

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания
по выполнению лабораторных работ
по дисциплине
«Основы инженерной геологии»
для студентов всех специальностей и направлений подготовки
университетского профиля

Ставрополь 2026

СОДЕРЖАНИЕ

- Лабораторная работа № 1.** Понятие о горных породах и минералах ч.1
- Лабораторная работа № 2.** Понятие о горных породах и минералах ч.2
- Лабораторная работа № 3.** Инженерно-геологическая классификация грунтов
- Лабораторная работа № 4.** Физические свойства грунтов ч.1
- Лабораторная работа № 5.** Физические свойства грунтов ч.2
- Лабораторная работа № 6.** Физико-химические свойства грунтов
- Лабораторная работа № 7.** Подземные воды
- Лабораторная работа № 8.** Гидродинамические основы проектирования водозаборов ч.1
- Лабораторная работа № 9.** Гидродинамические основы проектирования водозаборов ч.2

ВВЕДЕНИЕ

Цель освоения дисциплины: являются: изучение состава, строения и свойства различных типов грунтов; рассмотрение горных пород и почв как многокомпонентных неравновесных систем, изменяющихся под действием разнообразных факторов; ознакомление с основами гидрогеологии и формирование набора универсальных компетенций будущего бакалавра и специалиста.

Задачи освоения дисциплины:

Основными задачами дисциплины «Основы инженерной геологии» является формирование у студентов инженерно-геологического представления о:

- морфологии, строении, свойствах, динамике верхних горизонтов земной коры во взаимодействии с инженерными сооружениями;
- происхождении, формировании, условиях распространения, законах движения, гидродинамическом режиме, составе подземных вод;
- причинах возникновения, условиях и динамике развития геологических процессов и явлений, возникающих при разработке месторождений полезных ископаемых;
- влиянии подземных вод на напряженное состояние водонасыщенных массивов горных пород и на развитие гидрогеомеханических процессов;
- решении задач, связанных с вопросами геологических и гидрогеологических условий строительства

Теоретические задачи:

В результате освоения дисциплины студент должен знать:

- особенности строения, состава и свойств разнообразных типов грунтов;
- физико-химическую природу грунтов, а также влияние тех или иных факторов на их свойства;
- основные методы изучения физико-механических свойств грунтов;
- особенности проявления основных видов геодинамических процессов, влияющих на инженерно-геологические особенности площадок изыскания при ведении строительных работ

Практические задачи:

В результате освоения дисциплины студент должен уметь:

- определять физико-механические свойства грунтов в лабораторных условиях;
- производить прогнозные расчеты изменения инженерно-геологических условий площадок строительства в зависимости от строительных целей

Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина относится к блоку 1 «Дисциплины (модули)» (обязательная часть).

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

ПОНЯТИЕ О ГОРНЫХ ПОРОДАХ И МИНЕРАЛАХ Ч.1

Цель работы: ознакомить студентов с физическими свойствами основных минералов, очень важных для их диагностики. Научить студентов определять минералы по комплексу характерных физических свойств, не прибегая к более трудоемким исследованиям.

Теоретическая часть

Минералы – это однородные по составу и строению природные химические соединения, возникающие в результате разнообразных процессов, происходящих внутри земной коры и на ее поверхности. Большая часть минералов встречается очень редко, и только около 50 из них широко распространены и составляют основную массу горных пород. Это породообразующие минералы.

Из приведенного определения понятия минерал, следует, что искусственно созданные химические соединения, в том числе и уже существующие в природе, минералами считать не следует. Чаще всего их называют *искусственными минералами* (искусственный кварц, искусственный рубин, искусственный алмаз и т.д.).

Обязательно следует пояснить, что обычно минералами называют вещества находящиеся в твердом состоянии, чаще всего, кристаллическом для большинства минералов, реже, аморфном – например опал ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$). Исключением является вода – жидкий минерал.

Существует ряд свойств (внешних признаков), по которым можно отличить один минерал от другого. К ним относятся оптические, механические, некоторые химические и другие легко определяемые свойства. Оптические свойства минералов: это цвет, цвет черты, прозрачность, блеск. Механические свойства: твердость, спайность, излом, плотность. Кроме того, легко определить характер

взаимодействия с соляной кислотой, вкус и некоторые другие свойства.

Оптические свойства. Цвет или окраска минералов – свойство, которое, прежде всего, обращает на себя внимание любого исследователя. Для некоторых минералов цвет является постоянным признаком (малахит, азурит, киноварь). Для большинства минералов этот признак непостоянен. Так, например, полевые шпаты встречаются белые, желтые, красные, зеленые, серые. Цвет минералов зависит от их химического состава, внутренней структуры, механических примесей и, главным образом, от присутствия химических примесей элементов. Выделяется особая группа химических элементов, окрашивающих минералы, в состав которых они входят в качестве одного из основных элементов или элемента примесного. Это группа элементов хромофоров – железо, марганец, хром, медь, никель, уран, свинец и некоторые другие. Для каждого из этих элементов характерен некоторый спектр окрасок, позволяющих судить о его присутствии в составе минерала. Например, железо, в зависимости от валентности окрашивает свои соединения в черный цвет, разные степени красного, красно-бурого, желтого и желтовато-бурого цветов. Присутствие меди придает ее соединениям различные оттенки синего и зеленого цветов. Эти элементы могут быть *основными элементами минерала* (Cu – в малахите; Mn – в родоните), а могут входить в состав минералов лишь в виде *примесей*. Примеси чаще меняют окраску светлоокрашенных минералов (кварц, кальцит, гипс и др.).

Изменять окраску минерала может также возникающая на его поверхности разноцветная пленка – *побежалость*. Возникновение побежалости особенно характерно для рудных минералов в результате окисления. Природа появления разноцветной пленки такая же, как у масляной пленки на поверхности воды.

Характеризуя цвет минерала в диагностических целях, следует стремиться к наиболее точному его описанию. Поэтому используют сложные определения, например, молочно-белый, свинцово-серый, светло-зеленый.

Цвет черты (цвет минерала в порошке). Является более постоянным признаком, чем цвет куска минерала в изломе. Играет решающую роль в определении многих минералов. Так, например, минерал лимонит может иметь коричневую, желтую и даже черную окраску, но цвет его черты всегда коричневый. Определяется по черте, оставляемой минералом на шероховатой фарфоровой пластинке (бисквите). Однако, это возможно лишь для минералов, твердость которых невелика, меньше 7. У светлоокрашенных минералов черта всегда белая. Студентам в этом следует убедиться. Кроме того, следует присмотреться к оттенкам цвета черты. Черта может быть черной (магнетит), иметь легкий зеленоватый оттенок (халькопирит), металлический блеск (графит) и т.д.

Прозрачность – способность минералов пропускать свет без изменения направления его распространения. Прозрачность зависит от кристаллической структуры минерала, интенсивности его окраски, состава и условий его образования. По степени прозрачности минералы подразделяются на *прозрачные, полупрозрачные, просвечивающиеся по тонкому краю, непрозрачные.*

Прозрачными являются тонкие пластинки белой слюды (мусковита), кристаллы горного хрусталя (кварца), чистые, бездефектные кристаллы кальцита, гипса и др. сквозь тонкие пластинки таких минералов свет проходит свободно, видны детали рассматриваемых предметов. Например, легко читается написанный на бумаге текст.

Если свет через образец проходит, но различимы лишь контуры предметов без деталей, то минерал относится к полупрозрачным (апатит, флюорит), просвечивают в тонких краях, например, полевые шпаты. Многие минералы остаются непрозрачными даже в очень тонких пластинках (сотые доли миллиметра), например, магнетит, пирит, галенит и др.

Блеск – способность минерала отражать свет, падающий на его поверхность. Это свойство также зависит от структуры минерала. По блеску минералы делят на две большие группы: с *металлическим блеском* (латунный, свинцовый) и с *неметаллическим блеском* (алмазный, стеклянный, жирный, восковой, перламутровый, шелковистый). Встречаются минералы, поверхность которых лишена блеска. Такие минералы называются *матовыми*. Металлический блеск имеют те минералы, которые дают черную черту. Неметаллический блеск характерен для минералов, дающих цветную черту. Исключением являются самородные элементы (золото, серебро, медь) и некоторые сульфиды (халькопирит), которые дают цветную черту, но относятся к минералам с металлическим блеском.

Механические свойства. Твердость – способность минералов оказывать сопротивление внешнему механическому воздействию (царапанию, резанию, истиранию) более прочным телом. Этот признак зависит от внутреннего строения минерала и отражает прочность химических связей между атомами в кристаллической решетке. В полевых условиях твердость определяется методом Ф. Мооса, разработавшего шкалу твердости по степени царапания минералов алмазом и друг другом. В шкале в качестве эталонов используются десять минералов с известной и постоянной твердостью. Эти минералы располагаются в порядке возрастания твердости (таблица 1.1).

Таблица 1.1 – Шкала твердости Мооса

Наименование минералов	Твердость по Моосу	Характеристика твердости
Тальк	1	Легко чертится ногтем
Гипс	2	Царапается ногтем
Кальцит	3	Легко царапается ножом
Флюорит	4	С трудом царапается ножом

Апатит	5	Нож не оставляет царапины
Ортоклаз	6	Оставляет царапину на стали и стекле
Кварц	7	Легко царапает сталь и стекло
Топаз	8	Царапает стекло и горный хрусталь
Корунд	9	Легко царапает сталь, стекло и все минералы, кроме алмаза
Алмаз	10	Режет стекло

Примечание: твердость стекла 5 – 5,5

Определяя твердость минерала, следует провести по его поверхности острой гранью минерала из шкалы твердости. Образовавшийся порошок надо удалить, чтобы рассмотреть осталась царапина или нет. В первом случае минерал будет тверже, а во втором – мягче эталонного минерала из шкалы твердости.

Определять твердость стоит на достаточно крупных зернах, на которых видны грани или плоскости спайности кристаллов. На мелкозернистых образцах, вместо минералогической твердости, часто получается ее заниженное значение, соответствующее прочности связей между отдельными частицами. Например, твердость лимонита в разных образцах, в зависимости от их строения, меняется от 1 до 5,5.

Для определения твердости нужно приобрести некоторый навык. Для начала, следует выучить шкалу твердости. Затем определяют, царапает минерал стекло или нет, и далее уточняют его твердость. Царапая стекло или минерал следует прилагать достаточное усилие. Особенно важно это при определении минералов с высокой твердостью.

Спайность – способность кристаллов минерала при ударе раскалываться по направлениям, параллельным граням кристалла с образованием гладких, блестящих плоскостей. Выделяют несколько видов спайности: весьма совершенную, совершенную, среднюю, несовершенную и весьма несовершенную.

Весьма совершенная спайность – минерал легко разделяется в одном

направлении на листочки или пластинки с параллельными, ровными плоскостями спайности (слюда, графит). *Совершенная спайность* – при ударе минерал разрушается и образуются обломки, ограниченные плоскостями спайности, обычно в трех направлениях (галит, кальцит). *Средняя спайность* (явственная, отчетливая) характерна для минералов, образующих при расколе как гладкие пластинки (плоскости спайности), так и поверхности с неровным изломом (полевые шпаты). *Несовершенная спайность* – большая часть поверхностей осколков неправильная, очень редко встречаются небольшие участки плоскостей спайности (апатит). *Весьма несовершенная спайность* – полное отсутствие плоскостей спайности, наблюдаются только поверхности излома (кварц).

Спайность минералов отчетливо показывает, что прочность его резко различна в зависимости от направления. Она обусловлена закономерным расположением атомов и ионов внутри кристалла и объясняется тем, что в пространственной решетке существуют плоские сетки, притяжение между которыми наименьшее.

Для определения спайности образец не нужно дополнительно раскалывать, следует просто присмотреться к уже имеющимся поверхностям раскола и постараться определить характер раскалывания отдельных кристаллических зерен. Особенности спайности хорошо различимы на крупнозернистых образцах минералов, на мелкозернистых спайность различима с помощью лупы. На очень мелкозернистых образцах спайность не различима.

Студентам следует продемонстрировать образцы с хорошо различимыми разновидностями спайности, а затем переходить к самостоятельному определению на образцах различных минералов.

Если поверхность раскалывания имеет неправильный характер, ее называют изломом.

Излом – вид поверхности, образующейся при раскалывании минеральных агрегатов. Эта характеристика особенно важна при изучении минералов, обладающих несовершенной и весьма несовершенной спайностью, а так же мелко и микрозернистых. Различают *раковистый, занозистый, ступенчатый, зернистый, крючковатый, рубленый, игольчатый, ровный и неровный* излом. Студентам следует продемонстрировать, по возможности, разновидности излома.

Плотность минералов различна, зависит от химического состава. При определении минералов по внешним признакам плотность с большой точностью не определяется. Достаточно деления минералов на две группы: *легкие*, в состав которых входят легкие химические элементы (алюминий, калий), и *тяжелые*, имеющие в составе тяжелые элементы (свинец, вольфрам, барий).

При полевых исследованиях плотность минералов оценивается взвешиванием в руке. Для этого нужно приобрести некоторый навык, прикидывая плотность известных минералов в руке, сравнивая их плотность с другими минералами в образцах такого же объема. Если минерал представлен отдельными включениями среди зерен других минералов, то таким способом его определить невозможно.

Далее отмечаются особые свойства, характерные для отдельных минералов, или небольших групп минералов, но практически однозначно позволяющие их определять.

Минералы, имеющие в своем составе углекислые соли, под действием раствора соляной кислоты выделяют в виде пузырьков углекислый газ – «вскипают». Особенно хорошо растворяется в кислоте кальцит и его полиморфная разновидность – арагонит. В порошке с кислотой взаимодействует доломит. Магнезит и сидерит реагируют с нагретой кислотой. Сульфиды при реакции выделяют сероводород, имеющий характерный запах.

При полевом определении минералов используются также такие свойства, как магнитность, вкус, запах и другие. Минерал магнетит отклоняет стрелку компаса; галит – соленый на вкус, сильвин – горько-соленый; сера – с резким запахом.

Оборудование и материалы

Наборы одиночных природных кристаллов, сростков различных минералов. Фарфоровые пластинки (бисквиты), компас, 10 % соляная кислота, шкалы твердости, стеклянные пластинки.

Техника безопасности

1. Запрещается начинать работу без точного знания методики опыта. На рабочем столе должен быть безупречный порядок.
2. Работы с ядовитыми, дурнопахнущими, огне- и взрывоопасными веществами выполняются обязательно в вытяжном шкафу. При работе под тягой, голову необходимо держать вне вытяжного шкафа.
3. При работе с горючими веществами недопустимо наличие поблизости открытого огня.
4. Не пробуйте на вкус и не вдыхайте неизвестное вещество.
5. В лаборатории категорически запрещено есть, курить.
6. Нельзя оставлять работающие приборы без наблюдения.
7. Смешивая концентрированные кислоты с водой, лейте кислоту в воду.
8. Наполнение пипеток кислотами, щелочами и другими ядовитыми путем засасывания ртом запрещается. Для наполнения пипеток следует пользоваться грушей.
9. При порезах стеклом удаляют из раны осколки, промывают водой, либо протирают тампоном, смоченным спиртом, смазывают 5%-ным раствором йода и накладывают повязку.
10. При тепловых ожогах на обожженное место накладывают ткань, либо тампон, смоченные спиртом или спиртовым раствором танина, а затем смазывают мазью от ожогов.

Задания

1. Определить основные физические свойства минералов из коллекции: цвет, цвет черты, прозрачность, блеск, твердость, спайность, излом, магнитность, взаимодействие с HCl.

Содержание отчета

В отчете следует отразить цель работы, кратко теоретические предпосылки, порядок выполнения работы. Определить на различных минералах их свойства. При защите работы студент должен представить отчет о выполненной работе, ответить на вопросы, предложенные преподавателем, и показать умение в определении физических свойств минералов по образцам из коллекции.

Контрольные вопросы

1. Каковы специфические особенности и приемы макроскопического метода определения минералов?
2. От чего зависит окрас минерала?
3. Каковы главные физические свойства минералов?
4. Какие минералы входят в шкалу Мооса (шкалу твердости)?
5. Что такое цвет черты минералов и как его определить?
6. Что такое спайность минералов? Какие существуют виды спайности?
7. В чем отличия спайности от излома?

Лабораторная работа N 2 ПОНЯТИЕ О ГОРНЫХ ПОРОДАХ И МИНЕРАЛАХ Ч.2

Цель работы: ознакомить студентов с главными представителями магматических горных пород и условиями их образования. Научить по основным диагностическим признакам распознавать различные магматические породы.

Теоретическая часть

Горные породы - это природные минеральные агрегаты, образующиеся в земной коре, устойчивые по составу, строению и залегающие в виде самостоятельных тел. Состав, строение и условия залегания горных пород в земной коре определяются условиями их происхождения - генезисом. По этому

признаку горные породы подразделяются на магматические (глубинные и излившиеся), осадочные (обломочные, хемогенные и органогенные) и метаморфические.

В производственно-строительной деятельности человека горные породы именуют *грунтами*. В таблице 2.1 приводится инженерно-геологическая классификация грунтов. Она содержит четыре класса грунтов. В ее состав входят природные и техногенные минеральные образования. Названия грунтов регламентированы ГОСТ25100-95 и обусловлены природой структурных связей, происхождением, составом и строительными свойствами.

Таблица 2.1

Инженерно-геологическая классификация грунтов

I класс - природные скальные грунты			
Классы	Группы	Подгруппы грунтов	
1	2	3	
Скальные (с жесткими структурными связями: кристаллизационными и цементационными)	Скальные, полускальные	Магматические	Интрузивные, эффузивные
		Метаморфические	
		Осадочные	Силикатные, карбонатные, кремнистые, сульфатные, галоидные
II класс - природные дисперсные грунты			

Дисперсные (с механич ескими, водно- коллоидными связями)	Связные	Осадочн ые	Минеральные, органомине-ральные, органические
	Несвязные	Осадочн ые	Минеральные (силикатные, карбонатные, полиминеральные)
III класс - природные мерзлые грунты			
Мерзлые (с криогенными структурами).	Скальные	Промер зшие	Интрузивные, эффузивные, Метаморфические, осадочные
	Полу- скальные		Эффузивные, осадочные
	Связные		Осадочные
	Ледяные	Конституционные (внутригрунтовые), Погребенные, пещерно-жильные.	
IV класс - техногенные грунты (скальные, дисперсные и мерзлые)			
1	2	3	
Скальные	Скальные, полускальн ые	Природные образования, измененные в условиях естественного залегания (физическим, химическим воздействиями)	
Дисперсные	Связные	Природные образования, измененные в условиях естественного залегания (физическим, химическим воздействиями)	
	Несвязные	Природные перемещенные образования (намывные, насыпные)	
		Антропогенные образования (насыпные, намывные)	
	Скальные, полу- скальные	Природные образования, измененные в условиях естественного залегания (физическим, химическим воздействиями).	

Мерзлые	Связные, несвязные, ледяные	Природные образования, измененные в условиях естественного залегания (физическим, химическим воздействиями).
		Природные перемещенные образования (намывные, насыпные)
		Антропогенные образования (намывные, намороженные), измененные тепловым или химико-физическим воздействием

Визуальная диагностика горных пород включает определение структур, цвета, минерального состава, плотности и твердости минералов (таблица 2.2) .

Структуры горных пород

Зернистая структура. Минералы представлены зернами, хорошо различимыми без увеличения. По крупности зерен выделяют структуры крупнозернистые, среднезернистые, мелкозернистые и тонкозернистые. По однородности размеров зерен различают структуры равномернозернистые (гранит) и неравномернозернистые (порфировидный гранит).

Структура порфировая. На однородном фоне выделяются зерна отдельных минералов (порфирит).

Структура обломочная. Обломки различной величины, формы и цвета сцементированы в сплошную массу (конгломерат).

Структура плотная, скрытокристаллическая. Зерна неразличимы глазом (опал, халцедон).

Структура землистая. Породы внешним видом напоминают рыхлую почву, легко растираются между пальцами (глина, мел).

Структура пористая. Ясно видны поры. Породы легкие (пемза).

Структура зернисто-сланцеватая. Чередуются полосы зернистого и сланцеватого сложения (гнейс).

Структура сланцеватая. Способность горных пород при ударе раскалываться на плитки (глинистый, слюдяной сланцы).

Несцементированные обломки. Обломки разной величины и формы находятся в несцементированном виде (галечник, гравий, песок).

Минералы горных пород условно разделяют по **твердости** на три группы: Низкая твердость (<3), средняя твердость (3-4), высокая твердость (>5-6) .

Минеральный состав. Каждая группа пород включает обязательный набор минералов. Например, гранит состоит из кварца, полевых шпатов, слюд (второстепенные минералы – роговая обманка).

Окраска горной породы. Указывает косвенно на состав минералов.

Примеры темной окраски – серая, темно-серая, зеленовато-серая, темно-зеленая, черная.

Примеры светлой окраски – белая, светло-серая, желтоватая, розовая, красноватая.

Плотность. Легкие горные породы – пемза. Горные породы средней плотности – гранит, липарит. Тяжелые породы – габбро, базальт.

Таблица 2.2

Магматические горные породы

Глубинные (интрузивные) горные породы

№ п/п	Породы	Основные минералы	Диагностические признаки	Применение в строительстве
1	2	3	4	5
1	Гранит	Кварц, полевые шпаты, небольшое количество слюды и темноцветных минералов.	Цвет светло-серый, розовый, желтоватый, темно-красный. Преобладает полевой шпат, содержание кварца 25-30%, <i>Структура</i> зернистая, полнокристаллическая, малая плотность(2,6-2,7 т/м ³), большая твердость.	Облицовочный и строительный камень, щебень, детали машин и агрегатов

2	Диорит	Полевые шпаты: плагиоклаз (~50%), ортоклаз и микроклин (~25%); темноватые минералы (~25%): авгит, биотит, роговая обманка.	Цвет серый, темно-серый, зеленовато-серый; светлее, чем габбро. Полевой шпат обычно сероватый. Кварц отсутствует. Полнокристаллическая <i>структура</i> : среднезернистая и мелкозернистая, небольшая плотность (2,7-2,9 т/м ³)	Такое же, как и гранита
3	Габбро	Плагиоклаз (лабрадор ~ 60%), темноватые минералы : оливин, пироксен, редко роговая обманка.	Окраска темно-зеленая, черная. Структура полнокристаллическая, крупно- и среднезернистая, кварц отсутствует, синеватый отлив лабрадора на плоскостях спайности, большая плотность (2,8-3,3 т/м ³)	Облицовочный материал, мощение мостовых

Излившиеся (эффузивные) горные породы

1	2	3	5	6
4	Обсидиан	Вулканическое стекло кислого, среднего и основного состава	Цвет черный, сургучный, темно-серый, стеклянный блеск. <i>Структура</i> стекловатая, плотная, раковистый излом, плотность 2,2-2,4 т/м ³	Добавки в цемент, производство стекла, перлита, поделочный камень

5	Липарит	Вулканическое стекло, полевые шпаты, кварц	Окраска белая, желтоватая, светло-серая, красноватая. <i>Структура</i> скрыто-кристаллическая. Различаются мелкие зерна кварца, полевых шпатов; плотность 2,1-2,6 т/м ³	Строительный камень, щебень, изготовление стекла
6	Вулканический туф	Сцементированные обломки вулканического стекла, застывшей лавы и вулканического пепла.	Окраска от кремовой до кирпично-красной и темно-серой. <i>Структура</i> обломочно-пористая. Низкая прочность, плотность (1,4-2,5 т/м ³).	Облицовка, хороший теплоизолятор, материал для красок, добавок к цементам и поделок
7	Порфирит	Аморфная масса, крупные включения зерен полевого шпата	Цвет темно-зеленый, темно-серый. <i>Структура</i> порфировая. Зерна полевых шпатов изометричные, обычно тусклые, светло-серые, желтоватые, зеленоватые. Средняя плотность (2,7-2,9 т/м ³)	Строительный камень, щебень, кислотоупорный материал
8	Базальт	Аморфная масса, плагиоклаз (лабрадор- 60%), оливин, пироксен, редко роговая обманка.	Окраска черная, темно-серая. <i>Структура</i> плотная, тонкозернистая, неровный излом, темная окраска, большая плотность (2,7-3,2 т/м ³)	Строительный камень, каменное литье, кислотоупорный материал.

Осадочные горные породы

Обломочные рыхлые горные породы.

1	2	3	5	6
---	---	---	---	---

1	Галечник / Щебень	Несцементированные обломки горных пород размером 10–200 мм (окатанные - галечник, угловатые - щебень)	Окраска разнообразна и зависит от состава обломков, чаще всего серая. Характерны большие размеры несцементированных обломков	Материал для дорожных насыпей, производство строительных материалов
2	<u>Гравий</u> (окатанные обломки) <u>Дресва</u> (угловатые обломки)	Несцементированные Обломки горных пород и минералов размером 2–10 мм.	Окраска разнообразная и зависит от состава обломков, Большая водопроницаемость, сыпучесть несцементированных обломков	Строительный материал, устройство дренажей
3	Песок	Обломки кварца, полевых шпатов, реже глауконита, кальцита, слюды, магнетита. Размер обломков 2 – 0,05 мм	Окраска непостоянная и зависит от состава обломков. Сыпучесть и малые размеры окатанных зерен	Изготовление бетона, Строительство дорог, дренажей, стекольное производство.
4	Глина	Глинистые минералы: монтмориллонит, каолинит, гидрослюда; полевые шпаты, кварц, карбонаты. Содержание частиц < 0,005 мм превышает 30%	Окраска серая с оттенками зеленого, желтого, бурого. Землистое строение. Водонепроницаема. От царапания ногтем остается блестящий след. Жирная на ощупь и пластичная при увлажнении	Устройство насыпей, гидроизоляции. Производство керамики, керамзита, вяжущих материалов.

5	Суглинок	Состав – см. состав глины. Содержание частиц < 0,005мм - 10–30%	Цвет серый с оттенками желтого, бурого. Землистое <i>строение</i> . Низкая водопроницаемость. При растирании пальцами ощущаются песчинки, пластичный при увлажнении.	Устройство дорожных насыпей. Производство кирпича
6	Супесь	Состав – см. состав глины. Содержание частиц <0,005 мм - 3–10%	Цвет серый с оттенками желтого, бурого, зеленого. <i>Структура</i> землистая, слабосвязанная. При увлажнении легко рассыпается. Растирается пальцами в тонкий порошок. Неводостойкая.	Устройство дорожных насыпей. Производство кирпича

Обломочные цементированные горные породы

7	Конгломерат	Цементированные <u>окатанные</u> обломки горных пород и минералов. Природный цемент: опал, халцедон, карбонаты, гипс, окислы железа, глинистые минералы.	Цвет зависит от состава цемента и обломков. <i>Структура</i> обломочная. Плотность 1,9-2,5 т/м ³ .	Строительный, облицовочный камень, щебень
---	-------------	--	---	---

8	Брекчия	Сцементированные <u>угловатые</u> обломки горных пород и минералов. Цемент – см. состав конгломерата	Цвет зависит от состава цемента и обломков. <i>Структура</i> обломочная. Плотность 1,9-2,5 т/м ³ . Превышает по прочности конгломерат	Облицовочный камень, щебень
9	Песчаник	Сцементированные <u>окатанные</u> обломки (0,05-2,0 мм) кварца, полевых шпатов, темно-цветных минералов и др.	Цвет зависит от состава цемента и обломков. <i>Структура</i> обломочная, однородная, пористая; грубый на ощупь, видны песчаные частицы.	Мощение улиц, облицовка, щебень, стеновой камень; производство стекла.
10	Алевролит	Скрепленные природным цементом пылеватые частицы кварца, полевых шпатов, карбонатов и в меньшей степени других минералов.	Цвет серый с оттенками желтого, бурого, зеленого. <i>Структура</i> плотная или тонкозернистая, однородная, слоистая, иногда пористая; шершавый на ощупь, царапает стекло.	Иногда используется для отсыпки насыпей дорог
11	Аргиллит	Глинистые минералы, в меньшей степени кварц, полевые, шпаты, карбонаты и другие минералы. Цемент- см. состав конгломерата	Цвет серый с оттенками желтого, бурого, зеленого. <i>Структура</i> плотная, однородная, иногда слоистая; в воде не размокает, намного прочнее глины, скользит по стеклу.	Иногда используется для отсыпки насыпей дорог

Хемогенные горные породы

1	Известняк	Кальцит	Цвет: от белого до черного. <i>Структура</i> однородная, скрыто-кристаллическая, тонкозернистая, пористая. Активно реагирует с кислотой, не царапает стекло. Плотность 2,0-2,6 т/м ³	Стеновой и облицовочный камень, щебень, производство извести, вяжущих
2	Мергель	Глинистые минералы, кальцит (около 50%), реже доломит.	Цвет от светло- до тёмно-серого, бурый. <i>Структура</i> однородная, тонкозернистая; после реакции с кислотой остается глинистая пленка.	Производство цемента
3	Гипс	Преимущественно гипс	Цвет чаще белый, серый, реже розовый. <i>Структура</i> скрыто-кристаллическая, иногда волокнистая; слабо растворим в воде; легко царапается ногтем.	Сырье для производства алебаstra, гипсолита, цемента, штукатурки

Органогенные горные породы

1	Известняк-ракушечник	Кальцит.	Цвет белый, серый, желтый, желто-бурый. <i>Структура</i> органо-генная, пористая. Активно реагирует с кислотами. Мягче стекла. Практически не растворим в воде.	Стеновой камень, щебень, производство извести, вяжущих
2	Мел	Кальцит, примеси.	Цвет белый. <i>Структура</i> землистая, скрытокристаллическая, микропористая. Размокает в воде,	Строительный материал, производство извести

			вскипает под действием кислоты.	
3	<u>Диатомит</u>	скрепленные рыхлым цементом панцири (<i>опал</i>) диатомовых водорослей	Цвет светло-серый, кремовый. Структура землистая, однородная. Крошится руками, шероховатый, царапает стекло, размокает в воде, прилипает к языку, инертен к кислотам. Плотность <u>диатомита</u> 0,4-0,9 т/м ³ , <u>трепела</u> 0,5-1,3 т/м ³ .	Огнеупорные изделия, фильтры, керамика, кирпич, звукоизоляция, теплоизоляция.
	<u>Трепел</u> –	Сцементированные круглые зерна <i>опала</i> с небольшой примесью микрофауны		
4	<u>Опока</u> –	Сцементированные частицы опала с примесью глинистых минералов и остатков микрофауны	Цвет серовато-белый, кремовый, до черного. <i>Структура</i> землистая, однородная, плотная. При ударе образует раковистый излом. Плотность 1,2-1,5 т/м ³	Огнеупорные изделия, фильтры, керамика, кирпич, звукоизоляция, теплоизоляция.

Метаморфические горные породы зернистые (массивные)

1	2	3	4	5
1	Кварцит	Кварц, примеси.	Окраска серая, красная, лиловая, зеленая. Структура мелкозернистая. Высокая прочность, блестящая поверхность в изломе. Похож на мрамор, но тверже (царапает стекло), не реагирует с кислотами.	Строительный и облицовочный камень, щебень, изготовление огнеупорных кирпичей.
2	Мрамор	Кальцит с примесью доломита	Цвет белый, но часто изменен примесями. Структура зернисто-кристаллическая.	Облицовочный декоративный камень, заполнитель

			Вскипает в кислоте, низкая твердость (3,0). Зерна имеют совершенную спайность. Плотность 2,5-2,9 т/м ³	цветных бетонов; стекольная промышленность
--	--	--	---	--

Метаморфические горные породы сланцеватые

3	Гнейс	Кварц, полевые шпаты, слюда, иногда роговая обманка.	Окраска и состав как у гранита. Структуры зернистые, сланцеватые, очковые, пloidчатые. Высокая прочность. Плотность 2,5-2,9 т/м ³ .	Строительный камень, щебень
4	Сланец глинистый	Глинистые минералы, кварц, полевые шпаты, слюда,	Темно-серый, реже зеленоватый, бурый. Блеск тусклый. <i>Структура</i> сланцеватая. Легко колется на плитки; не размокает в воде. Плотность 2,1-2,4 т/м ³	Дорожное строительство, устройство насыпей, изготовление керамзита, кровли.
5	Филлит	Слюда(серицит), хлорит, реже кварц, полевые шпаты	Окраска темно-серая, зеленоватая, бурая, черная (аспидный сланец). <i>Структура</i> тонко-сланцеватая. Блеск шелковистый. Прочнее глинистого сланца	Изготовление кровли
6	Сланец слюдяной (кристаллический)	Слюда, кварц, немного темно-цветных минералов	Окраска, серая, черная. Блеск яркий из-за слюды. Структура сланцеватая. Легко расщепляется.	Дорожное строительство, иногда в виде щебня
7	Сланец хлоритовый	хлорит, тальк, кальцит	Окраска темно-зеленая. Структура сланцеватая. Жирный на ощупь, легко царапается	Изготовление теплоаккумулирующих материалов.

Оборудование и материалы

Коллекция горных пород, набор луп.

Техника безопасности

11. Запрещается начинать работу без точного знания методики опыта. На рабочем столе должен быть безупречный порядок.
12. Работы с ядовитыми, дурнопахнущими, огне- и взрывоопасными веществами выполняются обязательно в вытяжном шкафу. При работе под тягой, голову необходимо держать вне вытяжного шкафа.
13. При работе с горючими веществами недопустимо наличие поблизости открытого огня.
14. Не пробуйте на вкус и не вдыхайте неизвестное вещество.
15. В лаборатории категорически запрещено есть, курить.
16. Нельзя оставлять работающие приборы без наблюдения.
17. Смешивая концентрированные кислоты с водой, лейте кислоту в воду.
18. Наполнение пипеток кислотами, щелочами и другими ядовитыми путем засасывания ртом запрещается. Для наполнения пипеток следует пользоваться грушей.
19. При порезах стеклом удаляют из раны осколки, промывают водой, либо протирают тампоном, смоченным спиртом, смазывают 5%-ным раствором йода и накладывают повязку.
20. При тепловых ожогах на обожженное место накладывают ткань, либо тампон, смоченные спиртом или спиртовым раствором танина, а затем смазывают мазью от ожогов.

Задания

1. Используя учебную коллекцию горных пород, описать породы, выбранные преподавателем.
2. Используя описание пород в таблицах, определите их название

Содержание отчета

В отчете следует отметить цель работы, дать краткое теоретическое обоснование и, пользуясь предложенной методикой, описать горные породы, дав им название.

Контрольные вопросы

1. Что такое «горная порода»?
2. Как подразделяются горные породы по происхождению?
3. Приведите примеры осадочных горных пород
4. Опишите структуры глубинных магматических пород.

5. Приведите примеры метаморфических горных пород.
6. Какие подгруппы грунтов относятся к классу скальных (с жесткими структурными связями: кристаллизационными и цементационными)
7. Какие техногенные грунты вы знаете?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ГРУНТОВ

Цель работы: Приобретение навыков по обработке результатов состава горных пород. В теоретическом обосновании приведены методические приемы классификации грунтов и наиболее часто используемые методы графического изображения результатов гранулометрического анализа состава горных пород.

Теоретическая часть

Задание 1. Гранулометрический (механический) состав

Гранулометрический (механический) состав характеризует породу в отношении размеров слагающих его минеральных частиц. При инженерно-геологических исследованиях изучение гранулометрического состава практически наиболее важно для тех разностей, у которых полностью отсутствует или ослаблена связь между элементами породы. У пород с прочными структурными связями (изверженных, метаморфических и отвердевших осадочных) значение гранулометрического состава с инженерно-геологической точки зрения очень мало. У этих пород гранулометрический состав представляет практический интерес только при оценке породы в отношении её против выветривания. Поэтому определение гранулометрического состава пород производится в основном для глинистых и песчаных разностей.

Прямой математической зависимости между гранулометрическим составом породы и её инженерно-геологическими свойствами не существует.

Гранулометрический состав является классификационным показателем, применяемым для выделения основных петрографических типов и видов грунтов в районе исследований.

Иногда данные механического анализа используются в качестве показателей более высокого класса (косвенных расчетных или даже прямых расчетных):

1– для получения приблизительной характеристики водопроницаемости однородных песчаных грунтов путем вычисления коэффициента фильтрации по эмпирическим формулам;

2 – для установления возможности механической суффозии (вымывании мелких частиц из-под основания, из тела земляных плотин и т.д.);

3 – для производства расчета обратных фильтров с целью предотвращения механической суффозии;

4 - для выбора диаметров отверстий фильтров в скважинах;

5– для составления оптимальных смесей из имеющихся в наличии грунтов, обеспечивающих наилучшие свойства грунта при использовании его для строительства гужевых дорог и аэродромов;

6 – для оценки грунтов как материала для тела земляных плотин, насыпей, балластного слоя на железных дорогах, для приготовления бетона;

7 – для установления возможности изменения гранулометрического состава глинистых пород при изменении физико-химической обстановки после возведения сооружения.

Для практического использования результатов определения гранулометрического состава пород удобны методы графического их изображения – график-треугольник и суммарные кривые гранулометрического состава.

Наиболее распространенным методом графического изображения результатов определения гранулометрического состава пород являются суммарные кривые (кумулятивные, интегральные кривые, кривые однородности). Они строятся в обыкновенном или полулогарифмическом масштабе. Полулогарифмический масштаб применяется в тех случаях, когда изображаются результаты определения гранулометрического состава разнотернистых пород.

Суммарные кривые строятся в прямоугольной системе координат: по оси абсцисс откладывается диаметр частиц или его логарифм, а по оси ординат – суммарное процентное содержание частиц породы.

При построении суммарной кривой в полулогарифмическом масштабе можно пользоваться логарифмической бумагой или логарифмический бланк (рис. 3.1).

Для характеристики гравелистых грунтов применяется **коэффициент выветрелости** – **степень выветрелости скального грунта K_{wr}** это соотношение выветрелого и невыветрелого образцов одного и того же грунта. Характеризуется через степень истираемости. Коэффициент выветрелости определяют из выражения

$$K_{wr} = (K_1 - K_0) / K_1, \quad (3.1)$$

где K_0 соотношение массы частиц размером менее 2 мм к массе частиц размером более 2 мм до испытания на истираемость; K_1 – то же после испытания на истираемость. Например (вариант 1): $K_0 = 6/94 = 0,06$; $K_1 = 32/68 = 0,47$;

$$K_{wr} = (0,47 - 0,06) / 0,47 = 0,87.$$

По коэффициенту выветрелости крупнообломочные грунты подразделяются на:

- невыветрелые $0 \leq K_{wr} < 0,5$;
- слабовыветрелые $0,5 \leq K_{wr} < 0,75$;

- сильновыветрелые $0,75 \leq K_{wt} \leq 1$.

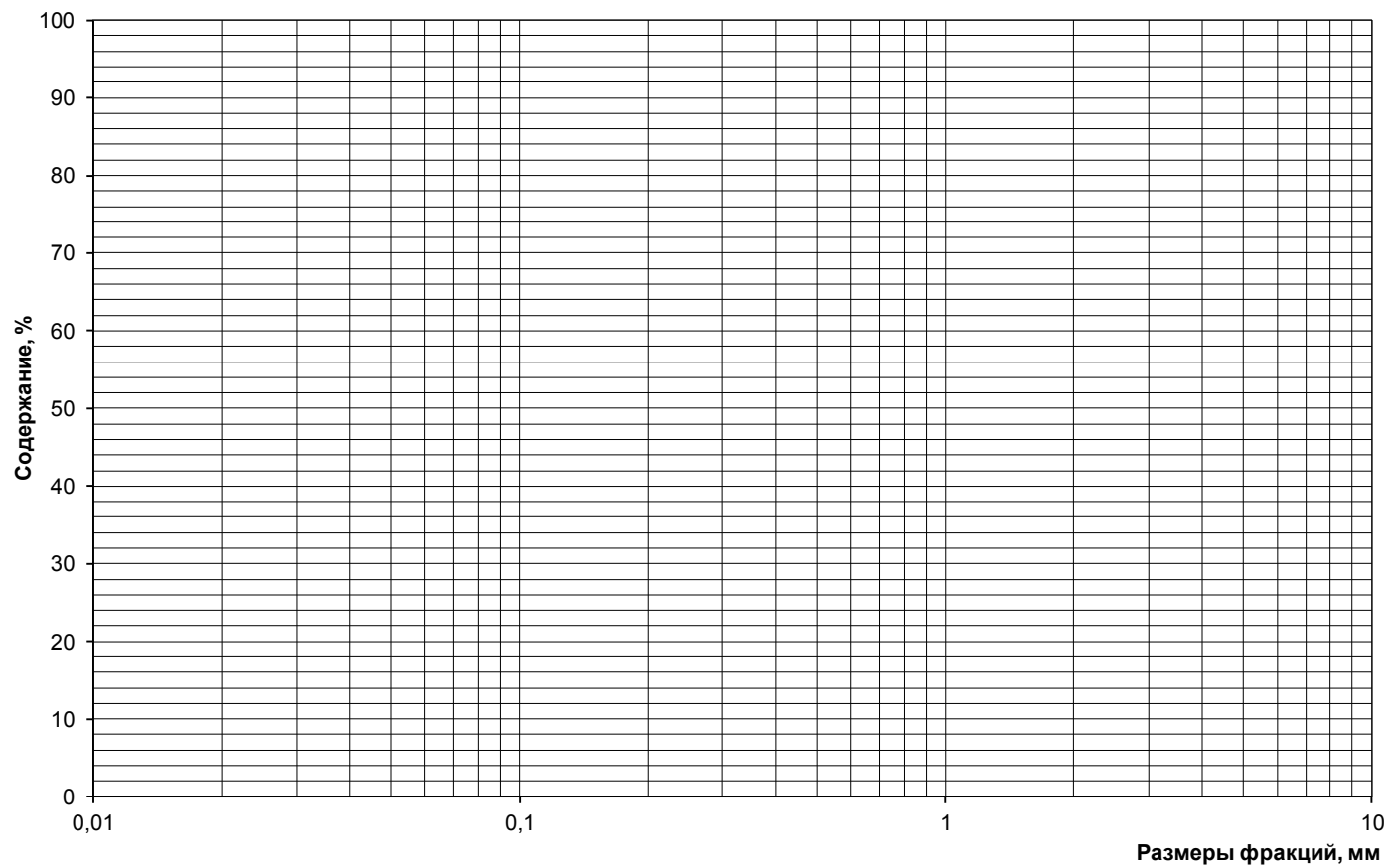


Рисунок 3.1 – Логарифмический бланк для построения кумулятивных кривых гранулометрического состава песчаных грунтов

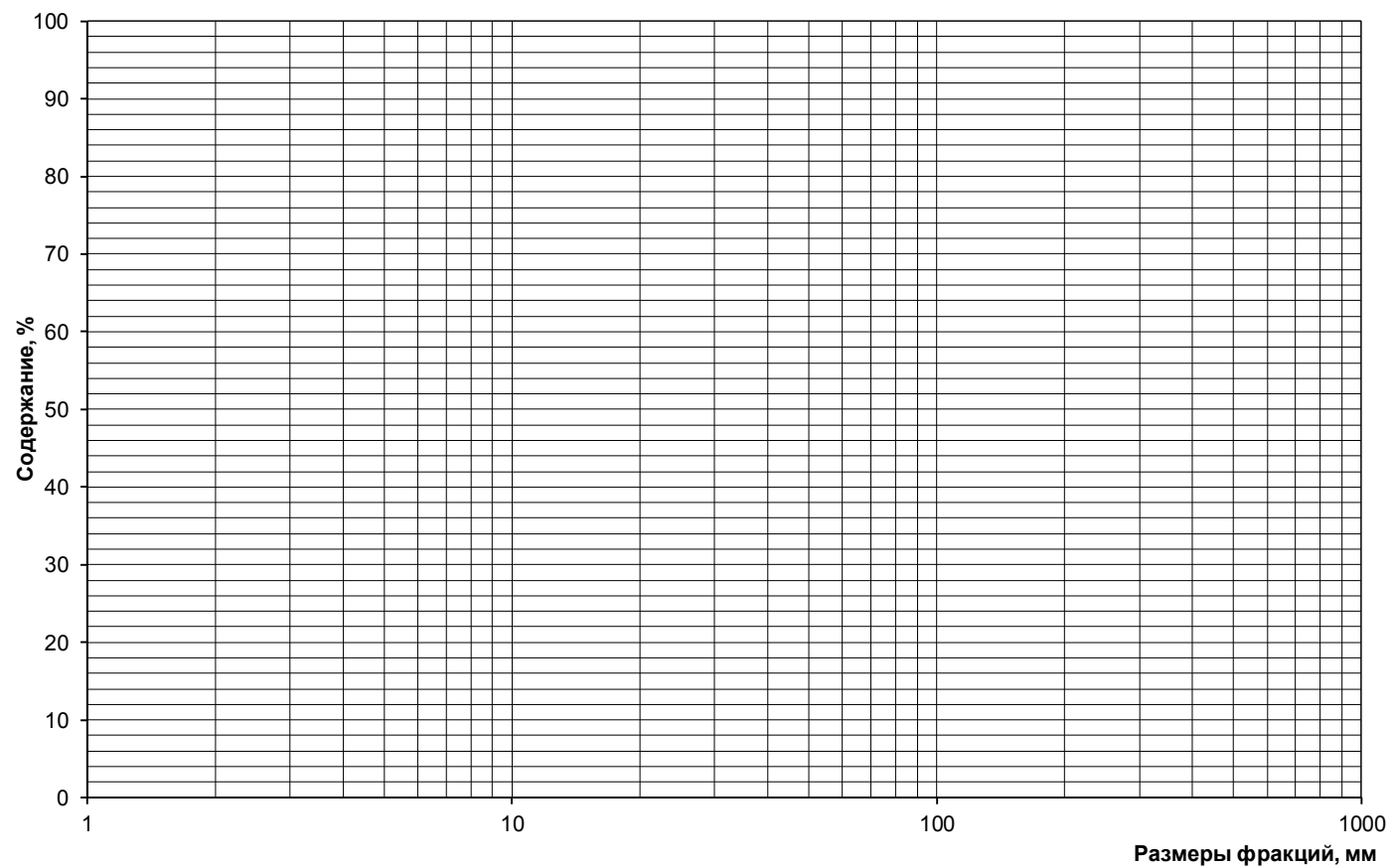


Рисунок 3.2– Логарифмический бланк для построения кумулятивных кривых гранулометрического состава гравелистых грунтов

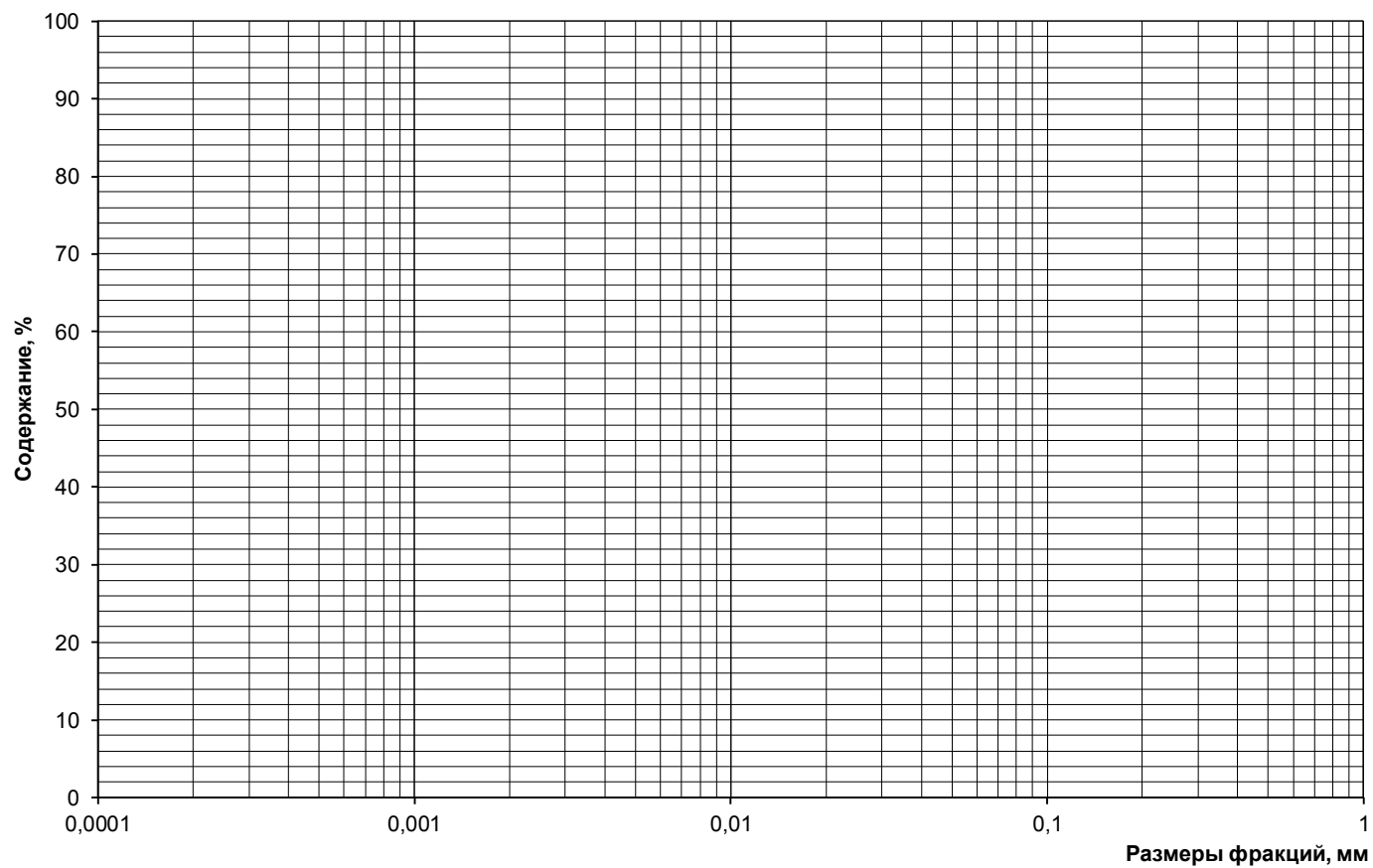


Рисунок 3.3– Логарифмический бланк для построения кумулятивных кривых гранулометрического состава глинистых грунтов

На графике-треугольнике гранулометрического состава отражается содержание в породе трех групп фракций: песчаной ($> 0,05$ мм), пылевой ($0,05\text{--}0,005$ мм) и глинистой ($< 0,005$ мм). Для изображения результатов анализа использовано свойство равностороннего треугольника: сумма перпендикуляров, опущенных из какой-либо точки внутри треугольника на три его стороны, равна высоте треугольника. Это дает возможность изобразить состав породы точкой с координатами, отвечающими процентному содержанию трёх перечисленных групп фракций.

Такая графическая форма изображения позволяет наносить на график результаты массовых определений гранулометрического состава пород. Форма очень наглядна, так как даёт представление о степени однородности породы по гранулометрическому составу и позволяет классифицировать породы, если график разбить на части, соответствующие той или иной трёхчленной классификации пород. Такой график-треугольник, на котором изображена трёхчленная классификация пород В. В. Охотина, приведён на рис. 3.2.

По суммарным кривым гранулометрического состава определяются величины характерных диаметров частиц пород: действующего или диаметра десяти (d_{10}) и контролирующего или диаметра шестидесяти (d_{60}). Эти диаметры и вычисленный по их отношению коэффициент неоднородности пород по гранулометрическому составу (K_n) используются для определения коэффициентов фильтрации пород по эмпирическим формулам.

Действующий диаметр (d_{10}) – это такой диаметр, меньше которого в породе содержится 10 %, а больше которого в породе 90 % частиц по весу (см. рис.3.2).

Контролирующий диаметр (d_{60}) – это такой диаметр, меньше которого в породе содержится 60 %, а больше которого 40 % частиц по весу.

Коэффициент неоднородности пород по гранулометрическому составу определяется по зависимости:

$$K_n = \frac{d_{60}}{d_{10}} \quad (3.2)$$

По величине коэффициента неоднородности различают породы однородные и неоднородные:

- при $K_n < 3$ порода однородна;
- при $K_n > 3$ порода неоднородна.

Чем более крутыми получаются кривые однородности – тем более однородным является грунт

Таблица 3.1 – Гранулометрический состав гравелистых грунтов

Размер частиц, мм	Содержание частиц, % по массе																	
	Варианты																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Более 200	4	2	62	4	53	0	4	2	62	4	53	0	4	2	62	4	53	0
200–100	0	4	17	4	33	2	0	4	17	4	33	2	0	4	17	4	33	2
100–60	0	2	3	6	4	1	0	2	3	6	4	1	0	2	3	6	4	1
60–40	5	3	1	5	2	2	5	3	1	5	2	2	5	3	1	5	2	2
40–20	9	6	3	11	0	8	9	6	3	11	0	8	9	6	3	11	0	8
20–10	28	14	2	43	0	8	28	14	2	43	0	8	28	14	2	43	0	8
10–5	33	28	3	19	0	27	33	28	3	19	0	27	33	28	3	19	0	27
5–2	15	17	3	4	3	41	15	17	3	4	3	41	15	17	3	4	3	41
Менее 2 мм	6	24	6	4	5	11	6	24	6	4	5	11	6	24	6	4	5	11
Остаток на сите после испытаний на истираемость																		
Более 2 мм	68	54	82	88	93	70	68	54	82	88	93	70	68	54	82	88	93	70
Степень окатанности частиц	ОК	Н	ОК	Н	Н	ОК	ОК	Н	ОК	Н	Н	ОК	ОК	Н	ОК	Н	Н	ОК

Примечание: ОК – окатанные; Н – неокатанные обломки.

Таблица 3.2 – Гранулометрический состав песчаных грунтов

Размер частиц, мм	Содержание частиц, % по массе																	
	Варианты																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Более 5	5	7	0	0	0	5	5	7	0	0	0	5	5	7	0	0	0	5
5–2	3	19	2	4	5	32	3	19	2	4	5	32	3	19	2	4	5	32
2–1	6	31	5	9	0	18	6	31	5	9	0	18	6	31	5	9	0	18
1–0,5	11	26	10	6	35	17	11	26	10	6	35	17	11	26	10	6	35	17
0,5–0,25	23	8	17	41	12	13	23	8	17	41	12	13	23	8	17	41	12	13
0,25–0,10	30	3	35	27	7	7	30	3	35	27	7	7	30	3	35	27	7	7
0,1–0,05	13	2	22	5	3	5	13	2	22	5	3	5	13	2	22	5	3	5
Менее 0,05	9	4	9	8	38	32	9	4	9	8	38	32	9	4	9	8	38	32

Таблица 3.3 – Гранулометрический состав глинистых грунтов (сарматские глины, Предкавказье, N₁³S₁)

Размер частиц, мм	Содержание частиц, % по массе																	
	Варианты																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
> 0,05	0,5	0,1	36	1,1	–	8,4	0,5	0,1	36	1,1	–	8,4	0,5	0,1	36	1,1	–	8,4
0,05–0,01	22,6	33,6	8,6	20,6	6,7	22,8	22,6	33,6	8,6	20,6	6,7	22,8	22,6	33,6	8,6	20,6	6,7	22,8
0,01–0,005	8,7	10,9	8,2	9,0	10,4	11,7	8,7	10,9	8,2	9,0	10,4	11,7	8,7	10,9	8,2	9,0	10,4	11,7
0,005–0,001	17,8	10,6	13,6	24,8	22,4	10,0	17,8	10,6	13,6	24,8	22,4	10,0	17,8	10,6	13,6	24,8	22,4	10,0
<0,001	50,4	44,8	33,6	44,5	60,5	47,1	50,4	44,8	33,6	44,5	60,5	47,1	50,4	44,8	33,6	44,5	60,5	47,1

Таблица 3.4 – Классификация крупнообломочных и песчаных грунтов по ГОСТ 25100–95

Разновидности крупнообломочных и песчаных грунтов	Распределение частиц по крупности, % от массы воздушно-сухого грунта
Крупнообломочные	
Валунный грунт (при преобладании неокатанных частиц – глыбовый)	Масса частиц крупнее 200 мм – более 50 %
Галечниковый грунт (при преобладании неокатанных частиц – щебнистый)	Масса частиц крупнее 10 мм – более 50 %
Гравийный грунт (при преобладании неокатанных частиц – дресвяный)	Масса частиц крупнее 2 мм – более 50 %
Пески	
Песок гравелистый	Масса частиц крупнее 2 мм – более 25%
Песок крупный	Масса частиц крупнее 0,5 мм – более 50%
Песок средней крупности	Масса частиц крупнее 0,25 мм – более 50%
Песок мелкий	Масса частиц крупнее 0,1 мм – 75% и более
Песок пылеватый	Масса частиц крупнее 0,1 мм – менее 75%

Задание 2. Влажность и органическое вещество

Количество воды в грунтах характеризует влажность грунтов (естественную влажность). Имеет большое практическое значение для оценки состояния пород. В инженерной геологии используют несколько показателей влажности:

Весовая влажность W – отношение массы воды к массе сухого грунта

$$W=(g-g_0)/g_0, \quad (3.3)$$

где g – масса образца грунта при естественной влажности, g_0 – масса высушенного грунта. Весовая влажность выражается в %%;

Объемная влажность W_v – отношение объема воды, содержащейся в грунте, к общему объему грунта.

$$W_v=W \times \rho_d, \quad (3.4)$$

где W – естественная влажность грунта, ρ_d – плотность скелета.

Относительная влажность (коэффициент водонасыщения) S_r – отношение объема воды к объему пор – степень заполнения пор водой (плотность воды принимается равной 1 г/см³):

$$S_r= W_v / n. \quad (3.5)$$

По степени водонасыщения грунты подразделяются:

- Малой степени водонасыщения 0–0,50
- Средней степени влажности 0,05–0,80
- Насыщенные водой 0,80–1,00

Полная влагоемкость – влажность грунта, соответствующая полному заполнению пор водой:

$$W_{\max}=n \times \rho_w / \rho_d, \quad (3.6)$$

где n – пористость грунта, ρ_w – плотность воды = 1 г/см³, ρ_d – плотность скелета.

Органическое вещество – органические соединения, входящие в состав грунта в виде неразложившихся остатков растительных и животных организмов, а также продуктов их разложения и преобразования.

Таблица 3.5 – Классификация грунтов по относительному содержанию органического вещества

Разновидность грунта	Относительное содержание органического вещества I_r , д.е.	
	Глинистые грунты	Пески
Сильнозаторфованный	0,50–0,40	–
Среднезаторфованный	0,40–0,25	–
Слабозаторфованный	0,25–0,10	–
С примесью органических веществ	0,10–0,05	0,10–0,03

Таблица 3.6 – Результаты определения весовой влажности грунта

Показатели	Варианты																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Масса бюкса с влажным грунтом	98,25	85,20	98,31	83,75	87,46	101,34	98,25	85,20	98,31	83,75	87,46	101,34	98,25	85,20	98,31	83,75	87,46	101,34
Масса бюкса с сухим грунтом	85,34	81,77	79,64	74,55	81,53	84,67	85,34	81,77	79,64	74,55	81,53	84,67	85,34	81,77	79,64	74,55	81,53	84,67
Масса бюкса	56,34	57,81	58,00	55,97	58,32	61,08	56,34	57,81	58,00	55,97	58,32	61,08	56,34	57,81	58,00	55,97	58,32	61,08

Таблица 3.7 – Содержание органического вещества в грунтах

Тип грунта	Относительное содержание органического вещества I_r , д.е.																	
	Варианты																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Пески	0,08	0,03	0,08	0	0,13	0,04	0,08	0,03	0,08	0	0,13	0,04	0,08	0,03	0,08	0	0,13	0,04
Глинистые грунты	0,43	0,39	0,27	0,21	0,11	0,08	0,43	0,39	0,27	0,21	0,11	0,08	0,43	0,39	0,27	0,21	0,11	0,08

Оборудование и материалы. Табличные данные для определения состава грунтов.

Техника безопасности

21. Запрещается начинать работу без точного знания методики опыта. На рабочем столе должен быть безупречный порядок.
22. Работы с ядовитыми, дурнопахнущими, огне- и взрывоопасными веществами выполняются обязательно в вытяжном шкафу. При работе под тягой, голову необходимо держать вне вытяжного шкафа.
23. При работе с горючими веществами недопустимо наличие поблизости открытого огня.
24. Не пробуйте на вкус и не вдыхайте неизвестное вещество.
25. В лаборатории категорически запрещено есть, курить.
26. Нельзя оставлять работающие приборы без наблюдения.
27. Смешивая концентрированные кислоты с водой, лейте кислоту в воду.
28. Наполнение пипеток кислотами, щелочами и другими ядовитыми путем засасывания ртом запрещается. Для наполнения пипеток следует пользоваться грушей.
29. При порезах стеклом удаляют из раны осколки, промывают водой, либо протирают тампоном, смоченным спиртом, смазывают 5%-ным раствором йода и накладывают повязку.
30. При тепловых ожогах на обожженное место накладывают ткань, либо тампон, смоченные спиртом или спиртовым раствором танина, а затем смазывают мазью от ожогов.

Задания

1. По данным гранулометрического анализа (таблица 3.1, 3.2, 3.3) построить суммарные кривые гранулометрического состава гравелистых, песчаных и глинистых грунтов состава глинистых грунтов в полулогарифмическом масштабе;

3. Определить величины действующего (d_{10}) и контролирующего (d_{60}) диаметров. Вычислить коэффициенты неоднородности пород по гранулометрическому составу (K_n) и оценить степень их неоднородности;

4. Вычислить коэффициент выветрелости;

5. Нанести на график-треугольник гранулометрического состава результаты анализов пород;

4. Классифицировать породы, пользуясь трёхчленной классификацией В.В. Охотина;

5. Дать название грунтам в соответствии с классификацией ГОСТ 25100–95 (таблица 3.4).

6. По данным лабораторных исследований грунтов (таблицы 3.6, 3.7) рассчитать весовую влажность грунта и в соответствии с табл. 3.5 дать название грунта по содержанию органического компонента.

Содержание отчета

В отчете следует отразить: цель работы, краткое теоретическое обоснование, в т.ч. привести методические приёмы, используемые классификации грунтов по составу.

Защита работы проводится в устной форме.

Контрольные вопросы:

1. Для каких пород анализ гранулометрического состава представляет наибольший интерес? Какова причина этого факта?

2. Для решения, каких задач используются данные механического анализа гранулометрического состава грунтов?

3. Каким образом строятся кумулятивные кривые гранулометрического состава грунтов?

4. Охарактеризуйте величины характерных диаметров частиц пород определяемых по суммарным кривым гранулометрического состава.

5. Охарактеризуйте различные виды пород по степени неоднородности.

6. Каким образом определяется коэффициент выветрелости, и каким образом классифицируются крупнообломочные грунты?

7. Охарактеризуйте методический приём, используемый в классификации В. В. Охотина.

8. Каким образом наносятся на график-треугольник гранулометрический состав грунтов?

9. Какими показателями оценивается влажность грунтов? Приведите расчётные формулы.

10. Какие разновидности грунтов выделяются по степени водонасыщенности?

11. Назовите разновидности глинистых грунтов и песков по содержанию органического вещества.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГРУНТОВ Ч.1

Цель работы. Приобретение навыков по обработке результатов лабораторных анализов грунтов. В теоретическом обосновании приведены методические приемы классификации по степени плотности.

Теоретическая часть.

В инженерной геологии используют несколько показателей физических свойств грунтов.

Плотность грунта в естественном сложении – масса грунта в естественном сложении к его объему. Зависит от минерального состава, влажности и пористости:

$$\rho = m/V, \quad (4.1)$$

где m – масса грунта, V – объем грунта в естественном сложении. Выражается ρ в г/см³;

Плотность скелета грунта – масса твердых частиц грунта к объему в естественном сложении. Определяется расчетным путем:

$$\rho_d = \rho / (1 + 0,01W), \quad (4.2)$$

где ρ – плотность грунта в естественном сложении, W – естественная, весовая влажность грунта в %. Зависит от минерального состава и пористости, выражается в г/см³;

Плотность твердых частиц грунта ρ_s – масса твердых частиц к объему твердых частиц, определяется опытным путём. Зависит от минерального состава, выражается в г/см³;

Значения плотности твердых частиц грунта и плотности скелета грунта позволяют рассчитать значения пористости и коэффициента пористости, которые являются структурными характеристиками грунта.

Пористость – n – характеризует объем пор к объему всего грунта и выражается в %:

$$n = (\rho_s - \rho_d) / \rho_s. \quad (4.3)$$

Коэффициент пористости – ε – характеризует объем пор к объему твердых частиц и выражается в долях единицы:

$$\varepsilon = (\rho_s - \rho_d) / \rho_d. \quad (4.4)$$

Для песков (в особенности водонасыщенных) трудно определить плотность, соответствующую естественному или искусственному сложению, поскольку отбор ненарушенных проб связан с большими сложностями. В связи с этим определяют плотность **при максимально плотном и максимально рыхлом состояниях** для одной и той же влажности, которая зависит от гранулометрического состава, формы и окатанности зерен. Полученные показатели характеризуют относительную плотность, а также способность песков к уплотнению.

Степень плотности – показывает способность песков к дополнительному уплотнению. Определяется по формуле:

$$I_p = (\varepsilon_{\max} - \varepsilon) / (\varepsilon_{\max} - \varepsilon_{\min}) \quad (4.5)$$

Для расчета степени плотности необходимо рассчитать коэффициенты пористости в рыхлом и плотном сложении, используя данные $\rho_{\min}$ и $\rho_{\max}$, приведенные в таблице исходных данных. Градация песков по степени плотности приведена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Подразделение песков по степени плотности (ГОСТ 25100–95)

Разновидность песков	Степень плотности, доли единицы, I_p
Слабоуплотненный	0–0,33
Среднеуплотненный	0,33–0,66
Сильноуплотненный	0,66–1

Таблица 4.2 – Исходные данные для расчета физических свойств глинистых грунтов

Вариант	g (м)	g_0	V	ρ_s
1	87,52	81,09	50	2,69
2	86,14	75,62	50	2,71
3	88,35	72,41	50	2,74
4	94,46	70,34	50	2,80
5	99,67	78,48	50	2,79
6	100,05	87,35	50	2,81
7	87,52	81,09	50	2,69
8	86,14	75,62	50	2,71
9	88,35	72,41	50	2,74
10	94,46	70,34	50	2,80
11	99,67	78,48	50	2,79
12	100,05	87,35	50	2,81
13	87,52	81,09	50	2,69
14	86,14	75,62	50	2,71
15	88,35	72,41	50	2,74
16	94,46	70,34	50	2,80
17	99,67	78,48	50	2,79
18	100,05	87,35	50	2,81

Таблица 4.3 – Исходные данные для расчета физических свойств песчаных грунтов

Вариант	g	g_0	V	ρ_s	$\rho_{\min}$	$\rho_{\max}$
---------	-----	-------	-----	----------	---------------	---------------

1	80,55	75,43	50	2,65	1,48	1,69
2	79,57	69,94	50	2,58	1,36	1,65
3	83,15	71,12	50	2,62	1,39	1,69
4	81,25	75,06	50	2,68	1,45	1,67
5	74,18	69,33	50	2,49	1,32	1,62
6	85,09	74,22	50	2,67	1,43	1,73
7	80,55	75,43	50	2,65	1,48	1,69
8	79,57	69,94	50	2,58	1,36	1,65
9	83,15	71,12	50	2,62	1,39	1,69
10	81,25	75,06	50	2,68	1,45	1,67
11	74,18	69,33	50	2,49	1,32	1,62
12	85,09	74,22	50	2,67	1,43	1,73
13	80,55	75,43	50	2,65	1,48	1,69
14	79,57	69,94	50	2,58	1,36	1,65
15	83,15	71,12	50	2,62	1,39	1,69
16	81,25	75,06	50	2,68	1,45	1,67
17	74,18	69,33	50	2,49	1,32	1,62
18	85,09	74,22	50	2,67	1,43	1,73

Оборудование и материалы. Табличные данные для расчета физических свойств грунтов.

Техника безопасности

31. Запрещается начинать работу без точного знания методики опыта. На рабочем столе должен быть безупречный порядок.
32. Работы с ядовитыми, дурнопахнущими, огне- и взрывоопасными веществами выполняются обязательно в вытяжном шкафу. При работе под тягой, голову необходимо держать вне вытяжного шкафа.
33. При работе с горючими веществами недопустимо наличие поблизости открытого огня.
34. Не пробуйте на вкус и не вдыхайте неизвестное вещество.
35. В лаборатории категорически запрещено есть, курить.
36. Нельзя оставлять работающие приборы без наблюдения.
37. Смешивая концентрированные кислоты с водой, лейте кислоту в воду.
38. Наполнение пипеток кислотами, щелочами и другими ядовитыми путем засасывания ртом запрещается. Для наполнения пипеток следует пользоваться грушей.
39. При порезах стеклом удаляют из раны осколки, промывают водой, либо протирают тампоном, смоченным спиртом, смазывают 5%-ным раствором йода и накладывают повязку.

40. При тепловых ожогах на обожженное место накладывают ткань, либо тампон, смоченные спиртом или спиртовым раствором танина, а затем смазывают мазью от ожогов.

Задания

По данным, приведенным в таблице 4.2 и 4.3, рассчитать для глинистых и песчаных грунтов:

1. Плотность грунта в естественном сложении;
2. Естественную влажность грунта;
3. Плотность скелета грунта;
4. Объемную влажность;
5. Пористость, коэффициент пористости;
6. Коэффициент водонасыщения, охарактеризовать грунт по степени водонасыщенности;
7. Полную влагоемкость.
8. Для песчаного грунта дополнительно рассчитать степень плотности (таблица 4.3). Дать название грунту по значению степени плотности;

Содержание отчета

В отчете следует отразить: цель работы, краткое теоретическое обоснование, в т.ч. привести методические приёмы, используемые при характеристике грунтов по значению степени плотности.

Защита работы проводится в устной форме.

Контрольные вопросы:

1. Какими показателями оценивается плотность грунтов? Приведите расчётные формулы.
2. Какими показателями оценивается пористость грунтов? Приведите расчётные формулы

3. Какими показателями оценивается влажность грунтов? Приведите расчётные формулы

4. Назовите разновидности грунтов по значению степени плотности.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГРУНТОВ Ч.2

Цель работы Приобретение навыков по обработке результатов лабораторных анализов грунтов. В теоретическом обосновании приведены методические приемы классификации грунтов по показателям физико-химических свойств грунтов.

Теоретическая часть.

В инженерной геологии используют несколько показателей физико-химических свойств грунтов.

Пластичность грунтов

Пластичность грунтов – это способность грунтов деформироваться без разрыва сплошности. Пластичность зависит от гранулометрического и минерального состава грунтов, емкости катионного обмена, состава обменных катионов и содержания органического вещества.

Пластичность характеризуется **верхним пределом пластичности** W_L – влажностью, при превышении которой грунт начинает течь и **нижним пределом пластичности** W_P – влажностью между полутвердым и пластичным состоянием. Разница значений верхнего и нижнего предела пластичности называется **числом пластичности**:

$$I_P = W_L - W_P. \quad (5.1)$$

По значению числа пластичности глинистые грунты подразделяются на супеси, суглинки и глины (табл. 5.1).

Таблица 5.1 – Подразделение глинистых грунтов по числу пластичности (ГОСТ 25100–95)

Разновидность глинистых грунтов	Число пластичности
Супесь	1–7

Суглинок	7–17
Глина	>17

Величины естественной влажности, нижнего предела пластичности и числа пластичности позволяют оценить консистенцию глинистого грунта по **показателю текучести**:

$$I_T = (W - W_P) / (I_P). \quad (5.2)$$

Таблица 5.2 – Подразделение глинистых грунтов по показателю текучести (ГОСТ 25100–95)

Разновидность глинистых грунтов	Показатель текучести
Супесь:	
–твердая	<0
–пластичная	0–1
–текучая	>1
Суглинки и глины:	
–твердые	<0
–полутвердые	0–0,25
–тугопластичные	0,25–0,50
–мягкопластичные	0,50–0,75
–текучепластичные	0,75–1,00
–текучие	>1

Набухаемость грунтов

Набухаемость грунтов – способность грунтов увеличивать объем в процессе смачивания. Характеризуется **величиной относительного набухания, влажностью набухания и давлением набухания**. Влажность набухания рассчитывается как весовая влажность набухшего грунта. Давление набухания определяет то минимальное давление, при котором процесс набухания отсутствует. Величина относительного набухания это относительная деформация набухания без нагрузки ε_{st} – отношение увеличения высоты образца грунта после свободного набухания в условиях невозможности бокового расширения $(h-h_0)$ к начальной высоте образца h_0 при природной влажности:

$$\varepsilon_{st} = (h - h_0) / h_0. \quad (5.3)$$

Глинистые грунты подразделяются по степени относительной деформации набухания без нагрузки на 4 разновидности (табл. 5.3.)

Таблица 5.3 – Подразделение глинистых грунтов по относительной деформации набухания без нагрузки

Разновидность глинистых грунтов	Относительная деформация набухания без нагрузки, ε_{st}
Ненабухающий	$<0,04$
Слабонабухающий	$0,04-0,08$
Средненабухающий	$0,08-0,12$
Сильнонабухающий	$>0,12$

Усадочность грунтов

Усадкой грунта называется уменьшение его объема в результате удаления воды при высыхании или под влиянием физико-химических процессов (осмос). Усадка грунтов выражается как линейная усадка и объемная усадка, а также характеризуется влажностью предела усадки.

Линейная усадка – уменьшение линейных размеров образца в результате усадки:

$$\Delta L = (d - d_1) / d, \quad (5.4)$$

где **d** и **d₁** начальный и конечный линейный размер образца соответственно;

Объемная усадка – уменьшение объемных размеров образца в результате усадки:

$$\Delta V = (V - V_1) / V, \quad (5.5)$$

где **V** и **V₁** начальный и конечный объемный размер образца соответственно;

Влажность предела усадки W_{пв} – это величина влажности, при которой усадка прекращается. Рассчитывается как величина весовой влажности.

Оборудование и материалы. Табличные данные для расчета физико-химических свойств грунтов.

Техника безопасности

41. Запрещается начинать работу без точного знания методики опыта. На рабочем столе должен быть безупречный порядок.
42. Работы с ядовитыми, дурнопахнущими, огне- и взрывоопасными веществами выполняются обязательно в вытяжном шкафу. При работе под тягой, голову необходимо держать вне вытяжного шкафа.
43. При работе с горючими веществами недопустимо наличие поблизости открытого огня.
44. Не пробуйте на вкус и не вдыхайте неизвестное вещество.
45. В лаборатории категорически запрещено есть, курить.

46. Нельзя оставлять работающие приборы без наблюдения.
47. Смешивая концентрированные кислоты с водой, лейте кислоту в воду.
48. Наполнение пипеток кислотами, щелочами и другими ядовитыми путем засасывания ртом запрещается. Для наполнения пипеток следует пользоваться грушей.
49. При порезах стеклом удаляют из раны осколки, промывают водой, либо протирают тампоном, смоченным спиртом, смазывают 5%-ным раствором йода и накладывают повязку.
50. При тепловых ожогах на обожженное место накладывают ткань, либо тампон, смоченные спиртом или спиртовым раствором танина, а затем смазывают мазью от ожогов.

Задания

1. По данным верхнего и нижнего пределов пластичности и величине естественной влажности (таблица 5.4) рассчитать число пластичности и дать название грунту по показателю пластичности (таблица 5.1) и текучести (таблица 5.2);

2. По величине значений высоты образца до и после набухания подсчитать величину относительного набухания и дать название грунту (таблицы 5.5, 5.3).

3. Из монолита глинистого грунта вырезан цилиндрический образец диаметром и высотой 4 см, масса которого оказалась равной g (г). С целью определения усадки образец высушивался на воздухе. Усадка прекратилась при диаметре и высоте образца соответственно d_1 и H_1 (см) и массе g_1 (г). После полного высушивания масса образца стала g_0 .

По полученным результатам (таблица 5.6) определите относительные линейную и объемную усадки, плотность грунта до и после усадки, начальную влажность и влажность предела усадки.

Таблица 5.4 – Данные для расчета характеристик пластичности грунтов

Вариант	Естественная влажность W , %	Нижний предел пластичности W_p , %	Верхний предел пластичности W_L , %
1	36	38	60
2	35	42	73
3	39	40	72
4	34	24	45
5	29	41	66
6	38	31	69
7	36	38	60

8	35	42	73
9	39	40	72
10	34	24	45
11	29	41	66
12	38	31	69
13	36	38	60
14	35	42	73
15	39	40	72
16	34	24	45
17	29	41	66
18	38	31	69

Таблица 5.5 – Исходные данные для расчета набухаемости грунтов

Вариант	Начальная высота образца h_0 , мм	Высота образца после свободного набухания h , мм	Естественная влажность, %
1	5	5,47	36
2	5	5,75	35
3	5	6,71	39
4	5	5,47	34
5	5	5,11	29
6	5	5,23	38
7	5	5,47	36
8	5	5,75	35
9	5	6,71	39
10	5	5,47	34
11	5	5,11	29
12	5	5,23	38
13	5	5,47	36
14	5	5,75	35
15	5	6,71	39
16	5	5,47	34
17	5	5,11	29
18	5	5,23	38

Таблица 5.6 – Исходные данные для определения показателей усадочности грунта

Варианты	g , г	d ₁ , см	H ₁ , см	g ₁ , г	g ₀ , г
1	94,38	3,76	3,76	81,12	78,00
2	99,40	3,70	3,63	83,98	75,97
3	100,41	3,76	3,76	89,25	79,69
4	96,39	3,77	3,77	86,32	83,81
5	94,38	3,84	3,84	81,12	78,00
6	99,40	3,70	3,70	83,98	77,05
7	94,38	3,76	3,76	81,12	78,00
8	99,40	3,70	3,63	83,98	75,97
9	100,41	3,76	3,76	89,25	79,69
10	96,39	3,77	3,77	86,32	83,81
11	94,38	3,84	3,84	81,12	78,00
12	99,40	3,70	3,70	83,98	77,05
13	94,38	3,76	3,76	81,12	78,00
14	99,40	3,70	3,63	83,98	75,97
15	100,41	3,76	3,76	89,25	79,69
16	96,39	3,77	3,77	86,32	83,81
17	94,38	3,84	3,84	81,12	78,00
18	99,40	3,70	3,70	83,98	77,05

Содержание отчета

В отчете следует отразить: цель работы, краткое теоретическое обоснование, в т.ч. привести методические приёмы, используемые при выделении разновидностей грунтов по физико-химическим свойствам.

Защита работы проводится в устной форме.

Контрольные вопросы:

1. Что такое пластичность грунтов? От каких факторов зависит это свойство?
2. Какими показателями характеризуется пластичность грунтов? Приведите расчётные формулы.
3. Какие разновидности глинистых грунтов выделяются по числу пластичности и по показателю текучести?
4. Что такое набухаемость грунтов?
5. Какие разновидности глинистых грунтов выделяются по относительной деформации набухания без нагрузки?
6. Что такое усадочность грунтов?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6 ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГРУНТОВ

Цель работы Приобретение навыков по обработке результатов лабораторных анализов грунтов. В теоретическом обосновании приведены классификация грунтов по модулю осадки грунтов.

Теоретическая часть.

Деформационные свойства

Деформационные свойства грунтов характеризуют поведение грунта под нагрузками, не превышающими критические и, следовательно, не приводящими к его разрушению. Для дисперсных грунтов наиболее важным деформационным свойством является их сжимаемость под нагрузкой, обусловленная уменьшением объема пор вследствие смещения частиц относительно друг друга, деформацией самих частиц, а также воды и газов, заполняющих поры. Показатели сжимаемости дисперсных грунтов определяются в лабораторных условиях с помощью компрессионных испытаний – сжатии без возможности бокового расширения.

Коэффициент уплотнения – отношение изменения коэффициента пористости к разности напряжений, вызвавших эти изменения:

$$a = \Delta \varepsilon / \Delta \sigma. \quad (6.1)$$

Коэффициент уплотнения измеряется в МПа⁻¹.

Модуль компрессионной деформации E_k является количественной характеристикой сжимаемости грунтов при компрессионных испытаниях и величиной, обратной коэффициенту уплотнения:

$$E_k = 1/a = \Delta \sigma / \Delta \varepsilon, \quad (6.2)$$

Модуль компрессионной деформации измеряется МПа.

Модуль общей деформации или *просто модуль деформации* E характеризует деформационное поведение грунта в условиях возможности бокового расширения при условии присутствия упругих и остаточных деформаций. В практике инженерно-геологических исследований модуль деформации рассчитывают по формуле:

$$E = \beta(1 + \varepsilon_0)/a, \quad (6.3)$$

где β – множитель для перехода от сжатия (без возможности бокового расширения) при компрессионных испытаниях к сжатию, имеющему место в

натуре; численно его принимают равным для песков 0,8; для супесей 0,7; для суглинков 0,5; для глин 0,4.

Модуль осадки e_p – величина непосредственного вертикального сжатия столба грунта высотой в 1 м при приложении к нему дополнительной нагрузки $\sigma=0,3$ МПа (Маслов Н. Н.).

$$e_p = 1000 \Delta h/h \quad (6.4)$$

Измеряется в миллиметров на метр.

Таблица 6.1 – Характеристика грунта по модулю осадки

Категория грунта по сжимаемости	Модуль осадки e_p , мм/м	Характеристика сжимаемости
I	1	Практически несжимаемая
II	1–5	Слабая
III	5–20	Средняя
IV	20–60	Повышенная
V	60	Сильная

Просадочность грунтов

Под просадочностью понимают уменьшение объема грунта при увлажнении.

Просадочность – это свойство большой группы макропористых грунтов, с небольшой природной влажностью ($S_r \leq 0,6$), к которым относятся лессовые и лессовидные грунты.

Макропористыми называются такие грунты, которые содержат поры, превышающие по размерам наиболее крупные зерна данного грунта. Основная причина просадочности лессовых грунтов состоит в разрушении воднорастворимых структурных связей под действием воды.

Относительная просадочность $\delta_{пр}$ – представляет собой отношение изменения толщины слоя грунта (высоты образца) в результате замачивания при заданном вертикальном давлении к его толщине в природном залегании (высоте образца при природном давлении). Относительная просадочность определяется по формуле:

$$\delta_{пр} = (h' - h_{пр}) / h_0, \quad (6.5)$$

где h' – высота образца грунта природной влажности, обжатого без возможности бокового расширения при давлении испытания, $h_{пр}$ – высота того же образца после замачивания его до полного водонасыщения при сохранении давления замачивания, h_0 – высота того же образца природной влажности, обжатого без возможности бокового расширения давлением, равным давлению от собственного веса на рассматриваемой глубине.

При значении относительной просадочности $\delta_{пр} \geq 0,01$ порода считается просадочной.

Макропористость характеризуется разностью значений пористости до и после просадки в результате увлажнения под нагрузкой. Для расчета макропористости подсчитать значения коэффициента пористости по формуле:

$$\varepsilon = \varepsilon_0 \Delta h(1 + \varepsilon_0)/h \quad (6.6)$$

до и после просадки и соответственно значения пористости через коэффициент пористости:

$$n = \varepsilon / (1 + \varepsilon). \quad (6.7)$$

Разница в значениях пористости отвечает макропористости лессового грунта.

Прочностные свойства грунтов. Сопротивление грунта сдвигу

Разрушение горных пород, проявляющееся в нарушении их сплошности и смещении одной части массива относительно другой, называется сдвигом. Сопротивление сдвигу при фиксированной нормальной нагрузке к площадке сдвига – это минимальное касательное напряжение, вызывающее незатухающее смещение. Соотношение нормальных и касательных напряжений при сдвиге определяется законом Кулона, который выражается зависимостью:

$$\tau = \sigma \operatorname{tg} \varphi + c, \quad (6.8)$$

где τ – величина касательных напряжений в МПа, σ – величина нормальных напряжений в МПа, φ – угол внутреннего трения в градусах, c – сцепление в МПа.

Угол внутреннего трения φ – угол наклона кривой сдвига к оси ординат. При построении зависимости $\tau = f(\sigma)$ в одинаковом масштабе осей координат угол внутреннего трения может быть измерен транспортиром или рассчитан через зависимость:

$$\operatorname{arctg} \Delta \tau / \Delta \sigma. \quad (6.9)$$

Сцепление c – соответствует величине отрезка при пересечении кривой сдвига и оси ординат.

Оборудование и материалы. Табличные данные для расчета физико-механических свойств грунтов.

Задания

1. На основании приведенных данных в таблице 6.2 рассчитать значения плотности скелета грунта ρ_d и коэффициент пористости ε_0

2. На основании приведенных данных (таблицы 6.2, 6.3) построить компрессионную кривую (кривая зависимости коэффициента пористости от нагрузки) и рассчитать значения коэффициента уплотнения, компрессионный модуль деформации, модуль общей деформации и модуль осадки по Н. Н. Маслову. Дать название грунту по величине модуля осадки (таблица 6.1). Начальная высота образца $h = 10$ мм.

3. На основании данных, приведенных в таблице (таблица 6.4), построить график зависимости относительной деформации от нагрузки, рассчитать относительную просадочность и величину макропористости. По результатам всех вариантов построить зависимость величины относительной просадочности от нагрузки. Начальная высота образца $h_0=10\text{мм}$

3. Пользуясь данными таблицы 6.5 построить график зависимости τ от σ . Определить графически значения угла внутреннего трения и сцепления.

Таблица 6.2 – Физические свойства исследуемых грунтов

Вариант	Характеристика грунта	Плотность в естественном сложении ρ , г/см ³	Естественная влажность W , %	Плотность твердых частиц ρ_s , г/см ³
1	Синие кембрийские глины	2,16	16,0	2,70
2	Моренные суглинки	2,22	15,0	2,72
3	Покровные суглинки	1,97	23,0	2,69
4	Пойменные аллювиальные суглинки	1,96	21,5	2,69
5	Старичный аллювий. Супеси	1,94	29,6	2,70
6	Озерно-аллювиальные пески	1,76	13,0	2,68
7	Синие кембрийские глины	2,16	16,0	2,70
8	Моренные суглинки	2,22	15,0	2,72
9	Покровные суглинки	1,97	23,0	2,69
10	Пойменные аллювиальные суглинки	1,96	21,5	2,69
11	Старичный аллювий. Супеси	1,94	29,6	2,70
12	Озерно-аллювиальные пески	1,76	13,0	2,68
13	Синие кембрийские глины	2,16	16,0	2,70
14	Моренные суглинки	2,22	15,0	2,72
15	Покровные суглинки	1,97	23,0	2,69
16	Пойменные аллювиальные суглинки	1,96	21,5	2,69
17	Старичный аллювий. Супеси	1,94	29,6	2,70
18	Озерно-аллювиальные пески	1,76	13,0	2,68

Таблица 6.3 – Значения абсолютной деформации грунтов Δh (мм) под нагрузкой при компрессионных испытаниях.

Значения удельной нагрузки, σ МПа	Варианты																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,1	0,41	0,04	0,04	0,08	0,44	0,02	0,41	0,04	0,04	0,08	0,44	0,02	0,41	0,04	0,04	0,08	0,44	0,02
0,2	1,17	0,07	0,09	0,13	0,71	0,07	1,17	0,07	0,09	0,13	0,71	0,07	1,17	0,07	0,09	0,13	0,71	0,07
0,3	1,66	0,11	0,15	0,16	1,05	0,10	1,66	0,11	0,15	0,16	1,05	0,10	1,66	0,11	0,15	0,16	1,05	0,10
0,4	1,79	0,14	0,24	0,19	1,16	0,12	1,79	0,14	0,24	0,19	1,16	0,12	1,79	0,14	0,24	0,19	1,16	0,12

Таблица 6.4 – Значения абсолютных деформаций образца лессового грунта Δh , мм в зависимости от прилагаемой нагрузки.

Нагрузка уплотнения, МПа	Значения абсолютных деформаций Δh , мм																	
	Варианты																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,05	0,1 2	0,0 7	0,0 3	0,0 4	0,0 6	0,0 5	0,1 2	0,0 7	0,0 3	0,0 4	0,0 6	0,0 5	0,1 2	0,0 7	0,0 3	0,0 4	0,0 6	0,0 5
0,05 замачивание	0,2 3	–	–	–	–	–	0,2 3	–	–	–	–	–	0,2 3	–	–	–	–	–
0,1	0,2 8	0,0 9	0,0 8	0,1 0	0,0 9	0,0 9	0,2 8	0,0 9	0,0 8	0,1 0	0,0 9	0,0 9	0,2 8	0,0 9	0,0 8	0,1 0	0,0 9	0,0 9
0,1 замачивание	–	0,2 4	–	–	–	–	–	0,2 4	–	–	–	–	–	0,2 4	–	–	–	–
0,2	0,3 4	0,2 8	0,1 2	0,1 3	0,1 2	0,1 3	0,3 4	0,2 8	0,1 2	0,1 3	0,1 2	0,1 3	0,3 4	0,2 8	0,1 2	0,1 3	0,1 2	0,1 3
0,2 замачивание	–	–	0,3 2	–	–	–	–	–	0,3 2	–	–	–	–	–	0,3 2	–	–	–
0,3	0,3 9	0,3 2	0,3 8	0,1 5	0,1 5	0,1 9	0,3 9	0,3 2	0,3 8	0,1 5	0,1 5	0,1 9	0,3 9	0,3 2	0,3 8	0,1 5	0,1 5	0,1 9
0,4 замачивание	–	–	–	0,4 1	0,4 5	–	–	–	–	0,4 1	0,4 5	–	–	–	–	0,4 1	0,4 5	–

0,4	0,4 1	0,3 4	0,4 1	0,4 3	0,4 7	0,2 2	0,4 1	0,3 4	0,4 1	0,4 3	0,4 7	0,2 2	0,4 1	0,3 4	0,4 1	0,4 3	0,4 7	0,2 2
0,4 замачивание	–	–	–		–	0,3 9	–	–	–		–	0,3 9	–	–	–		–	0,3 9
Пористость ε_0	0,9 2	0,8 5	0,8 7	0,7 9	0,9 1	0,7 9	0,9 2	0,8 5	0,8 7	0,7 9	0,9 1	0,7 9	0,9 2	0,8 5	0,8 7	0,7 9	0,9 1	0,7 9

Таблица 6.5 – Исходные значения для определения параметров сдвига

Нормальное напряжение (нагрузка уплотнения) σ , МПа	Значения касательных напряжений τ , МПа																	
	Варианты																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
0,1	0,08 9	0,0 9	0,1 4	0,0 3	0,2 3	0,0 6	0,08 9	0,0 9	0,1 4	0,0 3	0,2 3	0,0 6	0,08 9	0,0 9	0,1 4	0,0 3	0,2 3	0,0 6
0,2	0,09 5	0,1 3	0,1 5	0,0 4	0,3 3	0,1 1	0,09 5	0,1 3	0,1 5	0,0 4	0,3 3	0,1 1	0,09 5	0,1 3	0,1 5	0,0 4	0,3 3	0,1 1
0,3	0,11 7	0,1 7	0,1 7	0,0 5	0,4 8	0,1 7	0,11 7	0,1 7	0,1 7	0,0 5	0,4 8	0,1 7	0,11 7	0,1 7	0,1 7	0,0 5	0,4 8	0,1 7

Содержание отчета

В отчете следует отразить: цель работы, краткое теоретическое обоснование, в т.ч. привести методические приёмы, используемые при характеристике деформационных свойств грунтов

Для записи результатов расчета можно воспользоваться таблицей 6.6.

Таблица 6.6 – Результаты определения деформационных свойств грунтов

Удельная нагрузка, МПа	Абсолютная деформация грунта Δh , (мм)	Относительная деформация грунта $\Delta h/h$	Приведенная пористость, $\Delta \varepsilon_n = \Delta h(1 + \varepsilon_0)/h$	Коэффициент пористости $\varepsilon_n = \varepsilon_0 - \Delta \varepsilon_n$
------------------------	--	--	--	---

Защита работы проводится в устной форме.

Контрольные вопросы:

1. Какими показателями оценивается деформируемость горных пород? Как они определяются в лаборатории? Приведите расчётные формулы.
2. Какие разновидности грунтов выделяются по модулю осадки?
3. Что такое просадочность грунта? Какими показателями это свойство характеризуется?
4. Какие породы называются макропористыми?
5. Что такое сдвиг грунта и сопротивление сдвигу грунта?
6. Каким законом определяется соотношение нормальных и касательных напряжений при сдвиге?
7. Какими показателями оцениваются прочностные свойства горных пород?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №7 ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ

Цель работы. Познакомиться с методикой построения карт гидроизогипс, изучить особенности равномерного движения подземных вод, научиться определять его элементы.

Теоретическая часть.

Движение жидкости или газа в пористых или трещинно-пористых средах называется фильтрацией. Фильтрация жидкости обусловлена естественными или искусственными факторами. Естественные потоки вод могут осложняться искусственными (эксплуатация месторождений жидких и твердых полезных ископаемых, работа водозаборов подземных вод и др.).

Граница подземной гидросферы не совпадает с земной поверхностью, поэтому выделяют две зоны: зону аэрации и зону полного насыщения. В том случае, когда вода не полностью заполняет все поры породы, ее движение происходит в виде отдельных капелек и струек под действием силы тяжести.

Такое движение называется свободным просачиванием или инфильтрацией. Зона, где происходит свободное просачивание, называется зоной аэрации – это буферный слой между атмосферой и подземной гидросферой, которая заполняется водами периодически.

В зоне полного насыщения, где гравитационные воды образуют водоносные горизонты, их фильтрация происходит под влиянием гидростатического давления, от мест с большим к местам с меньшим напором.

В гидродинамическом отношении эти зоны разделяют на воды напорные и безнапорные (грунтовые).

Характеристиками фильтрационного потока являются: направление движения потока, гидравлический уклон, скорость движения подземных вод и их расход.

Линии, соединяющие точки одинаковой величины напора подземных вод, называются линиями равного напора. Проекция этих линий на горизонтальную плоскость называются гидроизопьезами (в случае напорных вод). Линии, соединяющие одинаковые высоты поверхности (зеркала) грунтовых вод называются гидроизогипсами (для безнапорных вод). Кроме карт гидроизогипс строятся карты гидроизобат – карты глубин залегания поверхности грунтовых вод. Изобатами называют линии, соединяющие точки с одинаковыми глубинами залегания грунтовых вод (h).

Основным законом, которому подчиняется движение подземных вод, является закон Дарси. Следуя закону Дарси можно определить количество воды, проходящей через породу в единицу времени, которое будет прямо пропорционально площади поперечного сечения потока и величине напора, и обратно пропорционально длине пути фильтрации:

$$Q = k F \frac{\Delta H}{L}, \quad (7.1)$$

где Q – объемный расход фильтрующейся жидкости, м³/сут; k – коэффициент фильтрации, который зависит от физических свойств породы и фильтрующейся жидкости, м/сут; F – площадь поперечного сечения потока, м²; ΔH – разность напоров в двух сечениях, м; L – расстояния между двумя сечениями, м.

Отношение $\Delta H/L$, характеризует величину падения напора на единицу длины фильтрации и называется напорным градиентом или гидравлическим напором I :

$$I = \frac{\Delta H}{L}, \quad (7.2)$$

Разделив обе части уравнения (1) на величину площади поперечного сечения потока F , определим скорость фильтрации:

$$v = \frac{Q}{F} = kI, \quad (7.3)$$

С учётом зависимости (3) закон Дарси будет иметь следующий вид:

$$Q=kFI \quad (7.4)$$

Следует отметить, что полученная скорость фильтрации является фиктивной величиной, так как площадь поперечного сечения потока F значительно меньше истинной площади фильтрации (вода движется по порам и трещинам породы). Чтобы получить среднее значение действительной v_u скорости движения подземных вод для данного участка, следует разделить скорость фильтрации v на коэффициент пористости n (7.5):

$$v_u = \frac{v}{n} \quad (7.5)$$

При решении фильтрационных задач удобнее пользоваться значениями k и v , поскольку они относятся ко всему объему пород, определяемому гораздо проще, чем объем пустотного пространства.

Свойства фильтрующей среды учитываются с помощью коэффициента фильтрации k , коэффициента проницаемости $k_{пр}$.

Коэффициент фильтрации – количество воды, протекающее в единицу времени, через площадь поперечного сечения, равную единице, при напорном градиенте, равном единице. Численно коэффициент фильтрации равен скорости фильтрации при напорном градиенте 1.

Коэффициент фильтрации представляет собой важный показатель, который используется в расчетах водопритоков в горные выработки и дренажные сооружения, при разработке водопонижительных мероприятий, расчете сжимаемости пород и т. д. Он определяется в полевых условиях специальным опытно-фильтрационными работами (откачками, наливками, нагнетаниями), а также в лабораториях на специальных приборах, дающих возможность моделировать фильтрационный процесс в определенном напряженном состоянии и температурном режиме (главным образом для песчано-глинистых пород – пористых сред).

Саваренский Ф. П. предложил различать 3 группы пород по степени их водопроницаемости:

а) водопроницаемые (трещиноватые и закарстованные скальные породы, обломочные породы) с $k > 1$ м/сут;

б) полупроницаемые (глинистые пески и слаботрещиноватые скальные породы) с $k = 1-0,001$ м/сут;

в) водоупорные – практически водонепроницаемые (монолитные скальные породы, плотные глины, аргиллиты) с $k < 0,001$ м/сут.

Проницаемость – свойство горных пород пропускать через себя жидкости или газы под давлением.

Коэффициент проницаемости $k_{пр}$, м² представляет собой количество жидкости или газа Q в см³, проходящее через сечение F см² при перепаде давления $p=1$ Па и длине пути фильтрации $L=1$ см за время $t=1$ с, при вязкости флюида $\mu = 0,1$ Па·с и определяется по формуле

$$k_{np} = \frac{Q\mu L}{Ftp} \quad (7.6)$$

где ρ – плотность флюида; $k=1$ м/сут соответствует примерно $k_{np}=1\cdot 10^{-6}$ м².

Между двумя коэффициентами существует следующая зависимость:

$$k = (k_{np} \rho) / \mu \quad (7.7)$$

Оборудование и материалы. Исходным материалом для выполнения работы являются значения абсолютных отметок залегания уровня грунтовых вод, а также характеристика коллектора, представленные в таблице 7.1;

Задания

1. Полученные при замерах глубины залегания уровня грунтовых вод пересчитать на абсолютные отметки по формуле:

$$Y_a = Al - h, \quad (7.8)$$

где Y_a – абсолютная отметка уровня воды в данном пункте; Al абсолютная отметка поверхности земли в том же пункте; h – глубина залегания воды.

2. Построить карту гидроизогипс по данным скважин, пробуренных в аллювиальном пласте в виде квадратной сетки. Расстояние между скважинами 40 м. Масштаб 1:1000. Для этого вычисленные отметки уровня грунтовых вод нанести на топографическую основу и использовать метод интерполяций для построения гидроизогипс. При построении соблюдать следующие правила:

а) не интерполировать точки, расположенные по разные стороны поверхностных водотоков и водоемов;

б) не проводить интерполяцию между группами скважин, расположенных далеко друг от друга.

3. По карте гидроизогипс определить:

- Направление движения подземных вод;
- Значение напорного градиента (гидравлического уклона) (I) по формуле (7.2);
- Скорость фильтрации v подземного потока по формуле (7.3)
- Истинную скорость движения вод – v_u по зависимости (7.5)
- Области питания и дренирования грунтовых вод (заштриховать).
- Определить расход воды в пласте по формуле (7.4). Для определения F выбрать сечение потока (створ) вкrest направления движения, при этом учесть толщину пласта m .

3. Классифицировать горные породы пласта по степени водопроницаемости.

Контрольные вопросы:

1. Что такое фильтрация?

2. Охарактеризуйте движение подземных вод в зонах аэрации и полного насыщения.
3. Что такое гидроизопьезы, гидроизогипсы, гидроизобаты?
4. Какая из двух скоростей фильтрации – действительная и фиктивная больше? В чём причина этого явления?
5. Приведите основные расчётные формулы для определения характеристик фильтрационного потока
6. Какими показателями оцениваются свойства фильтрующей среды? В чём их физическая сущность?

Таблица 7.1 – Абсолютные отметки залегания уровня грунтовых вод

№ вар.	Сеч. изо-гипс	K _ф	n, % / м, м	Номера скважин и абсолютные отметки залегания уровня грунтовых вод															
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1.	0,5	1,5	10/2	5,5	6,0	7,0	6,5	6,5	4,5	5,0	5,5	6,5	6,8	7,0	8,0	8,5	7,0	7,5	6,5
2.	0,1	3,5	15/2,5	7,0	6,8	6,7	6,6	6,8	6,6	6,2	6,3	6,6	6,3	5,9	6,0	6,2	6,1	6,0	5,9
3.	0,1	5,5	20/ 4	6,9	6,7	6,6	6,5	6,9	6,6	6,5	6,3	6,6	6,3	5,9	6,0	6,2	6,1	6,0	5,9
4.	0,5	4,5	10/1,5	5,0	6,5	5,5	4,5	6,0	7,5	6,5	5,5	7,0	8,0	7,0	6,0	8,0	9,0	9,5	8,0
5	0,1	2,5	25/2,6	5,9	6,0	6,1	6,2	6,0	5,9	6,3	6,6	6,3	6,5	6,6	6,9	6,5	6,6	6,7	6,9
6.	0,5	3,0	20/2,7	8,0	9,5	9,0	8,0	6,0	7,0	8,0	7,0	5,5	6,5	7,5	6,0	4,5	5,5	6,5	5,0
7.	0,5	1,5	20/3,5	6,5	7,5	7,0	8,5	8,0	7,0	6,8	6,5	5,5	5,0	4,5	5,5	6,5	7,0	6,0	5,5
8.	0,5	1,5	10/3,2	6,0	6,5	4,5	5,5	6,8	8,0	7,0	6,5	5,5	7,0	6,5	5,0	6,5	7,0	8,5	7,5
9.	0,1	5,0	15/3,4	6,8	6,6	6,6	6,3	6,3	6,0	6,1	5,9	7,0	6,7	6,8	6,2	6,6	5,9	6,2	6,0
10	0,1	3,5	20/2,7	6,7	6,5	6,6	6,3	6,3	6,0	6,1	5,9	6,9	6,6	6,9	6,5	6,6	5,9	6,2	6,0
11.	0,5	5,5	10/2,8	6,5	4,5	7,5	5,5	8,0	6,0	9,0	8,0	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,0	8,0	9,5
12.	0,1	4,0	20/4,1	6,0	6,2	5,9	6,6	6,5	6,9	6,6	6,9	5,9	6,1	6,0	6,3	6,3	6,6	6,5	6,7
13.	0,5	4,5	25/5,0	9,5	8,0	7,0	7,0	6,5	6,0	5,5	5,0	8,0	9,0	6,0	8,0	5,5	7,5	4,5	6,5
14.	0,5	2,5	15/1,8	7,5	8,5	7,0	6,5	5,0	5,5	7,0	5,5	6,5	7,0	8,0	6,8	5,5	4,5	6,5	6,0
15.	0,5	1,5	10/1,4	7,0	4,5	6,5	8,0	7,5	6,5	8,5	6,8	5,0	6,5	5,5	6,0	6,5	5,5	7,0	7,0
16.	0,1	3,5	15/3,7	6,7	6,6	6,6	6,0	6,0	5,9	6,2	6,3	6,2	6,6	7,0	6,8	6,8	6,3	5,9	6,1
17.	0,1	5,5	20/4,2	6,6	6,6	6,6	6,0	6,0	5,9	6,2	6,3	6,5	6,5	6,9	6,7	6,9	6,3	5,9	6,1
18.	0,5	4,5	10/2,1	5,5	7,5	7,0	6,0	9,5	8,0	8,0	8,0	6,5	4,5	5,0	6,5	6,0	5,5	7,0	9,0
19.	0,1	2,5	25/3,3	6,1	5,9	6,3	6,9	6,7	6,9	6,5	6,5	6,3	6,2	5,9	6,0	6,0	6,6	6,6	6,6
20.	0,5	3,0	20/4,5	9,0	7,0	5,5	6,0	6,5	5,0	4,5	6,5	8,0	8,0	8,0	9,5	6,0	7,0	7,5	5,5
21.	0,5	1,5	20/3,1	7,0	7,0	5,5	5,5	6,0	5,5	6,5	5,0	6,8	8,5	6,5	7,5	8,0	6,5	4,5	7,0
22.	0,5	1,5	10/2,7	4,5	8,0	5,5	5,0	8,5	7,5	6,5	7,0	7,0	5,5	6,0	6,5	6,8	6,5	6,5	7,0
23.	0,1	5,0	15/1,3	6,6	6,0	7,0	6,2	6,2	6,0	6,6	6,7	6,1	6,3	6,8	6,6	6,3	5,9	6,8	5,9
24.	0,1	3,5	20/1,4	6,6	6,0	6,9	6,5	6,2	6,0	6,6	6,6	6,1	6,3	6,7	6,5	6,3	5,9	6,9	5,9
25	0,5	5,5	10/2,2	7,5	6,0	5,0	6,5	8,0	9,5	7,0	5,5	9,0	5,5	6,5	4,5	8,0	8,0	6,0	7,0
26	0,1	4,0	20/3,6	5,9	6,9	5,9	6,3	6,5	6,7	6,3	6,1	6,6	6,6	6,0	6,2	6,5	6,9	6,0	6,6
27.	0,5	4,5	25/3,9	7,0	6,0	8,0	8,0	4,5	6,5	5,5	9,0	5,5	7,0	9,5	8,0	6,5	5,0	6,0	7,5
28.	0,5	2,5	15/2,5	7,0	5,5	6,5	6,8	6,5	6,0	5,5	7,0	7,0	6,5	7,5	8,5	5,0	5,5	8,0	4,5
29	0,5	3,0	20/4,1	8,0	9,5	9,0	8,0	6,0	7,0	8,0	7,0	5,5	6,5	7,5	6,0	4,5	5,5	6,5	5,0
30	0,5	2,5	15/2,9	7,5	8,5	7,0	6,5	5,0	5,5	7,0	5,5	6,5	7,0	8,0	6,8	5,5	4,5	6,5	6,0
31.	0,1	2,5	25/1,5	6,1	5,9	6,3	6,9	6,7	6,9	6,5	6,5	6,3	6,2	5,9	6,0	6,0	6,6	6,6	6,6

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8

ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВОДОЗАБОРОВ Ч.1

Цель работы. Познакомиться с методикой расчета водопритока к различным водозаборам.

Теоретическая часть. Движение подземных вод в осадочных горных породах (гравий, галька, песок и др.) имеет ламинарный характер и подчиняется закону Дарси:

$$Q = k F I, \quad (8.1)$$

где Q – расход (дебит), т.е количество воды, проходящей через данное сечение (F) потока шириной 1м в единицу времени, м³/сек; k – коэффициент фильтрации, характеризующий водопроницаемость породы, м/сек; м/сут; F – площадь поперечного сечения фильтрующего слоя, м²; I – гидравлический уклон (разность напоров, поделенная на длину потока).

Подземные воды могут быть вскрыты различными водозаборами. Водозаборы могут быть горизонтальные (осушительные канавы, штольни, котлованы и др.) и вертикальные (колодцы, скважины), совершенные (вскрывают горизонт подземных вод на всю мощность) и несовершенные (частично вскрывают водоносный пласт). Водоносный пласт может подстилаться горизонтальным или наклонным водоупором. В зависимости от этого расход грунтового потока будет различным.

Определение расхода грунтового потока

1. Водоносный пласт с горизонтальным водоупором (рис. 8.1).

Для определения расхода грунтового потока шириной B ,

передвигающегося в аллювиальных грунтах и залегающего на

горизонтальном водоупоре используется формула (2):

$$Q = k B \frac{h_1^2 - h_2^2}{2L}, \quad (8.2)$$

где h_1 и h_2 – мощности водоносного слоя в сечениях 1 и 2; L – расстояние между сечениями 1 и 2.

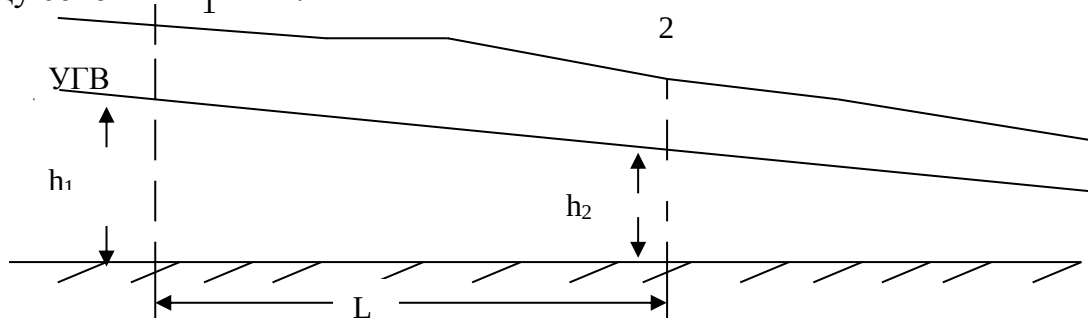


Рисунок 8.1 – Схема водоносного пласта с горизонтальным водоупором
 2. Водоносный пласт с наклонным водоупором (рис. 8.2)

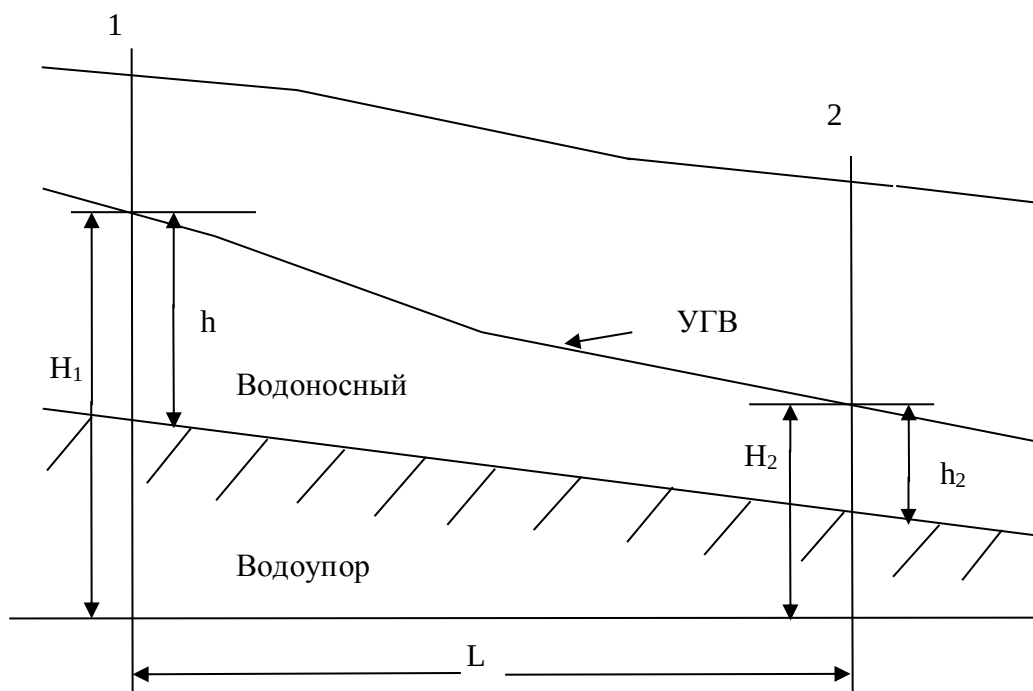


Рисунок 8.2 – Схема водоносного пласта с наклонным водоупором
 Расход грунтового потока шириной B , передвигающегося в аллювиальных грунтах, залегающих на наклонном водоупоре определяется по формуле:

$$Q = k B \frac{(h_1 + h_2)(H_1 - H_2)}{2L}, \quad (8.3)$$

где h_1 и h_2 – мощности водоносного пласта в двух его сечениях (рис. 8.2); H_1 и H_2 – напоры подземных вод, которые отсчитываются от какой-нибудь горизонтальной плоскости сравнения (в данном случае $0 - 0$); L – расстояние между сечениями 1 и 2;

Определение притока воды к вертикальным водозаборам

1. Приток воды к грунтовому совершенному колодезю

При откачке воды из совершенного колодца первоначальная горизонтальная поверхность уровня грунтовых вод вокруг колодца получит искривление и образует так называемую **воронку депрессии**, ось которой будет совпадать с осью колодца. Расстояние между осью колодца и точками, в которых депрессионные кривые сливаются с горизонтальной поверхностью грунтовых вод, называются радиусами влияния колодца R .

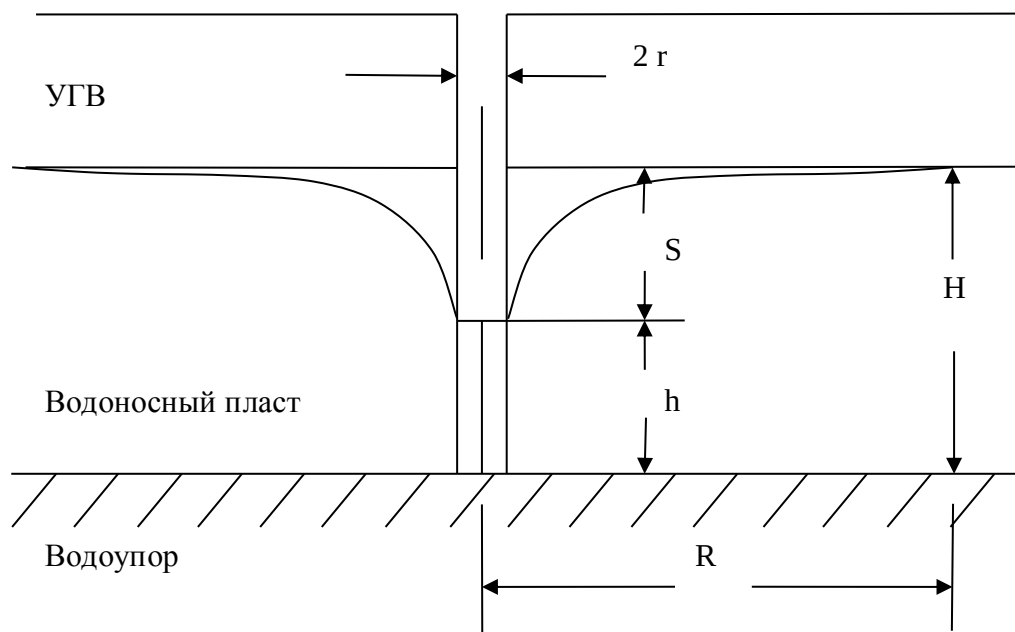


Рисунок 8.3 – Схема совершенного грунтового колодца.

Водоприток (дебит) совершенного грунтового колодца определяется по формуле:

$$Q = 1,366k \frac{(2H - S)S}{\lg\left(\frac{R}{r}\right)}, \quad (8.5)$$

где H – мощность водоносного горизонта, м; h – высота стояния воды в колодце во время откачки, м; r – радиус колодца, м; R – радиус влияния колодца, м; S – снижение уровня воды в колодце ($S = H - h$), м.

2 Приток воды к грунтовому несовершенному колодцу

Влияние откачки из несовершенного колодца распространяется только на часть водоносного пласта, называемую **активной зоной**. Остальная часть находится в ненарушенном состоянии.

Дебит несовершенного колодца можно определить по формуле:

$$Q = 1,366k \frac{(H_0^2 - h_0^2)}{\lg\left(\frac{R}{r}\right)}, \quad (8.6)$$

где H_0 – глубина активной зоны, м. $H_0 = 1,4 F$; F – глубина колодца от первоначального уровня, м. $F = S + t$; S – понижение воды в колодце, м; t – глубина воды в колодце во время откачки, м;

$$h_0 = H_0 - S \quad (8.7)$$

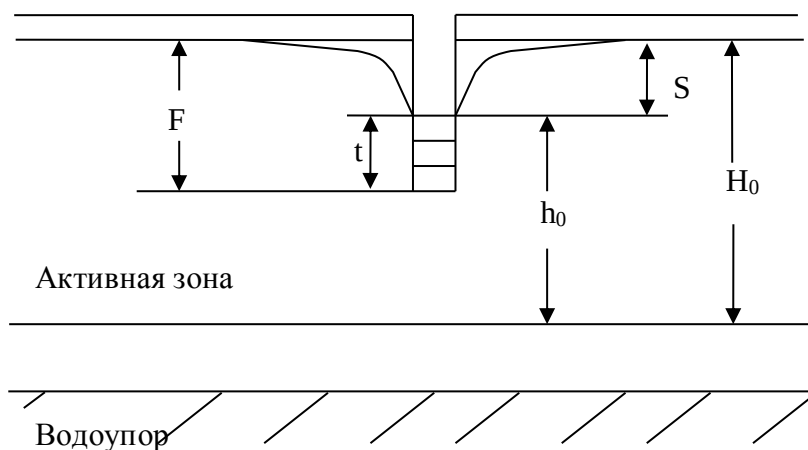


Рисунок 8.4 – Активная зона несовершенного грунтового колодца.

Определение притока к горизонтальным водозаборам

1. *Определение водопритока в водосборный канал, доведенный до водоупора (рис. 8.5).*

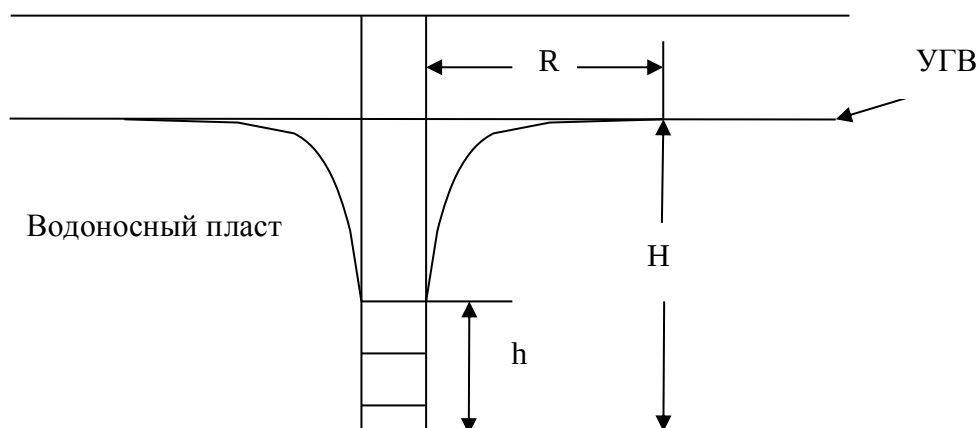


Рисунок 8.5 – Определение водопритока в водосборный канал, доведенный до водоупора.

Для канала длиной L приток с одной стороны будет равен:

$$Q = Lk \frac{(H^2 - h^2)}{2R}, \quad (8.8)$$

где H – мощность водоносного слоя, м; h – уровень воды в канале, м.

2. Определение водопритока в водосборный канал, не доведенный до водоупора (рис. 8.6)

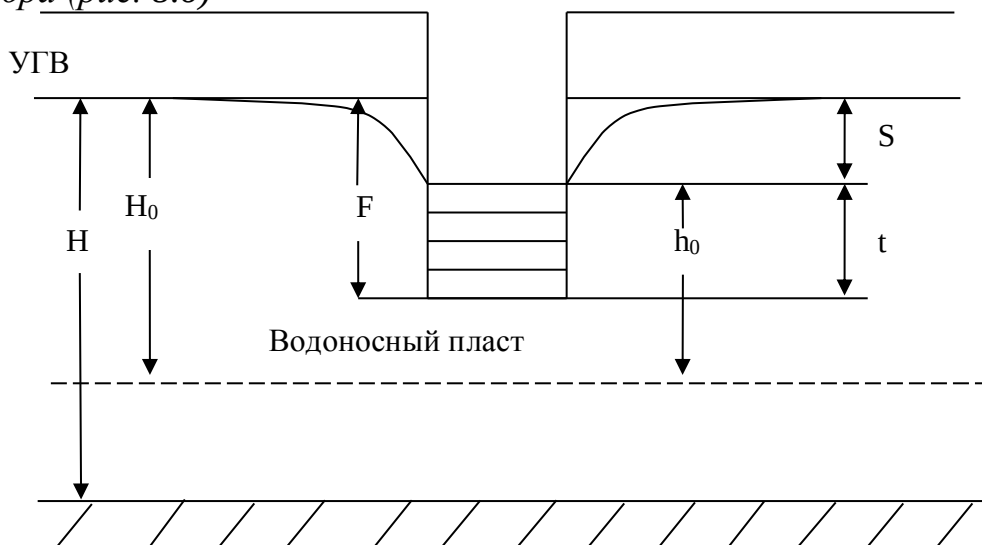


Рисунок 8.6 – Схема для определения водопритока в водосборный канал, не доведенный до водоупора

Для определения притока воды в канал, не доведенный до водоупора, нужно в уравнение 8.8 ввести поправку на активную зону, о чем говорилось выше. Тогда уравнение примет вид:

$$Q = Lk \frac{(H_0^2 - h_0^2)}{2R}, \quad (8.9)$$

где H_0 – глубина активной зоны, равная $1,3 F$; F – глубина воды в канале, отсчитываемая от статического (первоначального) уровня грунтовых вод; h_0 – глубина воды в канале, отсчитываемая от подошвы активной зоны; $h_0 = H_0 - S$; S – водопонижение, м; $S = F - t$; t – глубина воды в канале, м; L – длина канала, м.

Оборудование и материалы. Исходным материалом для выполнения работы являются данные, характеризующие грунтовый поток подземных вод и вид водозабора, приведённые в табл 8.1.

Задания

1. Определить расход грунтового потока для водоносного пласта с горизонтальным и наклонным водоупором.
2. Определить водоприток к совершенному и несовершенному грунтовым колодцам
3. Определить притоки воды в каналы, доведенный и недоведенный до водоупора.

Контрольные вопросы:

1. Приведите схемы и расчётные формулы для определения расхода грунтового потока с наклонным и горизонтальным водоупором.
2. Приведите схемы и расчётные формулы для определения притока воды к вертикальным водозаборам.

3. Что такое воронка депрессии?
4. Приведите схемы и расчётные формулы для определения притока воды к горизонтальным дренам.

Таблица 8.1 – Исходные данные для расчёта водопритока в водозаборы

Номер вариан та	Характеристика потока	k, м/сут	B, м	h ₁ , м	h ₂ , м	H ₂ , м	H ₁ , м	L, м	S, м	R, м	r, см	H, м	h, м	F, м	t, м	Q, м ³ /сут
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	1. Расход грунтового потока (водоносный пласт с горизонтальным водоупором)	3	50	18	12	30	50	100								
	2. Водоприток к грунтовому совершенному колодцу	5							1	200	20	10			3	
	3. Приток воды в канал доведенный до водоупора	4						10		150		3	0,5			
2	1. Расход грунтового потока (водоносный пласт с наклонным водоупором)	7	45	24	11	36	50	80								
	2. Водоприток к грунтовому несовершенному колодцу	8							2	75	40	32			2	
	3. Приток воды в канал не доведенный до водоупора	4						50		150		3	0,5			
3	1. Расход грунтового потока (водоносный пласт с горизонтальным водоупором)	2,5	51	19	13	33	52	120								
	2. Водоприток к грунтовому совершенному колодцу	4,7							1,5	220	22	11			4	
	3. Приток воды в канал доведенный до водоупора	5,2						50		160		3	0,7			
4	1. Расход грунтового потока (водоносный пласт с наклонным водоупором)	7	43	20	18	39	48	70								
	2. Водоприток к грунтовому несовершенному колодцу	8							2	80	35	31			3	
	3. Приток воды в канал не доведенный до водоупора	4						55		158		2,5	0,6			

5	1. Расход грунтового потока (водоносный пласт с горизонтальным водоупором)	2,8	53	17	12	32	55	150								
	2. Водоприток к грунтовому совершенному колодцу	5,1							1	210	30	20			3	
	3. Приток воды в канал доведенный до водоупора	5,6						12		170		3	0,5			
6	1. Расход грунтового потока (водоносный пласт с наклонным водоупором)	6	43	20	12	34	60	70								
	2. Водоприток к грунтовому несовершенному колодцу	7,4							2	70	41	33			2	
	3. Приток воды в канал не доведенный до водоупора	3,9						50		180		3	0,5			
7	1. Расход грунтового потока (водоносный пласт с горизонтальным водоупором)	3	50	18	11	32	55	100								
	2. Водоприток к грунтовому совершенному колодцу	5							1	250	22	10			3	
	3. Приток воды в канал доведенный до водоупора	4						10		170		3	0,5			
8	1. Расход грунтового потока (водоносный пласт с наклонным водоупором)	5,2	46	24	11	36	50	85								
	2. Водоприток к грунтовому несовершенному колодцу	4,9							2	90	40	32			1	
	3. Приток воды в канал не доведенный до водоупора	3,9						35		150		3	0,5			
9	1. Расход грунтового потока (водоносный пласт с горизонтальным водоупором)	2,8	38	8	13	33	53	107								

	2. Водоприток к грунтовому совершенному колодцу	4,8							1	160	26	14			3	
	3. Приток воды в канал доведенный до водоупора	3,8						10		100		3	0,5			
10	1. Расход грунтового потока (водоносный пласт с наклонным водоупором)	6,8	39	24	14	36	50	80								
	2. Водоприток к грунтовому несовершенному колодцу	7,8							2	90	40	32			2	
	3. Приток воды в канал не доведенный до водоупора	3,8						50		150		3	0,5			
11	1. Расход грунтового потока (водоносный пласт с горизонтальным водоупором)	2,8	50	18	12	30	50	100								
	2. Водоприток к грунтовому совершенному колодцу	4,3							1	200	20	10			3	
	3. Приток воды в канал доведенный до водоупора	4,9						10		150		3	0,5			
12	1. Расход грунтового потока (водоносный пласт с наклонным водоупором)	5,9	40	24	12	36	60	140								
	2. Водоприток к грунтовому несовершенному колодцу	6,7							2	75	39	33			2	
	3. Приток воды в канал не доведенный до водоупора	3,9						40		150		3	0,5			
13	1. Расход грунтового потока (водоносный пласт с горизонтальным водоупором)	3	50	18	12	30	60	100								
	2. Водоприток к грунтовому совершенному колодцу	5							1	220	20	12			3	
	3. Приток воды в канал доведенный до водоупора	5						10		150		3	0,5			

14	1. Расход грунтового потока (водоносный пласт с наклонным водоупором)	7	45	24	11	36	50	80								
	2. Водоприток к грунтовому несовершенному колодцу	8							2	79	40	32			2	
	3. Приток воды в канал не доведенный до водоупора	4						45		160		3	0,5			
15	1. Расход грунтового потока (водоносный пласт с горизонтальным водоупором)	2,7	50	18	12	30	50	100								
	2. Водоприток к грунтовому совершенному колодцу	4,1							1	200	20	10			3	
	3. Приток воды в канал доведенный до водоупора	3,9						10		150		3	0,5			
16	1. Расход грунтового потока (водоносный пласт с наклонным водоупором)	6,1	35	24	13	36	50	70								
	2. Водоприток к грунтовому несовершенному колодцу	7,7							2	90	40	32			2	
	3. Приток воды в канал не доведенный до водоупора	3,5						50		160		2	0,5			
17	1. Расход грунтового потока (водоносный пласт с горизонтальным водоупором)	2,7	40	17	11	40	60	90								
	2. Водоприток к грунтовому совершенному колодцу	4,6							1	190	19	10			3	
	3. Приток воды в канал доведенный до водоупора	3,9						10		140		3	0,5			
18	1. Расход грунтового потока (водоносный пласт с наклонным водоупором)	7	45	24	11	36	60	90								
	2. Водоприток к грунтовому несовершенному колодцу	7,8							2	75	40	32			2	

	3. Приток воды в канал не доведенный до водоупора	4						55		150		3	0,5			
--	--	---	--	--	--	--	--	----	--	-----	--	---	-----	--	--	--

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9

ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВОДОЗАБОРОВ Ч.2

Цель работы: Познакомить студентов с методикой построения профильных разрезов. Научить их правильно оценивать по профилям инженерно-геологические условия строительства.

Теоретическая часть.

Изучение осадочных пород в полевых условиях позволяет установить лишь общие черты их стратиграфического расчленения, вещественного состава, структуры и текстуры. Лабораторное изучение уточняет, заполняет все пробелы, имевшиеся при полевых исследованиях.

Построение начинают с составления литологических колонок. На карте фактического материала проводят линии профилей. Линии профилей проводятся с таким расчетом, чтобы они охватили максимальное количество опорных, наиболее хорошо изученных разрезов или проходили по оси сооружения.

Горизонтальный масштаб берется, как правило, в несколько раз меньше, чем вертикальный. Например, горизонтальный масштаб берется 1:200000, а вертикальный – 1:1000 или 1:5000.

На профиль переносится литологическая колонка, на которую накладываются фациальные знаки. Затем проводится соединение одновозрастных и одинаковых в литолого-фациальном отношении горизонтов. При этом фациальные и литологические знаки ставятся густо около колонки. Увязывая все разрезы, попадающие на профиль, мы получаем картину изменений литологического состава и условий образования пород, залегающих в основании сооружений. На законченных инженерно-геологических профилях соответствующими условными обозначениями наносят горизонты, различающиеся по условиям образования и литологию

пород.

Оборудование и материалы. Таблицы с данными для построения профильных инженерно-геологических разрезов (абсолютные отметки устьев скважин и подошвы стратиграфических горизонтов, значения коэффициентов фильтрации, мощности пластов (Н, м) и пористости грунтов).

Задания

Линии профилей выбираются в общем случае с таким расчетом, чтобы они охватили максимальное количество опорных, наиболее хорошо изученных разрезов или проходили по оси сооружения. Последнее имеет место в данной лабораторной работе. Построение профилей рекомендуется проводить в следующем порядке:

1. В нижней части рисунка сделать три строки для характеристики скважин и указания расстояний между ними.

2. Наметить начало профиля и отложить вправо длину разреза в принятом масштабе.

3. У начала разреза построить шкалу абсолютных отметок с таким расчетом, чтобы максимальная отметка была несколько выше верхней точки рельефа, а минимальная ниже забоя самой глубокой скважины.

4. Для построения топографического профиля от левой шкалы по горизонтальному направлению отложить расстояния до каждой скважины, нанести положение стволов скважин и провести вертикальный штрих в верхней из трех строк, расположенных внизу рисунка. Под штрихами указать номера скважин, а ниже – абсолютные отметки их устьев.

5. Нанести на стволы скважин абсолютные отметки устья скважин, и, соединив все точки плавными линиями, получить топографический профиль поверхности земли по заданному направлению.

6. На отмеченные стволы скважин нанести колонки буровых скважин. При крупном масштабе разреза ствол скважин обозначают двумя вертикальными отрезками, в остальных случаях - одним.

7. На нижнем конце отрезка, соответствующем абсолютной отметке низшей точки пробуренной скважины (забою), поставить короткий поперечный штрих. Справа от штриха записать абсолютную отметку забоя, вычисляемую как разность между абсолютной отметкой устья и глубиной скважины.

8. Вдоль линии скважины разметить границы слоев и проставить их абсолютные отметки устья скважины и глубин залегания соответствующих слоев.

9. В интервале каждого слоя (на полосе шириной 1,2 см) условными обозначениями, отметить карандашом состав, относительный возраст и фациальную принадлежность пород.

10. Соединить одновозрастные границы слоев.

Прежде чем проводить границы слоев на разрезе, следует восстановить в общих чертах доступную нам историю геологического развития изучаемого участка.

Сделав исторический анализ, на разрезе необходимо провести возрастные границы, то есть выделить площади с одноименными индексами. Увязывая все разрезы, попадающие на профиль, можно получить картину изменений литологического состава и условий образования пород, залегающих в основании сооружений. На законченных инженерно-геологических профилях соответствующими условными обозначениями следует нанести горизонты, различающиеся по условиям образования, и литологию пород.

11. Горизонтальный масштаб берется, как правило, в несколько раз меньше, чем вертикальный. Примите масштабы: горизонтальный 1:1000, а вертикальный 1:200.

12. Затем необходимо ответить на следующие вопросы:

Породы, какого возраста залегают в пределах разреза?

Как называется форма залегания коренных пород?

Какие процессы в дочетвертичное и четвертичное время обусловили формирование указанной на разрезе геологической обстановки?

13. Для построения профилей предлагается использовать приведенные ниже варианты заданий.

Таблица 9.1- Описание разрезов скважин

№скв. и абс. отметка устья, м	Геологический возраст	Мощность слоя, м	Описание горных пород	Глубина залегания уровня воды, м	
				Появившегося	Установившегося
<u>1</u> 22,4	gQ	0,6	Суглинок с включением валунов	16,2	16,2
	C	18,4	Известняк трещиноватый закарстованный		
	C	2,2	Песчаник кварцевый плотный		
<u>2</u> 26,1	gQ	8,3	Суглинок с включением валунов	10,7	10,7
	C	4,8	Известняк закарстованный		
	C	2,4	Песчаник кварцевый плотный		
<u>3</u> 26,9	gQ	3,5	Суглинок с включением валунов	6,4	6,4
	C	2,6	Известняк трещиноватый		
	C	2,0	Песчаник кварцевый плотный		
<u>4</u> 27,6	C	2,8	Известняк трещиноватый	2,0	2,0
	C	3,0	Песчаник кварцевый плотный		
<u>5a</u> 124,9	lQ ₄	6,1	Песчано-гравийные отложения	4,3	4,3
	gQ ₃	8,4	Суглинок полутвердый с валунами и галькой красно-бурый	14,5	1,9
	fgQ ₂	3,6	Песок мелкий средней плотности		
<u>5б</u> 126,2	dQ ₄	1,2	Суглинок бурый с галькой	5,5	5,5
	lQ ₄	6,0	Песчано-гравийные отложения		
	gQ ₃	4,2	Суглинок полутвердый с валунами и галькой красно-бурый		
<u>6</u> 137,2	gQ ₃	22,8	Суглинок с валунами и галькой полутвердый красно-бурый	26,8	13,7
	fgQ ₂	3,3	Песок мелкий средней плотности		
<u>7</u> 499,6	dQ ₃₋₄	15,2	Лесс	19,6	19,6
	mN ₂	6,1	Песок мелкий		
	K	3,5	Известняк глинистый		
<u>8</u> 510,3	LQ ₃₋₄	6,6	Лесс	29,3	29,3
	mN ₂	2,2	Песок пылеватый средней плотности		
	mN ₂	8,5	Глина тугопластичная		
	mN ₂	2,6	Песок пылеватый плотный		
	mN ₂	3,9	Глина тугопластичная		
	mN ₂	8,0	Песок мелкий плотный		
<u>9</u> 511,6	LQ ₃₋₄	1,6	Лесс	30,1	30,1
	mN ₂	8,5	Песок пылеватый плотный		
	mN ₂	8,5	Глина тугопластичная		
	mN ₂	2,6	Песок пылеватый плотный		
	mN ₂	3,9	Глина		
	mN ₂	7,0	Песок мелкий плотный		

	K	3,0	Известняк глинистый		
$\frac{10}{550}$	eQ ₄	0,5	Суглинок со щебнем диабаз полутвердый		
	T	5,0	Диабаз сильно выветрелый трещиноватый	4,0	4,0
$\frac{11}{550}$	eQ ₄	3,5	Суглинок со щебнем и валунами диабаз полутвердый		
	T	1,5	Диабаз сильно выветрелый трещиноватый	4,1	4,1
$\frac{12}{550}$	eQ ₄	3,5	Суглинок со щебнем с глыбами диабаз полутвердый		
	T	0,3	Диабаз сильно выветрелый		
$\frac{13}{551}$	eQ ₄	10	Суглинок со щебнем с глыбами диабаз текучепластичный с глубины 4,0м и ниже		
	T	5,0	Диабаз сильно выветрелый	4,0	4,0
$\frac{14}{20,2}$	dQ	2,0	Суглинок бурый полутвердый		
	N	1,0	Глина полутвердая темно-серая		
	N	1,0	Песок мелкий плотный желтый	3,3	3,3
	K	3,3	Глина зеленая тугопластичная		
	K	0,3	Песчаник пылеватый плотный серый	8,3	4,0
	K	1,0	Глина тугопластичная голубовато-серая		
$\frac{15}{20,2}$	dQ	2,0	Суглинок бурый полутвердый		
	N	1,0	Глина полутвердая темно-серая		
	N	2,0	Песок мелкий плотный желтый	3,5	3,5
	K	3,3	Глина зеленая тугопластичная		
	K	0,3	Песчаник пылеватый плотный серый	8,3	4,0
	K	2,0	Глина тугопластичная голубовато-серая		
$\frac{16}{17,7}$	dQ	2,1	Суглинок бурый полутвердый	1,6	1,6
	N	1,1	Глина полутвердая темно-серая		
	N	0,9	Песок мелкий плотный желтый		
	K	1,7	Глина зеленая тугопластичная		
	K	0,3	Песчаник пылеватый плотный серый		
	K	1,5	Глина тугопластичная голубовато-серая		
$\frac{17}{18,1}$	dQ	2,1	Суглинок бурый полутвердый	2,0	2,0
	N	1,1	Глина полутвердая темно-серая		
	N	2,1	Песок пылеватый плотный серый	5,0	5,0
	K	6,0	Глина зеленая тугопластичная, в интервале глубин от 6,8 до 7,2 перематая мягко- и текучепластичная, ниже глина голубовато-серая твердая (аналогичные перематые глины встречены на берегу реки)		
$\frac{18}{120}$	dQ	1,5	Суглинок со щебнем	1,0	1,0
	N ₂	15,0	Глина полутвердая трещиноватая		
$\frac{19}{118}$	dQ	3,1	Суглинок со щебнем	0,5	0,5
	N ₂	15,0	Глина полутвердая трещиноватая		
	N ₁	3,0	Известняк		
$\frac{20}{117}$	N ₁	15,4	Известняк трещиноватый	11,3	11,3
	N ₁	2,6	Песчаник кремнистый, плотный		
$\frac{21}{110}$	aQ ₃	15,7	Песчано-гравийные отложения, хорошо водопроницаемые	3,3	3,3
	N ₁	2,0	Песчаник кремнистый, плотный		
$\frac{22}{506,2}$	aQ ₂	10,0	Песок мелкий рыхлого сложения	3,6	3,6
	mQ ₁	3,0	Глина тугопластичная		

<u>23</u> 509,3	dQ ₄	3,0	Супесь пластичная макропористая	4,8	4,8
	aQ ₂	3,0	Песок мелкий средней плотности		
	mQ ₁	6,0	Глина с тонкими песчаными прослоями тугопластичная		
<u>24</u> 510,9	dQ ₄	1,0	Суглинок макропористый мягкопластичный	0,7	0,7
	mQ ₁	15,0	Глина тугопластичная с тонкими прослоями песка пылеватого		
<u>25</u> 45,4	tQ ₄	3,2	Супесь со щебнем кирпича и древесными обломками	9,1	9,1
	mQ ₁	4,1	Песок мелкий плотный		
	N ₂	10,0	Известняк-ракушняк		
<u>26</u> 45,3	tQ ₄	2,0	Глыбы известняка-ракушечника	9,3	9,3
	tQ ₄	0,5	Суглинок со щебнем		
	mQ ₁	3,6	Песок мелкий плотный		
	N ₂	10,0	Известняк-ракушечник		
<u>27</u> 203,6	gQ	3,2	Суглинок плотный с валунами полутвердый	3,2	2,5
	eQ	1,1	Щебень песчаника		
	D	3,0	Песчаник трещиноватый		
<u>28</u> 203,4	gQ	8,5	Суглинок плотный с валунами	8,5	2,6
	eQ	1,1	Щебень песчаника		
	D	2,0	Песчаник трещиноватый		
<u>29</u> 150	aQ ₃	0,3	Суглинок полутвердый	2,0	2,0
	aQ ₃	5,2	Песок кварцевый средней крупности, средней плотности		
<u>30</u> 150	aQ ₃	0,5	Глина полутвердая	2,5	2,0
	aQ ₃	2,0	Суглинок тугопластичный		
	aQ ₃	2,5	Песок кварцевый средней крупности, средней плотности		
<u>31</u> 150	aQ ₃	2,5	Глина тугопластичная	3,0	2,0
	aQ ₃	0,5	Суглинок мягкопластичный		
	aQ ₃	3,0	Песок кварцевый средней крупности, средней плотности		
<u>32</u> 20,1	dQ ₄	0,2	Суглинок полутвердый со щебнем	3,0	3,0
	lQ ₂	1,5	Песок крупный плотный		
	lQ ₂	3,0	Песок пылеватый плотный		
	K	1,2	Глина полутвердая зеленая		
<u>33</u> 19,6	dQ ₄	0,7	Суглинок полутвердый со щебнем	2,6	2,6
	lQ ₂	4,3	Песок пылеватый плотный		
	K	1,2	Глина полутвердая зеленая		
<u>34</u> 17,5	dQ ₄	1,0	Суглинок туго- и мягкопластичный со щебнем и линзами дресвы	0,5	0,5
	K	3,0	Глина полутвердая зеленая		
<u>35</u> 134	gQ ₂	4,5	Супесь пластичная с гравием и галькой	0,3	0,3
<u>36</u> 137,5	fgQ ₂	2,8	Песок мелкий рыхлый до гл. 2,0, ниже средней плотности	1,0	1,0
	gQ ₂	2,3	Супесь пластичная с гравием и галькой		
<u>37</u> 141	lQ ₃	1,5	Глина тугопластичная	4,0	4,0
	fgQ ₂	5,8	Песок мелкий средней плотности		
	gQ ₂	0,6	Супесь пластичная с гравием и галькой		

Таблица 9.2 – Варианты заданий

№ва- рианта	№№ скважин	№ва- рианта	№№ скважин	№ва- рианта	№№ скважин
1	1,2,3,4,5a,5б,6	7	4,5a,5б,1,2,3,4,6	13	3,4,6,1,4,5a,5б
2	7,8,9,10,11,12,13	8	13,11,12,9,10,7,8	14	11,12,13,7,8,9,10
3	14,15,16,17,18,1,2,3	9	1,2,3,14,15,16,17	15	17,16,15,14,2,3,1
4	18,19,20,21,22,23,24	10	22,23,24,18,19,20,21	16	19,20,21,18,24,23,22
5	24,25,26,27,28,29,30	11	28,29,30,24,25,26,27	17	27,26,25,24,28,29,30
6	31,32,33,34,35,36,37	12	37,36,35,34,33,32,31	18	33,32,31,34,35,36,37

Содержание отчета

В отчете следует отразить: цель работы, краткое теоретическое обоснование; построить профиль в соответствии с требованиями к геологической графике.

Защита работы проводится в устной форме.

Контрольные вопросы:

- 1.Каким образом выбираются линии профилей?
- 2.Как выбираются горизонтальный и вертикальный масштаб профилей?
3. Каким образом строится топографический профиль поверхности земли по заданному направлению?
- 4.Как строится шкала абсолютных отметок?
5. Как обозначаются на профиле лессовые отложения?

Список литературы

Дополнительная литература:

1. Гледко, Ю. А. Гидрогеология / Ю.А. Гледко. - Минск : Высшая школа, 2012. - 448 с. - ISBN 978-985-06-2126-9
2. Геология : учебник / А. М. Гальперин, В. С. Зайцев, Г. Н. Харитоненко, Ю. А. Норватов, Ч. З, Гидрогеология. - М. : Мир горной книги : МГГУ : Горная книга, 2009. - 400 с. : ил. - (Горное образование). - ISBN 978-5-91003-043-9
3. Платов, Н. А. Основы инженерной геологии : учебник для техникумов / Н. А. Платов. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : ИНФРА-М, 2009. - 192 с. : ил. - (Среднее профессиональное образование). - Библиогр.: с. 191. - ISBN 978-5-16-003011-1
4. Ананьев, В. П. Инженерная геология : [учебник] / В.П. Ананьев, А.Д. Потапов.
- 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Высшая школа, 2002. - 511 с. : ил. - На учебнике гриф: Доп.МО. - Библиогр.: с. 572-573. - ISBN 5-06-003690-18.2.
Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
по организации самостоятельной работы
по дисциплине
«ОСНОВЫ ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ»
для студентов всех специальностей и направлений подготовки
университетского профиля

Ставрополь
2025

СОДЕРЖАНИЕ

Введение

1. Общая характеристика самостоятельной работы
2. План-график выполнения самостоятельной работы
3. Контрольные точки и виды отчетности по ним
4. Методические указания по изучению теоретического материала
5. Методические указания по видам работ
6. Список литературы, рекомендуемый к использованию в самостоятельной работе студентов

ВВЕДЕНИЕ

Цель освоения дисциплины Б1.О.14 Основы инженерной геологии - изучение состава, строения и свойства различных типов грунтов; рассмотрение горных пород и почв как многокомпонентных неравновесных систем, изменяющихся под действием разнообразных факторов; ознакомление с основами гидрогеологии и формирование набора универсальных компетенций будущего бакалавра и специалиста.

Задачи освоения дисциплины:

Основными задачами дисциплины «Основы инженерной геологии» является формирование у студентов инженерно-геологического представления о:

- морфологии, строении, свойствах, динамике верхних горизонтов земной коры во взаимодействии с инженерными сооружениями;
- происхождении, формировании, условиях распространения, законах движения, гидродинамическом режиме, составе подземных вод;
- причинах возникновения, условиях и динамике развития геологических процессов и явлений, возникающих при разработке месторождений полезных ископаемых;
- влиянии подземных вод на напряженное состояние водонасыщенных массивов горных пород и на развитие гидрогеомеханических процессов;
- решении задач, связанных с вопросами геологических и гидрогеологических условий строительства

Теоретические задачи:

В результате освоения дисциплины студент должен знать:

- особенности строения, состава и свойств разнообразных типов грунтов;
- физико-химическую природу грунтов, а также влияние тех или иных факторов на их свойства;
- основные методы изучения физико-механических свойств грунтов;
- особенности проявления основных видов геодинамических процессов, влияющих на инженерно-геологические особенности площадок изыскания при ведении строительных работ

Практические задачи:

В результате освоения дисциплины студент должен уметь:

- определять физико-механические свойства грунтов в лабораторных условиях;
- производить прогнозные расчеты изменения инженерно-геологических условий площадок строительства в зависимости от строительных целей

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Цель освоения дисциплины заключается в формировании набора универсальных компетенций.

Самостоятельная работа студентов (СРС) выражает одну из значимых форм образовательного процесса, которая способствует формированию творческой личности будущего специалиста, способного к саморазвитию, самообразованию, инновационной деятельности.

Самостоятельная работа студента содействует развитию умения учиться, формировать у студента способности к саморазвитию, творческому применению полученных знаний, способам адаптации к профессиональной деятельности в современном мире.

Самостоятельная работа студентов – это деятельность, связанная с воспитанием мышления будущего профессионала, всякий вид занятий, создающий условия для зарождения самостоятельной мысли, познавательной активности. Это совокупность всей самостоятельной деятельности студентов как в учебной аудитории, так и вне её, в контакте с преподавателем и в его отсутствии.

Самостоятельная работа реализуется:

- непосредственно в процессе аудиторных занятий – на лекциях, практических (семинарских) занятиях;
- в контакте с преподавателем вне рамок расписания – на консультациях по учебным вопросам, в ходе творческих работ, при ликвидации задолженностей, при выполнении индивидуальных заданий и т.д.;
- в библиотеке, дома, в общежитии, на кафедре при выполнении студентом учебных и творческих задач.

Самостоятельной работа студентов может осуществляться как в аудитории, так и вне ее, обычно это в основном внеаудиторная деятельность студента. Для активного владения знаниями в процессе аудиторной работы необходимо не только понимание учебного материала, но и творческое его восприятие.

Основные формами реализации самостоятельной работы и контроля знаний являются:

Комплект разноуровневых задач и заданий – индивидуальное решение репродуктивных, реконструктивных и творческих заданий, позволяющих оценивать и диагностировать уровень обученности, уровень умений и навыков студентов по темам дисциплины. Процедура проведения этой формы учебной деятельности студента включает в себя письменное выполнение заданий трех уровней и защиту их на практическом занятии. При проверке задания, оцениваются полнота и самостоятельность выполнения заданий, оригинальность решения.

Опорный конспект темы – письменный текст, в котором кратко и последовательно изложено содержание основного источника информации. Конспектировать – значит приводить к некоему порядку сведения, почерпнутые из оригинала. В основе процесса лежит систематизация прочитанного или услышанного. Записи могут делаться как в виде точных выдержек, цитат, так и в форме свободной подачи смысла. Данный вид самостоятельной работы направлен на формирование представлений о конфликтах.

Собеседование – средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя со студентом на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.

Текущий контроль осуществляется в процессе индивидуальных и групповых консультаций, собеседований, в процессе анализа и самоанализа самостоятельной работы.

ПЛАН – ГРАФИК ВЫПОЛНЕНИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ
 Виды и содержание самостоятельной работы студента; формы контроля и сроки сдачи

Технологическая карта самостоятельной работы студента

Коды реализуемых компетенций, индикатора (ов)	Вид деятельности студентов	Средства и технологии оценки	Объем часов, в том числе		
			СРС	Контактная работа с преподавателем	Всего
1 семестр					
ОПК-1	Подготовка к лабораторным занятиям	Письменный отчет	18	2	20
ОПК-1	Подготовка к тесту	Тестирование	30	2	32
ОПК-1	Самостоятельное изучение литературы по теме «Геологические процессы»	Конспект	18	2	20
Итого			66		72

ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Вопросы для собеседования

1. Химические взаимодействия компонент грунта.
2. Гидратация минералов в глинистых грунтах.
3. Ионный обмен в грунтах.
4. Структурные связи в грунтах.
5. Теория контактных взаимодействий.
6. Характеристика грунтов с жесткими структурными связями.
7. Характеристика грунтов с физическими, физико-химическими и механическими структурными связями.
8. Характеристика грунтов с криогенными структурными связями.
9. Структуры грунтов.
10. Текстуры грунтов.
11. Типы пористости по генетическим и морфологическим признакам.
12. Трещинная пустотность. Оценка общей пустотности.
13. Плотностные свойства грунтов.
14. Влагоемкость, влагоотдача и водопоглощение грунтов.
15. Морозостойкость грунтов.
16. Коррозионная способность грунтов.
17. Растворимость грунтов.
18. Адсорбционные свойства грунтов.
19. Адгезионные свойства и липкость грунтов.
20. Пластичность грунта.
21. Усадочность грунтов.
22. Основные понятия о напряжениях и деформациях в грунтах.
23. Виды деформаций в грунтах.
24. Компрессионная сжимаемость грунтов.
25. Просадочность грунта.
26. Прочностные свойства грунтов.
27. Реологические свойства грунтов.
28. Природные землетрясения.
29. Прогноз землетрясений.
30. Наведенная (техногенная) сейсмичность.
31. Факторы выветривания при формировании коры выветривания.
32. Защитные мероприятия от выветривания.
33. Факторы, влияющие на эрозионный процесс.
34. Плоскостной смыв, эрозия почв.
35. Оврагообразование, меры борьбы с оврагообразованием.
36. Эрозионная деятельность рек.
37. Условия формирования селевых потоков.
38. Защита территорий и сооружений от селевых потоков.
39. Осыпь, факторы формирования, защитные сооружения.
40. Обвалы, факторы формирования, защитные сооружения.
41. Оползни, факторы формирования, защитные сооружения.
42. Природа просадочности лессовых пород.
43. Определение карста, факторы формирования.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Указания по технике безопасности

С самого начала работы в лаборатории студент должен приучить себя к аккуратности и вниманию.

Во избежание несчастного случая, поражения электрическим током, поломки оборудования, рекомендуется выполнять следующие правила:

1. Не входить в помещение, где находится лабораторное оборудование, без разрешения лаборанта (преподавателя).
2. Не включать без разрешения осветительные приборы.
3. При несчастном случае или поломке оборудования позвать лаборанта (преподавателя). Знать, где находится пульт выключения оборудования (выключатель, красная кнопка, рубильник).
4. Не трогать провода и разъемы (возможно поражение электрическим током).
5. Не допускать порчи оборудования.
6. Запрещается принимать пищу в лаборатории.
7. Запрещается работать в верхней одежде.
8. Запрещается бросать в раковины водопроводных кранов бумагу, битое стекло, карандаши и пр.
9. Так как занятия проходят в лаборатории «Общей геологии», где предполагается наличие химически активных реактивов (кислота, щелочи и т.д.), студентам следует быть осторожными с неизвестными жидкостями и внимательно следить за целостностью химической посуды.

При выполнении лабораторных работ следует внимательно следить за острыми предметами (треугольниками, линейками, карандашами, циркулями) во избежание травм.

При любых несчастных случаях необходимо тотчас обратиться к преподавателю. При особо серьезных случаях травм необходимо немедленно обратиться к врачу и вызвать скорую помощь.

Данные правила распространяются на все лабораторные занятия.