

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ
ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

1.	Кафедра	Горного дела, наук о Земле и природообустройства
2.	Направление подготовки	05.03.01 Геология
3.	Направленность (профиль)	Геофизика
4.	Дисциплина (модуль)	Гидрогеология, инженерная геология и геокриология
5.	Форма обучения	очная
6.	Год набора	2021

1. Методические рекомендации

Приступая к изучению дисциплины, студенту необходимо внимательно ознакомиться с тематическим планом занятий, списком рекомендованной литературы. Следует уяснить последовательность выполнения индивидуальных учебных заданий. Самостоятельная работа студента предполагает работу с научной и учебной литературой, умение создавать тексты. Уровень и глубина усвоения дисциплины зависят от активной и систематической работы на лекциях, изучения рекомендованной литературы, решения задач и выполнение практических работ.

При изучении дисциплины студенты выполняют следующие задания:

- изучают рекомендованную научно-практическую и учебную литературу;
- выполняют задания, предусмотренные для самостоятельной работы.

Основными видами аудиторной работы обучающихся являются лекции и практические работы.

1.1. Методические рекомендации по организации работы студентов во время проведения лекционных занятий

В ходе лекций преподаватель излагает и разъясняет основные, наиболее сложные понятия темы, а также связанные с ней теоретические и практические проблемы, дает рекомендации на семинарское занятие и указания на самостоятельную работу.

В учебном процессе, помимо чтения лекций, используются интерактивные формы (устный опрос, тестирование, консультации). В сочетании с внеаудиторной работой это способствует формированию и развитию профессиональных навыков обучающихся.

Изучение дисциплины требует систематического и последовательного накопления знаний, следовательно, пропуски отдельных тем не позволяют глубоко освоить предмет. Именно поэтому контроль над систематической работой студентов всегда находится в центре внимания кафедры. Студентам необходимо:

- перед каждой лекцией просматривать рабочую программу дисциплины, что позволит сэкономить время на записывание темы лекции, ее основных вопросов, рекомендуемой литературы;
- на отдельные лекции приносить соответствующий материал на бумажных носителях, представленный лектором на портале или присланный на «электронный почтовый ящик» (таблицы, графики, схемы). Данный материал будет охарактеризован, прокомментирован, дополнен непосредственно на лекции;
- перед очередной лекцией необходимо просмотреть по конспекту материал предыдущей лекции. При затруднениях в восприятии материала следует обратиться к

основным литературным источникам. Если разобраться в материале опять не удалось, то обратитесь к преподавателю. Не оставляйте «белых пятен» в освоении материала.

1.2. Методические рекомендации по подготовке к лабораторным занятиям

Студентам следует:

- приносить с собой рекомендованную преподавателем литературу к конкретному занятию;
- до очередного занятия по рекомендованным литературным источникам проработать теоретический материал, соответствующей темы занятия;
- при подготовке к занятиям следует обязательно использовать не только лекции, учебную литературу, но и материалы правоприменительной практики;
- в начале занятий задать преподавателю вопросы по материалу, вызвавшему затруднения в его понимании и освоении при решении задач, заданных для самостоятельного решения;
- в ходе выполнения лабораторной работы давать конкретные, четкие ответы по существу вопросов;
- на занятии доводить каждое задание до окончательного решения, демонстрировать понимание проведенных расчетов (анализов, ситуаций), в случае затруднений обращаться к преподавателю.

Студентам, пропустившим занятия (независимо от причин) или не подготовившимся к данному занятию, рекомендуется не позже чем в 2-недельный срок явиться на консультацию к преподавателю и отчитаться по выполнению заданий.

Студенты, не отчитавшиеся по каждой не проработанной ими на занятиях теме к началу зачетной сессии, упускают возможность получить положенные баллы за работу в соответствующем семестре.

1.3. Методические рекомендации по подготовке и оформлению реферата

Реферат – письменная работа объемом 12-15 печатных страниц, выполняемая студентом в течение от одной недели до месяца. Реферат – краткое точное изложение сущности какого-либо вопроса, темы на основе одной или нескольких книг, монографий или других первоисточников. Реферат должен содержать основные фактические сведения и выводы по рассматриваемому вопросу.

Реферат отвечает на вопрос – что содержится в данной публикации (публикациях). Однако реферат – не механический пересказ работы, а изложение ее существа. В настоящее время, помимо реферирования прочитанной литературы, от студента требуется аргументированное изложение собственных мыслей по рассматриваемому вопросу. Тему реферата предложить преподаватель или сам студент, в последнем случае она должна быть согласована с преподавателем.

В реферате нужны развернутые аргументы, рассуждения, сравнения. Материал подается не столько в развитии, сколько в форме констатации или описания. Содержание реферируемого произведения излагается объективно от имени автора. Если в первичном документе главная мысль сформулирована недостаточно четко, в реферате она должна быть конкретизирована и выделена. Функции реферата:

- информативная (ознакомительная);
- поисковая; справочная;
- сигнальная;
- индикативная;
- адресная коммуникативная.

Степень выполнения этих функций зависит от содержательных и формальных качеств реферата, а также от того, кто и для каких целей их использует.

Требования к языку реферата: он должен отличаться точностью, краткостью, ясностью и простотой. Структура реферата:

- Титульный лист (см. образец ниже).
- Содержание, в котором указаны названия всех разделов реферата и номера страниц, указывающие начало этих разделов в тексте реферата;
- Введение. Объем введения составляет 1-1.5 страницы.
- Основная часть реферата может иметь одну или несколько глав, состоящих из 2-3 параграфов (подпунктов, разделов) и предполагает осмысленное и логичное изложение главных положений и идей, содержащихся в изученной литературе. В тексте обязательны ссылки на первоисточники. В том случае если цитируется или используется чья-либо неординарная мысль, идея, вывод, приводится какой-либо цифрой материал, таблицу – обязательно сделайте ссылку на того автора у кого вы взяли данный материал.
- Заключение содержит главные выводы, и итоги из текста основной части, в нем отмечается, как выполнены задачи и достигнуты ли цели, сформулированные во введении.
- Приложение может включать графики, таблицы, расчеты.
- Список литературы. Здесь указывается реально использованная для написания реферата литература. Список составляется согласно правилам библиографического описания. Библиографический список составляется в алфавитном порядке или в порядке упоминания источника. Список использованных источников должен быть составлен единообразно. Каждый источник отражается в списке в порядке его упоминания в тексте арабскими цифрами.

Правила технического оформления текста отчета подробно изложены в методических указаниях по подготовке и оформлению рефератов для студентов, обучающихся по: направлению подготовки 05.03.01 Геология профиль Геофизика (квалификация «бакалавр»); / сост. Е.Б. Бекетова.

1.4. Методические рекомендации по работе с литературой.

Работу с литературой целесообразно начать с изучения общих работ по теме, а также учебников и учебных пособий. Далее рекомендуется перейти к анализу монографий и статей, рассматривающих отдельные аспекты проблем, изучаемых в рамках курса, а также официальных материалов и неопубликованных документов (научно-исследовательские работы, диссертации), в которых могут содержаться основные вопросы изучаемой проблемы.

Работу с источниками надо начинать с ознакомительного чтения, т.е. просмотреть текст, выделяя его структурные единицы. При ознакомительном чтении закладками отмечаются те страницы, которые требуют более внимательного изучения.

В зависимости от результатов ознакомительного чтения выбирается дальнейший способ работы с источником. Если для разрешения поставленной задачи требуется изучение некоторых фрагментов текста, то используется метод выборочного чтения. Если в книге нет подробного оглавления, следует обратить внимание ученика на предметные и именные указатели.

Избранные фрагменты или весь текст (если он целиком имеет отношение к теме) требуют вдумчивого, неторопливого чтения с «мысленной проработкой» материала. Такое чтение предполагает выделение: 1) главного в тексте; 2) основных аргументов; 3) выводов. Особое внимание следует обратить на то, вытекает тезис из аргументов или нет.

Необходимо также проанализировать, какие из утверждений автора носят проблематичный, гипотетический характер и уловить скрытые вопросы.

Понятно, что умение таким образом работать с текстом приходит далеко не сразу. Наилучший способ научиться выделять главное в тексте, улавливать проблематичный характер утверждений, давать оценку авторской позиции – это сравнительное чтение, в ходе которого студент знакомится с различными мнениями по одному и тому же вопросу, сравнивает весомость и доказательность аргументов сторон и делает вывод о наибольшей убедительности той или иной позиции.

Если в литературе встречаются разные точки зрения по тому или иному вопросу из-за сложности прошедших событий и правовых явлений, нельзя их отвергать, не разобравшись. При наличии расхождений между авторами необходимо найти рациональное зерно у каждого из них, что позволит глубже усвоить предмет изучения и более критично оценивать изучаемые вопросы. Знакомясь с особыми позициями авторов, нужно определять их схожие суждения, аргументы, выводы, а затем сравнивать их между собой и применять из них ту, которая более убедительна.

Следующим этапом работы с литературными источниками является создание конспектов, фиксирующих основные тезисы и аргументы. Можно делать записи на отдельных листах, которые потом легко систематизировать по отдельным темам изучаемого курса.

Другой способ – это ведение тематических тетрадей-конспектов по одной какой-либо теме. Большие специальные работы монографического характера целесообразно конспектировать в отдельных тетрадях. Здесь важно вспомнить, что конспекты пишутся на одной стороне листа, с полями и достаточным для исправления и ремарок межстрочным расстоянием (эти правила соблюдаются для удобства редактирования). Если в конспектах приводятся цитаты, то непременно должно быть дано указание на источник (автор, название, выходные данные, № страницы). Впоследствии эта информация может быть использована при написании текста реферата или другого задания.

Таким образом, при работе с источниками и литературой важно уметь:

- сопоставлять, сравнивать, классифицировать, группировать, систематизировать информацию в соответствии с определенной учебной задачей;
- обобщать полученную информацию, оценивать прослушанное и прочитанное;
- фиксировать основное содержание сообщений; формулировать, устно и письменно, основную идею сообщения; составлять план, формулировать тезисы;
- готовить и презентовать развернутые сообщения типа доклада;
- работать в разных режимах (индивидуально, в паре, в группе), взаимодействуя друг с другом;
- пользоваться реферативными и справочными материалами;
- контролировать свои действия и действия своих товарищей, объективно оценивать свои действия;
- обращаться за помощью, дополнительными разъяснениями к преподавателю, другим студентам.
- пользоваться лингвистической или контекстуальной догадкой, словарями различного характера, различного рода подсказками, опорам в тексте (ключевые слова, структура текста, предваряющая информация и др.);
- использовать при говорении и письме перифраз, синонимичные средства, слова-описания общих понятий, разъяснения, примеры, толкования, «словотворчество»;
- повторять или перефразировать реплику собеседника в подтверждении понимания его высказывания или вопроса;
- обратиться за помощью к собеседнику (уточнить вопрос, переспросить и др.);
- использовать мимику, жесты (вообще и в тех случаях, когда языковых средств не хватает для выражения тех или иных коммуникативных намерений).

1.5. Методические рекомендации по составлению глоссария

1. Внимательно прочитайте и ознакомьтесь с текстом. Вы встретите в нем много различных терминов, которые имеются по данной теме.

2. После того, как вы определили наиболее часто встречающиеся термины, вы должны составить из них список. Слова в этом списке должны быть расположены в строго алфавитном порядке, так как глоссарий представляет собой не что иное, как словарь специализированных терминов.

3. После этого начинается работа по составлению статей глоссария. Статья глоссария - это определение термина. Она состоит из двух частей: 1. точная формулировка термина в именительном падеже; 2. содержательная часть, объемно раскрывающая смысл данного термина.

При составлении глоссария важно придерживаться следующих правил:

- стремитесь к максимальной точности и достоверности информации;
- старайтесь указывать корректные научные термины и избегать всякого рода жаргонизмов. В случае употребления такого, дайте ему краткое и понятное пояснение;
- излагая несколько точек зрения в статье по поводу спорного вопроса, не принимайте ни одну из указанных позиций. Глоссарий - это всего лишь констатация имеющихся фактов;
- также не забывайте приводить в пример контекст, в котором может употребляться данный термин;
- при желании в глоссарий можно включить не только отдельные слова и термины, но и целые фразы.

1.6 Методические рекомендации для занятий в интерактивной форме

В учебном процессе, помимо чтения лекций и аудиторных занятий, используются интерактивные формы (тестирование, заслушивание и обсуждение подготовленных студентами практических работ и рефератов, консультации). В сочетании с внеаудиторной работой это способствует формированию и развитию профессиональных навыков обучающихся.

Интерактивное обучение представляет собой способ познания, осуществляемый в формах совместной деятельности обучающихся, т.е. все участники образовательного процесса взаимодействуют друг с другом, совместно решают поставленные проблемы, моделируют ситуации, обмениваются информацией, оценивают действие коллег и свое собственное поведение, погружаются в реальную атмосферу делового сотрудничества по разрешению проблем.

В курсе изучаемой дисциплины «Гидрогеология, инженерная геология и геокриология» часы в интерактивной форме используются в виде: устных опросов, групповых дискуссий, решения задач на лабораторных занятиях, заслушивания и обсуждения подготовленных студентами контрольных работ, докладов и рефератов по тематике дисциплины.

Тематика занятий с использованием интерактивных форм

№№ тем	Тема	Интерактивная форма	Часы, отводимые на интерактивные формы
			Лабораторные занятия
1	Введение.	Устный опрос на понимание терминов	1
2	Состав и строение подземной гидросферы.	Доклад с презентацией.	1
3	Физические свойства и химический состав подземных вод.	Защита КР №1. Групповая дискуссия	1
4	Характеристика основных типов подземных вод	Решение задач на лабораторных занятиях	1
5	Основы динамики, режима и баланса подземных вод	Защита КР №2. Групповая дискуссия	2
6	Региональные закономерности формирования подземных вод	Реферат.	2
7	Ресурсы и использование подземных вод Мурманской области.	Защита КР №3. Групповая дискуссия.	2
Всего:			10

1.7. Методические рекомендации по подготовке к зачету

Подготовка к зачету способствует закреплению, углублению и обобщению знаний, получаемых, в процессе обучения, а также применению их к решению практических задач. Готовясь к зачету, студент ликвидирует имеющиеся пробелы в знаниях, углубляет,

систематизирует и упорядочивает свои знания. На зачете обучающийся демонстрирует то, что он приобрел в процессе изучения дисциплины.

В условиях применяемой в МАГУ балльно-рейтинговой системы подготовка к зачету включает в себя самостоятельную и аудиторную работу обучающегося в течение всего периода изучения дисциплины и непосредственную подготовку в дни, предшествующие зачету по разделам и темам дисциплины.

При подготовке к зачету обучающимся целесообразно использовать не только материалы лекций, а и рекомендованные преподавателем основную и дополнительную литературу.

При подготовке к промежуточной аттестации целесообразно:

– внимательно изучить перечень вопросов и определить, в каких источниках находятся сведения, необходимые для ответа на них;

– внимательно прочитать рекомендованную литературу;

– составить краткие конспекты ответов (планы ответов).

Качество учебной работы студентов преподаватель оценивает с использованием технологической карты дисциплины, размещенной на сайте МАГУ.

1.8. Методические рекомендации по проведению групповых дискуссий

Во время проведения групповых дискуссий осуществляется разбор конкретных ситуаций, нарабатываются навыки применения теории при решении реальных геологических проблем, обсуждение наиболее актуальных разделов дисциплины. В сочетании с внеаудиторной работой это способствует формированию и развитию профессиональных навыков обучающихся. Существенная роль отводится консультациям, которые преподаватель проводит со студентами, как во время аудиторных занятий, так и во внеурочное время.

Групповая дискуссия – это особая форма занятий, представляющая собой оригинальный способ познания истины. Дискуссия реализуется, как правило, на равноправных началах в виде совместной работы и преподавателя, и обучающихся, причём приоритет отдаётся коллективу студенческой группы. Все участники образовательного процесса взаимодействуют друг с другом, совместно решают поставленные проблемы, моделируют ситуации, обмениваются информацией, оценивают действие коллег и свое собственное поведение, погружаются в реальную атмосферу делового сотрудничества по разрешению проблем.

На таких занятиях нередко используются уже проверенные многолетней практикой такие образовательные технологии и формы, как:

- лекция с элементами направляемой дискуссии, постановкой проблем, использованием электронных презентаций, методов провокации;
- мозговой штурм;
- работа в малых группах;
- демонстрация видеофильмов;
- комментирование научных статей;
- подготовка обзора научной литературы по теме;
- составление рецензии на научную работу (статью);
- комментирование ответов студентов;
- творческие задания;
- решение задач;
- анализ конкретных ситуаций;
- составление резюме;
- «круглый стол»;
- составление таблиц и схем;
- тестирование;
- ролевая игра

- встречи с учеными КНЦ РАН, обладающими высокой квалификацией.

В качестве оценочных средств контроля знаний применяются:

- контрольные вопросы;

- тесты;

- устный опрос студентов;

- промежуточная аттестация;

- решение практических задач;

- проверка конспектов и остаточных знаний студентов;

- обсуждение подготовленных студентами расчетно-графических, контрольных и курсовых работ и рефератов; разбор ошибок при их выполнении.

В курсе изучаемой дисциплины в форме групповой дискуссии заслушиваются также доклады с презентациями и рефераты по тематике дисциплины, затрагивающие актуальные проблемы в области открытия новых рудных объектов, их последующей разработки, а также обогащения руд. Самые интересные работы предлагаются для сообщения на студенческих научно-практических конференциях. При этом основной акцент делается на качественную подготовку студента к выступлению на конференции. Студент должен легко ориентироваться в обсуждаемой проблеме, грамотно высказывать и обосновывать свои суждения, профессионально владеть терминологией, осознанно применять теоретические знания. Материал доклада должен излагаться логично, грамотно и без ошибок. Студент должен демонстрировать в своём сообщении наглядную связь теории с практикой.

1.9 Методические рекомендации по выполнению курсовых работ.

Выполнение курсовой работы учебным планом не предусмотрено.

2. Планы лабораторных занятий

Ниже приводится примерный перечень тем занятий, которые будут проводиться на кафедре в лаборатории геологии.

Темы лабораторных занятий

№ занятия	Тема лабораторного занятия	Кол-во часов
1	Лабораторное определение влажности.	2
2	Лабораторное определение влагоёмкости и водоотдачи песков методом высоких колонн.	2
3	Лабораторное определение высоты и скорости капиллярного поднятия песка.	4
4	Лабораторное изучение передачи гидростатического давления капиллярной водой.	4
5	Лабораторное определение коэффициента фильтрации в условиях стационарного движения (схема Дарси).	4
6	Лабораторное определение коэффициента фильтрации в условиях нестационарного движения (схема Каменского).	4
7	Лабораторное изучение коэффициента фильтрации.	3
8	Лабораторное определение действительной скорости движения потока подземных вод.	7
9	Лабораторное изучение процесса инфильтрации.	2
Итого:		32

Лабораторные занятия

Занятие 1. Лабораторное определение влажности.

Важнейшими гидрогеологическими свойствами, определяющими отношение горной породы к находящейся и двигающейся в ней воде, являются:

- влажность;
- влагоёмкость;
- водоотдача,
- недостаток насыщения,
- капиллярность;
- водопроницаемость;
- влагопроводность.

В совокупности они характеризуют фильтрационные и ёмкостные свойства горной породы, независимо от её объёма.

Влажностью породы называют её способность содержать то или иное количество воды в порах и трещинах. Влажность измеряют в долях единицы или массовых и объёмных процентах.

На первом занятии определим влажность образца породы методом высушивания до постоянной массы. Ниже, в таблице 1 приводится форма журнала для определения влажности пород. Работа выполняется в следующем порядке.

1. Пробу массой 15-50 г помещают в заранее высушенный, взвешенный и пронумерованный стаканчик, плотно закрывают крышкой и взвешивают. Результат записывают в таблицу 1.

2. Стаканчик открывают и вместе с крышкой помещают в нагретый сушильный шкаф. Сушат до постоянной массы при $t = 105^{\circ}\text{C}$ в течение не менее 3 ч для песков, 5 ч - для остальных пород. Высушивание заканчивают при получении разности масс при двух последующих взвешиваниях не более 0,02 г. Все результаты записывают в таблицу 1. За расчетное значение принимается наименьшее.

3. Вычисляют массовую влажность по формуле (1.30):

$$\theta = 100(g_1 - g_2)/(g_2 - g_0),$$

где g_1 - масса стаканчика с влажной породой; g_2 - то же с высушенной породой; g_0 - масса стаканчика, г. Результат записывают в таблицу 1.

4. Определяют объёмную влажность по формуле ($\theta_0 = \delta\theta$). Для данного примера при $\delta = 1,4 \text{ г/см}^3$ $\theta = 30,52$ объёмных %.

Необходимое оборудование: ГОСТ 23932-79Е, стаканчик, весы лабораторные (ВЛК) или общего назначения с комплектом разновесов, сушильный шкаф, эксикатор, шпатель, испытуемые образцы пород.

Журнал для определения влажности пород

Таблица 1

Номер стаканчика	Масса стаканчика g_0 , г	Масса стаканчика с влажной породой g_1 , г	Масса стаканчика с высушенной породой g_2 , г	Разность $q_2' - q_2''$	Влажность, % [по формуле (1.30)]
37	20,2	26,85	25,78	0,1	21,8
			25,68	0,02	
			25,66		

Все полученные данные заносятся в журнал (см. Таблицу 1).

Занятие 2. Лабораторное определение влагоёмкости и водоотдачи песков методом высоких колонн.

Максимальная молекулярная влагоёмкость $\theta_{\text{мм}}$ - это максимальное количество физически связанной воды, удерживаемое породой молекулярными силами. Глины, суглинки могут удерживать воду сверх этого количества коллоидно-сорбционными и

другими связями. В последнем случае влагоемкость называется наименьшей или полевой. Средние значения максимальной молекулярной влагоемкости ($\theta_{\text{мм}}$) и наименьшей влагоемкости ($\theta_{\text{нв}}$) соответственно равны (массовые %): песок 3-5; супесь 10-12; суглинки 10-22; глины 12-25 и более. Максимальная молекулярная влагоемкость ($\theta_{\text{мм}}$), таким образом, зависит от состава породы, а также от удельной поверхности слагающих ее частиц и для данной породы является величиной постоянной. Величины $\theta_{\text{мм}}$ и $\theta_{\text{нв}}$ характеризуют влажность перехода физически связанной воды в свободную. Вся влага, содержащаяся в породе сверх этого количества, является свободной гравитационной и может быть получена из породы путем свободного ее вытекания.

Капиллярная влагоемкость ($\theta_{\text{к}}$) – это максимальное количество воды, удерживаемое в породе капиллярными силами. Величину этой влагоемкости определяют в лаборатории на специальных приборах – *капилляриметрах* или путем нахождения кривой распределения влаги в высокой колонне, заполненной испытуемой породой.

Полная влагоемкость ($\theta_{\text{п}}$) – это максимальное содержание в породе воды при заполнении ею всех пор и трещин. Она равна пористости для невлагоемких пород (например, песков), может быть больше пористости для влагоемких пород за счет их набухания (например, шлины, торф) и меньше пористости при наличии в порах заземленного воздуха. Величина ($\theta_{\text{п}}$) зависит от механического и минерального состава породы, от структуры ее порового пространства.

В полевых условиях обычно эти виды влагоемкости определяют методом налива воды в большой монолит, вырезанный в дне специального шурфа, и насыщаемого затем водой по схеме высоких колонн.

В лаборатории максимальную молекулярную, капиллярную и полную влагоемкости песков, а также величину водоотдачи и высоту капиллярного поднятия определяют следующим путем (см. рисунок 1).

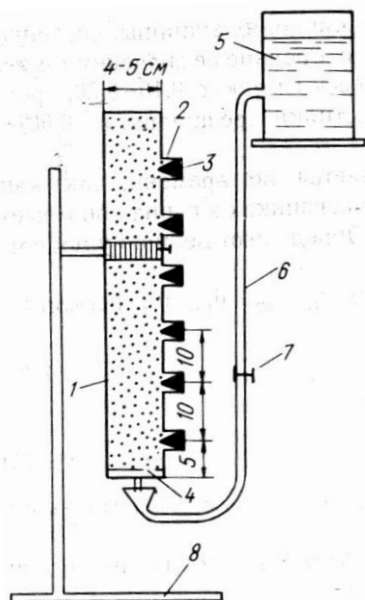


Рисунок 1. Схема прибора для определения влагоемкости методом высокая колонна:

1 – стеклянная трубка с песком; 2 – отрезки; 3 – резиновые пробки; 4 – сетка; 5 – сосуд с с водой; 6 – резиновый шланг; 7 – зажим; 8 – штатив

1. В стеклянный цилиндр с боковыми отверстиями, закрытыми резиновыми пробками, и нижним концом, закрытым сеткой, насыпают и слегка уплотняют трамбовкой испытуемый песок. Высота столба песка должна быть больше высоты капиллярного поднятия.

2. Насыщают песок снизу водой, поднимая постепенно напорный бачок до появления сверху песка тонкой пленки воды.

3. Сняв резиновую трубку, дают воде свободно стечь в течение минимум нескольких часов. Убедившись, что стекание воды практически закончилось, с интервалом 2-3 ч измеряют линейкой высоту влажного песка. Затем нижний конец стеклянной колонны на 0,5 см погружают в стеклянную банку и, выдержав так в течение 2-3 ч, повторяют измерение. Одинаковые результаты измерений свидетельствуют об окончании опыта. Полученные данные записывают в журнал. Найденная измерением высота влажного песка характеризует высоту капиллярного поднятия.

4. Открывают боковые отростки, отбирают через них в бюкс шпателем образцы песка, стараясь не отжимать воду из образца, и определяют влажность, как указано в первом занятии. Все данные опыта записывают в журнал (см. таблицу 1 на занятии 1).

5. Строят на миллиметровке эпюру распределения влажности по высоте колонны, для чего на оси абсцисс откладывают полученные значения влажностей, а на оси ординат - высоту точки опробования 9см. рисунок 2). Выделяют на эпюре зоны с постоянной, переменной и наибольшей влажностью. Влажность первой зоны отвечает максимальной молекулярной влагоемкости, второй – характеризует изменение капиллярной влагоемкости в зоне сформировавшейся в процессе опыта капиллярной каймы, третьей – отвечает полной влагоемкости.

6. Проведя на эпюре вертикальную линию, отвечающую полной влагоемкости, выделяют, согласно рисунка 2, зону, показывающую как изменяется величина водоотдачи по высоте колонны. Вычисляют значение μ по формуле $\mu = \theta_{II} - \theta_{MM}$, где θ_{II} - максимальное содержание в породе воды при заполнении ею всех пор и трещин, а μ – коэффициент гравитационной водоотдачи.

Высота и форма эпюры распределения влажности в капиллярной зоне и по всей зоне аэрации зависят от состава пород и строения зоны аэрации.

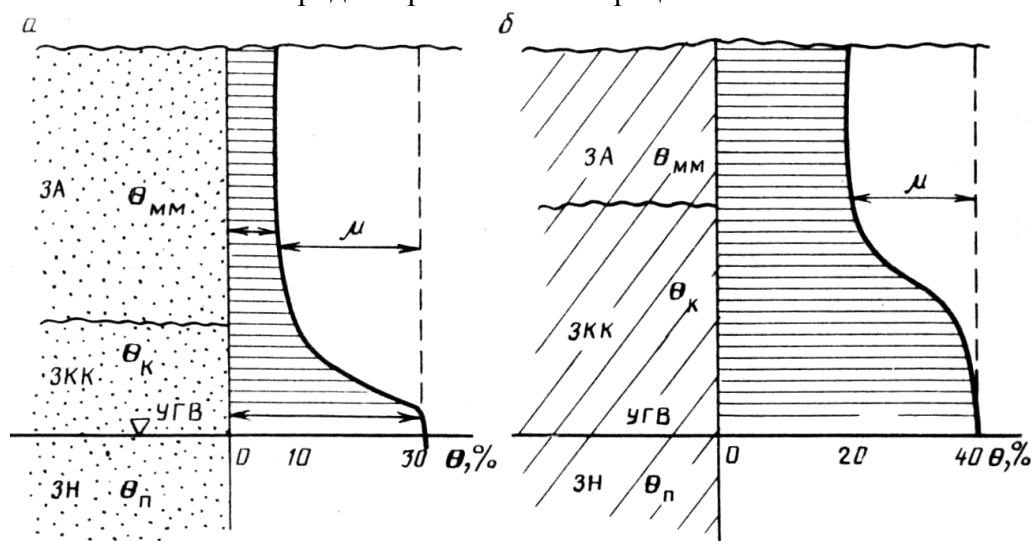


Рисунок 2. Эпюры распределения влажности в по разрезу зоны аэрации, сложенному песками (а) и суглинками (б). По И.К. Гавич. μ – гравитационная отдача.

Необходимое оборудование: прибор, чашка для воды, бюксы, сушильный шкаф, трамбовка, эксикатор, шпатель и др.

Занятие 3.. Лабораторное определение высоты и скорости капиллярного поднятия песка

В ходе работы визуальным наблюдением определяют высоту h_k и скорость u_k капиллярного поднятия для песков мелко-, средне- и крупнозернистых. Для каждой разности песка собирают прибор, как показано на рисунке 1.13, а.

1. В стеклянную трубку высотой не менее 1 м и диаметром 3-4 см, предварительно обвязанную с одного конца марлей, насыпают небольшими порциями песок с легкой трамбовкой резиновым пестиком. Мелким песком заполняют трубку практически

полностью, средним – на высоту не менее 0,75 м, крупным – на 0,4 м. На трубке должна быть наклеена шкала из миллиметровой бумаги или нанесена специальным карандашом.

2. Конец трубки, укрепленной на штативе, погружают в чашку с водой на глубину 1-2 см и, заметив время, записывают начало опыта в журнал (см. таблицу 1.5). Уровень воды в чашке поддерживают постоянным, подливая в нее воду.

3. Наблюдают по окраске песка за скоростью и высотой подъема воды капиллярными силами. Для этого через принятые интервалы времени на всех трех трубках одновременно измеряют, пользуясь шкалой, высоту, а по часам устанавливают время подъема. Результаты записывают в табл. 1.6 (форма таблицы приведена в лабораторном занятии 5). Рекомендуется в течение первых 15 мин отсчеты брать через 1-5 мин, затем через 15 мин в течение первого часа, в течение второго – через 30 мин и далее через 1-5 ч до практически полной стабилизации уровня.

4. По данным измерений на миллиметровой бумаге строят в процессе опыта графики $h_{ki} = f(t)$ и $u_{ki} = f(t)$ изменения высоты и скорости капиллярного подъема от времени. Когда кривая $h_{ki} = f(t)$ станет практически параллельной оси времени, опыт заканчивается; на оси ординат определяют высоту капиллярного поднятия h_{ki} .

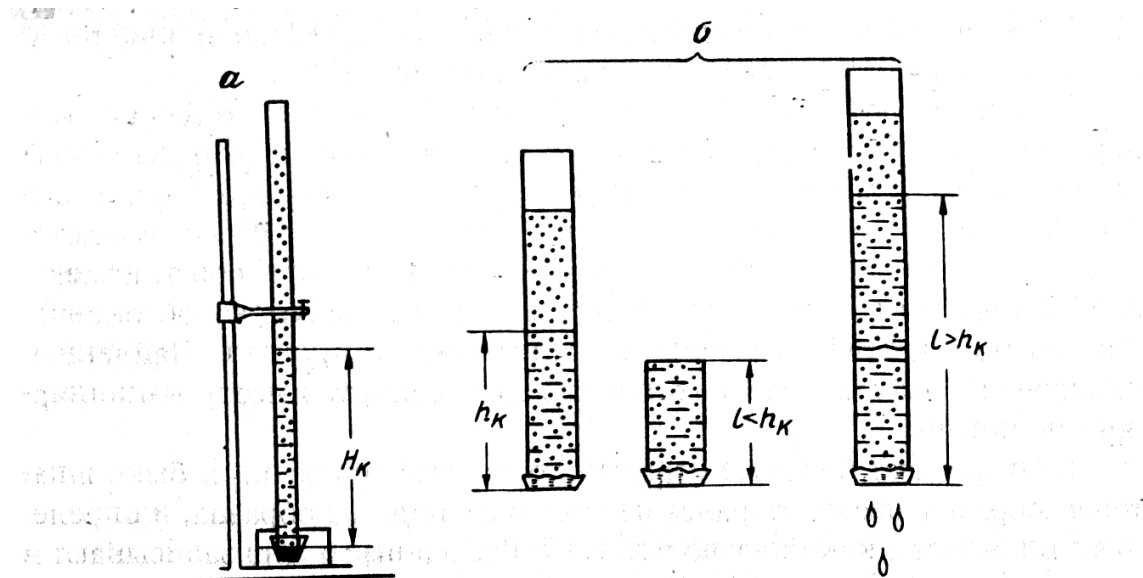


Рис. 1.13. Схемы приборов для визуального изучения капиллярных свойств песков (по Г.Н. Каменскому)

Таблица 1.5

Журнал для определения высоты и скорости капиллярного поднятия

Номер опыта	Испытуемая порода	Дата и время от начала опыта	Время подъема t , мин	Высота подъема h_{ki} , см	Скорость подъема u_{ki} , см/мин
1	Песок мелко-зернистый	12/Х-90 11 ч; 11 ч 02 мин	2	6	3,0

5. Для каждого измеренного промежуточного значения высоты и скорости u_{ki} капиллярного поднятия расчетом определяют скорость капиллярного поднятия u_{ki} по формуле

$$u_{ki} = k_B / n = (h_k - h) / h$$

и строят кривую $u_k = f(t)$. Предварительно при известном значении начальной (до опыта) влажности θ_e песка необходимо вычислить по формуле $k_{10} = k/\tau$ коэффициент влагопроводности k_B и определить пористость n песка насыщением.

Где τ – температурная поправка, равная $0,7 + 0,03T, ^\circ\text{C}$, (T – температура воды при опыте).

После этого сравнивают экспериментальную кривую с расчетной кривой u_{ki} .

Необходимое оборудование: стеклянные трубки, штативы, марля, резиновый пестик, секундомер, чашки, колба с водой.

Занятие 4. Лабораторное изучение передачи гидростатического давления капиллярной водой.

Работа выполняется в следующем порядке:

1. Берем стеклянную трубку длиной 1 м, заполняем её испытуемым песком, предварительно обвязав нижний конец трубки марлей. Укрепляем трубку на штативе и, наливая в нее воду сверху, насыщаем песок водой до появления капель снизу.

2. Затем подачу воды прекращают и дают ей стечь. Отмечают момент, когда вода перестает стекать. Измеряют высоту капиллярного поднятия и сравнивают с результатом, полученным эталонным значением (если использовался тот же песок).

3. Описывают полученное распределение влажностей по высоте трубки, называют примерные их числовые значения, строят типовую эпюру распределения влажности.

4. После этого берут короткую стеклянную трубку высотой 10 см того же диаметра (см. рис. 1.13, б, приведенный в лабораторной работе 3,). Обвязывают нижний конец марлей, заполняют тем же песком доверху и насыщают песок водой, погрузив трубку в высокий стакан с водой.

5. Вынув трубку из стакана с водой, объясняют, почему вода не вытекает из трубки. Присоединяют трубку к нижнему концу высокой трубки. Выясняют: почему с нижнего конца короткой трубки наблюдается некоторое время отрыв капель (см. рис. 1.13, б, приведенный в лабораторной работе 3).

6. Затем отсоединяют короткую трубку и, взяв бюретку с водой, подкрашенной марганцовистокислым калием, приливают в нее несколько капель. Снизу немедленно отрывается столько же капель неокрашенной воды. Объясняют, что произошло. Все этапы опыта работы зарисовывают и описывают в лабораторной тетради.

Необходимое оборудование: две стеклянные трубки, штатив, стакан и колба с водой, бюретка, кристаллики марганцовистокислого калия, миллиметровка, линейка.

Занятие 5. Лабораторное определение коэффициента фильтрации в условиях стационарного движения (схема Дарси).

Согласно ГОСТу 25584-83, определение коэффициента фильтрации в условиях стационарного движения выполняется на серийном приборе КФ-ООМ, который работает по схеме Дарси (см. рис. 1.14, а). Расчет коэффициента фильтрации ведут по формуле

$$k = Ql / F\Delta H$$

В состав прибора КФ-ООМ входят (рис. 1.14): фильтрационная трубка, состоящая из прямого полого цилиндра диаметром 56,5 мм и высотой 100 мм. Она имеет заостренные края, с перфорированным дном, с отверстиями размером 2 x 2 мм и муфту с латунными сетками, мерного стеклянного баллона объемом 140 см³ и высотой 110-115 мм со шкалой, по которой измеряется объем фильтрующей воды. Телескопическое приспособление для насыщения образца породы водой и регулирования градиента напора состоит из подставки,

подъемного винта, планки со шкалой градиентов напора от 0 до 1 с ценой деления 0,02. Корпус прибора в нерабочем состоянии закрывается крышкой.

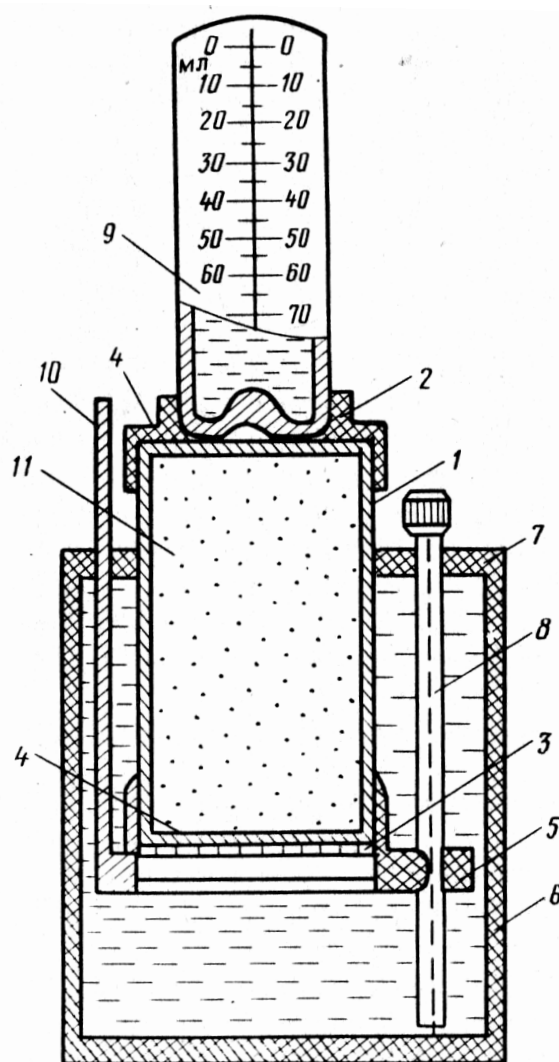


Рис. 1.14. Прибор КФ-ООМ:

1 – цилиндр; 2 – муфта; 3 – перфорированное дно; 4 – латунная сетка; 5 – подставка; 6 – корпус; 7 – крышка; 8 – подъемный винт; 9 – стеклянный баллон со шкалой объема фильтрующей жидкости; 10 – планка со шкалой градиентов напора; 11 – испытываемый образец породы.

1. Заполняют цилиндр испытываемым песком: для этого на цилиндр надевают дно с латунной сеткой, покрытой кружком марли, и устанавливают его на подставку, на уровне которой находится вода, предварительно налитая во внешний корпус; затем последовательно заполняют цилиндр порциями песка толщиной 1-2 см, слегка уплотняя каждый слой трамбовкой. Лопаточкой зачищают поверхность образца вровень с краями цилиндра, надевают муфту с латунной сеткой. Необходимо следить, чтобы на поверхности сетки была вода. Для этого доливают в корпус воду так, чтобы ее излишек стекал на поднос, где установлен прибор.

2. Заполняют мерный стеклянный баллон водой; закрыв пальцем его отверстие, переворачивают отверстием вниз. Подносят возможно ближе к цилиндру с песком и, отняв палец, быстро вставляют в муфту фильтрационной трубки так, чтобы горлышко баллона соприкасалось с латунной сеткой.

3. Вращением подъемного винта перемещают цилиндр с песком до совмещения принятого градиента напора по шкале планки с верхним краем крышки корпуса и доливают воду в корпус до верхнего его края. Таким образом, поддерживается все время постоянный уровень воды, а следовательно, и напорный градиент. В процессе опыта при фильтрации уровень воды понижается и отрывается от поверхности образца. В это время в баллон поступает порция воздуха и выжимает из него некоторое количество воды, уровень возвращается на прежнюю отметку. Равномерное поступление мелких пузырьков воздуха в баллон свидетельствует о нормальном ходе опыта. Если в мерный баллон прорываются крупные пузырьки, то его необходимо опустить ниже и прижать плотнее к сетке.

4. Когда уровень воды достигнет какого-либо целого деления шкалы мерного баллона, фиксируют время и принимают его за начало фильтрации, пускают секундомер. По шкале отмечают объем профильтровавшейся воды за принятый интервал времени. Расход Q определяют как объем профильтровавшейся воды v отнесенный к интервалу времени t . При данном напорном градиенте производят три-четыре отчета объемов, но не менее 10 см^3 каждый. По формуле

$$k = Q / F \Delta H$$

вычисляют коэффициент фильтрации k . Все данные записывают в журнал (табл. 1.6).

Таблица 1.6

Журнал лабораторного определения коэффициента фильтрации

Дата проведения опыта	Объем профильтровавшейся воды			Время фильтрации $t, \text{с}$	Расход $Q = \Delta V / t, \text{см}$	Градиент напора I	Площадь образца $F, \text{см}^2$	$k_t, \text{см/с}$	$t, \text{°C}$	Поправка τ	$k_0, \text{м/с}$
	$V_{1,3}, \text{см}^3$	$V_{2,3}, \text{см}^3$	$\Delta V = V_2 - V_3, \text{см}^3$								
5.XI	30	40	10	30	0,33	0,7	25	0,018	20	1,3	11,2

5. В начале и конце опыта измеряют температуру фильтрующейся воды и средний результат заносят в журнал; согласно формуле $k_{10} = k / \tau$ вычисляют поправку τ и величину k_{10} .

6. Опыт повторяют при трех значениях напорного градиента, постепенно их увеличивая от 0,3 до 1,0, а потом возвращаются к первоначальным значениям.

Необходимое оборудование: прибор КФ-ООМ или КФ-01, термометр, секундомер, поддон, колба с водой, образец породы, трамбовка.

Занятие 6. Лабораторное определение коэффициента фильтрации в условиях нестационарного движения (схема Каменского)

Опыт построен на том, что скорость снижения уровня воды в приборе равна скорости фильтрации воды через образец постоянного поперечного сечения. Расчет коэффициента фильтрации по результатам опыта выполняется по формуле и с использованием табл. 1.7.

$$k = \frac{l}{t} \ln \frac{h_0}{h_0 - \Delta h} = \frac{l}{t} \varphi \left(\frac{\Delta h}{h_0} \right); \quad (1.26)$$

где l – длина образца песка; $\varphi (\Delta h/h_0)$ – функция, определяемая по табл. 1.3; h_0 – начальный напор; Δh – снижение уровня за время t . Впервые такой принцип, теоретическое обоснование формулы (1.26) и сам прибор были предложены в 1930 г. Г.Н. Каменским, поэтому схема любого лабораторного или полевого опыта, построенного по этому принципу, носит название "схемы Каменского".

Таблица 1.7

Журнал опыта в трубке Каменского

Дата (номер опыта)	Длина образ- ца l , см	На- чаль- ный напор h_0 , см	Пони- жение уров- ня S , см	Время сниже- ния t , с	S/h_0	$\varphi (S/h_0)$	k_t , см/с	Темпе- ратура воды T , °C	τ	k_{10}	
										см/с	м/сут
5/Х (1) –	10,5	22	4	53	0,182	0,196	0,04	10	1	0,04	34,5

Прибор Каменского представляет собой стеклянную трубку длиной 20-23 см, диаметром 3-4 см со шкалой, где ноль расположен в 1-2 см от верхнего края трубки, а последнее деление шкалы совпадает с нижним концом трубки, обвязанным марлей или сеткой, в которую помещают испытуемый песок. При испытании мелкозернистого песка трубку укрепляют на штативе над стеклянной батарейной банкой, и вода свободно вытекает через ее нижний конец (см. ниже рисунок 1.11, б). При испытании крупнозернистого песка с целью уменьшения скорости фильтрации трубку ставят на дно батарейной банки, а последнюю помещают на поддон, куда и стекает в процессе опыта переливающаяся из батарейной банки вода.

1. Подготавливают прибор к опыту: в батарейную банку наливают немного воды и погружают в нее нижний конец трубки, предварительно обвязанный марлей или сеткой. Насыпав на дно трубки буферный слой гравия (1 см), загружают ее послойно испытуемым песком, слегка утрамбовав его. Постепенно насыщают песок водой снизу вверх на высоту 10 см. Уровень воды в батарейной банке постепенно повышают, подливая в нее воду. После заполнения трубки песком на требуемую высоту и создания буферного слоя устанавливают в батарейной банке уровень воды на 1-2 см выше уровня песка, ждут момента, когда уровни сравняются.

2. Если испытывают мелко- или среднезернистый песок, то заполняют трубку водой доверху и, быстро подняв ее на уровень глаз, наблюдают за скоростью снижения уровня воды в ней. Засекают секундомером момент прохождения мениском нуля (начало фильтрации, что отвечает величине H_0) и затем фиксируют несколько (два-три) положений мениска по шкале (что отвечает величине 5), определяя интервал времени для каждого I (секунд или минут). При проведении опыта с крупнозернистым песком трубку оставляют в банке, устанавливают банку на поддон и, долив водой доверху батарейную банку и трубку, наблюдают за снижением уровня воды в трубке. Все данные записывают в журнал опыта (см. табл. 1.7).

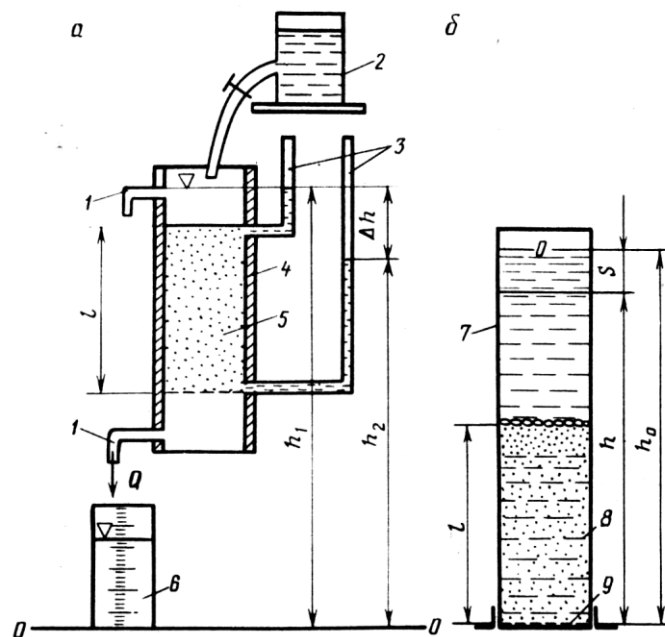


Рис. 1.11. Принципиальные схемы приборов для определения коэффициента фильтрации в условиях установившегося (а) – схема Дарси – и неустановившегося (б) – схема Каменского – движения:
 1 – сливные трубки; 2 – напорный бачок; 3 – пьезометрические трубки; 4 – рабочий цилиндр; 5 – испытуемый образец; 6 – мерный сосуд; 7 – стеклянная трубка с мерной шкалой; 8 – испытуемый песок; 9 – поддон для слива воды

3. Измеряют температуру фильтрующейся воды и находят температурную поправку τ [см. формулу $k_{10}=k/\tau$ Записывают ее в журнал (см. табл. 1.7).

4. Рассчитывают значение коэффициента фильтрации по формуле (1.26), для чего вычисляют величину S/h_0 , находят по табл. 1.3 значение функции $\varphi(S/h_0)$ и определяют k_t . Затем, используя поправку τ , вычисляют расчетные значения коэффициента фильтрации k_{10} по формуле $k_B=k\theta^n$ и находят среднее его значение по результатам нескольких измерений S . Все данные записывают в табл. 1.7.

5. Для контроля опыт повторяют несколько раз, изменяя либо величину S , либо интервал отсчета t . Окончательный результат принимают как среднее из всех данных опыта.

Необходимое оборудование: стеклянная трубка, батарейная банка, штатив, поддон, марля, секундомер, бутылка с водой.

Лабораторные работы 7, 8 и 9 студенты должны выполнить самостоятельно, используя литературный первоисточник: *Гавич, Л.В. Практикум по гидрогеологии / Л.В. Гавич, Л.В. Жемерикина, А.М. Крысенко. Д.М. Чумакова. – М.: Недра, 1995. – 255 с.*

Материал для выполнения Занятия 7 Лабораторное изучение коэффициента фильтрации находится на стр. 47 (см. раздел «Обработка лабораторных данных»). Для Занятия 8. Лабораторное определение действительной скорости движения потока подземных вод - на стр. 57. Для Занятие 9. Лабораторное изучение процесса инфильтрации - на стр. 58 вышеуказанного учебного пособия.