,22	0,30	0,18	0,091	0,07	0,027	0,016	–14
2–24	3	0,35	0,40	0,30	0,088	0,32	0,091	0,009	–15
2–25	3	0,40	0,58	0,33	0,135	0,07	0,055	0,019	–16
2–26	3	0,25	0,31	0,21	0,102	0,100	0,09	0,08	–10
2–27	3	0,33	0,37	0,27	0,143	0,010	0,22	0,085	–12
2–28	3	0,24	0,27	0,18	0,090	0,066	0,005	0,04	–14
2–29	3	0,40	0,45	0,35	0,100	0,150	0,20	0,091	–17
2–30	3	0,22	0,28	0,18	0,050	0,060	0,11	0,066	–10