

**Яковлева Н.В., Фролова Г.П.**

**Методические рекомендации к практическим работам по  
дисциплине «Геология»  
для направления «Строительство»**

**Бишкек 2020**

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ КЫРГЫЗСКОЙ  
РЕСПУБЛИКИ**

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования**

**КЫРГЫЗСКО-РОССИЙСКИЙ СЛАВЯНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**Факультет Архитектуры, дизайна и строительства**

**Кафедра водных ресурсов и инженерных дисциплин**

**Методические рекомендации к практическим работам по  
дисциплине «Геология»  
для направления «Строительство»**

Составители: Яковлева Н.В.

Фролова Г.П.

Бишкек 2020

УДК 624.131.1

Рекомендованы к изданию кафедрой  
Водных ресурсов и инженерных дисциплин

**Составители: Яковлева Н.В., Фролова Г.П.**

Я..... МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ к проведению практических занятий по дисциплине «Геология» для студентов бакалавриата направления 270100 «Строительство». Бишкек: КРСУ, 2020. 120 с.

Приведены задания для практических работ, исходные данные для их выполнения; изложен порядок выполнения с учетом проведения занятий онлайн.

Предназначены для студентов направления «Строительство, а также могут быть полезны для студентов направления «Природообустройство и водопользование» при изучении дисциплины «Гидрогеология и основы геологии»

КРСУ, 2020



## СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие .....	5
Практическая работа № 1. Минералы и горные породы.....	6
Практическая работа № 2. Определение и описание породообразующих минералов и горных пород по образцам .....	14
Практическая работа № 3. Геологические разрезы и чтение с их помощью карт .....	17
Практическая работа 4. Построение гидрогеологического разреза по обнажениям .....	56
Практическая работа № 5. Построение графиков гранулометрического состава грунта. Расчет коэффициента фильтрации .....	71
Практическая работа № 6. Решение инженерных задач по карте гидроизогипс .....	89
Практическая работа № 7. Решение задач .....	109
Литература .....	137

## Предисловие

В методических рекомендациях рассмотрены практические работы с заданиями, по основным темам дисциплины «Геология», также справочные материалы, необходимые для выполнения практических работ.

Перед выполнением практической работы преподавателем проводится вступительная беседа по теме предстоящего занятия. После этого выдается задание и объясняется методика его выполнения согласно данным методическим рекомендациям. После выдачи наглядных пособий и принадлежностей, а также ответов на вопросы, студенты приступают к выполнению задания.

Особое внимание на практических занятиях по дисциплине уделяется работе с топографическими и геологическими картами, схемами и разрезами. Они дают наглядное представление о связи рельефа с геологическим строением земной коры и позволяют приобрести навыки практической работы. Зарисовки выполняются на листах белой бумаги формата А4 или А3. Построения профилей и литологических колонок выполняется на листах миллиметровой бумаги. Все работы выполняются простыми карандашами различной жесткости. Изображения должны быть чёткими, контурными. У каждого рисунка указывается название. Все подписи к рисункам и схемам делаются простым карандашом. Надписи должны быть полными, без сокращений.

## **Практическая работа № 1.**

### **Минералы и горные породы**

Занятие посвящено изучению свойств минералов и горных пород. Для облегчения выполнения заданий приводятся таблицы с характеристикой и свойствами пород. По заданию преподавателя каждому студенту будет предложено найти фото нескольких минералов и горных пород на сайтах, посвященных геологии.

#### **Задание:**

**1. Дайте характеристику указанных ниже минералов. В состав каких горных пород они могут входить? Приведите примеры.**

*Варианты:* роговая обманка, кальцит;

полевошпатовый шпат, кварц;

биотит, гипс;

кальцит, полевошпатовый шпат.

**2. Укажите происхождение, минеральный состав, структуру, текстуру горных пород, отметьте их основные свойства.**

*Варианты:* гранит, песчаник;

глина, мрамор;

конгломерат, габбро

песок, кварцит.

**3. Как классифицируются перечисленные ниже горные породы по происхождению и содержанию кремниевой кислоты? Дайте описание одной из пород. В чем сходство и различие пород?**

*Варианты:* диорит, пегматит, пемза;

габбро, базальт, порфир;

диабаз, гранит, обсидиан.

**4. Назовите магматическую горную породу указанного генетического типа и дайте ее характеристику.**

*Варианты:* глубинная кислая;

глубинная средняя;

излившаяся основная;

глубинная основная.

**5. В результате цементации каких рыхлых или связных отложений образовались перечисленные ниже горные породы? Укажите преобладающие размеры и формы обломков или частиц, возможный минеральный состав, структуру, текстуру.**

*Варианты:* брекчия, алевролит;

конгломерат, аргиллит;

песчаник, известняк-ракушечник.

**6. Для каких генетических типов горных пород характерна слоистость, для каких массивность? Что означают эти термины? Приведите примеры.**

**7. Выделите растворимые в воде минералы из числа ниже перечисленных минералов. Расположите их в порядке возрастания растворимости.**

*Варианты:* доломит, кальцит, ангидрит, галит;

кварц, пирит, галит, кальцит;

полевошпат, галит, кальцит, гипс

При ответе на вопросы заданий используйте данные табл. 1, 2, 3.

Таблица 1 – Минералы

№ п/п	Наименование, химический состав	Твердость	Блеск	Цвет	Черта (цвет)	Спайность	Другие отличительные признаки и особенности. Разновидности. Групповое название
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>САМОРОДНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ</b>							
1	Графит	1	Металло-видный, жирный	Темно-серый до черного	Серовато-чёрная, блестящая	Совершенная	Жирный на ощупь, пачкает руки, пишет на бумаге. Снижает трение в породах
2	Сера	1...2	Жирный	Желтый, соломенно-желтый и других оттенков	Светло-желтая	Отсутствует	Излом раковистый, запах серы
<b>ОКСИДЫ</b>							
3	Гематит	5,5...6,5	Металлический	От красно-бурого до черного	Вишнево-красная, бурая	Отсутствует	Используется как краситель
4	Кварц	7	Стекланный, жирный	Белый, бесцветный, дымчатый	Нет	Отсутствует	Излом раковистый, прозрачный – горный хрусталь; фиолетовый – аметист

1	2	3	4	5	6	7	8
5	Лимонит	1...5	Матовый	Ржаво-желтый, бурый	Желто-бурая	Отсутствует	Используется как краситель. Встречаются рыхлые и плотные разновидности
	Корунд	9	Стеклянный	Синий, бурый	Нет	Отсутствует	–
7	Опал	5,5	Жирный, стеклянный	Белый, желтый бурый и др.	Нет	Отсутствует	Излом раковистый, аморфный
<b>СОЛИ</b>							
8	Ангидрит	3...3,5	Стеклянный, перламутровый	Белый, серый, розовый	Белая	Совершенная	Из группы сульфатов
9	Апатит	5	Стеклянный, жирный	Бесцветный, зеленоватый	Белая	Несовершенная	Встречается в виде зернистых сахаровидных масс или кристаллов
10	Галит	2	Стеклянный	Белый, бесцветный	Белая	Весьма совершенная	Вкус соленый. Из группы галоидов
11	Гипс	2	Стеклянный, перламутровый	Белый, серый, голубоватый	Белая	Весьма совершенная	Из группы сульфатов. Разновидности: волокнистый гипс, занозистый, мелкозернистый, пластинчатый
12	Доломит	3,5...4	Стеклянный, перламутровый	Белый, желтый, черный	Белая, желтая	Совершенная	Из группы карбонатов

1	2	3	4	5	6	7	8
13	Кальцит	3	Стеклянный	Белый, серый, бесцветный	Белая	Совершенная	Из группы карбонатов. Вскипает от HCl
<b>СУЛЬФИДЫ</b>							
14	Пирит (серный колчедан)	6...6,5	Металлический	Латунно-желтый, золотистый	Черная	Отсутствует	Группа сульфидов. Излом неровный
<b>СИЛИКАТЫ</b>							
15	Биотит	2...3	Стеклянный	Черный, бурый	Белая, зеленоватая	Весьма совершенная	Относится к слюдам. От мусковита отличается цветом
16	Мусковит	2...3	Стеклянный, перламутровый	Белый, бесцветный	Белая	Весьма совершенная	Слюда. От биотита отличается цветом
17	Монтмориллонит	1	Матовый	Белый, серый, розовый	Светлая	Совершенная у чешуек	Сильно набухает при увлажнении
18	Оливин	6,5...7	Стеклянный	Бурый, желтовато-зеленый	Нет	Несовершенная	Излом неровный, раковистый

Продолжение табл. 1							
1	2	3	4	5	6	7	8
19	Полевой шпат (ортоклаз, плагиоклаз)	6	Стеклянный	Серый, от белого до черного	Белая	Совершенная	Разновидности: альбит – белый, розовый; лабрадор – темно-серый; анортит – серый, белый
20	Роговая обманка	5,5...6	Стеклянный, шелковистый	Черный, темно-зеленый	Зеленая, бурая	Совершенная	Встречается в виде длинных призматических кристаллов или сплошных масс игольчатого строения
21	Тальк	1	Жирный, перламутровый	Белый, зеленый	Белая	Весьма совершенная	Жирный на ощупь. Часто представлен микрокристаллической массой

Таблица 2 - Шкала твердости минералов Мооса

Твердость	Минерал	Твердость	Минерал
1	Тальк	6	Полевой шпат
2	Гипс	7	Кварц
3	Кальцит	8	Топаз
4	Флюорит	9	Корунд
5	Апатит	10	Алмаз

Таблица 3 – Описание главнейших магматических пород

Классы пород	Наименование породы	Цвет	Структура	Текстура	Минеральный состав и другие признаки
1	2	3	4	5	6
Глубинная кислая	Гранит	Серый, розовый, красный	Крупно-, средне- или мелко-зернистая	Массивная	Полевые шпаты, кварц, слюды, роговая обманка
Излившаяся кислая	Липарит	Светло-серый, белый, желтый и др.	Порфировая	Плотная, массивная и пористая	Излившийся аналог гранита. Вкрапления на фоне микрокристаллической массы. Кварц, полевой шпат, реже цветные минералы
Глубинная ультракислая	Пегматит	Серо-белый, розовый	Крупнокристаллическая	Массивная	Полевой шпат и кварц прорастают друг в друга
Излившаяся кислая	Обсидиан	Черный, коричневый, бурый, зеленоватый	Стекловатая	Массивная, плотная	Аналог гранита, реже сиенита, диорита
Глубинная средняя	Сиенит	Светло-серый, белый, розовый	Крупнозернистая	Массивная	Полевые шпаты, биотит, роговая обманка, авгит
Глубинная средняя	Диорит	Темно-серый часто с зеленоватым оттенком	Крупно-, средне и мелкозернистая	Массивная	Полевые шпаты, роговая обманка, биотит, авгит

Излившаяся средняя	Андезит	Светло-серый, бурый, коричневый, черный	Порфировая	Плотная или пористая	Излившийся аналог диорита. Шероховатый на ощупь
--------------------	---------	---	------------	----------------------	---

Продолжение табл. 3					
1	2	3	4	5	6
Излившаяся средняя	Порфирит	Темно-серый, серый, черный	Порфировидная	Массивная, пятнистая	Аналог диорита. На фоне плотной основной массы видны порфировидные выделения плагиоклаза
Глубинная основная	Габбро	Темный до черного, зеленоватый	Крупно- и среднезернистая	Массивная	Лабрадор, анортит, оливин, роговая обманка
Излившаяся основная	Базальт	Темно-серый до черного, зеленоватый	Скрытокристаллическая	Массивная, пористая, пузырчатая	Аналог габбро. Шероховатый на ощупь
Древняя излившаяся	Диабаз	Темно-серый, темно-зеленый, черный	Мелкозернистая	Массивная	Аналог габбро. Похож на базальт. Видны отдельные кристаллы
Глубинная ультраосновная	Пироксенит	Черный	Крупно- и среднезернистая	Массивная	Авгит и др.
Глубинная ультраосновная	Перидотит	Черный	Средне-, мелко- и крупнозернистая	Массивная	Авгит
Глубинная ультраосновная	Дунит	Темно-зеленый, черный	Средне-, мелко-равномернозернистая	Массивная	Оливин, авгит, магнетит

## **Практическая работа № 2.**

### **Определение и описание породообразующих минералов и горных пород по образцам**

На кафедре ВР и ИД в наличии имеется коллекция образцов минералов и горных пород. Все образцы пронумерованы и составлена таблица с их названиями. Каждому студенту необходимо ознакомиться с коллекцией и научиться составлять описание образцов, используя упрощенный «Определитель породообразующих минералов и горных пород» (имеется на кафедре), включающий лишь главнейшие породообразующие минералы. **Задание** состоит из двух частей.

#### **1. Составление описания минералов**

В настоящее время известно свыше 3000 минералов, из них только несколько десятков широко встречаются в земной коре и участвуют в образовании распространенных горных пород. Последние минералы называются породообразующими, остальные процессорными.

Минералы подразделяют по структуре 1) крупнозернистые >5 мм, 2) среднезернистые 2...5 мм, 3) мелкозернистые 0,5...2 мм, 4) скрытозернистые менее 0,5 мм.

По форме, а) друзы; (как щетка по форме), б) конкреции (шарообразные), в) оолиты (оол – горох от греч.) в виде спрессованного гороха, д) дендриты (дендриты льда растут на окне).



В соответствии с методикой, предлагаемой в методическом материале «Определитель породообразующих минералов», студенту предлагается составить описание одного, двух минералов, входящих в следующие группы:

- I. Самородные минералы: Медь, Золото, Графит, Сера.
- II. Сульфиды: Галенит, Пирит, Халькопирит, Киноварь.
- III. Галоиды: Галит, Сильвин.
- IV. Окислы и гидроокислы: Кварц, Магнетит, Гематит, Лимонит.
- V. Карбонаты: Кальцит, Доломит, Сидерит.
- VI. Фосфаты: Апатит, Фосфорит.
- VII. Сульфаты: Ангидрид, Гипс.
- VIII. Силикаты и алюмосиликаты: Оливин, Мусковит, Биотит, Тальк, Серпентин, Каолин, Микроклин, Полевые шпаты (калиевые, кальциевые, натриевые).
- IX. Органические: Янтарь, Угли, Нефть.

*Пример описания.*

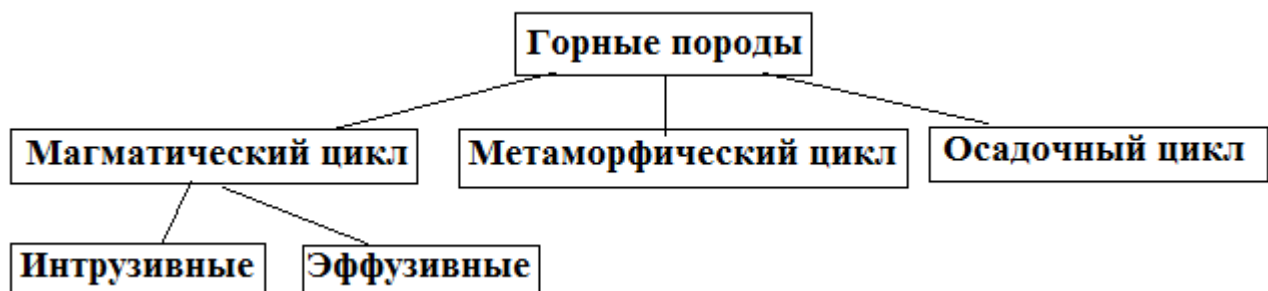
Золото – самородный минерал, химическая формула  $Au$ , латуно-желтого цвета, блеск металлический, не окисляется. Спайности нет. Твердость 3-4 по шкале Мооса. Встречается в виде самородка или крупинок. Черта у золота золотисто-желтая.

## 2. Составление описания горных пород

**Горные породы** – природные агрегаты, состоящие из одного или нескольких минералов.

Те, из которых в основном состоят горные породы – породообразующие, а которые просто присутствуют, сопутствующие – сорные, процессорные.

Горные породы по условиям происхождения делятся на три класса: магматические (изверженные), осадочные и метаморфические. Магматические и метаморфические горные породы слагают около 90% объёма земной коры, остальные 10% приходятся на долю осадочных пород, однако последние занимают 75% площади земной поверхности.



Изучив методические материалы по «Определителю минералов и горных пород», студенту предлагается составить описание трех горных пород, относящихся к трем разным классам. При описании пород, обязательно должны быть данные о том, как порода используется в строительстве: в качестве добавки к раствору, в общем объеме и др.

### **Практическая работа 3.**

#### **Геологические разрезы и чтение с их помощью карт**

Для обеспечения безопасности сооружений необходимо составить полное представление о геологическом строении участка, литологическом составе горных пород и, тем более, о режиме подземных вод. Поэтому важной частью инженерно-геологических изысканий является проходка и документирование горных выработок, особенно буровых скважин. Полученные данные геологических изысканий наносятся на топографическую основу (топографическую карту района). И по ней составляется геологическая и гидрогеологическая карты.

#### **1. Общие сведения о геологических картах**

Геологическая карта – это изображение на топографической основе строения земной коры, отражающее многие геолого-физические процессы и явления, а также дающие представление о составе горных пород, слагающих данный район.

Выделяют несколько типов геологических карт. *Основные (общие, обычные) геологические карты* представляют собой графическое плановое изображение (с помощью условных знаков) геологических тел разного состава, распространенных на поверхности Земли: их относительного возраста, условий залегания, соотношений друг с другом. Иначе говоря, на основных геологических картах отображается геологическое строение поверхности Земли, дополненное на некоторую глубину геологическими разрезами.

На основных геологических картах обычно не показывают породы четвертичного возраста, а изображают лишь более «древние» тела, залегающие под ними. Для пород четвертичного возраста составляют специальные *карты четвертичных отложений*, дополняющие основные карты.

К специальным картам относится еще ряд различных карт, отражающих отдельные частные стороны геологии районов. *Петрографические* и *литологические карты*, на которых показан состав пород. *Геоморфологические карты* с нанесенными на них основными элементами рельефа земной поверхности. *Тектонические карты*, на которых нанесены главные структурные элементы земной коры. *Гидрогеологические карты*, на которых изображено распространение подземных вод, их состав, глубина и условия залегания. *Карты полезных ископаемых* и многие другие. Из всего многообразия геологических карт мы познакомимся лишь с геологическими картами, которые называют *основными*, и научимся строить по ним разрезы на глубину.

По масштабу все геологические карты делятся на обзорные, региональные и детальные. *Обзорные карты* составляются на большие территории в масштабе 1:1 000 000 и мельче. *Региональные карты* охватывают территории отдельных районов и составляются в масштабах 1:500 000, 1:200 000 и 1:100 000. *Детальные карты* строятся на небольшие территории. Обычный их масштаб 1:50 000 и 1:25 000, но иногда строятся карты и более крупных масштабов. В зависимости от масштаба отображаемая на геологических картах информация имеет разную детальность.

Для указания состава, времени формирования и условий залегания горных пород при построении геологических карт применяются условные знаки, которые необходимы для обозначения на карте: 1 – состава, возраста, происхождения и условий залегания пород; 2 – границ между геологическими образованиями и разрывных нарушений, а также их морфологических особенностей и прочих структурных элементов; 3 – полезных ископаемых, палеонтологических и прочих находок. Часть этих знаков используется при составлении стратиграфических колонок и геологических разрезов.

Различают три основных вида условных знаков: 1 – цветové; 2 – графические (штриховые и крап); 3 – буквенные и цифровые.

Кроме того, условные знаки подразделяются на масштабные (контурные и внеконтурные), немасштабные (линейные) и точечные. Контурные знаки бывают цветóвыми, штриховыми и могут дополняться крапом. Внеконтурными знаками обозначается, например, площадь распространения коры выветривания или метаморфических зон, не совпадающих с геологическими границами. Немасштабными, или линейными знаками на карте обозначаются маркирующие горизонты (пласты, слои), дайки, силлы и жилы малой мощности, геологические границы, разрывные нарушения и их морфологические разновидности. Точечными немасштабными знаками обозначаются условия залегания слоёв, ориентировки шарниров складок, главнейшие палеонтологические находки, пункты определения абсолютного возраста, отбора проб и минералов, геологоразведочные выработки (скважины, шурфы, канавы, расчистки) и др.

## **2. Обозначение геологического времени на геологической карте и грунтов**

В геологической практике используется геохронологическая шкала, где приняты следующие временные и соответствующие им стратиграфические подразделения:

<i>Геохронологические</i>	<i>Стратиграфические</i>
Эра	Группа
Период	Система
Эпоха	Отдел
Век	Ярус

Буквенные и цветовые обозначения геологических формаций соответствующего времени даны в табл. 4.

Таблица 4 – Сокращенная геохронологическая таблица

Эра (группа) индекс	Период (система)	Индекс	Эпоха (отдел)	Индекс	Цвет на геологических картах и разрезах	Возраст нижней границы, млн. лет
1	2	3	4	5	6	7
Кайнозойская KZ	Четвертичный (четвертичная)	Q	Современная (современный) Поздняя (верхний) Средняя (средний) Ранняя (нижний)	Q <sub>IV</sub>  Q <sub>III</sub> Q <sub>II</sub> Q <sub>I</sub>	Желтовато-серый	1,5-2,0
	Неогеновый (неогеновая)	N	Поздняя, или плиоценовая (верхний, или плиоценовый) Ранняя, или миоценовая (нижний, или миоценовый)	N <sub>2</sub>   N <sub>1</sub>	Лимонно-желтый	23

	Палеогеновый (палеогеновая)	P  (Pg)	Поздняя, или олигоценая (верхний, или олигоценый) Средняя, или эоценовая (средний, или эоценовый) Ранняя, или палеоценовая (нижний, или палеоценовый)	P <sub>3</sub>   P <sub>2</sub>   P <sub>1</sub>	Оранжево- желтый	67
Мезозой- ская MZ	Меловой (меловая)	K  (Cr)	Поздняя (верхний)  Ранняя (нижний)	K <sub>2</sub>  K <sub>1</sub>	Зеленый	132
	Юрский (юрская)	I	Поздняя (верхний)  Средняя (средний)  Ранняя (нижний)	I <sub>3</sub>  I <sub>2</sub>  I <sub>1</sub>	Синий	195
	Триасовый (триасовая)	T	Поздняя (верхний)  Средняя (средний)  Ранняя (нижний)	T <sub>3</sub>  T <sub>2</sub>  T <sub>1</sub>	Фиолето- вый	235
Палеозой- ская PZ	Пермский (пермская)	P	Поздняя (верхний)  Ранняя (нижний)	P <sub>2</sub>  P <sub>1</sub>	Оранжево- коричне- вый	280
	Каменноуголь- ный (каменноуголь- ная)	C	Поздняя (верхний)  Средняя (средний)  Ранняя (нижний)	C <sub>3</sub>  C <sub>2</sub>  C <sub>1</sub>	Серый	345

	Девонский (девонская)	<i>D</i>	Поздняя (верхний) Средняя (средний) Ранняя (нижний)	<i>D</i> <sub>3</sub> <i>D</i> <sub>2</sub> <i>D</i> <sub>1</sub>	Коричневый	400
	Силурийский (силурийская)	<i>S</i>	Поздняя (верхний) Ранняя (нижний)	<i>S</i> <sub>2</sub> <i>S</i> <sub>1</sub>	Серо-зеленый (светлый)	435
	Ордовикский (ордовикская)	<i>O</i>	Поздняя (верхний) Средняя (средний) Ранняя (нижний)	<i>O</i> <sub>3</sub> <i>O</i> <sub>2</sub> <i>O</i> <sub>1</sub>	Коричнево-зеленый (оливковый)	490
	Кембрийский (кембрийская)	<i>Є (Ст)</i>	Поздняя (верхний) Средняя (средний) Ранняя (нижний)	<i>Є</i> <sub>3</sub> <i>Є</i> <sub>2</sub> <i>Є</i> <sub>1</sub>	Сине-зеленый (темный)	570
Протерозойская PR					Розовый	2600
Архейская AR					Сиренево-розовый	3500

*Примечание:* Для палеогеновой, меловой и кембрийской систем в скобках приведены старые индексы.

Для окраски магматических пород применяют свои цвета. Магматические породы имеют свою индексацию, соответствующую вещественному составу пород, которая состоит из букв греческого алфавита (табл.5).

Таблица 5 – Цвета раскраски и индексы основных разновидностей интрузивных (глубинных) и вулканогенных /эффузивных (излившихся) нестратифицированных образований на картах

Группа пород по химическому составу	Интрузивные породы, <i>эффузивные породы</i>	Цвет	Индекс Буква	Название буквы
Кислые	граниты, <i>риолиты</i>	красный	$\gamma$ $\lambda$	гамма лямбда
Умеренно кислые	гранодиориты, тоналиты <i>дациты</i>	малиновый	$\gamma$ $\delta$ $\zeta$	гамма, дельта дзета
Средние	диориты <i>андезиты</i>	зелёный	$\delta$ $\alpha$	дельта альфа
Основные	габбро <i>базальты</i>	синий	$\nu$ $\beta$	ню бета
Ультраосновные	перидотиты дуниты <i>пикриты</i>	фиолетовый	$\sigma$ $\iota$	Сигма йота
Щелочные, умеренно щелочные	сиениты граносиениты <i>фонолиты</i> <i>трахиты</i>	красно- оранжевый	$\xi\gamma$ $\xi$ $\varphi$ $\tau$	кси гамма, кси фи тау
Ультращелочные	фельдшпатоидные сиениты <i>нефелиновые</i> <i>лейциты</i>	оранжево- желтый	$\eta$ $\omega$	эта омега

*Примечание.* 1). В инструкциях, рекомендованных к использованию при разных масштабах картирования, могут рекомендоваться и другие индексы, и

их наборы, необходимые для обозначения большого разнообразия интрузивных и вулканогенных пород. 2). При составлении геологических карт разного масштаба для областей с преимущественным распространением докембрийских пород используется вся цветовая гамма, а не только розовые и сиренево-розовые цвета.

Для обозначения генезиса (происхождения) осадочных пород используются строчные латинские буквы (табл.6).

Таблица 6 – Индексация осадочных пород по генезису

Генезис	Обозначение – буква
Морские	<i>m</i>
Континентальные	<i>c</i>
Ледниковые	<i>gl</i>
Водно-ледниковые- флювиогляциальные	<i>fgl</i>
Аллювиально-речные	<i>al</i>
Озерные	<i>l</i>
Эоловые	<i>e</i>

Рассмотрим на примере, как производится индексация пород в целом в соответствии с табл. 4...6.

*Пример:* эоловые отложения четвертичного периода современной эпохи  $eQ_{IV}$  – ставится буквенное происхождение (генезис) - *e*, затем индекс системы *Q*, а цифра у индекса системы означает отдел IV;

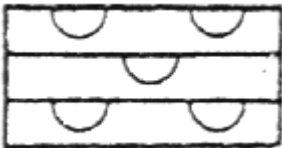
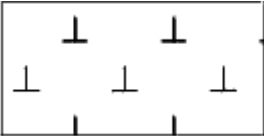
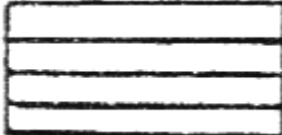

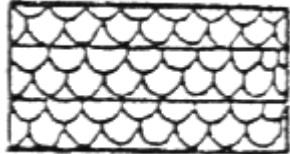

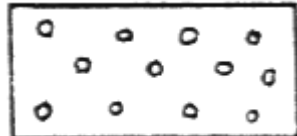

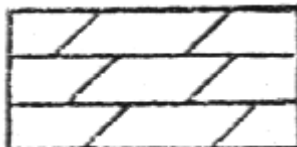
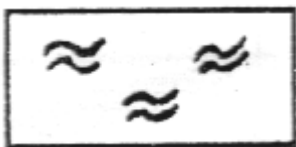
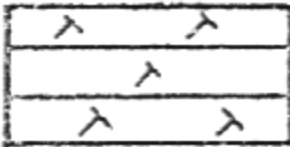

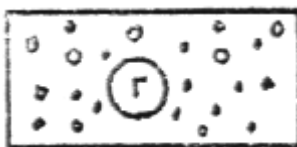

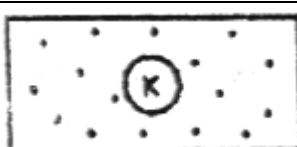
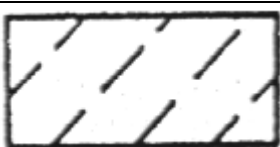
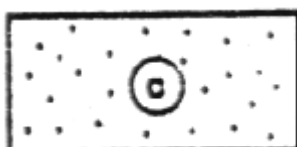
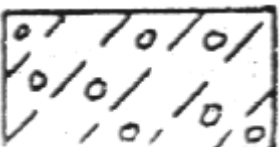
Озерные отложения неогенового периода поздней эпохи  $lN_2$  – ставится буквенное происхождение (генезис) – *l*, затем индекс системы *N*, а цифра индекса системы обозначает отдел 2.

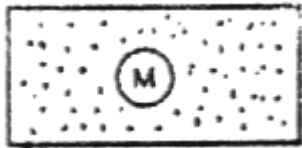
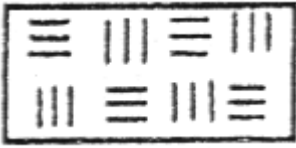
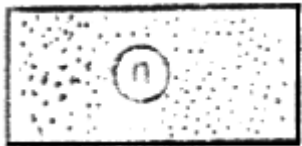
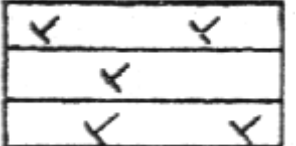
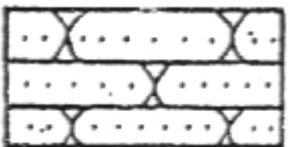
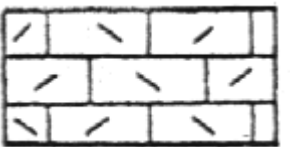
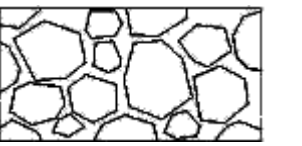
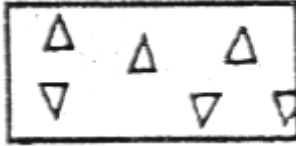
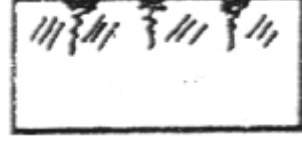

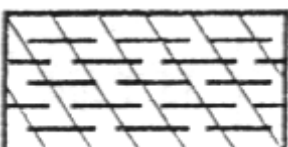
Иногда к цветовому изображению добавляются и штриховые знаки. Слои грунтов на геолого-литологических колонках и инженерно-геологических


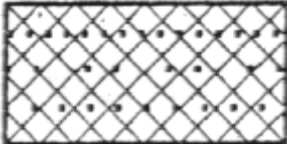
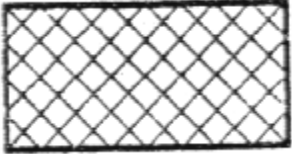

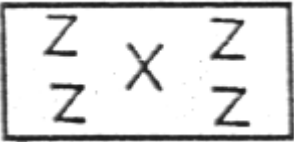
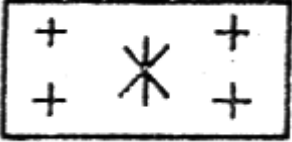
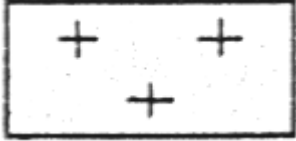
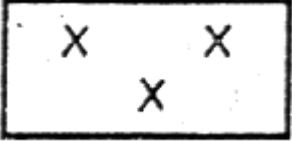
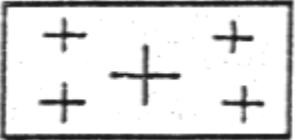
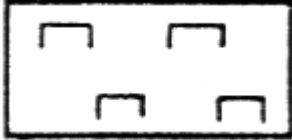
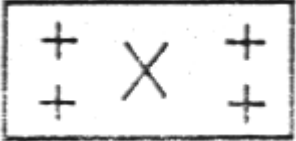

разрезах показываются с помощью стандартной графической штриховки в соответствии с ГОСТ 21.302-2013 «Условные графические обозначения в документации по инженерно-геологическим изысканиям» (табл. 7, 8).

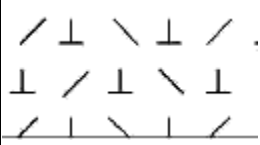
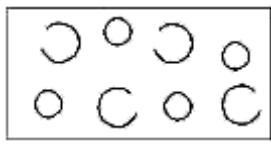
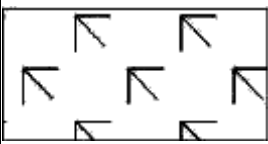
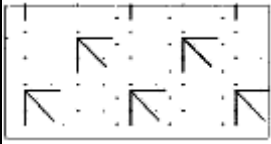
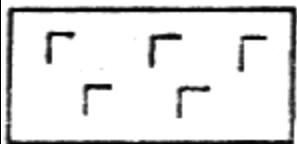
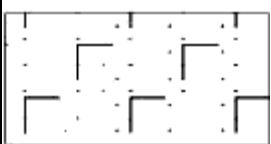

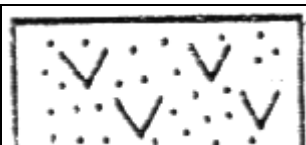

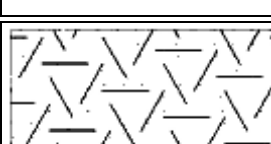

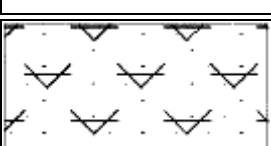
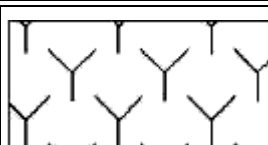

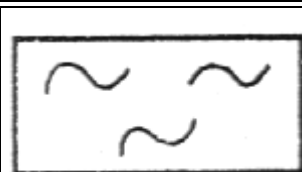
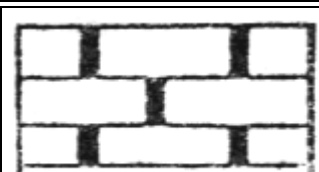
Таблица 7 – Условные графические обозначения основных видов грунтов

Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение
<b>Осадочные грунты</b>			
1 Алевролит		11 Доломит	
2 Ангидрит		12 Дресва (дресвяный грунт)	
3 Аргиллит		13 Известняк	
4 Брекчия		14 Ил	
5 Валуны		15 Каменная соль	
6 Галька		16 Камни, глыбы	

7 Гипс		17 Карбонатная мука	
8 Глина		18 Конгломерат	
9 Гравелит		19 Лесс (лессовидные суглинок, глина)	
10 Гравий		20 Мел	
21 Мергель		31 Сапрпель	
22 Опока		32 Суглинок	
23 Песок гравелистый		33 Суглинок моренный	
24 Песок крупный		34 Супесь	
25 Песок средней крупности		35 Супесь моренная	

26 Песок мелкий		36 Торф	
27 Песок пылеватый		37 Трепел (диатомит)	
28 Песчаник		38 Туфит известковый	
29 Разрушенные карбонатные породы		39 Щебень (щебенистый грунт)	
30 Слой почвенно-растительный			
<b>Искусственные грунты</b>			
40 Насыпные крупнообломочные, песчаные пылеватые и глинистые грунты, заторфованные грунты, торф; отходы производства (шлаки; золы и др.); строительные и твердые бытовые отходы		43 Пылеватые глинистые нецементированные грунты, закрепленные разными способами.	

<p>41 Намывные песчаные, пылеватые и глинистые грунты; отходы производства (хвосты обогажительных фабрик, шлаки, золы и пр.)</p>		<p>44 Песчаные несцементированные грунты, закрепленные разными способами</p>	
<p>42 Магматические, метаморфические и осадочные скальные грунты, закрепленные разными способами.</p>		<p>45 Уплотненные в природном состоянии</p>	
<p><b>Интрузивные (глубинные) грунты</b></p>			
<p>46 Габродиорит</p>		<p>50 Граносиенит</p>	
<p>47 Гранит</p>		<p>51 Диорит</p>	
<p>48 Гранит-порфир</p>		<p>52 Перидотит</p>	
<p>49 Гранодиорит</p>		<p>53 Сиенит</p>	
<p><b>Эффузивные (излившиеся) грунты</b></p>			

54 Базальт		56 Пемза	
55 Лава: а) ультраосновного состава		57 Туф: а) ультраосновного состава	
б) основного состава		б) основного состава (базальтовый)	
в) среднего состава		в) среднего состава (андезитовый)	
а) кислого состава		г) кислого состава (липаритовый)	
г) щелочного состава		д) щелочного состава	
д) разного состава (нерасчлененная)		е) разного состава (нерасчлененный)	
<b>Метаморфические грунты</b>			
59 Амфиболит		64 Мрамор	

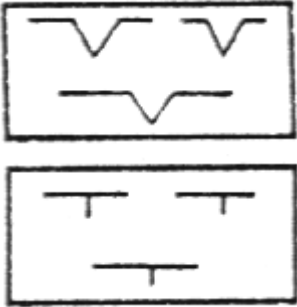
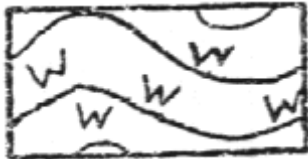
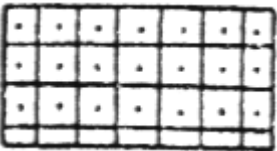

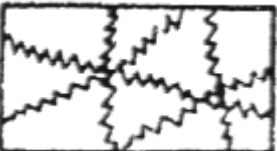

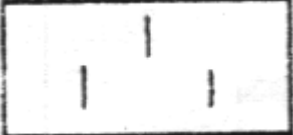

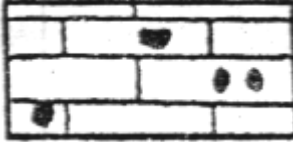
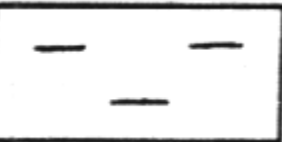
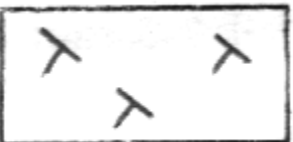
60 Гнейс		65 Роговик, яшма	
62 Кварцит		66 Сланец глинистый, филлит	
63 Милонит			

Таблица 8 – Условные графические обозначения характерных литологических особенностей грунтов

Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение
1 Битуминозность		12 Известковистость	
2 Выветрелость		13 Кавернозность	
3 Глинистость		14 Кремнистость	


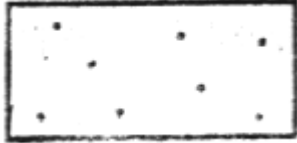
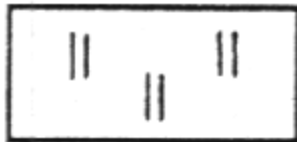
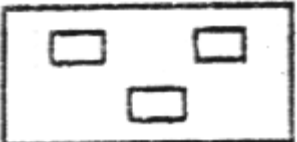
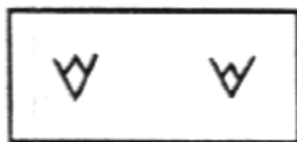
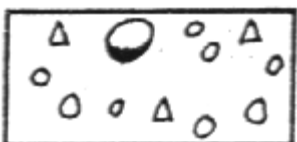


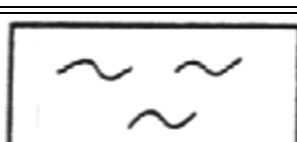
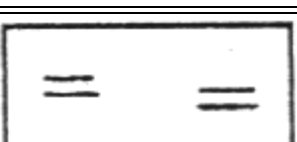

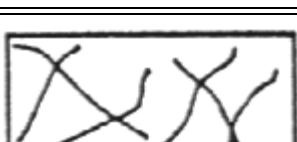
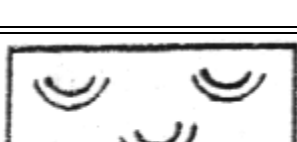
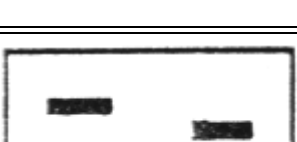
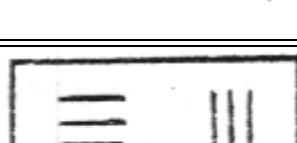
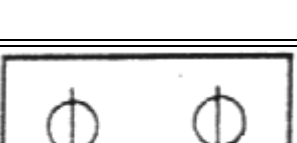
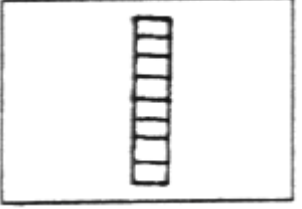
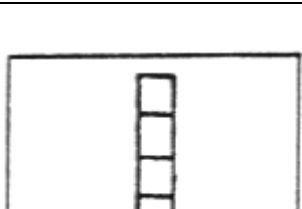
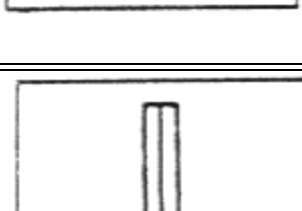
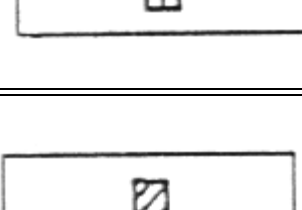
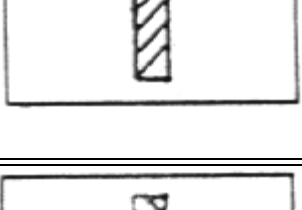
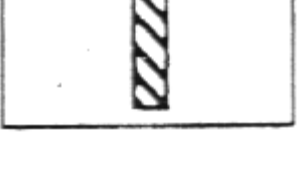

4 Гумусированность		15 Песчанистость	
5 Доломитизация		16 Пиритизированность	
6 Железистость		17 Гравелистость (примесь гравия, гальки, щебня, валунов)	
7 Загипсованность		18 Рассланцованность	
8 Заиленность		19 Слюдистость	
9 Закарстованность		20 Трещиноватость	
10 Засоленность		21 Углистость	
11 Заторфованность		22 Фосфористость	

Таблица 9 – Условные графические обозначения консистенции и степени водонасыщения грунтов, применяемые на инженерно-геологических разрезах и колонках

Наименование грунта	Консистенция	Степень влажности	Обозначение
Супесь, суглинок, глина	Твердая	—	
Песок, крупнообломочный грунт	—	Малой степени водонасыщения	
Суглинок, глина	Полутвердая	—	
Суглинок, глина	Тугопластичная	—	
Супесь	Пластичная	—	
Песок, крупнообломочный грунт	—	Средней степени водонасыщения	
Суглинок, глина	Мягкопластичная	—	
Суглинок, глина	Текучепластичная	—	

Супесь, суглинок, глина	Текучая	—	
Песок, крупнообломочный грунт	—	Насыщенный водой	

## 2. Геологические разрезы и чтение с их помощью карт

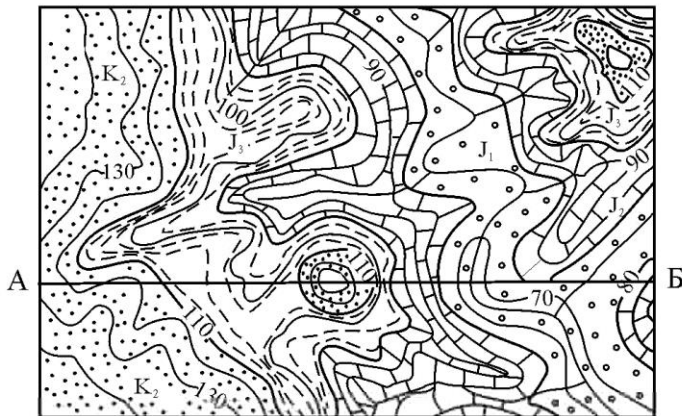
*Геологический разрез* – сечение земной коры, мысленно проведенной вертикальной плоскостью, от ее поверхности на определенную глубину и изображение всех геологических структур и разновидностей горных пород на бумаге.

Следовательно, геологические разрезы строятся в соответствующих вертикальных и горизонтальных масштабах, как правило, равных масштабу карты.

Разрезы могут быть построены по имеющейся карте, а также по имеющимся сведениям по естественным и искусственным обнажениям. Тогда, когда разрез строится по карте, с его помощью более четко представляется геологическое строение местности и выявляются структуры, как и в равной степени четко определяется стратиграфия и мощность слагающих пород.

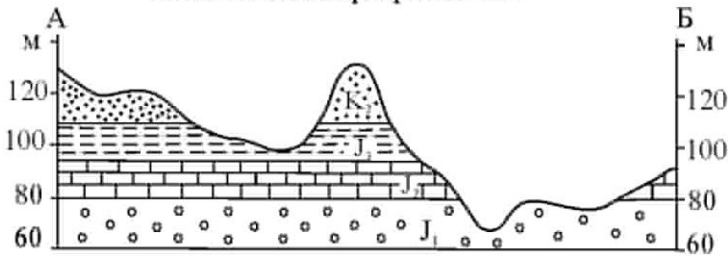
Информативность разреза зависит с одной стороны от расчлененности рельефа местности и с другой – от разнообразия геологического строения и истории района. Поэтому при горизонтально залегающих слоях или пластах, на разрезе их границы будут параллельны друг другу (рис. 1).

Геологическая карта М 1:1000



а)

Геологический разрез по АБ



Масштабы: гор. 1:1000, верт. 1:2000

б)

Стратиграфическая колонка  
М 1:1000

Система	Отдел	Индекс	Мощность	Характеристика пород
Меловая	Верхний	K <sub>2</sub>	> 40	Песчаники
		J <sub>3</sub>	15	Аргиллиты
Юрская	Средний	J <sub>2</sub>	15	Известняки
		J <sub>1</sub>	> 20	Конгломаты

в)

Рисунок 1 – Фрагмент геологической карты с горизонтальным залеганием слоев и геологический разрез по линии АБ

Но слои могут быть и наклонены друг к другу под различными углами, что отмечено на карте соответствующими углами падения (рис.2).

Наклонное нормальное залегание слоев означает, что слои падают в сторону расположения более молодых по возрасту пород.

В некоторых случаях могут быть заданы углы падения, образующие определенные геологические структуры – синклинали или антиклинали, либо осложненные разломами и прочими дислокациями (рис.3).

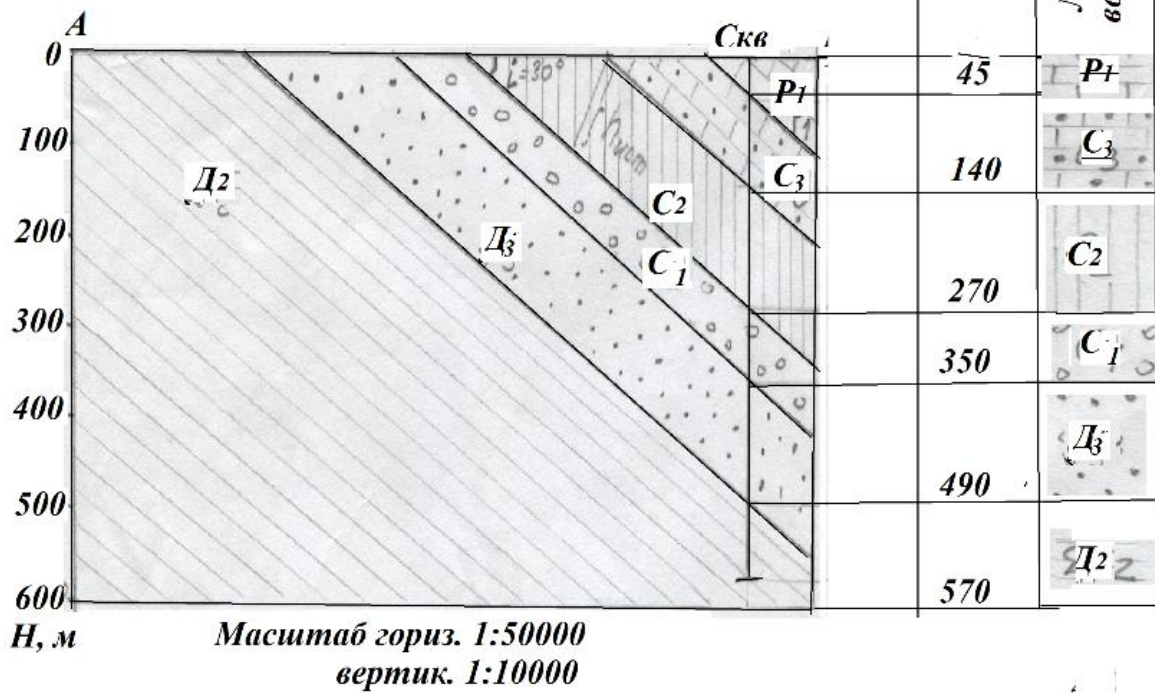
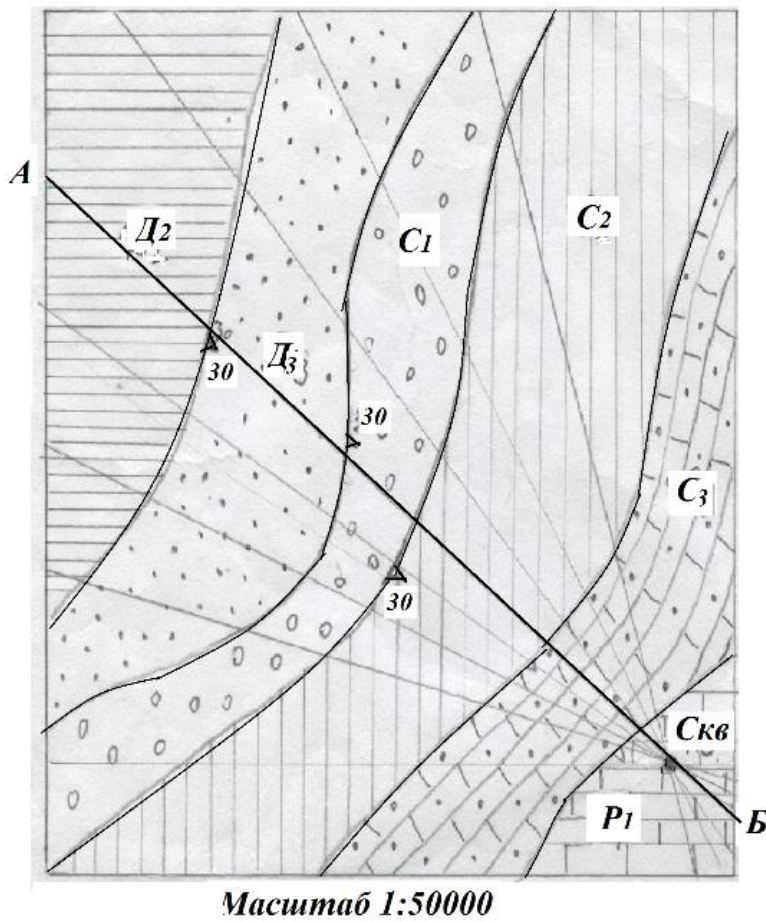


Рисунок 2 – Фрагмент геологической карты с выровненным плоским рельефом, наклонным нормальным залеганием слоев, и разрез по линии АБ

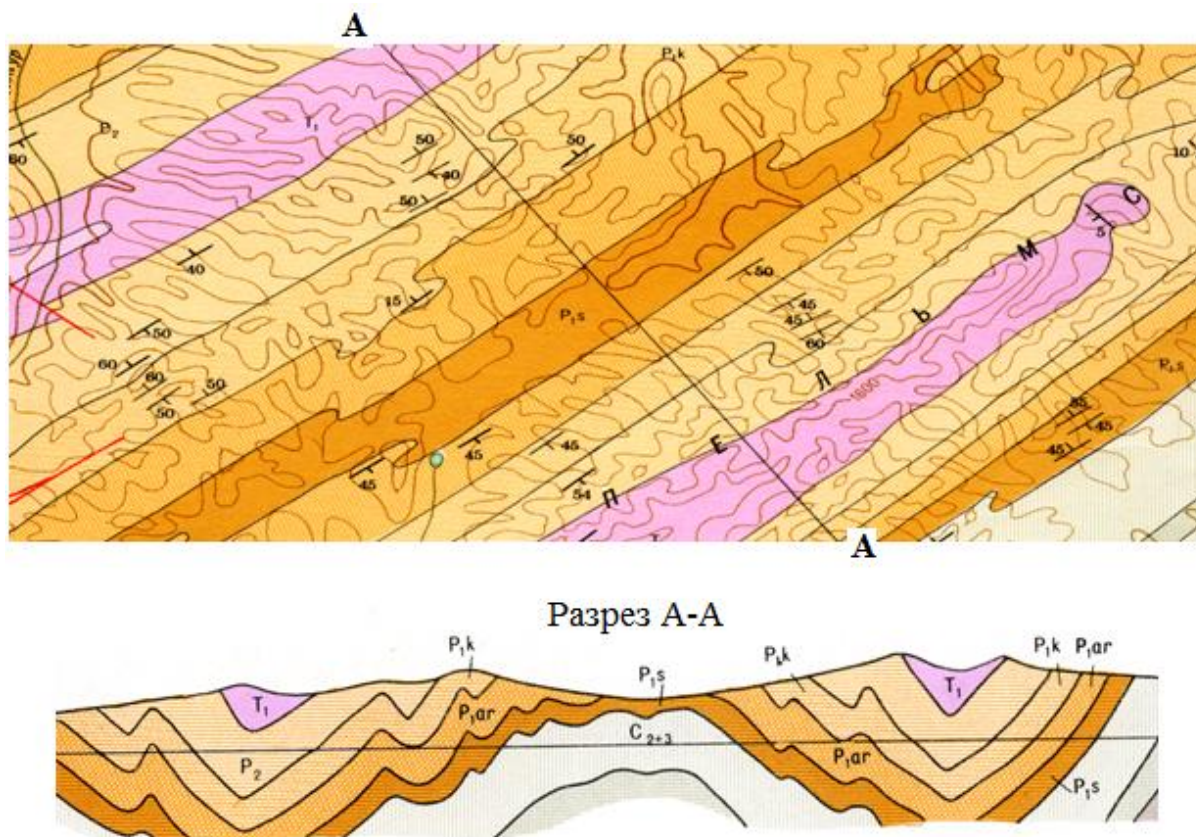


Рисунок 3 – Фрагмент геологической карты с наклонным залеганием слоев и разрез по линии А-А

### Задание

Студентам предлагается выполнение двух разрезов *с горизонтальным и наклонным залеганием слоев*, причем каждый студент выполняет свой вариант задания. Непосредственное построение разреза осуществляется способами, известными из курса геодезии и картографии, при этом условные обозначения, индексация и окраска должны соответствовать таковым на карте. Чтение карты с помощью построенного разреза означает, что нужно установить характер залегания слоев, образование дислокаций или геологических структур.

Студенту предлагается построить разрез на листе миллиметровки формата А4, и стратиграфическую колонку на скважине, по которой определить мощность каждого слоя (см. рис. 2).

1. **Исходные данные для построения геологического разреза с горизонтальным залеганием слоев:** Фрагмент карты с горизонтальным залеганием слоев. Признаком горизонтального залегания слоев является выход одноименных слоев горных пород на одной отметке по разные стороны склонов.

На геологической карте показано месторасположение буровых скважин и обозначен их номер (1, 2, 3, 4, 5 и т.д.). Буровая скважина – это цилиндрическая вертикальная (или наклонная, горизонтальная) горная выработка малого диаметра, выполняемая буровым инструментом вручную или механизированными способами. Начальную точку бурения называют *устьем* скважины, а конечную – *забоем*, полость, образованную буровым инструментом в недрах земли, – *стволом* скважины (рис.4).

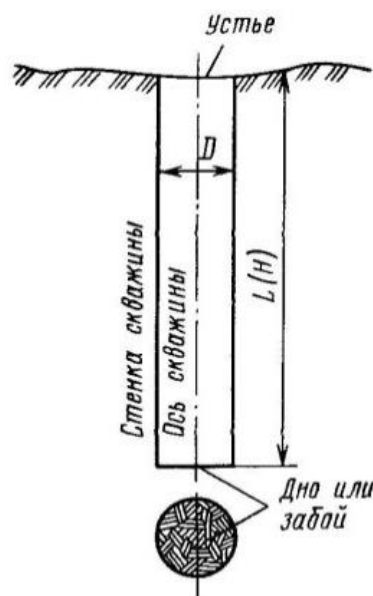


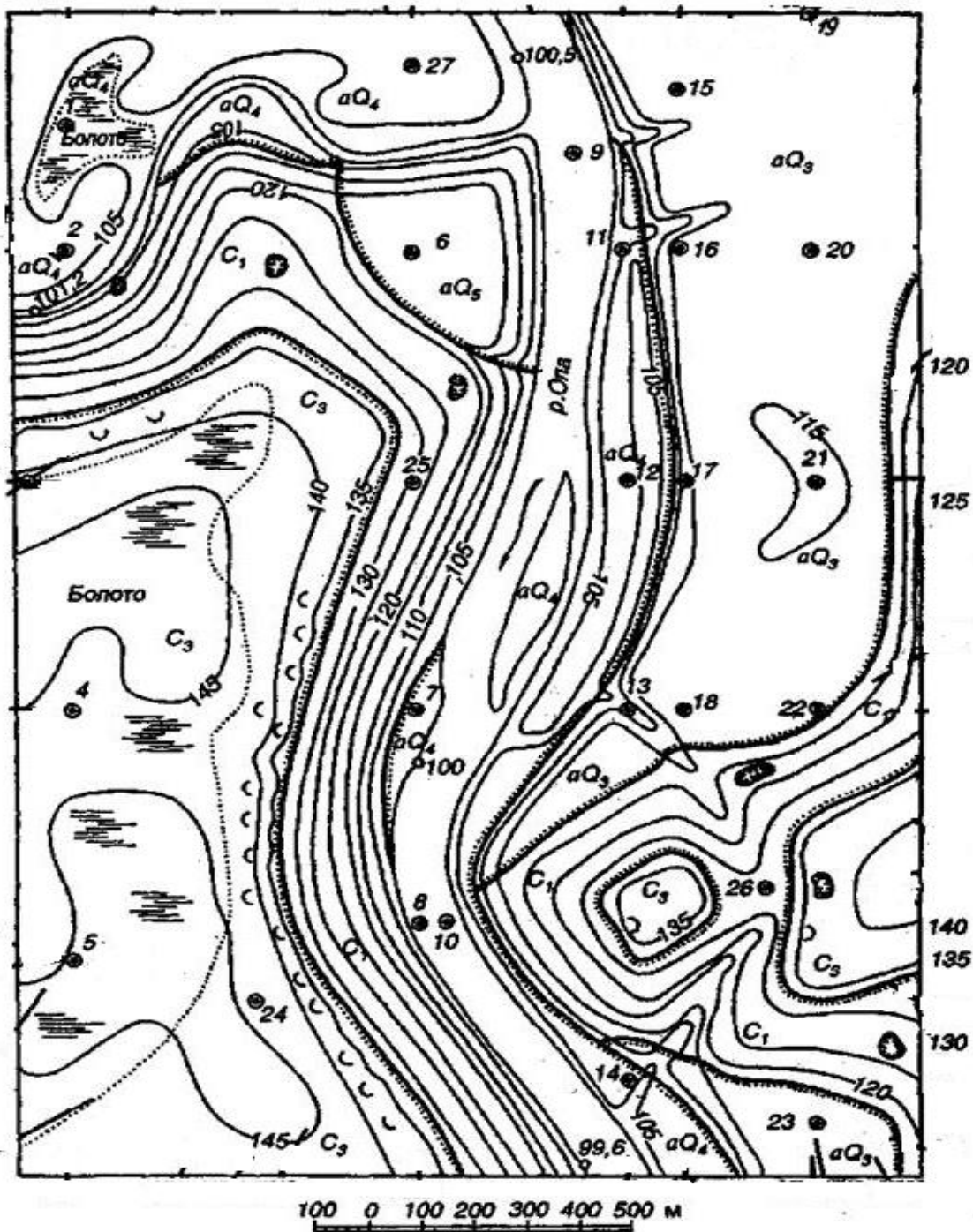
Рисунок 4 – Скважина и ее элементы

Ниже фрагмента карты (рис.5) даны по вариантам стратиграфические колонки по каждой буровой скважине и обозначение геологического времени на геологической карте и грунтов.

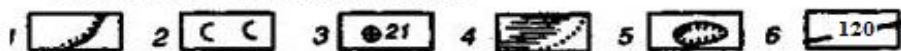
Необходимо ознакомиться с картой, найти горизонтали, которые показывают рельеф местности (горизонтали – это линии на плане или карте, соединяющие точки на местности с одинаковой высотой). Обратите внимание, в какую сторону обращены подписи (цифры) горизонталей. Верх цифры указывает направление повышения уклона местности.

Каждому студенту необходимо провести линию геологического профиля, проходящую через одну скважину. Концы профиля обозначить буквами, например А и Б. Как правило, линии профилей на геологических картах проводят от одной рамки к другой, а не обрывают их внутри пласта. При проведении линии разреза старайтесь выбрать такое направление, при котором рельеф будет наименее простой, т.е. меньше горизонталей будет пересекать вашу линию. Пример построения разреза для линии АБ показан на рис. 1.

Горизонтальный масштаб рекомендуется принять равным масштабу карты, т.е. линия профиля будет такой же длины на вашем геологическом разрезе, как на карте, вертикальный масштаб выбираете сами. Рекомендация: вертикальный масштаб крупнее горизонтального в 100 раз. Но это рекомендация, можно и мельче принять масштаб. Все зависит от разницы отметок земли по линии профиля.



Условные обозначения



- 1 - обрыв; 2 - камни; 3 - скважина и ее номер;  
 4 - болото, заболоченная местность; 5 - овраг;  
 6 - горизонталь

Рисунок 5 – Фрагмент геологической карты

### Варианты заданий

#### Скважина 1

Абсолютная отметка устья скважины 159,0 м

№ слоя	Индекс	Описание пород	Мощность, м	Глубина залегания подошвы пласта в абсолютных отметках, м
	d III-IV	Суглинок покровный, желто- бурый, безвалунный	1,2	157,8
	g II sz	Суглинок красно-бурый, с валунами осадочных и кристаллических пород	3,0	154,8
	f I-II	Песок светло-серый, хорошо сортированный, слюдистый	5,8	149,0
	m J <sub>2</sub>	Глина черная, с остатками раковин аммонитов	8,5	140,5
	m D <sub>3</sub>	Известняк со спириферами	18,5	122,0

#### Скважина 2

Абсолютная отметка устья скважины 154,5 м

№ слоя	Индекс	Описание пород	Мощность, м	Глубина залегания подошвы пласта в абсолютных отметках, м
	d III-IV	Суглинок покровный, желто-бурый, безвалунный	2,0	152,5
	g II sz	Суглинок красно-бурый, с валунами	4,5	148,0
	m J <sub>2</sub>	Глина черная, с остатками аммонитов	1,0	147,05

#### Скважина 3

Абсолютная отметка устья скважины 150,8 м

№ слоя	Индекс	Описание пород	Мощность, м	Глубина залегания подошвы пласта в абсолютных отметках, м
	d III-IV	Суглинок покровный,	1,8	149,0

		желто-бурый, безвалунный		
	g II sz	Суглинок красно-бурый, с валунами	6,0	143,0
	m J <sub>2</sub>	Глина черная, слюдистая, с рострами белемнитов	7,9	135,1
	m D <sub>3</sub>	Известняк желтоватый, твердый, с кремневыми конкрециями	15,1	120,0

#### Скважина 4

Абсолютная отметка устья скважины 145,9 м

№ слоя	Индекс	Описание пород	Мощность, м	Глубина залегания подошвы пласта в абсолютных отметках, м
	d III-IV	Суглинок покровный, желто-бурый, безвалунный	1,3	144,6
	g II sz	Суглинок красно-бурый, с валунами осадочных и кристаллических пород	4,5	140,1
	m J <sub>2</sub>	Глина черная, слюдистая, с остатками раковин аммонитов	9,6	130,8
	m D <sub>3</sub>	Известняк светло-серый, со спириферами	1,6	129,0

#### Скважина 5

Абсолютная отметка устья скважины 139,0 м

№ слоя	Индекс	Описание пород	Мощность, м	Глубина залегания подошвы пласта в абсолютных отметках, м
	d III-IV	Суглинок покровный, желто-бурый, безвалунный	2,0	137,0
	g II sz	Суглинок красно-бурый, с валунами	5,0	132,0
	f II sz-d	Песок буровато-желтый, разнозернистый, с галькой и мелким щебнем	1,0	131,0

	m J <sub>2</sub>	Глина черная, слюдистая	9,6	121,4
	m D <sub>3</sub>	Известняк белый, с прослоями светлых глин	19,0	102,4

### Скважина 6

Абсолютная отметка устья скважины 108,6 м

№ слоя	Индекс	Описание пород	Мощность, м	Глубина залегания подошвы пласта в абсолютных отметках, м
	a <sub>p</sub> IV	Супесь серовато-желтая, с прослоями коричневого суглинка	1,4	106,6
	a <sub>r</sub> IV	Песок серый, мелкозернистый	0,6	106,0
	a <sub>r</sub> IV	Песок серый, водоносный, среднезернистый, с галькой	1,0	105,0
	m D <sub>3</sub>	Известняк белый, с прослойкой зеленовато-белой глины	9,4	95,6

### Скважина 7

Абсолютная отметка устья скважины 115,7 м

№ слоя	Индекс	Описание пород	Мощность, м	Глубина залегания подошвы пласта в абсолютных отметках, м
	a <sub>p</sub> III pz	Супесь желтовато-светлосерая, с прослоями коричневого суглинка	1,7	114,0
	a <sub>r</sub> III pz	Песок желтый, мелкозернистый	5,5	108,5
	a <sub>r</sub> III pz	Песок желтый, среднезернистый водоносный, с галькой	2,0	106,5
	m D <sub>3</sub>	Известняк белый, с прослойками зеленовато-белой глины, с остатками и отпечатками раковин брахиопод	0,5	106,0

### Скважина 8

Абсолютная отметка устья скважины 121,6 м

№ слоя	Индекс	Описание пород	Мощность, м	Глубина залегания подошвы пласта в абсолютных отметках, м
	d III-IV	Суглинок желто-бурый, безвалунный	2,1	119,5
	f II sz-d	Песок буровато-желтый, разномзернистый, с галькой и мелким щебнем	0,5	119,0
	g II d	Суглинок табачного цвета, плотный, с валунами кристаллических и осадочных пород	4,0	115,0
	m D <sub>3</sub>	Известняк светло-серый, со спириферами	1,5	113,5

### Скважина 9

Абсолютная отметка устья скважины 128,1 м

№ слоя	Индекс	Описание пород	Мощность, м	Глубина залегания подошвы пласта в абсолютных отметках, м
	d III-IV	Суглинок желто-бурый, безвалунный	1,5	126,6
	g II sz	Суглинок красно-бурый, с валунами	3,5	123,1
	f II sz-d	Песок буровато-желтый, разномзернистый, с галькой и мелким щебнем	3,1	120,0
	g II d	Суглинок табачного цвета, плотный, с валунами кристаллических и осадочных пород	2,0	118,0
	m D <sub>3</sub>	Известняк желтоватый, твердый	12,0	106,0

### Скважина 10

Абсолютная отметка устья скважины 136,2 м

№ слоя	Индекс	Описание пород	Мощность, м	Глубина залегания подошвы пласта в абсолютных отметках, м
	d III-IV	Суглинок покровный, желто-бурый, безвалунный	1,7	134,5
	g II sz	Суглинок красно-бурый, с валунами осадочных и кристаллических пород		130,0
	g II d	Суглинок табачного цвета, плотный, с валунами кристаллических и осадочных пород	6,0	124,0
	m D <sub>3</sub>	Известняк светло-серый, со спириферами	11,0	113,0

### Скважина 11

Абсолютная отметка устья скважины 135,5 м

№ слоя	Индекс	Описание пород	Мощность, м	Глубина залегания подошвы пласта в абсолютных отметках, м
	d III-IV	Суглинок желто-бурый, безвалунный	0,6	135,0
	g II sz	Песок светло-желтый, разномзернистый, с включением мелкой гальки	5,0	130,0
	f II sz-d	Песок светло-желтый, разномзернистый, с включением мелкой гальки	2,0	128,0
	g II d	Суглинок табачного цвета, плотный, карбонатный, с валунами	3,5	124,5
	m D <sub>3</sub>	Известняк светло-серый, со спириферами	3,0	121,5

### Скважина 12

Абсолютная отметка устья скважины 142,3 м

№ слоя	Индекс	Описание пород	Мощность, м	Глубина залегания подошвы пласта в абсолютных отметках, м
	d III-IV	Суглинок желто-бурый, безвалунный	2,3	140,0
	g II sz	Суглинок красно-бурый, с валунами	9,0	131,0
	g II d	Суглинок табачного цвета, плотный, карбонатный, с валунами	6,0	125,0
	m D <sub>3</sub>	Известняк желто-серый, твердый	5,3	119,7

### Скважина 13

Абсолютная отметка устья скважины 135,6 м

№ слоя	Индекс	Описание пород	Мощность, м	Глубина залегания подошвы пласта в абсолютных отметках, м
	d III-IV	Суглинок желто-бурый, безвалунный	2,0	133,6
	g II sz	Суглинок красно-бурый, с валунами	3,8	129,8
	g II d	Суглинок табачного цвета, плотный, с валунами	5,0	124,8
	m J <sub>2</sub>	Глина черная, слюдистая, с остатками раковин аммонитов	7,8	117,0
	m D <sub>3</sub>	Известняк желто-серый, плотный	3,8	113,2

### Скважина 14

Абсолютная отметка устья скважины 109,0 м

№ слоя	Индекс	Описание пород	Мощность, м	Глубина залегания подошвы пласта в абсолютных отметках, м
	a <sub>p</sub> IV	Супесь серовато-желтая, с прослоями коричневого суглинка	1,0	108,0
	a <sub>r</sub> IV	Песок серый, мелкозернистый	2,8	105,2
	a <sub>r</sub> IV	Песок серый, водоносный, среднезернистый, с галькой	2,4	102,8
	m D <sub>3</sub>	Известняк белый, с прослойками белой глины	2,3	100,5

### Скважина 15

Абсолютная отметка устья скважины 107,0 м

№ слоя	Индекс	Описание пород	Мощность, м	Глубина залегания подошвы пласта в абсолютных отметках, м
	a <sub>s</sub> IV	Глина черная, с прослоями тонкого песка и растительными остатками	2,4	104,6
	a <sub>r</sub> IV	Песок серый, водоносный, среднезернистый, с галькой	1,8	102,8
	m D <sub>3</sub>	Известняк белый, с прослойками белой глины	1,8	101,0

### Скважина 16

Абсолютная отметка устья скважины 115,0 м

№ слоя	Индекс	Описание пород	Мощность, м	Глубина залегания подошвы пласта в абсолютных отметках, м
	a <sub>p</sub> III	Супесь желтовато-серая, с	1,0	114,0

	pz	прослоями коричневого суглинка		
	a <sub>r</sub> III pz	Песок желтый, мелкозернистый	4,5	109,5
	a <sub>r</sub> III pz	Песок желтый, среднезернистый, с гравием и галькой	2,5	107,0
	m D <sub>3</sub>	Известняк белый, с прослойками белых глин	3,0	104,0

### Скважина 17

Абсолютная отметка устья скважины 116,7 м

№ слоя	Индекс	Описание пород	Мощность, м	Глубина залегания подошвы пласта в абсолютных отметках, м
	d III-IV	Суглинок желто-бурый, безвалунный	0,7	116,0
	a <sub>p</sub> III pz	Супесь желтовато-серая, с прослоями коричневого суглинка	2,0	114,0
	a <sub>r</sub> III pz	Песок желтый, мелкозернистый	4,0	110,0
	a <sub>r</sub> III pz	Песок желтый, среднезернистый, с гравием и галькой	1,5	108,5
	m D <sub>3</sub>	Известняк белый, трещиноватый	2,5	106,0

### Скважина 18

Абсолютная отметка устья скважины 124,6 м

слоя	Индекс	Описание пород	Мощность, м	Глубина залегания подошвы пласта в абсолютных отметках, м
	d III-IV	Суглинок желто-бурый, безвалунный	2,6	122,0
	f II sz-d	Песок желто-бурый, глинистый,	2,5	119,5

		разнозернистый, с гравием и галькой		
	g II d	Суглинок табачного цвета, плотный, с валунами	8,5	111,0
	m D <sub>3</sub>	Известняк светло-серый, со спириферами	2,5	108,5

### Скважина 19

Абсолютная отметка устья скважины 130,6 м

№ слоя	Индекс	Описание пород	Мощность, м	Глубина залегания подошвы пласта в абсолютных отметках, м
	d III-IV	Суглинок желто-бурый, безвалунный	2,1	128,5
	g II sz	Суглинок красно-бурый, с валунами	3,5	125,0
	f II sz-d	Песок желто-бурый, разнозернистый, с гравием и галькой	4,0	121,0
	g II d	Суглинок табачного цвета, плотный, с валунами	10,0	111,0
	m D <sub>3</sub>	Известняк светло-серый, со спириферами	2,6	108,4

### Скважина 20

Абсолютная отметка устья скважины 136,4 м

№ слоя	Индекс	Описание пород	Мощность, м	Глубина залегания подошвы пласта в абсолютных отметках, м
	d III-IV	Суглинок желто-бурый, безвалунный	2,4	134,0
	g II sz	Суглинок красно-бурый, с валунами	9,0	126,0
	f II sz-d	Песок желто-бурый, разнозернистый, с гравием и галькой	1,4	123,6
	g II d	Суглинок табачного цвета, плотный, с	9,5	114,1

		валунами		
	m J <sub>2</sub>	Глина черная, с раковинами аммонитов	3,0	111,1
	m D <sub>3</sub>	Известняк светло-серый, со спириферами	2,0	109,1

### Скважина 21

Абсолютная отметка устья скважины 145,5 м

№ слоя	Индекс	Описание пород	Мощность, м	Глубина залегания подошвы пласта в абсолютных отметках, м
	d III-IV	Суглинок покровный, желто-бурый, безвалунный	2,5	143,0
	g II sz	Суглинок красно-бурый, с валунами	12,0	131,0
	g II d	Суглинок табачного цвета, плотный, карбонатный, с валунами	9,0	122,0
	m J <sub>2</sub>	Глина черная, слюдистая, с раковинами аммонитов	10,0	112,0
	m D <sub>3</sub>	Известняк светло-серый	4,5	107,5

### Скважина 22

Абсолютная отметка устья скважины 151,7 м

№ слоя	Индекс	Описание пород	Мощность, м	Глубина залегания подошвы пласта в абсолютных отметках, м
	d III-IV	Суглинок покровный, желто-бурый, безвалунный	2,2	149,5
	g II sz	Суглинок красно-бурый, с валунами	12,5	137,0
	g II d	Суглинок табачного цвета, плотный, карбонатный, с валунами	2,8	134,2
	m J <sub>2</sub>	Глина черная, слюдистая	2,8	131,4

Скважина 23

Абсолютная отметка устья скважины 154,8 м

№ слоя	Индекс	Описание пород	Мощность, м	Глубина залегания подошвы пласта в абсолютных отметках, м
	d III-IV	Суглинок покровный, желто-бурый, безвалунный	2,0	152,8
	g II sz	Суглинок красно-бурый, с валунами	9,6	143,2
	m J <sub>2</sub>	Глина черная, слюдистая	11,0	132,2
	m D <sub>3</sub>	Известняк светло-серый, плотный	2,2	130,0

Скважина 24

Абсолютная отметка устья скважины 160,2 м

№ слоя	Индекс	Описание пород	Мощность, м	Глубина залегания подошвы пласта в абсолютных отметках, м
	d III-IV	Суглинок покровный, желто-бурый, безвалунный	1,7	158,5
	g II sz	Суглинок красно-бурый, с валунами	5,5	153,0
	m K <sub>1</sub>	Песок светло-серый, слюдястый, хорошо сортированный	5,5	147,5
	m J <sub>2</sub>	Глина черная, слюдистая, с раковинами аммонитов	11,5	136,0
	m D <sub>3</sub>	Известняк светло-серый, со спириферами	16,0	120,0

### Скважина 25

Абсолютная отметка устья скважины 128,5 м

№ слоя	Индекс	Описание пород	Мощность, м	Глубина залегания подошвы пласта в абсолютных отметках, м
	d III-IV	Суглинок покровный, желто-бурый, безвалунный	1,8	126,7
	g II sz	Суглинок красно-бурый, с валунами	6,7	120,0
	g II d	Суглинок табачного цвета, плотный, карбонатный, с валунами	7,0	113,0
	m D <sub>3</sub>	Известняк светло-серый, со спириферами	7,0	106,0

### Скважина 26

Абсолютная отметка устья скважины 124,7 м

№ слоя	Индекс	Описание пород	Мощность, м	Глубина залегания подошвы пласта в абсолютных отметках, м
	d III-IV	Суглинок желто-бурый, безвалунный	2,0	122,7
	g II sz	Суглинок красно-бурый, с валунами	3,2	119,5
	f II sz-d	Песок желто-бурый, глинистый, разнотернистый, с галькой	3,0	116,5
	g II d	Суглинок табачного цвета, плотный, карбонатный, с валунами	5,5	111,0
	m D <sub>3</sub>	Известняк светло-серый, со спириферами	2,0	109,0

Скважина 27

Абсолютная отметка устья скважины 116,4 м

№ слоя	Индекс	Описание пород	Мощность, м	Глубина залегания подошвы пласта в абсолютных отметках, м
	а <sub>р</sub> III рз	Супесь светло-серая, горизонтальнослоистая, с прослоями суглинка	1,4	115,0
	а <sub>г</sub> III рз	Песок серый, мелкозернистый	2,0	113,0
	а <sub>г</sub> III рз	Песок серый, среднезернистый, с гравием и галькой	2,0	111,0
	g II d	Суглинок табачного цвета, плотный, с валунами	2,3	108,7
	m D <sub>3</sub>	Известняк желто-серый, плотный	1,7	107,0

Скважина 28

Абсолютная отметка устья скважины 110,5 м

№ слоя	Индекс	Описание пород	Мощность, м	Глубина залегания подошвы пласта в абсолютных отметках, м
	а <sub>р</sub> IV	Супесь серовато-желтая, горизонтально-слоистая	1,0	109,5
	а <sub>г</sub> IV	Песок серый, мелкозернистый	2,5	107,0
	а <sub>г</sub> IV	Песок серый, крупнозернистый, водоносный, с галькой и гравием	2,0	105,0
	m D <sub>3</sub>	Известняк желто-серый, плотный	3,0	102,0

## Скважина 29

Абсолютная отметка устья скважины 109,8 м

№ слоя	Индекс	Описание пород	Мощность, м	Глубина залегания подошвы пласта в абсолютных отметках, м
	a <sub>s</sub> IV	Глина черная, с прослоями торфа	3,0	106,8
	a <sub>r</sub> IV	Песок серый, крупнозернистый, водоносный, с гравием и галькой	1,8	105,0
	m D <sub>3</sub>	Известняк светло-серый	2,0	103,0

## Скважина 30

Абсолютная отметка устья скважины 127,0 м

№ слоя	Индекс	Описание пород	Мощность, м	Глубина залегания подошвы пласта в абсолютных отметках, м
	d III-IV	Суглинок покровный, желто-бурый, безвалунный	1,8	125,2
	g II <sub>sz</sub>	Суглинок красно-бурый, с валунами	5,2	120,0
	m D <sub>3</sub>	Известняк желто-серый, плотный	30,0	90,0

### **2. Исходные данные для построения разреза с наклонным залеганием**

**слоев:** Фрагмент карты с выровненным плоским рельефом и наклонным нормальным залеганием слоев, т.е. слои падают в сторону расположения более молодых по возрасту слоев. Направление и угол падения одинаковы для каждого из слоев и обозначаются знаком  $\wedge 30^{\circ}$  (рис. 6). На линии разреза стоит точка, в которой пробурена вертикальная скважина. Следовательно, она пересекает все слои горных пород, имеющиеся на карте.

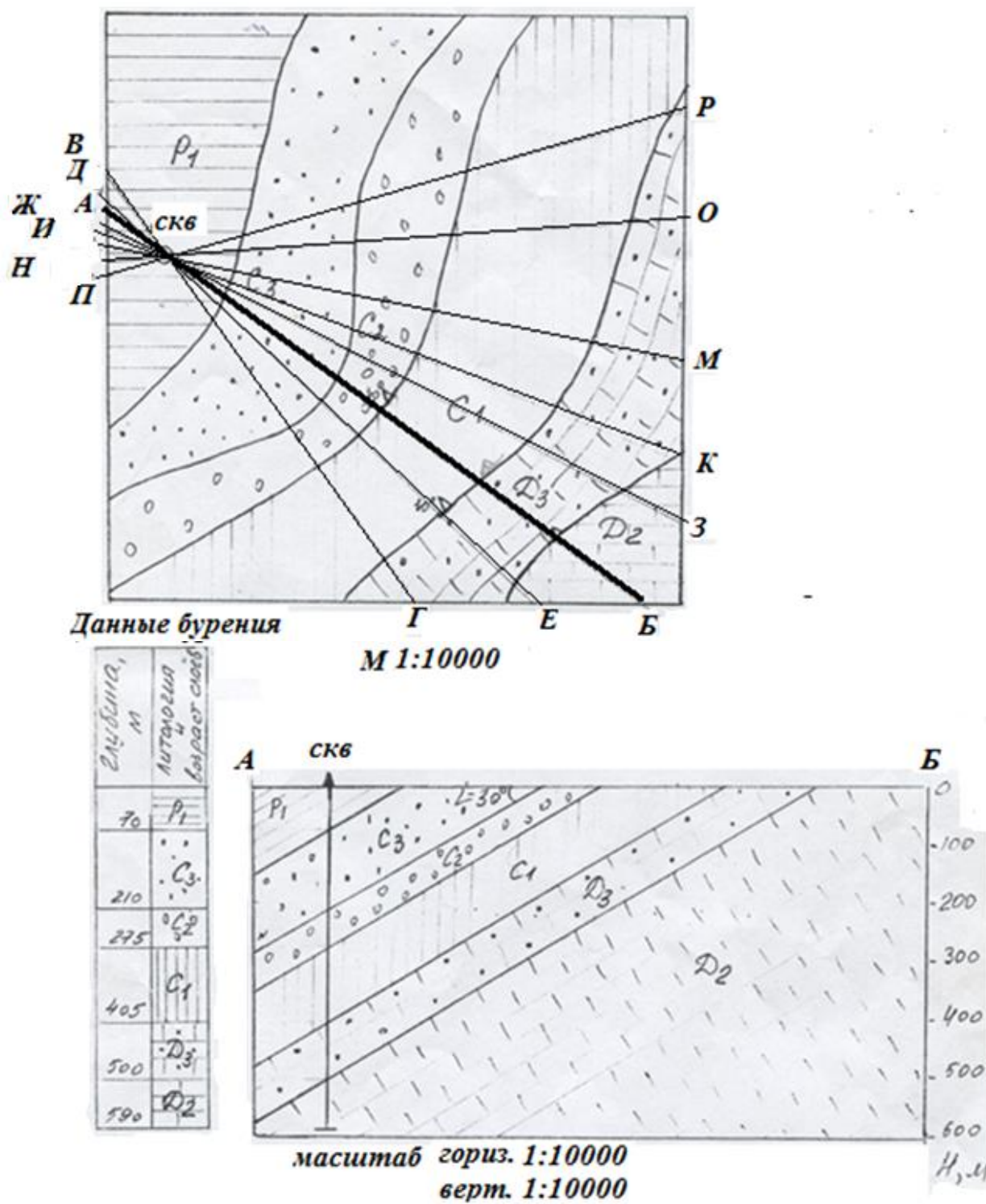


Рисунок 6 – Фрагмент карты с выровненным плоским рельефом и наклонным нормальным залеганием слоев, геологический разрез по линии АБ и стратиграфическая колонка, составленная по разрезу буровой скважины

*Выполнить:* Построить разрез по одной из линий ВГ, ЕД и т.д. с учетом угла падения слоев и выполнить стратиграфическую колонку как показано в примере для линии АБ (см. рис. 6); *Следует помнить, что увеличение вертикального масштаба при наклонном залегании пластов недопустимо (вертикальный масштаб должен быть равен масштабу карты).* На топографический профиль проектируем точки пересечения границ пластов (стратонов) с линией разреза на карте, после чего под известным углом проводим границы пластов в вертикальной плоскости разреза.

- Определить истинную мощность каждого слоя  $h_{ист.}$ , зная угол падения ( $30^0$ ) и видимую мощность слоя  $h_{вид.}$  (иначе ширину выхода слоя на дневную поверхность) по формуле:  $h_{ист.} = h_{вид.} \times \sin 30^0$ ;

- Определить, на каком интервале глубин скважина вскрывает породы Д<sub>2</sub> (дать им название) и присутствуют ли они в разрезе скважины.

## **Практическая работа 4.**

### **Построение гидрогеологического разреза по обнажениям**

Любое строительство предусматривает не только изучение и учет свойств грунтов, но и глубину залегания грунтовых вод. В данной работе предусмотрено построение разреза речной долины на основании искусственных обнажений, какими в данном случае являются буровые скважины.

В процессе бурения (эта операция обязательна при любом виде работ) через определенные расстояния по вертикали отбирают пробы грунта, по которым устанавливают их литологический, вещественный состав и прочие его свойства. Таким образом, получаются границы между разновидностями пород по каждой скважине. При появлении грунтовых вод отмечают глубину залегания. Обычно скважины бурят через определенные расстояния между ними (рис. 7).

### ***Выполнение задания***

1. Построить общий разрез речной долины, имея данные по каждой скважине (табл. 9). При этом следует учесть следующие правила:

- если на соседнем обнажении нет породы, приуроченной к данной глубине, то границы ее распространяются к следующему обнажению на расстояние, равное половине расстояния между соседними обнажениями (принцип линейной интерполяции или экстраполяции);
- почти всегда более древние породы лежат глубже, т.е. ниже;
- следует учитывать естественно-природные условия сортировки материала и, следовательно, пород, как и физико-геологические процессы и явления, как и физико-геологические процессы и явления (обвалы, оползни, размывания и т.п.);

2. На построенный разрез нанести УГВ (уровень грунтовых вод) и определить источник питания реки или подземных вод;

3. При построении разреза учесть все требования по выражению времени в геологии (табл. 10). Слои грунтов на геолого-литологических колонках и инженерно-геологических разрезах показываются с помощью стандартной графической штриховки в соответствии с табл. 11 по ГОСТ 21.302-2013 (см. табл. 7,8).

Поперечный профиль долины приведен на рис. 7. Форма профиля одинакова для всех вариантов, а данные по скважинам необходимо выбрать по варианту (см. табл. 9). Построение инженерно-геологического разреза производится на листе миллиметровой бумаги формата А4. Рисунок с профилем следует перенести на отдельный лист и нанести по скважинам, начиная от поверхности земли те грунты, которые обнаружены в следующей последовательности: сначала грунт, который залегает от 0,0 до 1,2 м; затем от 1,2 до 3м и т.д. В каждом варианте эти данные будут различны. Главное, правильно соблюдать последовательность слоев залегания.

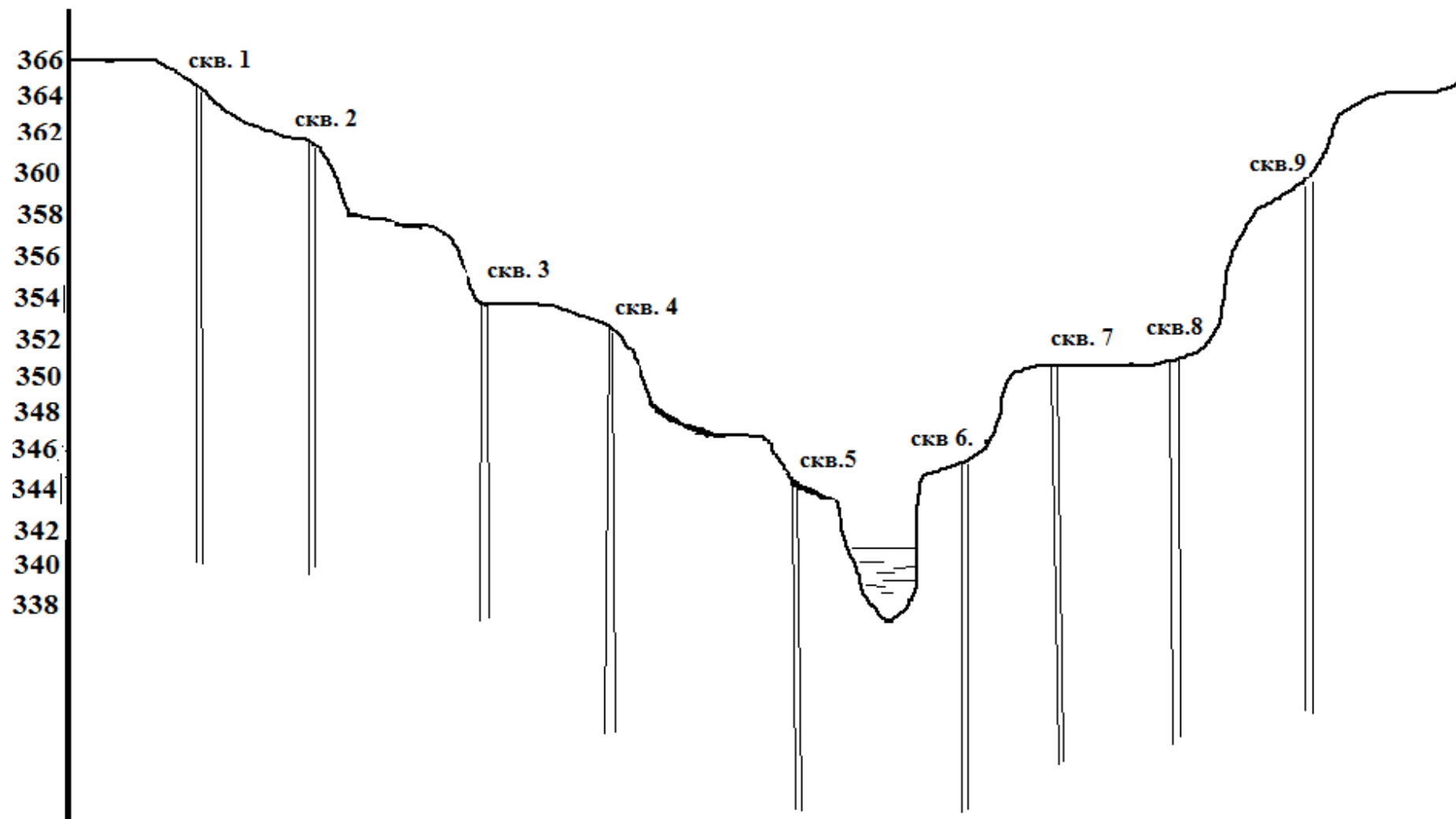


Рисунок 7 – Профиль разреза речной долины

Таблица 9 – Пробы грунта по скважинам

Вариант 1

Порода, индекс периода	№ скважины								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Залегание породы в м от поверхности земли по скважине								
Известняк, <i>Q</i>	0,0- 12,6	5,6- 11,7	0,0- 10,9	11,0- 13,0	8,6-9,1	8,7-9,0	10,9- 12,2	7,3-9,0	3,0- 10,5
Суглинок, <i>Q</i>		0-1,3							0,0-1,2
Гравий, <i>Q</i>		1,3-5,6							1,2-3,0
Супесь, <i>Q</i>				0,0-1,8			0,0-0,5	0,0-2,0	
Галечник, <i>Q</i>				1,8- 11,0	3,4-8,6	3,1-8,7	0,5- 10,9	2,0-7,3	
Суглинок иловатый, <i>Q</i>					0,0-0,5	0,0-0,3			
Песок с гравием, <i>P</i>					0,5-3,4	0,3-3,1			
Уровень грунтовых вод	10,9	9,8	4,6	3,7	0,6	0,6	2,7	3,5	6,8

Вариант 2

Порода, индекс периода	№ скважины								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Залегание породы в м от поверхности земли по скважине								
Известняк,	0,0-8,5	5,6-	0,0-	11,0-	8,6-9,1	8,0-9,0	10,9-	7,3-9,0	3,0-

Pg		11,7	10,9	13,0			12,2		10,5
Суглинок, Q		0-1,3							0,0-1,2
Гравий, Q	8,5- 12,0	1,3-5,6							1,2-3,0
Супесь, Q				0,0-1,8			0,0-0,5	0,0-2,0	
Галечник, Q				1,8- 11,0	3,4-8,6	3,1-8,0	0,5- 10,9	2,0-7,3	
Суглинок иловатый, Q					0,0-0,5	0,0-0,3			
Песок с гравием, Q					0,5-3,4	0,3-3,1			
Уровень грунтовых вод	7,5	6,8	4,6	3,7	0,6	0,6	3,8	4,9	8,0

### Вариант 3

Порода, индекс периода	№ скважины								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Залегание породы в м от поверхности земли по скважине								
Известняк, K	0,0- 13,4	5,6- 12,9	0,0- 10,9	12,0- 14,0	8,6-9,1	6,7-9,0	10,9- 12,2	7,3-9,0	3,0- 10,5
Суглинок, Q		0-3,3							0,0-1,2
Гравий, Q		3,3-5,6							1,2-3,0
Супесь, Q				0,0-1,8			0,0-0,5	0,0-2,0	

Галечник, <i>Q</i>				1,8- 12,0	3,4-8,6	3,1-6,7	0,5- 10,9	2,0-7,3	
Суглинок иловатый, <i>Q</i>					0,0-0,5	0,0-0,3			
Песок с гравием, <i>P</i>					0,5-3,4	0,3-3,1			
Уровень грунтовых вод	10,9	9,8	4,6	3,7	3,5	3,5	2,7	3,5	6,8

#### Вариант 4

Порода, индекс периода	№ скважины								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Залегание породы в м от поверхности земли по скважине								
Известняк, <i>P</i>	0,0- 12,6	5,6- 11,7	0,0- 10,9	11,0- 13,0	8,6-9,1	8,7-9,0	10,9- 12,2	7,3-9,0	3,0- 10,5
Суглинок, <i>Q</i>		0-2,5							0,0-1,2
Гравий, <i>Q</i>		2,5-5,6							1,2-3,0
Супесь, <i>Q</i>				0,0-3,8			0,0-0,5	0,0-2,0	
Галечник, <i>Q</i>				3,8- 11,0	3,4-8,6	3,1-8,7	0,5- 10,9	2,0-7,3	
Суглинок иловатый, <i>Q</i>					0,0-0,5	0,0-1,0			
Песок с гравием, <i>Q</i>					0,5-3,4	1,0-3,1			

Уровень грунтовых вод	8,0	7,8	6,6	4,0	1,6	1,6	3,7	4,0	7,8
-----------------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

## Вариант 5

Порода, индекс периода	№ скважины								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Залегание породы в м от поверхности земли по скважине								
Известняк, <i>N</i>	2,2- 12,6	5,6- 11,7	2,0- 10,9	11,0- 13,0	8,6-9,1	8,7-9,0	10,9- 12,2	7,3-9,0	3,0- 10,5
Суглинок, <i>Q</i>		0-1,3							0,0-1,2
Гравий, <i>Q</i>	0,0-2,2	1,3-5,6							1,2-3,0
Супесь, <i>Q</i>			0,0-2,0	0,0-1,8			0,0-0,5	0,0-2,0	
Галечник, <i>Q</i>				1,8- 11,0	3,4-8,6	3,1-8,7	0,5- 10,9	2,0-7,3	
Суглинок иловатый, <i>Q</i>					0,0-0,5	0,0-0,3			
Песок с гравием, <i>Q</i>					0,5-3,4	0,3-3,1			
Уровень грунтовых вод	9,8	8,4	4,0	2,9	0,5	0,5	4,9	5,8	8,8

### Вариант 6

Порода, индекс периода	№ скважины								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Залегание породы в м от поверхности земли по скважине								
Известняк, <i>P</i>	5,0- 12,6	5,3- 11,7	1,9- 10,9	11,0- 13,0	5,6-9,1	8,7-9,0	10,9- 12,2	7,3-9,0	3,0- 10,5
Суглинок, <i>Q</i>		0-1,3				0,3-2,0			0,0-0,8
Гравий, <i>Q</i>	0,0-1,5	1,3-5,3		1,4-6,0		6,7-8,7			0,8-3,0
Супесь, <i>Q</i>				0,0-1,4			0,0-0,5	0,0-2,0	
Галечник, <i>Q</i>	1,5-6,0			6,0- 11,0	3,4-6,6	3,1-8,7	2,5- 10,9	2,0-4,3	
Суглинок иловатый, <i>Q</i>					0,0-0,3	0,0-0,3		4,3-7,3	
Песок с гравием, <i>Q</i>			0,0-1,9		0,3-3,4	2,0-3,1	0,5-2,5		
Уровень грунтовых вод	10,9	9,8	4,6	3,7	0,6	0,6	2,7	3,5	6,8

### Вариант 7

Порода, индекс периода	№ скважины								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Залегание породы в м от поверхности земли по скважине								
Известняк, <i>K</i>	5,0- 12,6	5,3- 11,7	1,9- 10,9	9,0- 13,2	5,6-9,1	8,7-9,0	10,9- 12,2	7,3-9,0	3,0- 10,5

Суглинок, <i>Q</i>		0-1,3				1,3-3,0			0,0-0,8
Гравий, <i>Q</i>		1,3-5,3		3,4-6,0		6,7-8,7			0,8-3,0
Супесь, <i>Q</i>	0,0-1,5			0,0-3,4			0,0-0,5	0,0-2,0	
Галечник, <i>Q</i>	1,5-5,0			6,0-9,0	3,4-6,6	5,1-8,7	2,5-10,9		
Суглинок иловатый, <i>Q</i>					0,0-0,3	0,0-1,3		2,0-7,3	
Песок с гравием, <i>Q</i>			0,0-1,9		0,3-3,4	3,0-5,1	0,5-2,5		
Уровень грунтовых вод	10,9	9,8	6,6	2,7	0,3	0,3	2,7	4,5	8,8

### Вариант 8

Порода, индекс периода	№ скважины								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Залегание породы в м от поверхности земли по скважине								
Известняк, <i>T</i>	1,0-12,6	9,3-11,7	1,9-10,9	11,0-13,0	5,6-9,1	8,7-9,0	10,9-12,2	7,3-9,0	3,0-10,5
Суглинок, <i>Q</i>		0-1,3				0,3-2,0			0,0-0,8
Гравий, <i>Q</i>		3,3-9,3		3,0-6,0		3,1-8,7			0,8-3,0
Супесь, <i>Q</i>				1,4-3,0			0,0-0,5	0,0-2,0	
Галечник,		1,3-3,3		6,0-	3,4-6,6		2,5-	2,0-4,3	

$Q$				11,0			10,9		
Суглинок иловатый, $Q$				0,0-1,4	0,0-0,3	0,0-0,3		4,3-7,3	
Песок с гравием, $Q$	0,0-1,2		0,0-1,9		0,3-3,4	2,0-3,1	0,5-2,5		
Уровень грунтовых вод	11,9	9,8	4,6	3,7	1,0	1,0	3,7	4,5	7,8

### Вариант 9

Порода, индекс периода	№ скважины								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Залегание породы в м от поверхности земли по скважине								
Известняк, $S$	7,0-12,6	5,3-11,7	4,0-11,9	11,0-13,0	6,6-9,1	8,7-9,0	10,9-12,2	7,3-9,0	3,0-10,5
Суглинок, $Q$	0,0-1,5	0-1,3				0,3-2,0			0,0-0,8
Гравий, $Q$	1,5-7,0		1,9-4,0	1,4-6,0		6,7-8,7			0,8-3,0
Супесь, $Q$				0,0-1,4	3,4-6,6		0,0-0,5	0,0-2,0	
Галечник, $Q$		1,3-5,3	0,0-1,9	6,0-11,0		3,1-8,7	2,5-10,9	2,0-4,3	
Суглинок иловатый, $Q$					0,0-0,3	0,0-0,3		4,3-7,3	
Песок с гравием, $Q$					0,3-3,4	2,0-3,1	0,5-2,5		

Уровень грунтовых вод	10,9	9,8	4,6	3,7	0,6	0,6	2,7	3,5	6,8
-----------------------------	------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

### Вариант 10

Порода, индекс периода	№ скважины								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Залегание породы в м от поверхности земли по скважине								
Известняк, <i>N</i>	0,0- 12,6	5,3- 11,7	1,9- 10,9	11,0- 12,6	5,6-9,1	8,7- 11,0	10,9- 12,2	7,3-9,0	4,0- 11,5
Суглинок, <i>Q</i>		0-1,3				0,3-2,0			0,0-0,8
Гравий, <i>Q</i>		1,3-5,3		2,4-6,0		6,7-8,7			
Супесь, <i>Q</i>				0,0-2,4		3,1-8,7	0,0-2,5	0,0-2,0	0,8-3,0
Галечник, <i>Q</i>					3,4-6,6		5,5- 10,9	2,0-4,3	
Суглинок иловатый, <i>Q</i>					0,0-0,3	0,0-0,3		4,3-7,3	3,-4,0
Песок с гравием, <i>Q</i>			0,0-1,9	6,0- 11,0	0,3-3,4	2,0-3,1	2,5-5,5		
Уровень грунтовых вод	13,9	11,8	6,6	5,7	1,5	1,5	5,7	6,5	8,8

Вариант 11


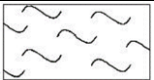

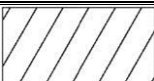
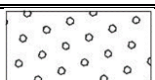

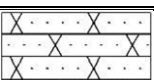
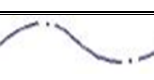
Порода, индекс периода	№ скважины								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Залегание породы в м от поверхности земли по скважине								
Известняк, <i>P</i>	0,0- 12,6	1,9- 10,9	5,3- 11,7	11,0- 13,0	5,6-9,1	10,9- 12,2	8,7-9,0	7,3-9,0	0,0- 12,5
Суглинок, <i>Q</i>			0-1,3				0,3-2,0		
Гравий, <i>Q</i>			1,3-5,3	1,4-6,0			6,7-8,7		
Супесь, <i>Q</i>				0,0-1,4		0,0-0,5		0,0-2,0	
Галечник, <i>Q</i>				6,0- 11,0	3,4-6,6	2,5- 10,9	3,1-8,7	2,0-4,3	
Суглинок иловатый, <i>Q</i>					0,0-0,3		0,0-0,3	4,3-7,3	
Песок с гравием, <i>Q</i>		0,0-1,9			0,3-3,4	0,5-2,5	2,0-3,1		
Уровень грунтовых вод	10,9	9,8	4,6	3,7	0,6	0,6	2,7	3,5	6,8

Таблица 10 – Цвета раскраски и индексы основных стратиграфических подразделений на картах и разрезах

<i>Группы и система</i>	<i>Цвет</i>	<i>Индекс</i>
Кайнозойская группа	Желтый	KZ
<i>Системы:</i> четвертичная	Желтовато-серый	Q
неогеновая	Лимонно-желтый	N
палеогеновая	Соломенно-желтый (оранжево-желтый)	P
Мезозойская группа	Зеленый	MZ

Системы: меловая	Зеленый	К
юрская	Синий	J
триасовая	Фиолетовый	T
Палеозойская группа	Грязно-зеленый (хаки)	PZ
Системы: пермская	Оранжево-коричневый	P
каменноугольная	Серый	C
девонская	Коричневый	D
силурийская	Салатно-зеленый	S
ордовикская	Оливковый	O
кембрийская	Серо-зеленый	Є
Протерозойская группа	Розовый	PR
Архейская группа	Сиренево-розовый	AR

Таблица 11 – Условные обозначения горных пород

Порода	Условное обозначение	Порода	Условное обозначение
Известняк		Ил	
Песок с гравием, песок гравелистый		Суглинок	
Гравий		Конгломерат	
Супесь		Песчаник	
Галечник, галька		Граница уровня грунтовых вод	 обозначают синим цветом

## Пример выполнения работы

Исходные данные по скважинам:

Порода, индекс периода	№ скважины								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Залегание породы в м от поверхности земли по скважине								
Известняк, Р ( <i>Pg</i> )	0,0-8,5	5,6- 11,7	0,0- 10,9	11,0- 13,0	8,6-9,1	8,0-9,0	10,9- 12,2	7,3-9,0	3,0- 10,5
Суглинок, <i>Q</i>		0-1,3							0,0-1,2
Гравий, <i>Q</i>	8,5- 12,0	1,3-5,6							1,2-3,0
Супесь, <i>Q</i>				0,0-1,8			0,0-0,5	0,0-2,0	
Галечник, <i>Q</i>				1,8- 11,0	3,4-8,6	3,1-8,0	0,5- 10,9	2,0-7,3	
Суглинок иловатый, <i>Q</i>					0,0-0,5	0,0-0,3			
Песок с гравием, <i>Q</i>					0,5-3,4	0,3-3,1			
Уровень грунтовых вод	7,5	6,8	4,6	3,7	0,6	0,6	3,8	4,9	8,0

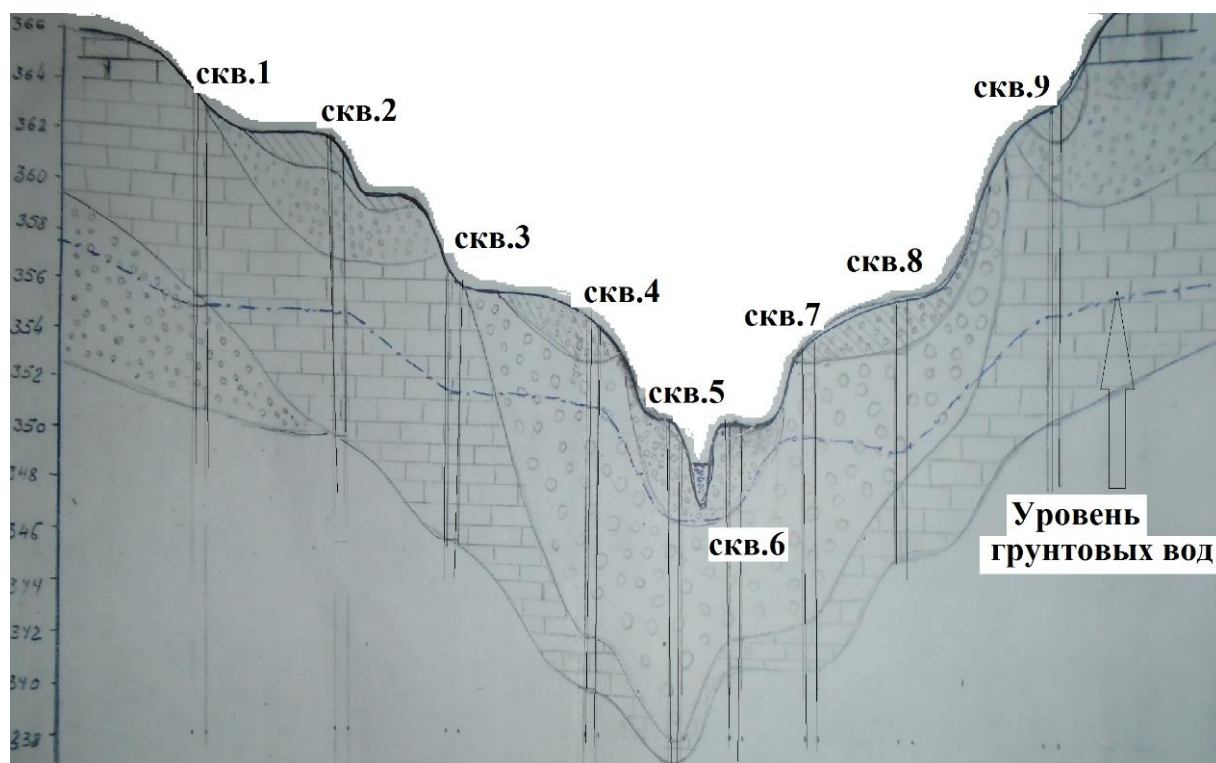

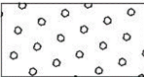
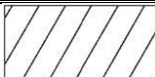
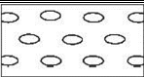
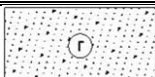



Рисунок 8 – Гидрогеологический разрез речной долины  
 Масштабы: горизонтальный 1:1000  
 вертикальный 1:200

Рядом с разрезом необходимо поместить колонку с условными обозначениями пород, которые присутствуют в разрезе:

<p>Р  известняк</p>	<p>Q al  галечник</p>
<p>Q al  суглинок</p>	<p>Q al  гравий</p>
<p>Q al  песок гравелистый</p>	<p> - уровень грунтовых вод</p>

## Практическая работа № 5.

### Построение графиков гранулометрического состава грунта. Расчет коэффициента фильтрации

При оценке свойств грунтов, выступающих в роли оснований, большое внимание уделяется их деформативным и прочностным показателям. Однако следует помнить, что эти показатели в большей степени находятся в зависимости от многих других особенностей грунтов: химико-минерального состава, структур и текстур, характера взаимодействия грунтов с водой и ряда других. При изменении одного из физических свойств горной породы происходит изменение других. Это явление называется взаимосвязью физических свойств горных пород. Взаимосвязи позволяют определять значения одних физических свойств по другим.

Недоучет тех или иных особенностей свойств «грунтов-оснований» влечет за собой ошибки при проектировании и строительстве зданий и сооружений, что в итоге приводит к потере несущей способности грунтов в период эксплуатации.

Оценка строительных свойств грунтов производится по ГОСТ 25100-2011 «Грунты. Классификация» и СП 22.13330.2011 «Основания зданий и сооружений». ГОСТ 25100-2011 распространяется на все грунты и устанавливает их классификацию, применяемую при производстве инженерно-геологических изысканий, проектировании и строительстве.

Мы остановимся на свойствах горных пород как скважность, пористость, распределение по механическому составу, как наиболее употребляемых при изучении подземных вод.

**Скважность** горной породы – наличие пустот и пор в горных породах.

**Пористость** – скважность, равномерно распределенная по объему горной породы, и в объеме и по величине равные.

$$n = \frac{V_{\Pi}}{V_{\text{об.породы}}} \quad (1)$$

где  $n$  – пористость;  $V_n$  – объем пор в образце горной породы;  $V_{\text{об.породы}}$  – объем образца горной породы.

Пористость связана с другим показателем – коэффициентом пористости  $E$ :

$$E = \frac{V_{\Pi}}{V_{\text{ск}}} \quad (2)$$

где  $E$  – коэффициент пористости;  $V_n$  – объем пор в образце горной породы;  $V_{\text{ск}}$  – объем скелета горной породы, который свою очередь определяется:

$$V_{\text{ск}} = V_{\text{об.породы}} - V_{\text{воз}} \quad (3)$$

где  $V_{\text{воз}}$  – объем воздуха в образце горной породы.

Образец грунта можно представить в виде трехслойного пирога, состоящего из слоя воды, воздуха/газов, содержащихся в породе, и скелета самой породы.

Через какие поры будет проходить вода? Для этого определяют механический состав горных пород.

***Механический состав – это количественное соотношение частиц разной крупности.*** Это понятие относится как правило, к рыхлым грунтам или слабо связным грунтам. Чтобы определить мехсостав необходимо массу грунта рассеять на ситах и получить характеристику, которая называется ***распределение фракций.***

От ***пористости*** породы зависит ее влагоемкость.

***Породы, способные удерживать воду при наличии свободного стока называются влагоемкими.*** К ним относятся глины, суглинки, торф.

*Породы слабовлагодеекие* – лессы, супеси, мелкие пески. *Невлагоекие* – песок, галька, гравий, трещиноватые кальные породы.

**Влагоекость**– это свойство породы содержать в своих порах то или иное количество воды. **Полная влагоекость** – количество воды, заполняющее все пустоты породы. **Фактическая влагоекость** определяется количеством воды, действительно содержащимся в породе. **Капиллярная влагоекость** составляет количество воды, удерживаемое горной породой в капиллярах при свободном стоке. Капиллярная влагоекость тем меньше, чем больше водопроницаемость породы.

*Влагоекость  $\beta$  измеряется в процентах (%) по весу или в процентах по объему, причем полная влагоекость соответствует максимальной молекулярной влагоекости, т.е. такой влагоекости породы или грунта, когда пленочная вода имеет максимальную толщину.*

Способность горных пород пропускать через себя воду называется **водопроницаемость**.

*Водопроницаемые породы* – галечник, песок и т.д.  
*Полуводопроницаемые породы* – супеси, мелкие пески, лессы.  
*Маловодопроницаемые породы* – глины, суглинки.

Следует сразу отметить: все **влагоекие породы** плохо пропускают воду, но хорошо удерживают ее – их называют **водоупорами**. Другие наоборот, плохо удерживают, но хорошо пропускают. **Водопроницаемые породы** – **фильтрующие породы**.

Водопроницаемость – свойство пород пропускать воду вследствие наличия в них пор, трещин и других пустот. Величина водопроницаемости определяется коэффициентом водопроницаемости – коэффициентом фильтрации  $K_f$ . Связь между водопроницаемостью и влагоекостью можно проиллюстрировать следующим графиком (рис. 9). Чем более водопроницаема порода, тем меньше ее способность удерживать воду (меньше влагоекость).

**Водонепроницаемость** – свойство горных пород не пропускать воду.

По величине коэффициента фильтрации все породы могут быть разделены на:

- *водонепроницаемые*  $K_f=0,0001$  м/сут. (глины, суглинки, нетрещиноватые известняки, кристаллические сланцы и др.);
- *слабоводопроницаемые* или *полуводопроницаемые*  $K_f=0,01\dots0,1$  м/сут. (супеси, мелкие пески, лессы);
- *водопроницаемые*  $K_f=0,1\dots1$  м/сут. (галечник, песок и т.д.);
- *хорошо водопроницаемые*  $K_f=5$  м/сут. и более (суффозийные грунты).

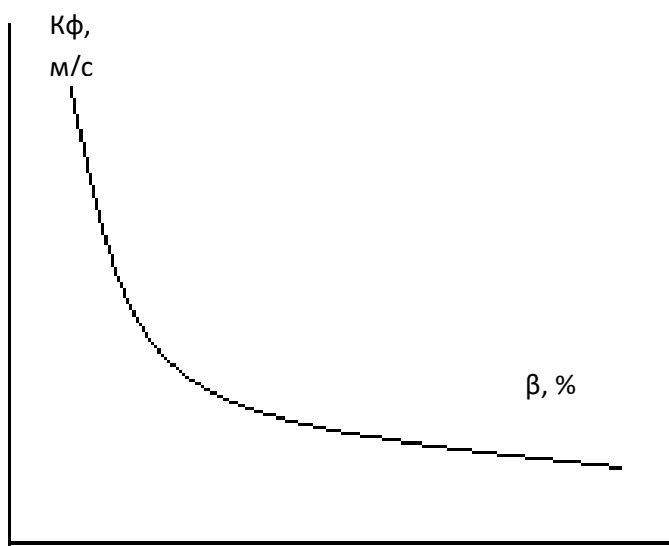


Рисунок 9 – Связь между водопроницаемостью ( $K_f$ ) и влагоемкостью породы ( $\beta$ , %)

При добыче (откачке) подземной воды рассматривают следующие водные свойства горных пород.

Под **водоотдачей** понимается количество гравитационной воды, которое может содержаться в горной породе и которое она может отдать при откачке. *Водоотдача может быть выражена процентным соотношением объема свободно вытекающей из породы воды к объему породы.*

**Водонасыщенность** пород представляет то количество воды, которое отдается породой. По степени водообильности породы делятся на

*сильноводообильные с дебитом скважины больше 10 л/с, водообильные с дебитом скважины 1...10 л/с, слабоводообильные – 0,1...1л/с.*

*Водоносные породы, а также пласты, линзы и пр.– это такие, в которых поры, трещины и другие пустоты заполнены гравитационными водами – гравитационно-водоносными, водами капиллярными и пленочными водоносными.*

**Цель** данной работы – определение различных показателей свойств грунтов с использованием полевых и лабораторных результатов исследований. Графическая часть работ играет познавательную роль, и вместе с тем позволяет использовать количественные данные, установленные по ним, для последующего применения в эмпирических формулах.

### ***1. Построение графиков гранулометрического состава породы***

Большинство осадочных пород обломочного подкласса естественного происхождения, а также раздробленные скальные породы взрывным или механическими способами или крупные обломки, имеют определенное количественное распределение различных фракций, входящих в их состав. Обычно количественное распределение по крупности выражается в процентах к общему весу отобранной пробы. Следовательно, для получения такого количественного выражения, необходимо выполнить гранулометрический анализ путем рассеивания общей навески пробы данного грунта на ситах с ячейками определенного размера.

Рассеивая грунт, на каждом сите остается некоторое количество грунта  $M_i$ . После отсева взвешивается грунт, оставшийся на каждом сите  $M_i$  и определяется его процентное содержание. Тогда получим распределение данной пробы в % фракций, соответствующих имеющемуся набору сит:

$$\frac{M_i}{\Sigma M_r} \times 100\% \quad (4)$$

где  $M_i$  – содержание определенной фракции грунта, г;  $\Sigma M_r$  – первоначальный вес грунта до отсева, г.

### Выполнение задания:

#### 1. Построение графиков распределения гранулометрического состава грунта.

а) Строится график распределения гранулометрического состава грунта. Для чего данные, полученные в результате расчета отсева грунта, наносятся на обычный график распределения, ось ординат которого отражает проценты данной фракции, а на оси абсцисс откладываются сами величины фракции – диаметры частиц.

В случае наличия большого количества сит при анализе, кривая распределения обычно близка к нормальному закону Гаусса. Если же сит немного, то кривая распределения может быть смещена вправо или влево, (рис. 10).

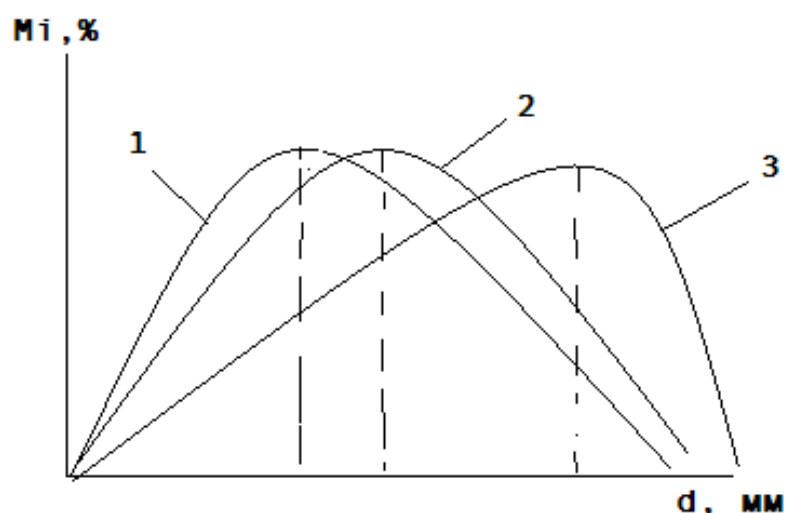


Рисунок 10 – Распределение гранулометрического состава грунта: графики 1, 2, 3 – соответствуют разным по водным свойствам грунтам; грунт 1 будет больше удерживать воду, а грунт 3 – больше фильтровать.

б) Вторым вариантом выполнения задания является нанесение тех же результатов на бланк полулогарифмического графика. Этот график строится в виде кумуляты (интегральной кривой), для чего на оси абсцисс откладываются диаметры фракций, а сама ось выполнена в полулогарифмическом масштабе. На оси ординат откладываются последовательные суммы процентов, т.е. к каждому предыдущему значению процентов прибавляется последующее так, чтобы точка последней абсциссы в ординате соответствовала 100% (рис.11).

Такое изображение гранулометрического анализа позволяет далее определить условные показатели, характеризующие состояние и водопроницаемость грунта.

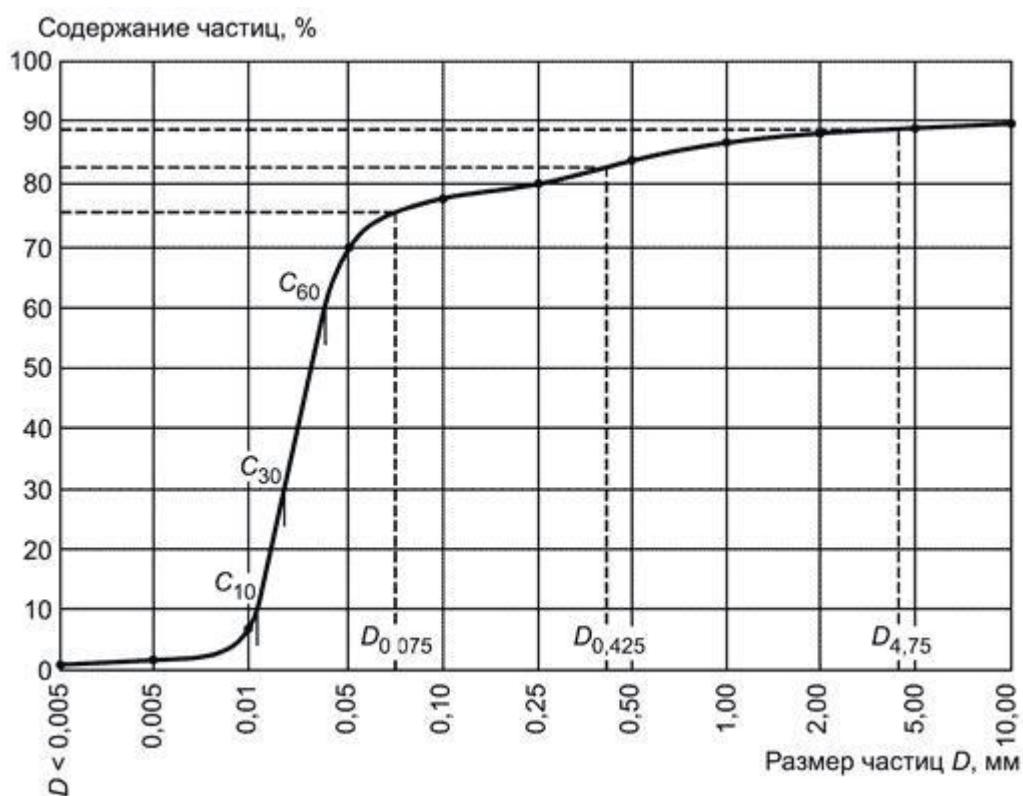
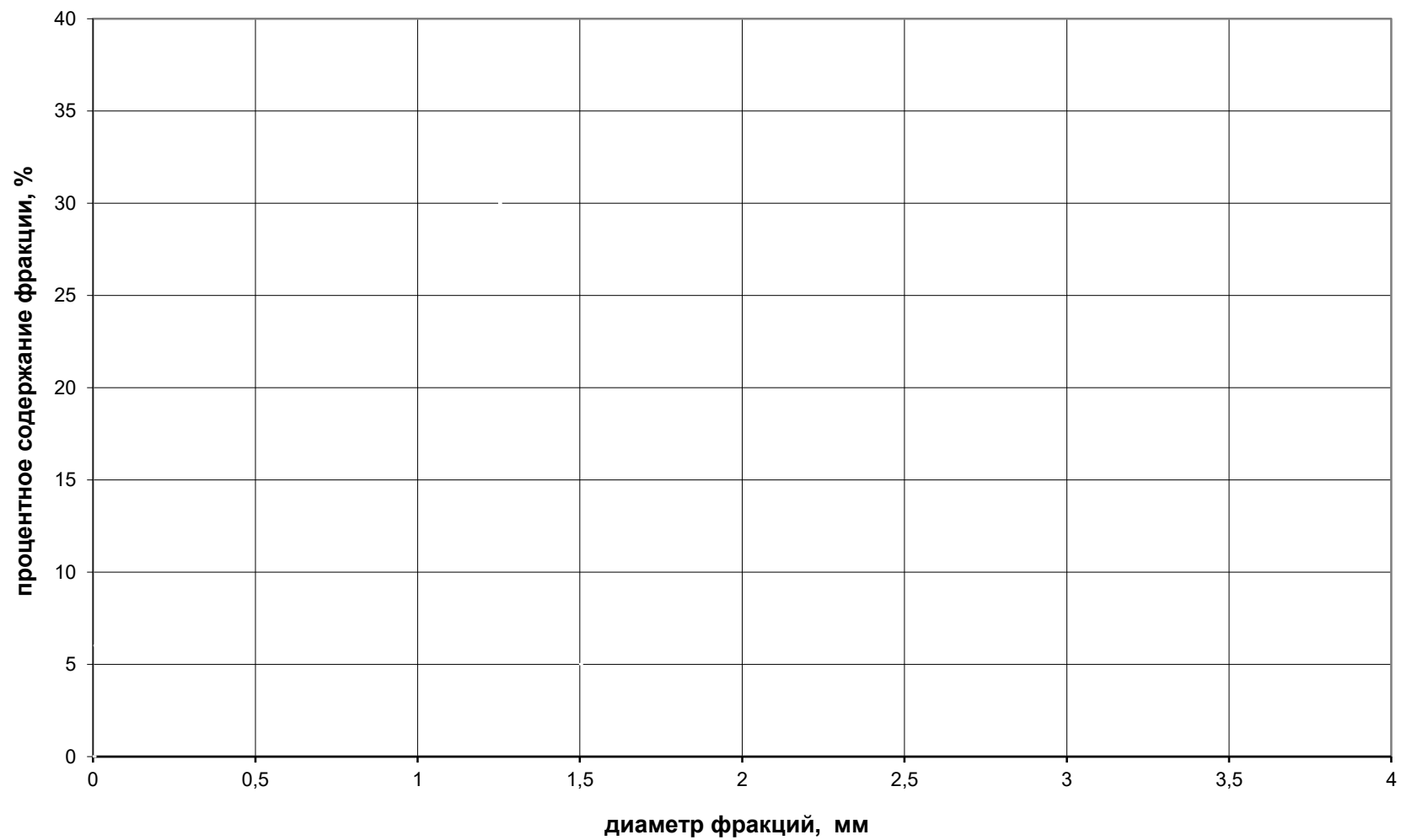


Рисунок 11 – Кумулятивная кривая распределения гранулометрического состава грунта

Исходные данные для выполнения этого задания по вариантам представлены в табл. 12. Бланки для построения графиков распределения гранулометрического состава грунта и построения кумулятивной кривой представлен на следующей странице. Следует распечатать бланки и выполнить на них соответствующие графические построения. Для наглядности приведен пример выполнения задания.

### График распределения гранулометрического состава грунта



### Кумулятивная кривая распределения гранулометрического состава грунта

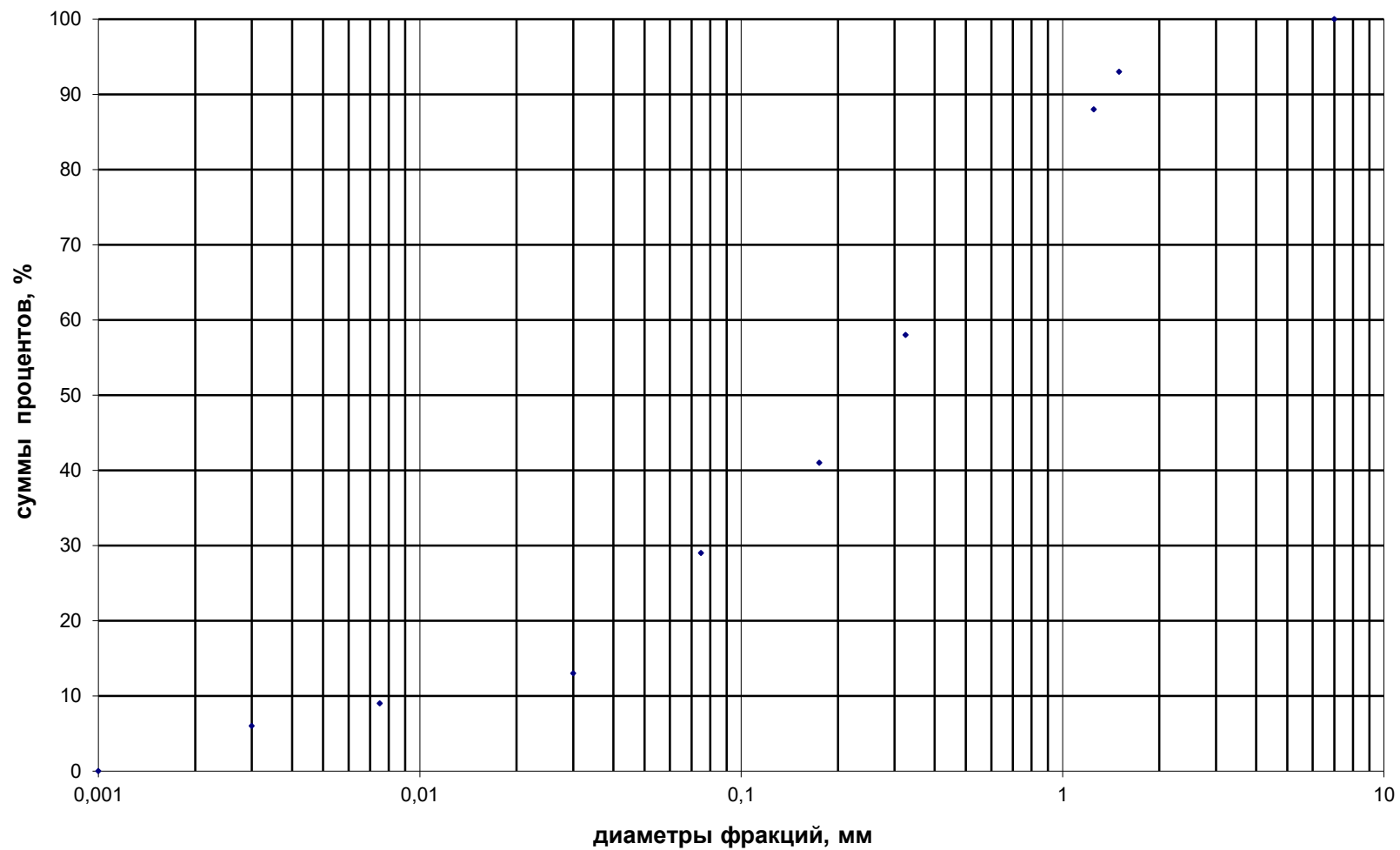


Таблица 12 – Фракционный состав

Диаметр частиц, мм	Процент. содерж., %	Диаметр частиц, мм	Процент. содерж., %	Диаметр частиц, мм	Процент. содерж., %
Вариант 2		Вариант 3		Вариант 4	
Более 2	10,0	Более 2	0,0	Более 2	1,0
2,0 – 1,0	7,0	2,0 – 1,0	0,0	2,0 – 1,0	15,0
1,0 – 0,5	23,0	1,0 – 0,5	0,0	1,0 – 0,5	12,0
0,5 – 0,25	40,0	0,5 – 0,25	0,0	0,5 – 0,25	40,0
0,25 – 0,10	6,0	0,25 – 0,10	10,0	0,25 – 0,10	15,0
0,10 – 0,05	10,0	0,10 – 0,05	23,0	0,10 – 0,05	11,0
0,05 – 0,01	3,0	0,05 – 0,01	36,0	0,05 – 0,01	3,0
0,01 – 0,005	1,0	0,01 – 0,005	13,0	0,01 – 0,005	1,0
Менее 0,005	0,0	0,005 – 0,001	14,0	0,005 – 0,001	2,0
Температура воды, °С	16,0	Менее 0,001	4,0	Менее 0,001	0,0
		Температура воды, °С	12,0	Температура воды, °С	13,0
Вариант 5		Вариант 6		Вариант 7	
Более 2	2,0	Более 2	0,0	Более 2	7,0
2,0 – 1,0	18,0	2,0 – 1,0	1,0	2,0 – 1,0	5,0
1,0 – 0,5	16,0	1,0 – 0,5	3,0	1,0 – 0,5	30,0
0,5 – 0,25	12,0	0,5 – 0,25	9,0	0,5 – 0,25	17,0
0,25 – 0,10	16,0	0,25 – 0,10	15,0	0,25 – 0,10	12,0
0,10 – 0,05	13,0	0,10 – 0,05	25,0	0,10 – 0,05	16,0
0,05 – 0,01	11,0	0,05 – 0,01	16,0	0,05 – 0,01	4,0
0,01 – 0,005	7,0	0,01 – 0,005	11,0	0,01 – 0,005	3,0

0,005 – 0,001	3,0	0,005 – 0,001	17,0	0,005 – 0,001	6,0
Менее 0,001	2,0	Менее 0,001	3,0	Менее 0,001	0,0
Температура воды, °С	15,0	Температура воды, °С	16,0	Температура воды, °С	18,0
Вариант 8		Вариант 9		Вариант 10	
Более 2	0,0	Более 2	0,0	Более 2	12,0
2,0 – 1,0	0,0	2,0 – 1,0	0,0	2,0 – 1,0	5,0
1,0 – 0,5	0,0	1,0 – 0,5	0,0	1,0 – 0,5	15,0
0,5 – 0,25	13,0	0,5 – 0,25	4,0	0,5 – 0,25	25,0
0,25 – 0,10	20,0	0,25 – 0,10	6,0	0,25 – 0,10	22,0
0,10 – 0,05	30,0	0,10 – 0,05	16,0	0,10 – 0,05	6,0
0,05 – 0,01	9,0	0,05 – 0,01	12,0	0,05 – 0,01	8,0
0,01 – 0,005	6,0	0,01 – 0,005	15,0	0,01 – 0,005	1,0
0,005 – 0,001	10,0	0,005 – 0,001	23,0	0,005 – 0,001	3,0
Менее 0,001	12,0	Менее 0,001	24,0	Менее 0,001	3,0
Температура воды, °С	14,0	Температура воды, °С	11,0	Температура воды, °С	17,0
Вариант 11		Вариант 13		Вариант 14	
Более 2,5	3,0	Более 3	3,0	Более 1,5	1,5
2,5 – 2,0	5,0	3,0 – 2,0	5,0	1,5 – 1,0	6,0
2,0 – 1,5	7,0	2,0 – 1,0	10,0	1,0 – 0,5	12,0
1,5 – 1,0	11,0	1,0 – 0,5	36,0	0,5 – 0,25	34,0
1,0 – 0,5	18,0	0,5 – 0,25	18,0	0,25 – 0,10	20,0
0,5 – 0,25	20,0	0,25 – 0,10	12,0	0,10 – 0,05	16,0
0,25 – 0,1	12,0	0,10 – 0,05	8,0	0,05 – 0,01	10,0
0,1 – 0,05	10,0	0,05 – 0,01	6,0	Менее 0,01	0,5

0,05 – 0,01	8,0	Менее 0,001	2,0	Температура воды, °С	18,0
0,01 – 0,05	4,0				
Менее 0,001	2,0	Температура воды, °С	10,0		
Температура воды, °С	12,0				
Вариант 15		Вариант 16		Вариант 17	
Более 1	2,0	Более 5	1,0	Более 2	1,0
1,0 – 0,5	6,0	5,0 – 3,0	5,0	2,0 – 1,0	6,0
0,5 – 0,25	12,0	3,0 – 2,0	8,0	1,0 – 0,5	13,0
0,25 – 0,10	35,0	2,0 – 1,0	11,0	0,5 – 0,25	45,0
0,10 – 0,05	20,0	1,0 – 0,5	25,0	0,25 – 0,10	20,0
0,05 – 0,01	15,0	0,10 – 0,05	20,0	0,10 – 0,05	10,0
0,01 – 0,005	8,0	0,5 – 0,25	15,0	0,05 – 0,01	3,0
Менее 0,005	2,0	0,25 – 0,1	10,0	Менее 0,01	2,0
Температура воды, °С	12,0	0,1 – 0,05	3,0	Температура воды, °С	22
		0,05 – 0,01			
		Менее 0,01	2,0		
		Температура воды, °С	6,0		
Вариант 18		Вариант 19		Вариант 20	
>2	8	>2	26	>2	2
2-1	6	2-1	31	2-1	5
1-0,5	11	1-0,5	26	1-0,5	10
0,5-0,25	23	0,5-0,25	8	0,5-0,25	17
0,25-0,10	30	0,25-0,10	3	0,25-0,10	35

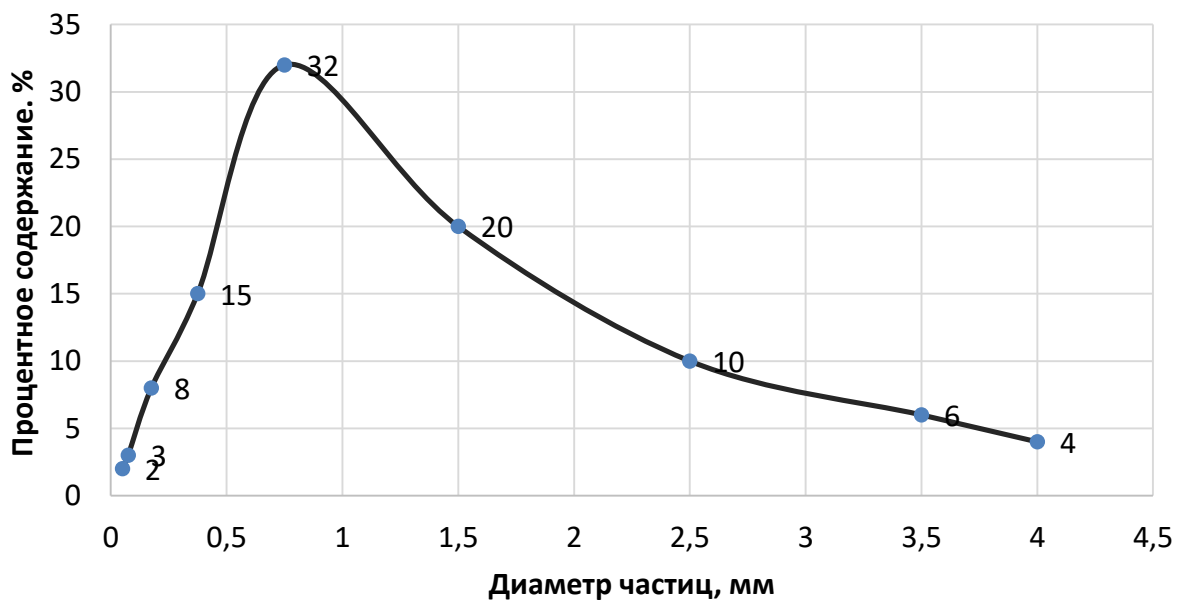
0,10- 0,05	13	0,10- 0,05	2	0,10- 0,05	22
Меньше 0,05	9	Меньше 0,05	4	Меньше 0,05	9
Температура воды, °С	6,0	Температура воды, °С	10,0	Температура воды, °С	12,0
Вариант 21		Вариант 22		Вариант 23	
>2	4	>2	18	>2	6
2-1	9	2-1	22	2-1	8
1-0,5	6	1-0,5	34	1-0,5	23
0,5-0,25	41	0,5-0,25	12	0,5-0,25	11
0,25-0,10	27	0,25-0,10	7	0,25-0,10	13
0,10- 0,05	5	0,10- 0,05	3	0,10- 0,05	30
Меньше 0,05	8	Меньше 0,05	3	Меньше 0,05	4
Температура воды, °С	11,0	Температура воды, °С	10,0	Температура воды, °С	12,0

## Пример расчета и графические построения

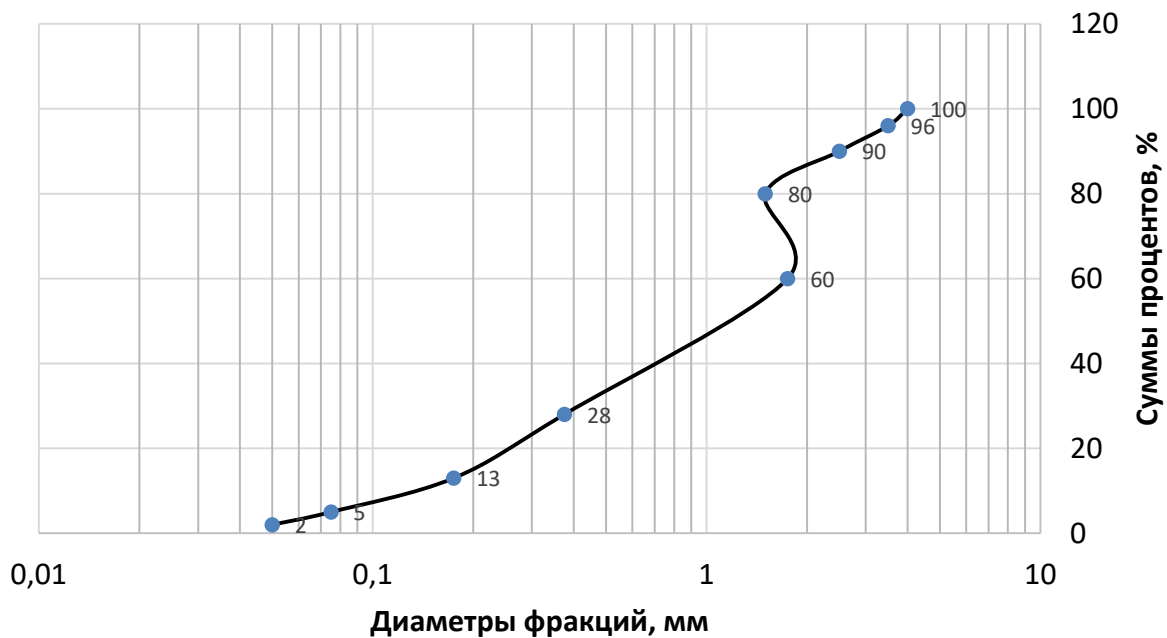
Исходные данные взяты для варианта №24.

Исходные данные	Диаметр частиц, мм	Процент. содер., %	График распределения гранулометрического состава грунта		Кумулированная кривая распределения грансостава грунта		
			Ср. диаметр частиц, мм	Процент содер., %	Диаметр частиц, мм, начиная с наименьшего размера	Процент содер., %	Процент. содер., %, в нарастающем порядке
	1	2	3	4=2	5	6	7
	Более 4,0	4	4	4	0,05	2	2
	4,0 – 3,0	6	3,5	6	0,075	3	5
	3,0 – 2,0	10	2,5	10	0,175	8	13
	2,0 – 1,0	20	1,5	20	0,375	15	28
	1,0 – 0,5	30	0,75	30	1,75	32	60
	0,5 – 0,25	10	0,375	10	1,5	20	80
	0,25 – 0,1	5	0,175	5	2,5	10	90
	0,1 – 0,05	3	0,075	3	3,5	6	96
	Менее 0,05	2	0,05	2	4	4	100
	Температура воды, °С	8					

**График распределения гранулометрического состава  
грунта**



**Кумулятивная кривая гранулометрического состава грунта**



## 2. Расчет коэффициента фильтрации

Коэффициент фильтрации – основной показатель водопроницаемости грунтов и важнейший показатель при различных гидродинамических расчетах – может быть определен в лабораторных, полевых условиях, а также по эмпирическим формулам. Последний способ возможен при использовании результатов ситового анализа, и поэтому является наиболее простым и оперативным. Однако, он и наименее точный, поскольку в формулы для определения  $K_{\phi}$  входят эмпирические коэффициенты, величины которых в каждом отдельном случае зависят от множества условий. Вместе с тем, возможность получения оценочного показателя экспресс-методом весьма ценна при инженерно-геологических изысканиях.

Для определения  $K_{\phi}$  используются результаты предыдущей работы (построение графиков грансостава), из которой выбирают следующие данные:

- по графику кумуляты определяется действующий диаметр  $d_{10}$ , соответствующий 10-ти процентному содержанию фракций, т.е. это такой условный диаметр частиц, которых в общей массе грунта 10%.

- по графику устанавливается и расчетный диаметр  $d_{60}$ , соответствующий содержанию фракций в 60%.

Наиболее часто для расчета  $K_{\phi}$  употребляют формулу Газена:

$$K_{\phi} = C \times d_{10}^2 \times (0,7 + 0,03 \times T^0) \quad (5)$$

где  $C$  – эмпирический коэффициент, зависящий от степени глинистости песка, и который может принимать следующие значения:

400-600 – при пылеватых песках;

600-800 – для мелкозернистых песков;

800-1000 – средне- и крупнозернистые пески с пылью;

1000-1200 – чистые промытые пески.

К пылеватым относятся частицы грунта диаметром менее 0,01 мм, а их количество в различных песках содержится в пределах:

- в пылеватых 35-40%;
- в мелкозернистых 20-30%;
- в средне- и крупнозернистых – 15-20%;
- в чистых промытых песках – менее 10%.

$(0,7+0,03T^\circ)$  – температурная поправка,  $T^\circ$  – температура фильтрующейся воды (приведена в табл. 12).

Для выяснения условий применимости формулы Газена предварительно вычисляется коэффициент неоднородности грунта:

$$P_n = \frac{d_{60}}{d_{10}} \quad (6)$$

В случае, если  $P_n$  окажется более 10, вычисление коэффициента фильтрации по формуле Газена дает неудовлетворительные результаты.

*Расчет для варианта №24.*

$P_n=0,2/1,75=0,114<10$ , следовательно, будем рассчитывать коэффициент фильтрации грунта по формуле (4):

$$K_\phi = C d_{10}^2 \times (0,7 + 0,03 \times T^\circ) = 1100 \times 1,75^2 \times (0,7 + 0,03 \times 8^\circ) = 31,7 \text{ см/с}$$

при  $d_{10}=0,175$  см.

## **Практическая работа № 6.**

### **Решение инженерных задач по карте гидроизогипс**

#### **1. Построение карты гидроизогипс**

Гидроизогипсы – это линии, соединяющие точки с одинаковыми абсолютными отметками поверхности зеркала грунтовых вод, т.е. они описывают поверхность зеркала безнапорных вод. Следовательно, карта гидроизогипс – это карта поверхности безнапорных вод.

Наличие существенной связи геоморфологии участка с динамикой подземных вод и, следовательно, с характером их залегания, говорит о том, что основой для построения карты гидроизогипс является топографическая карта. Для построения карты гидроизогипс необходимо иметь достаточное количество точек наблюдений за уровнем грунтовых вод.

Гидроизогипсы проводятся на топооснове методом интерполяции через 1-2 или 5 м (в зависимости от разности уровней безнапорных вод).

Карты гидроизогипс несут большую информацию. В частности, при одинаковой водопроницаемости пород сгущение линий будет означать большие скорости движения воды и по ним, следовательно, видно, изменение водопроницаемости пород, при расширении расстояний между гидроизогипсами, что обусловлено уменьшением напорного градиента, скорости подземных вод уменьшаются. Кроме того, по картам гидроизогипс можно решить следующие инженерные задачи и определить:

- направление движения подземных вод, которое направлено по нормали к соседним изогипсам в сторону меньших отметок;

- величину уклона подземных вод;

$$i = \frac{H_1 - H_2}{l} \quad (7)$$

где  $H_1, H_2$  - отметки поверхности воды в смежных точках,  $l$  - расстояние между этими точками.

- глубину залегания грунтовых вод – по разности отметок поверхности земли и гидроизогипсами;

- область питания – участки с замкнутыми гидроизогипсами, и область разгрузки (выход подземных вод на поверхность земли). Водоразделы грунтовых вод характеризуются расхождением потока, а дренирующий участок характеризуется суммированием потока;

- связь грунтовых вод с поверхностными водами: если поток направлен к реке, то дренируются грунтовые воды рекой, если от реки, то река питает подземные воды;

- расход плоского потока заданной ширины  $B$  по формуле Дарси.

- кажущуюся скорость движения потока  $V$ , если известен коэффициент фильтрации  $K_\phi$ :

$$V = K_\phi \times i \quad (8)$$

- место заложения дренажной канавы – перпендикулярно потоку, по изогипсам;

- зону заболачивания.

**Цель работы** – практическое освоение техники построения карты гидроизогипс по цифровой модели рельефа и гидрогеологического строения местности (уровня подземных вод) и решение по ней некоторых из перечисленных задач, встречающихся в области строительства, гидромелиорации и гидротехники.

### **Общие указания по выполнению работы**

1. Для решения комплексной задачи необходимо четко уяснить основные законы динамики подземных вод, в том числе, что такое уклон потока, закон линейной фильтрации, а также знать основную формулу Дарси и ее модификации (Дюпюи). При определении расхода потока основным моментом является установление площади фильтрации и ее составляющих.

2. Для построения топоосновы, т.е. карты с горизонталями, по сетке квадратов с заданными отметкам земли проводятся горизонтали методом интерполирования, или при помощи параллельной палетки. Методика работы этими способами известна из курса геодезии. Горизонтали проводятся через 1 м.

3. Аналогично строят гидроизогипсы, для чего в тех же точках наблюдений на карте проставляются отметки уровня подземных вод ( $\nabla УПВ$ ). Величины отметок получаются как разность между отметками поверхности земли ( $\nabla З$ ) и глубины залегания подземных вод в данной точке ( $h$ ).

$$\nabla УПВ = \nabla З - h \quad (9)$$

Сама процедура проведения гидроизогипс аналогична проведению горизонталей. Гидроизогипсы проводятся также через 1 м.

## 2. Задание

Исходные условия:

Пробурено 16 скважин (по 4 скважины на четырёх параллельных створах). Расстояние между створами и между скважинами – по 50 метров.

В скважинах выполнены замеры уровня грунтовых вод и коэффициента фильтрации. Составлена таблица, содержащая сведения об этих параметрах (табл 13). Абсолютная отметка кровли водоупора, м (будет рассчитана в процессе выполнения задания).

### **Выполнить:**

Построить карту гидроизогипс на топооснове в масштабе 1:1000 сечением через один метр.

### ***По карте определить:***

- 1) направление движения грунтового потока;
- 2) его форму;
- 3) область питания грунтовых вод;
- 4) область разгрузки грунтового потока;
- 5) направление движения грунтового потока по трём скважинам;
- 6) значения гидравлического уклона ( $i$ ) в центральной части каждого квадрата;
- 7) скорость движения грунтового потока ( $V$ ) в каждом квадрате карты;
- 8) мощность грунтового потока в центральном квадрате карты;
- 9) расход грунтового потока;
- 10) выбрать в пределах карты участок, наиболее благоприятный для строительства.

### 3. Порядок выполнения РГР

#### 1. Показать направление движения грунтового потока.

В каждом квадрате карты провести стрелки, перпендикулярные гидроизогипсам и направленные от больших абсолютных отметок уровня грунтовых вод к меньшим (рис. 12):

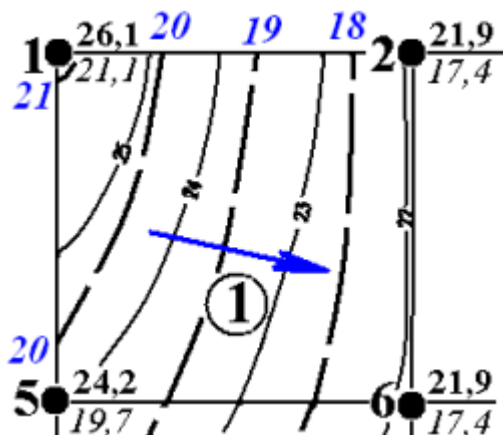


Рисунок 12 – Пример указания направления движения грунтовых вод на карте гидроизогипс (голубым цветом обозначены отметки грунтового потока).

#### 2. Охарактеризовать форму движения грунтового потока.

Сравнить расположение гидроизогипс и стрелок на своей карте с их расположением на стандартных рисунках (рис. 13):

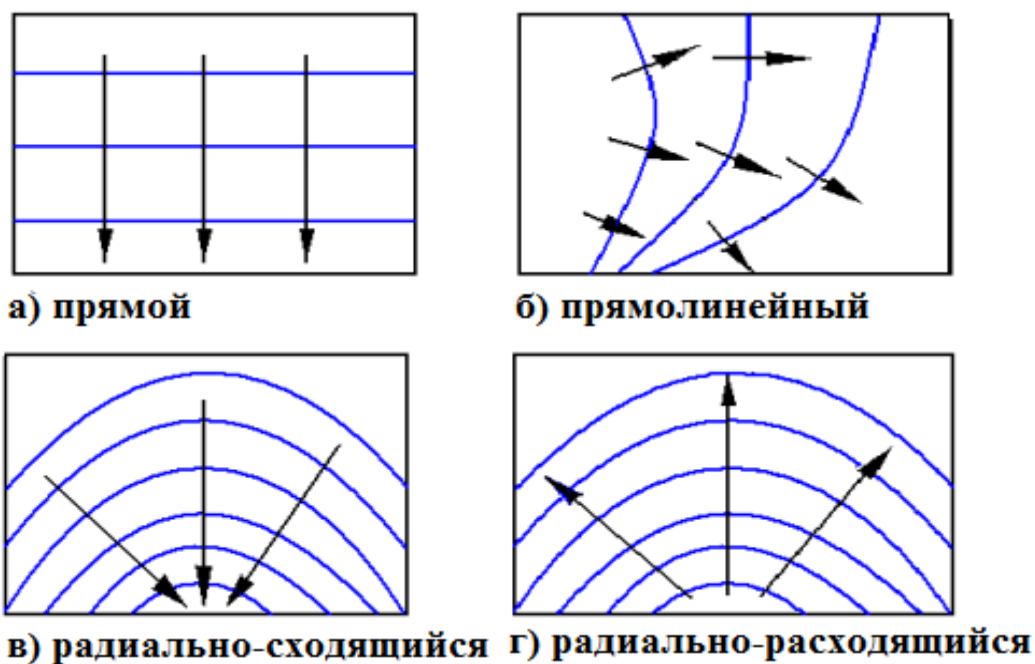


Рисунок 13 – Формы движения грунтовых потоков

Зачастую ситуация на участке бывает гораздо сложнее и потому требует более подробного описания (*например: в центре участка поток радиально-расходящийся, а в юго-восточной части криволинейный*).

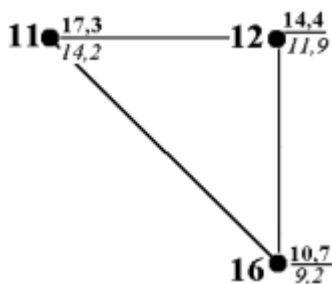
3. *Указать область питания грунтового потока.* Это территория, с которой поверхностные воды просачиваются в водоносные горизонты. Обычно – участки с максимальными высотными отметками.

4. *Указать область разгрузки грунтового потока* – место, где грунтовый поток выходит на земную поверхность в виде родников, питает реки и водоемы и т.д. Обычно – участки с минимальными высотными отметками.

5. *Определить направление движения грунтового потока по трем скважинам* (рис. 14). Этот метод используют в тех случаях, когда нет возможности пробурить большее количество скважин:

а) выбрать на карте любые три скважины, образующие треугольник. Вынести их за рамку карты, сохраняя пропорции и обозначения (рис. 14, а).

а)



б)

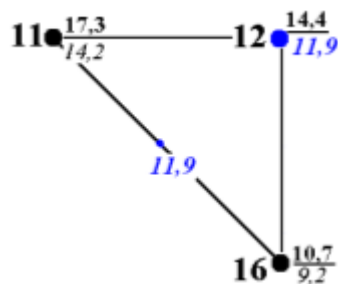


Рисунок 14 – Порядок определения направления грунтового потока по трем скважинам

б) для указания направления движения грунтового потока с помощью стрелки нужна хотя бы одна гидроизоги́пса. Эта линия пройдёт через две точки. Первой из них будет скважина со средней по величине абсолютной отметкой УГВ ( $11,9\text{ м}$ ). А вторую точку с такой же отметкой ( $11,9\text{ м}$ ) нужно найти на противоположающей стороне треугольника, между скважинами с максимальной ( $14,2\text{ м}$ ) и минимальной ( $9,2\text{ м}$ ) абсолютными отметками УГВ (рис.14, б).

в) направление движения грунтового потока укажет перпендикуляр, проведённый стрелкой из скважины с максимальной отметкой УГВ ( $14,2\text{ м}$ ) на найденную гидроизоги́псу (рис. 15). Стрелка может находиться внутри треугольника, может совпадать с одной из сторон треугольника или выходить за его рамку.

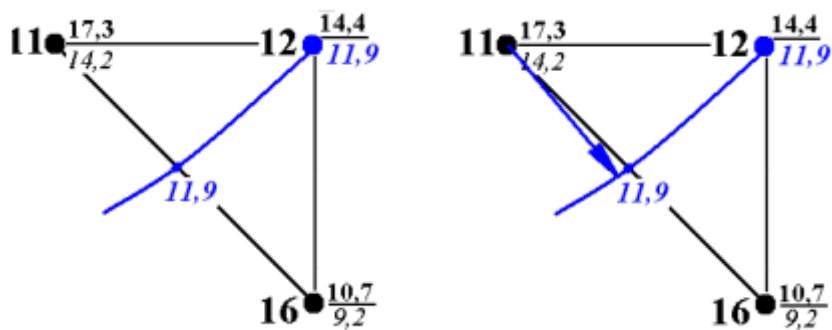


Рисунок 15 – Стадии определения направления грунтового потока по трем скважинам

б. Вычислить величину гидравлического уклона (градиента) –  $i$ .

Эту величину находят по формуле:

$$i = \frac{H_1 - H_2}{L} \quad \text{или} \quad i = \frac{\Delta H}{L} \quad (10)$$

где  $H_1$  и  $H_2$  – обозначения отметок выбранных гидроизогипс,

$L$  – расстояние между гидроизогипсами на местности, м (рис. 16).

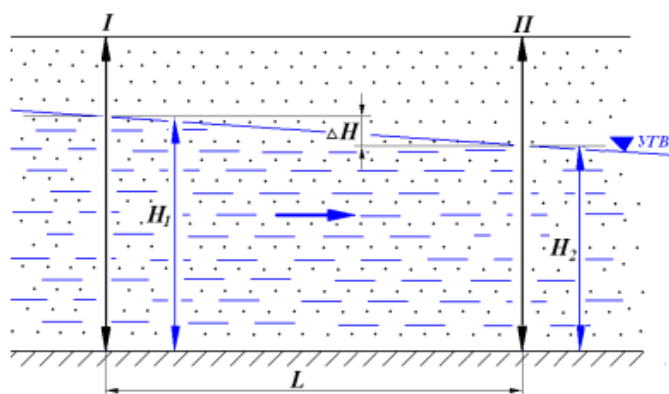


Рисунок 16– Схема фильтрации грунтовых вод: I – сечение с бóльшей величиной гидравлического уровня  $H_1$ ; II – сечение с мéньшей величиной гидравлического уровня  $H_2$ ; УГВ – уровень грунтовых вод

В центре каждого квадрата карты выбрать две соседние гидроизогипсы, прочесть их обозначения и найти разность  $\Delta H$ .

В том же месте измерить расстояние между гидроизогипсами по нормали (рис. 17). Расстояние должно быть выражено реальной величиной на местности (если расстояние между гидроизогипсами на карте 1 см, то при масштабе карты 1:1000 на местности это составит 10 м. Именно эта величина и будет использована при вычислениях градиента в данном случае).

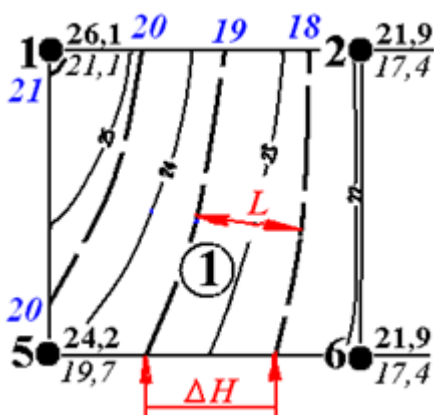


Рисунок 17 – Определение гидравлического уклона (градиента) по карте гидроизогипс

Правильно определенный гидравлический градиент находится в обратной зависимости от расстояния между гидроизогипсами.

7. Вычислить скорость движения грунтового потока.

Скорость движения грунтового потока вычисляем по формуле:

$$V = i \times K_{\phi}, \quad (11)$$

где  $i$  - величина гидравлического уклона;

$K_{\phi}$  - коэффициент фильтрации (в рассматриваемом примере - 5,0), м/сут,

Скорость движения грунтового потока находится в прямой зависимости от величины гидравлического уклона (градиента) и от коэффициента фильтрации пород.

8. *Определить мощность грунтового потока в центре участка.*

Для этого нужно из абсолютной отметки уровня грунтовых вод (УГВ) в данной точке вычесть абсолютную отметку кровли водоупора (или подошвы водоносного горизонта). Например, если требуется определить мощность потока в точке А с абсолютной отметкой УГВ 17,0 м, а кровля водоупора в данной точке залегает на отметке 12,0 м, то мощность грунтового потока в точке А составит  $h_1 = 17,0 - 12,0 = 5$  м. В точке Б с абсолютной отметкой УГВ 16,0 м и абсолютной отметкой кровли водоупора 13,0 м мощность грунтового потока составит  $h_2 = 16,0 - 13,0 = 3$  м. Средняя мощность грунтового потока в выбранных сечениях  $h_1$  и  $h_2$  (точках А и Б) составит  $h_{cp} = (h_1 + h_2) : 2 = (5 + 3) : 2 = 4$  м.

9. Вычислить расход грунтового потока в заданном сечении.

Расчет ведем по формуле Дарси:

$$Q = K_{\phi} \times I \times h_{cp} \times b \quad (12)$$

где  $K_{\phi}$  – коэффициент фильтрации, м/сут;

$I$  – величина гидравлического градиента;

$h_{cp}$  – средняя мощность грунтового потока, м;

$b$  – ширина грунтового потока, м;

Подставляем в формулу соответствующие величины:  $K_{\phi} = 5,0$  м/сут (предложен в задании),  $I = (17 - 16) : 30 = 0,03$  (вычислен в п. 6),  $h_{cp} = 4$  м (вычислена

в п. 8),  $b = 65$  м (в данном случае – измерить расстояние от одной до другой рамки квадрата перпендикулярно направлению грунтового потока в см (рис. 18) и перевести в метры).

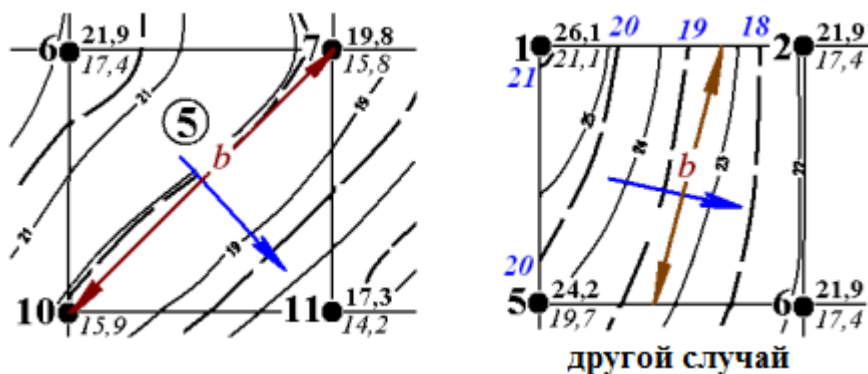


Рисунок 18 – Определение ширины грунтового потока в одном из квадратов карты гидроизогипс

Таким образом, расход грунтового потока в центре участка равен:

$$Q = K_{\phi} \times I \times h_{\text{ср}} \times b = 5,0 \times 0,03 \times 4 \times 65 = 39,0 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

#### 10. Оценить перспективы строительства объекта.

Выбрать на карте участок наиболее благоприятный для размещения сооружения размером  $20 \times 20$  м при глубине фундамента 4 м. Предпочтительны участки, где УГВ располагается на максимальной глубине от поверхности земли и имеет меньше возможности для выхода на поверхность (в примере – западная часть площадки). Оценить, будет ли подтопление грунтовыми водами фундамента с учетом возможного подъема грунтовых вод в весеннее время (величина подъема УГВ равна 4 м). Если разность отметок поверхности земли и отметки воды будут более 4 метров, то подтопления не будет. В противном случае, необходимо будет предложить запроектировать дренажную канаву для отвода грунтовых вод. Попробуйте показать, с какой стороны от сооружения надо будет разместить дренажную канаву.

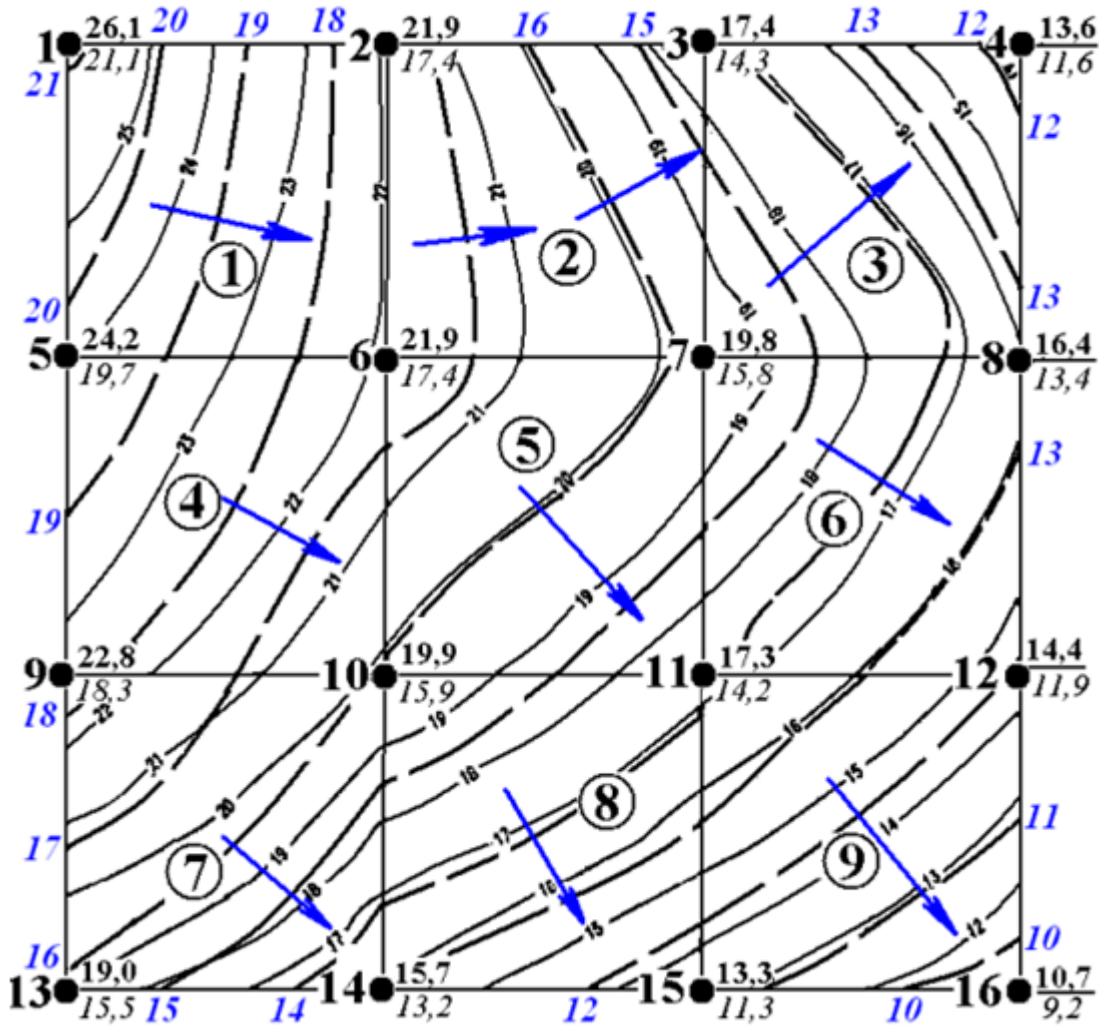
*Пример выполненного задания приведен ниже.*

Учитывая, что построение будет выполнено в масштаб 1:1000, размер квадрата на местности 50×50 м, в масштабе, соответственно, 5×5 см. Общая площадь карты 15×15 см.

По исходным данным, приведенным ниже в табл.19, необходимо разбить квадраты, в вершины квадратов вписать отметки земли и отметки УГВ. Отметки УГВ рассчитать как разность отметок земли минус глубину УГВ.

Развести горизонтالي и гидроизогипсы. И, затем решить 10 инженерных задач. Пример изображения гидрогеологической карты, для которой были приведены все вышерассмотренные вычисления, приведен на следующей странице.

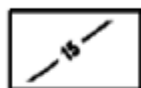
### Карта гидроизогипс



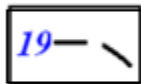
Масштаб 1:1000

сечение гидроизогипс - 1,0м

Условные обозначения:



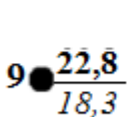
горизонтали рельефа и их отметки



гидроизогипсы и их отметки



номер квадрата



номер скважины (слева)

абс. отметка поверхности земли (справа в числителе)

абс. отметка УГВ (справа в знаменателе)



направление движения грунтового потока

## Варианты заданий

Таблица 19 – Исходные данные отметок по вариантам

<b>Вариант № 1</b>															
НОМЕРА СКВАЖИН															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Абсолютные отметки поверхности земли (устьев скважин), м															
38,9	30,1	22,7	30,1	46,3	39,0	30,3	39,0	54,0	46,3	39,1	46,3	46,9	54,3	46,9	54,2
Глубины залегания УГВ, м															
16,5	12,0	8,5	12,0	20,0	16,5	12,0	16,5	24,0	20,0	16,5	20,0	20,5	24,0	20,5	24,0
Абсолютные отметки УГВ, м															
?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
<i>КОЭФФИЦИЕНТ ФИЛЬТРАЦИИ <math>K\Phi = 0,1</math> м/сут</i>															
<b>Вариант № 2</b>															
НОМЕРА СКВАЖИН															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Абсолютные отметки поверхности земли (устьев скважин), м															
52,0	45,0	45,0	52,0	45,0	38,0	38,0	45,0	40,0	33,0	33,0	40,0	33,0	26,0	26,0	33,0
Глубины залегания УГВ, м															
15,0	12,0	12,0	15,0	12,0	9,0	9,0	12,0	10,0	7,0	7,0	10,0	7,0	4,0	4,0	7,0
Абсолютные отметки УГВ, м															
?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
<i>КОЭФФИЦИЕНТ ФИЛЬТРАЦИИ <math>K\Phi = 6,4</math> м/сут</i>															
<b>Вариант № 3</b>															
НОМЕРА СКВАЖИН															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Абсолютные отметки поверхности земли (устьев скважин), м															
30,5	38,8	44,7	39,1	24,6	30,5	36,4	31,0	18,0	27,0	30,4	21,0	20,0	16,0	20,4	18,2
Глубины залегания УГВ, м															
12,2	16,4	19,3	16,5	9,3	12,2	15,2	12,5	6,0	11,5	12,2	9,5	7,0	5,0	7,2	6,1
Абсолютные отметки УГВ, м															
?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
<i>КОЭФФИЦИЕНТ ФИЛЬТРАЦИИ <math>K\Phi = 2,9</math> м/сут</i>															
<b>Вариант № 4</b>															
НОМЕРА СКВАЖИН															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Абсолютные отметки поверхности земли (устьев скважин), м															
43,4	48,6	52,0	48,1	52,4	54,6	61,8	55,0	58,0	63,0	68,0	58,8	56,5	51,2	51,2	56,0
Глубины залегания УГВ, м															
18,5	21,3	23,0	21,0	23,1	25,3	27,4	24,5	26,0	28,5	31,0	26,4	25,0	28,0	28,0	25,0
Абсолютные отметки УГВ, м															
?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
<i>КОЭФФИЦИЕНТ ФИЛЬТРАЦИИ <math>K\Phi = 7,3</math> м/сут</i>															
<b>Вариант № 5</b>															

НОМЕРА СКВАЖИН															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Абсолютные отметки поверхности земли (устьев скважин), м															
44,0	38,8	44,8	39,1	38,6	33,0	36,6	32,1	33,0	26,8	30,2	25,0	26,0	18,0	20,0	18,0
Глубины залегания УГВ, м															
18,5	16,4	19,4	16,5	16,5	13,5	15,3	13,0	13,5	10,4	12,0	9,5	10,0	6,0	7,0	6,0
Абсолютные отметки УГВ, м															
?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
КОЭФФИЦИЕНТ ФИЛЬТРАЦИИ $K_{\phi} = 0,6$ м/сут															
<b>Вариант № 6</b>															
НОМЕРА СКВАЖИН															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Абсолютные отметки поверхности земли (устьев скважин), м															
12,0	11,0	14,1	9,5	10,5	15,0	20,7	15,1	14,5	20,0	27,5	21,0	21,8	28,8	32,6	27,0
Глубины залегания УГВ, м															
3,0	2,5	4,0	2,0	2,5	4,5	7,3	4,5	4,2	6,5	11,0	7,5	7,4	11,9	12,8	10,5
Абсолютные отметки УГВ, м															
?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
КОЭФФИЦИЕНТ ФИЛЬТРАЦИИ $K_{\phi} = 14,0$ м/сут															
<b>Вариант № 7</b>															
НОМЕРА СКВАЖИН															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Абсолютные отметки поверхности земли (устьев скважин), м															
64,0	60,0	67,8	76,4	62,0	67,1	72,0	80,5	66,8	72,4	78,4	84,0	72,4	78,4	86,2	82,0
Глубины залегания УГВ, м															
28,0	27,0	30,8	35,2	28,0	30,5	33,0	37,2	30,4	33,2	36,2	39,0	33,2	36,2	40,6	38,0
Абсолютные отметки УГВ, м															
?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
КОЭФФИЦИЕНТ ФИЛЬТРАЦИИ $K_{\phi} = 3,9$ м/сут															
<b>Вариант № 8</b>															
НОМЕРА СКВАЖИН															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Абсолютные отметки поверхности земли (устьев скважин), м															
38,9	46,2	54,0	62,0	30,1	39,0	46,6	54,0	22,2	30,6	39,0	46,8	30,1	39,0	46,6	54,2
Глубины залегания УГВ, м															
16,5	20,0	24,0	28,0	12,0	16,5	20,3	24,0	8,0	12,3	16,5	20,4	12,0	16,5	20,3	24,0
Абсолютные отметки УГВ, м															
?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
КОЭФФИЦИЕНТ ФИЛЬТРАЦИИ $K_{\phi} = 12,0$ м/сут															
<b>Вариант № 9</b>															
НОМЕРА СКВАЖИН															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Абсолютные отметки поверхности земли (устьев скважин), м															
39,1	44,8	38,7	30,5	31,0	36,2	31,0	24,5	25,0	30,2	25,0	18,0	18,1	20,2	17,0	20,0
Глубины залегания УГВ, м															
16,5	19,4	16,3	12,2	12,5	15,0	12,5	9,2	9,5	12,0	9,5	6,0	6,0	7,0	5,5	7,0
Абсолютные отметки УГВ, м															

?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
<i>КОЭФФИЦИЕНТ ФИЛЬТРАЦИИ <math>K_{\phi} = 1,6 \text{ м/сут}</math></i>															
<b>Вариант № 10</b>															
НОМЕРА СКВАЖИН															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Абсолютные отметки поверхности земли (устьев скважин), м															
22,0	26,0	22,0	18,0	26,0	33,4	26,0	22,0	24,0	26,0	24,0	20,0	20,0	22,0	20,0	18,0
Глубины залегания УГВ, м															
8,0	10,0	8,0	6,0	10,0	13,7	10,0	8,0	9,0	10,0	9,0	7,0	7,0	8,0	7,0	6,0
Абсолютные отметки УГВ, м															
?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
<i>КОЭФФИЦИЕНТ ФИЛЬТРАЦИИ <math>K_{\phi} = 0,5 \text{ м/сут}</math></i>															
<b>Вариант № 11</b>															
НОМЕРА СКВАЖИН															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Абсолютные отметки поверхности земли (устьев скважин), м															
68,0	60,1	54,0	45,4	60,2	52,3	45,5	46,3	54,0	46,0	40,0	32,0	54,0	46,0	60,1	32,0
Глубины залегания УГВ, м															
28,0	24,0	21,0	17,0	24,0	20,0	17,0	21,0	21,0	17,0	14,0	10,0	21,0	17,0	24,0	10,0
Абсолютные отметки УГВ, м															
?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
<i>КОЭФФИЦИЕНТ ФИЛЬТРАЦИИ <math>K_{\phi} = 4,2 \text{ м/сут}</math></i>															
<b>Вариант № 12</b>															
НОМЕРА СКВАЖИН															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Абсолютные отметки поверхности земли (устьев скважин), м															
25,0	31,0	36,1	32,0	18,8	25,0	33,0	36,0	12,0	18,6	25,0	28,4	17,0	12,0	18,6	20,4
Глубины залегания УГВ, м															
10,5	13,5	16,0	14,0	7,4	10,5	14,5	16,0	4,0	18,6	10,0	12,4	7,0	5,0	8,0	9,4
Абсолютные отметки УГВ, м															
?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
<i>КОЭФФИЦИЕНТ ФИЛЬТРАЦИИ <math>K_{\phi} = 0,2 \text{ м/сут}</math></i>															
<b>Вариант № 13</b>															
НОМЕРА СКВАЖИН															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Абсолютные отметки поверхности земли (устьев скважин), м															
67,0	58,4	50,2	42,0	58,6	50,4	42,6	34,0	50,4	44,0	34,2	35,0	43,0	34,8	28,0	35,0
Глубины залегания УГВ, м															
28,5	24,2	20,1	16,0	24,3	20,2	16,3	12,0	20,2	18,0	12,1	12,5	16,5	12,4	9,0	12,5
Абсолютные отметки УГВ, м															
?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
<i>КОЭФФИЦИЕНТ ФИЛЬТРАЦИИ <math>K_{\phi} = 6,2 \text{ м/сут}</math></i>															
<b>Вариант № 14</b>															
НОМЕРА СКВАЖИН															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Абсолютные отметки поверхности земли (устьев скважин), м															
50,4	42,6	50,6	42,8	42,6	35,1	42,6	50,4	35,0	25,8	35,0	42,6	26,2	18,4	26,2	34,6

Глубины залегания УГВ, м															
20,2	16,2	20,3	16,4	16,3	12,5	16,3	20,2	12,5	7,5	12,5	16,3	8,1	4,2	8,1	12,2
Абсолютные отметки УГВ, м															
?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
<i>КОЭФФИЦИЕНТ ФИЛЬТРАЦИИ <math>K_{\phi} = 11,0</math> м/сут</i>															
<b>Вариант № 15</b>															
НОМЕРА СКВАЖИН															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Абсолютные отметки поверхности земли (устьев скважин), м															
54,0	62,1	70,0	73,0	47,4	54,3	62,0	70,0	40,0	46,8	54,1	62,0	42,0	38,0	46,8	54,2
Глубины залегания УГВ, м															
24,0	28,0	32,0	33,5	20,6	24,0	28,0	32,0	17,0	20,4	24,0	28,0	18,0	16,0	20,4	24,0
Абсолютные отметки УГВ, м															
?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
<i>КОЭФФИЦИЕНТ ФИЛЬТРАЦИИ <math>K_{\phi} = 9,1</math> м/сут</i>															
<b>Вариант 16</b>															
НОМЕРА СКВАЖИН															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Абсолютные отметки поверхности земли (устьев скважин), м															
28,0	34,3	26,2	18,4	34,0	31,0	23,0	16,6	29,0	23,0	16,6	12,0	23,0	16,0	11,9	14,0
Глубины залегания УГВ, м															
11,0	14,0	10,0	6,2	14,0	12,5	8,5	5,3	11,5	8,5	5,3	3,0	8,5	5,0	3,0	4,0
Абсолютные отметки УГВ, м															
?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
<i>КОЭФФИЦИЕНТ ФИЛЬТРАЦИИ <math>K_{\phi} = 3,8</math> м/сут</i>															
<b>Вариант 17</b>															
НОМЕРА СКВАЖИН															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Абсолютные отметки поверхности земли (устьев скважин), м															
32,0	32,0	38,3	44,8	38,0	38,0	45,0	52,2	46,0	46,0	52,2	60,0	54,0	54,0	60,0	68,0
Глубины залегания УГВ, м															
10,0	10,0	13,0	16,4	13,0	13,0	16,5	20,0	17,0	17,0	20,0	24,0	21,0	21,0	24,0	28,0
Абсолютные отметки УГВ, м															
?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
<i>КОЭФФИЦИЕНТ ФИЛЬТРАЦИИ <math>K_{\phi} = 5,0</math> м/сут</i>															
<b>Вариант № 18</b>															
НОМЕРА СКВАЖИН															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Абсолютные отметки поверхности земли (устьев скважин), м															
54,2	46,6	39,0	30,1	46,8	39,0	30,6	22,4	54,0	46,6	39,0	30,1	62,0	54,0	46,6	38,8
Глубины залегания УГВ, м															
24,0	20,3	16,5	12,0	20,4	16,5	12,3	8,2	24,0	20,3	16,5	12,0	28,0	24,0	20,3	16,4
Абсолютные отметки УГВ, м															
?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
<i>КОЭФФИЦИЕНТ ФИЛЬТРАЦИИ <math>K_{\phi} = 7,6</math> м/сут</i>															
<b>Вариант № 19</b>															
НОМЕРА СКВАЖИН															

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Абсолютные отметки поверхности земли (устьев скважин), м															
39,2	42,8	38,8	44,8	32,1	36,6	31,0	38,1	25,0	30,2	25,0	33,0	18,0	20,0	18,0	34,0
Глубины залегания УГВ, м															
16,6	17,4	16,4	19,4	13,0	15,3	12,5	16,0	9,5	12,0	9,5	13,5	6,0	7,0	6,0	9,0
Абсолютные отметки УГВ, м															
?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
КОЭФФИЦИЕНТ ФИЛЬТРАЦИИ $K_{\phi} = 8,8 \text{ м/сут}$															
<b>Вариант № 20</b>															
НОМЕРА СКВАЖИН															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Абсолютные отметки поверхности земли (устьев скважин), м															
64,1	72,0	72,0	72,0	61,0	62,0	62,0	62,0	46,0	52,0	52,0	52,0	36,0	42,0	42,0	42,0
Глубины залегания УГВ, м															
26,0	30,0	30,0	30,0	27,0	25,0	25,0	25,0	17,0	20,0	20,0	20,0	12,0	15,0	15,0	15,0
Абсолютные отметки УГВ, м															
?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
КОЭФФИЦИЕНТ ФИЛЬТРАЦИИ $K_{\phi} = 0,7 \text{ м/сут}$															
<b>Вариант № 21</b>															
НОМЕРА СКВАЖИН															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Абсолютные отметки поверхности земли (устьев скважин), м															
38,0	42,0	37,1	29,0	40,0	36,6	31,9	22,4	36,1	31,0	23,0	16,0	31,0	24,6	16,2	20,0
Глубины залегания УГВ, м															
15,0	17,0	14,5	10,5	16,0	14,2	12,0	7,2	14,0	11,5	7,5	4,0	11,5	8,3	4,1	6,0
Абсолютные отметки УГВ, м															
?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
КОЭФФИЦИЕНТ ФИЛЬТРАЦИИ $K_{\phi} = 4,0 \text{ м/сут}$															
<b>Вариант № 22</b>															
НОМЕРА СКВАЖИН															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Абсолютные отметки поверхности земли (устьев скважин), м															
38,0	46,0	52,0	60,0	30,0	38,0	44,0	52,0	30,0	38,0	44,0	52,0	38,0	46,0	52,0	60,0
Глубины залегания УГВ, м															
12,0	16,0	19,0	23,0	8,0	12,0	15,0	19,0	8,0	12,0	15,0	19,0	12,0	16,0	19,0	23,0
Абсолютные отметки УГВ, м															
?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
КОЭФФИЦИЕНТ ФИЛЬТРАЦИИ $K_{\phi} = 14,0 \text{ м/сут}$															
<b>Вариант № 23</b>															
НОМЕРА СКВАЖИН															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Абсолютные отметки поверхности земли (устьев скважин), м															
20,2	19,6	12,0	16,0	28,4	25,5	18,6	14,0	32,0	33,0	25,0	18,8	31,0	36,0	31,0	25,0
Глубины залегания УГВ, м															
8,0	7,8	4,0	6,0	12,2	11,0	7,3	5,0	14,0	14,5	10,5	7,4	13,5	16,0	13,5	10,5
Абсолютные отметки УГВ, м															

?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
<i>КОЭФФИЦИЕНТ ФИЛЬТРАЦИИ <math>K_{\phi} = 0,3</math> м/сут</i>																
<b>Вариант № 24</b>																
НОМЕРА СКВАЖИН																
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
Абсолютные отметки поверхности земли (устьев скважин), м																
46,0	38,0	30,0	22,0	38,0	30,0	22,0	14,0	30,0	22,0	14,0	7,5	22,0	14,0	7,1	3,0	
Глубины залегания УГВ, м																
22,0	18,0	14,0	10,0	18,0	14,0	10,0	6,0	14,0	10,0	6,0	3,0	10,0	6,0	3,0	1,0	
Абсолютные отметки УГВ, м																
?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	
<i>КОЭФФИЦИЕНТ ФИЛЬТРАЦИИ <math>K_{\phi} = 7,1</math> м/сут</i>																
<b>Вариант № 25</b>																
НОМЕРА СКВАЖИН																
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
Абсолютные отметки поверхности земли (устьев скважин), м																
30,4	42,0	48,0	56,0	30,4	42,0	48,0	56,0	40,5	47,0	54,4	62,0	46,8	56,0	62,1	70,0	
Глубины залегания УГВ, м																
12,0	16,0	19,0	23,0	12,0	16,0	19,0	23,0	15,3	18,5	22,2	26,0	18,4	23,0	26,0	39,0	
Абсолютные отметки УГВ, м																
?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	
<i>КОЭФФИЦИЕНТ ФИЛЬТРАЦИИ <math>K_{\phi} = 5,9</math> м/сут</i>																
<b>Вариант № 26</b>																
НОМЕРА СКВАЖИН																
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
Абсолютные отметки поверхности земли (устьев скважин), м																
33,0	26,0	32,8	41,0	33,0	32,2	40,0	48,4	32,0	40,6	48,4	56,6	40,0	48,2	56,4	65,0	
Глубины залегания УГВ, м																
10,5	7,0	10,4	14,5	10,5	10,1	14,0	18,2	10,0	14,3	18,2	22,3	14,0	18,1	22,2	26,5	
Абсолютные отметки УГВ, м																
?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	
<i>КОЭФФИЦИЕНТ ФИЛЬТРАЦИИ <math>K_{\phi} = 4,1</math> м/сут</i>																
<b>Вариант № 27</b>																
НОМЕРА СКВАЖИН																
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
Абсолютные отметки поверхности земли (устьев скважин), м																
9,8	15,0	20,8	27,0	15,0	20,6	27,0	33,0	21,6	27,0	35,0	38,0	22,4	31,4	39,8	36,0	
Глубины залегания УГВ, м																
3,9	6,5	9,4	12,5	6,5	9,3	12,5	15,5	9,8	12,5	16,5	18,0	10,2	14,7	18,9	17,0	
Абсолютные отметки УГВ, м																
?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	
<i>КОЭФФИЦИЕНТ ФИЛЬТРАЦИИ <math>K_{\phi} = 2,6</math> м/сут</i>																
<b>Вариант № 28</b>																
НОМЕРА СКВАЖИН																
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
Абсолютные отметки поверхности земли (устьев скважин), м																
44,7	38,6	32,0	32,0	52,4	44,8	48,0	48,0	60,0	42,4	46,0	46,0	68,0	60,0	54,0	54,0	

Глубины залегания УГВ, м															
16,3	13,3	10,0	10,0	20,2	16,3	13,0	13,0	24,0	20,2	17,0	17,0	28,0	24,0	21,0	21,0
Абсолютные отметки УГВ, м															
?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
КОЭФФИЦИЕНТ ФИЛЬТРАЦИИ $K_{\phi} = 10,0$ м/сут															
<b>Вариант № 29</b>															
НОМЕРА СКВАЖИН															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Абсолютные отметки поверхности земли (устьев скважин), м															
22,0	19,0	26,6	33,0	18,0	24,5	33,0	39,0	24,4	33,8	38,6	42,0	31,0	39,2	44,0	40,0
Глубины залегания УГВ, м															
8,0	6,5	10,3	13,5	6,0	9,0	13,5	16,5	9,2	13,9	16,2	18,0	12,5	16,6	19,0	17,0
Абсолютные отметки УГВ, м															
?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
КОЭФФИЦИЕНТ ФИЛЬТРАЦИИ $K_{\phi} = 0,7$ м/сут															
<b>Вариант № 30</b>															
НОМЕРА СКВАЖИН															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Абсолютные отметки поверхности земли (устьев скважин), м															
54,8	60,6	68,6	76,2	61,0	67,6	72,1	80,6	66,8	72,5	70,8	86,0	72,4	78,4	84,6	88,0
Глубины залегания УГВ, м															
24,4	27,3	31,8	35,0	27,5	31,0	33,0	37,3	30,4	33,2	36,0	40,0	33,2	36,2	39,0	41,0
Абсолютные отметки УГВ, м															
?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
КОЭФФИЦИЕНТ ФИЛЬТРАЦИИ $K_{\phi} = 2,2$ м/сут															
<b>Вариант № 31</b>															
НОМЕРА СКВАЖИН															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Абсолютные отметки поверхности земли (устьев скважин), м															
26,1	21,9	17,4	13,6	24,2	21,9	19,8	16,4	22,8	19,9	17,3	14,4	19,0	15,7	13,3	10,7
Глубины залегания УГВ, м															
5,0	4,5	3,1	2,0	4,5	4,5	4,0	3,0	4,5	4,0	3,5	2,5	3,5	2,5	2,0	1,5
Абсолютные отметки УГВ, м															
?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
КОЭФФИЦИЕНТ ФИЛЬТРАЦИИ $K_{\phi} = 5,0$ м/сут															

Примечание: Пример расчета и карта изогипс составлена для варианта № 31.

Как разводить горизонталы и гидроизогипсы, приведено в видеоуроках:

[https://www.youtube.com/watch?v=kWuRdwKUo3c&feature=emb\\_logo](https://www.youtube.com/watch?v=kWuRdwKUo3c&feature=emb_logo) – Гидроизогипс. Гидроизобат. Горизонталы . Часть 1.

<https://www.youtube.com/watch?v=K8uH5xe9a78> – Гидроизогипс. Гидроизобат. Горизонталы . Часть 2

[https://www.youtube.com/watch?v=OG-Jn\\_DNnDI&feature=emb\\_logo](https://www.youtube.com/watch?v=OG-Jn_DNnDI&feature=emb_logo) – Инженерная геология. Карта гидроизогипс палеткой

## Практическая работа № 7

### Решение задач

#### ЗАДАЧА 1

Необходимо классифицировать грунт с заданными физическими характеристиками по ГОСТ 25100-2011 «Грунты. Классификация» (<http://docs.cntd.ru/document/gost-25100-2011>) и произвести нормирование грунтов по СП 22.13330.2011 «Основания зданий и сооружений» (<http://docs.cntd.ru/document/1200084710>).

#### Пример решения:

*Дано:*

Содержание песчаных частиц (размер фракции грунта от 2 до 0,5 мм)  $\geq 50$ .

Число пластичности  $I_p = 2$ . Показатель текучести  $I_L = 0,5$ . Коэффициент пористости  $e = 0,7$ .

*Требуется:* Произвести классификацию и нормирование грунтов.

*Ответ:* данный грунт – супесь песчанистая, пластичная, с расчетным сопротивлением  $R_0 = 225$  кПа и модулем деформации  $E = 13$  МПа.

Исходные данные для расчета по вариантам приведены в табл. 20, 21.

Таблица 20 – Данные лабораторных исследований

№ варианта	Фракции 2-1мм,%	Фракции 2-0,5мм,%	Фракции 0,5-0,25мм,%	Фракции 0,25-0,1мм,%	Фракции меньше 0,1мм,%	e	S <sub>1</sub>	I <sub>p</sub>	I <sub>L</sub>
1	-	10	50	20	20	0,60	0,62		
2	10	37	10	14	23	0,68		3	9

3	-	5	17	25	53	0,71			0,5
4	1	20	15	45	10	0,71	0,63		
5	-	4	12	14	69	0,65		4	1,5
6	7	12	14	21	46	0,68		5	0,9
7	-	4	19	27	50	0,62		6	1,2
8	-	-	30	55	15	0,65	0,81		
9	12	39	12	10	27	0,66		7	0
10	-	9	11	24	27	0,71		8	0
11	-	39	18	20	46	0,59	0,48		
12	13	31	13	11	32	0,64		9	0,20
13	1	7	21	16	32	0,54		11	0,42
14	3	9	17	24	55	0,60		12	0,72
15	-	50	10	25	47	9,52 0,73	0,48		
16	16	27	14	17	15	0,67		10	1
17	-	8	17	22	26	0,54		11	1,5
18	4	-	15	24	53	9,75		9	0,15
19	-	40	15	40	57	0,57	0,78		
20	-	9	17	31	8	0,91		11	0,38
21	9	8	13	20	43	0,85		10	0,55
22	1	12	10	19	50	0,76		13	0,85
23	13	29	12	14	55	0,73		16	1,28
24	-	-		75	32	0,68	0,52		
25	3	10	17	16	25	0,75		15	0,95
26	-	4	12	27	54	0,95		11	0,68
27	7	-	14	26	57	0,87		18	9,56
28	-	2	13	10	53	0,67		25	0,10

29	5	25	25	30	75	0,60	0,54		
30	-	40	10	5	15		0,55		

Таблица 21 –Классификация грунта крупнообломочных и песчаных грунтов

Разновидности крупнообломочных и песчаных грунтов	Распределение частиц по крупности,% от массы грунта
крупнообломочные	
Валунный грунт (или глыбовый)	Частиц крупнее 200 мм больше 50%
Галечный грунт (или щебенистый)	Частиц крупнее 10 мм больше 50%
Гравийный грунт (или дресвяный)	Частиц крупнее 2мм больше 50%
Пески	
Песок гравелистый	Частиц крупнее 2 мм больше 24%
Песок крупный	Частиц крупнее 0,5 мм больше 50%
Песок средней крупности	Частиц крупнее 0,25 мм больше 50%
Песок мелкий	Частиц крупнее 0,1 мм больше 75%
Песок пылеватый	Частиц крупнее 0,1 мм больше 75%

## ЗАДАЧА 2

По результатам лабораторных исследований, приведенным в табл.22., определите наименование связного грунта и дайте предварительную оценку возможности отнесения его к просадочным грунтам.

Таблица 22 –Результаты лабораторных исследований грунта

Варианты	1	2	3	4	5
Естественная влажность, д.е.	0,13	0,16	0,17	0,09	0,12
Плотность частиц грунта, г/см <sup>3</sup>	2,72	2,74	2,73	2,70	2,73
Плотность грунта, г/см <sup>3</sup>	1,85	1,90	1,79	1,86	1,91
Влажность на границе текучести, д.е.	0,32	0,44	0,37	0,21	0,41
Влажность на границе раскатывания, д.е.	0,19	0,23	0,19	0,15	0,25

*Примечание:* 1. Для ответа необходимо вычислить число пластичности, коэффициенты пористости грунта в природном состоянии, границы текучести, коэффициент водонасыщения.

Число пластичности (Plasticity index) – это разность влажностей, соответствующая двум состояниям грунта на границе текучести и на границе раскатывания;

Определить число пластичности грунта можно по формуле А.17 приложения А ГОСТ 25100-2011

$$I_p = W_L - W_p, \quad (13)$$

где  $W_L$ — влажность на границе текучести, % (см. ГОСТ 5180-2015);

$W_p$  — влажность на границе раскатывания, % (см. ГОСТ 5180-2015);

Коэффициент пористости,  $e$  (Void ratio) – это отношение объема пор грунта  $n$  к объему его скелета  $m$ :

$$e = \frac{n}{m} \quad (14)$$

Так как единичный объем грунта равен объему пор и объему скелета, то:

$$n + m = 1 \quad (15)$$

$$m = \frac{\rho_s}{\rho_d} \quad (16)$$

где  $m$  – объем твердых частиц

### ЗАДАЧА 3

По результатам лабораторного определения физических свойств связного грунта, приведенным в табл. 22, вычислите классификационные характеристики (число пластичности, показатель текучести, коэффициент пористости) и дайте наименование грунта по ГОСТ 25100-2011.

Таблица 22 – Результаты лабораторного определения физических свойств связного грунта

Показатели	Варианты
------------	----------

	1	2	3	4	5	6
Плотность частиц грунта, г/см <sup>3</sup>	2,69	2,73	2,71	2,72	2,70	
Плотность грунта, г/см <sup>3</sup>	1,90	1,99	1,90	1,86	1,80	
Природная влажность, д.е	0,22	0,27	0,13	0,18	0,20	
Влажность на границе текучести, д.е.	0,20	0,52	0,34	0,43	0,26	
Влажность на границе раскатывания, д.е.	0,14	0,23	0,21	0,22	0,17	

#### ЗАДАЧА 4

По результатам лабораторного определения физических свойств связного грунта, приведенным в табл. 23, вычислите классификационные характеристики (число пластичности, показатель текучести, коэффициент пористости) и дайте наименование грунта по ГОСТ 25100-2011.

Таблица 23 – Результаты лабораторного определения физических свойств связного грунта

Показатели	Варианты					
	1	2	3	4	5	6

Плотность частиц грунта, г/см <sup>3</sup>	2,69	2,73	2,71	2,72	2,70	
Плотность грунта, г/см <sup>3</sup>	1,90	1,99	1,90	1,86	1,80	
Природная влажность, д.е	0,22	0,27	0,13	0,18	0,20	
Влажность на границе текучести, д.е.	0,20	0,52	0,34	0,43	0,26	
Влажность на границе раскатывания, д.е.	0,14	0,23	0,21	0,22	0,17	

В соответствии с ГОСТ 25100-2011:

Таблица 24 – Классификация грунтов

По числу пластичности  $J_p$  :

Супесь	$1 \leq J_p \leq 7$ ;
Суглинок	$7 \leq J_p \leq 17$ ;
Глина	$J_p > 17$ .

По числу пластичности и зерновому составу:

Наименование	Число пластичности	Содержание песчаных частиц, % по массе
Супесь песчанистая	1 – 7	$\geq 50$
Супесь пылеватая	1 – 7	$< 50$

Суглинок легкий песчанистый	7 – 12	$\geq 40$
Суглинок легкий пылеватый	7 – 12	$< 40$
Суглинок тяжелый песчанистый	12 – 17	$\geq 40$
Суглинок тяжелый пылеватый	12 – 17	$< 40$
Глина песчаная	17 – 27	$\geq 40$
Глина пылеватая	17 – 27	$< 40$
Глина тяжелая	$> 27$	Не регламентируется

### ЗАДАЧА 5

По приведенным в табл. 25 показателям физико-механических свойств, вычислить классификационные характеристики скального грунта и дать его наименование по ГОСТ 25100–2011

Таблица 25 – Показатели физико-механических свойств скальных грунтов

	Петрографический тип	Плотность грунта, г/см <sup>3</sup>		Временное сопротивление одноосному сжатию, МПа	
		невыветрелого	выветрелого	в воздушном состоянии	в водонасыщенном состоянии
1	Гранит	2,80	2,65	135	128
2	Алевролит	2,20	2,02	15	4
3	Доломит	2,64	1,93	34,1	16,4
4	Гнейс	2,73	2,41	111	90
5	Дунит	3,28	3,10	102	101
6	Песчаник	2,20	1,96	78	52

7	Сиенит	2,70	2,45	140	131
8	Известняк	1,80	1,65	16	5
9	Мрамор	2,60	2,15	55	14
10	Андезит порфи- ровый	2,53	2,20	155	100
11	Аргиллит	2,60	1,90	65	32
12	Сланец слюдя- ной	2,20	1,78	60	52
13	Диорит	2,90	2,80	185	174
14	Гипс	2,18	1,92	12	9
15	Конгломерат	2,20	1,85	62	34
16	Базальт	3,10	3,00	210	200
17	Хлоритовый сла- нец	2,70	1,80	80	52
18	Габбро	2,80	2,75	210	180
19	Мергель	1,90	1,85	35	8
20	Известняк	1,50	1,20	22	10
21	Гипс	2,20	2,0	18	6
22	Алевролит	1,85	1,70	35	12
23	Пироксенит	3,30	3,20	270	250
24	Перидотит	3,20	3,00	210	200
25	Риолит	2,60	2,40	180	160
26	Филлит	2,70	2,20	110	80

*Решение:*

Определяем коэффициент выветрелости:

$$k_{wr} = \rho/\rho_0, \quad (17)$$

$$k_{wr} = 2,30/2,9 = 0,79.$$

Определяем коэффициент размягчаемости в воде:

$$k_{sof} = R_c / R_{c_0}, \quad (18)$$

$$k_{sof} = 35/60 = 0,58.$$

По ГОСТ 25100–2011 *ангидрит* относится к классу *скальных грунтов*, тип — *осадочные*, вид — *сульфатные, средней прочности* (по пределу прочности на одноосное сжатие в водонасыщенном состоянии  $R_c = 35$ ), *сильновыветрелый* (по коэффициенту выветрелости  $k_{wr} = 0,79$ ), *размягчаемый* (по коэффициенту размягчаемости в воде  $k_{sof} = 0,58$ ).

Результаты расчетов приводим в табличной форме:

Таблица 25 – Результаты обработки результатов испытаний скального грунта

Петрографический тип	Плотность грунта, г/см <sup>3</sup>		Временное сопротивление одноосному сжатию, МПа	
	невыветрелого	выветрелого	в воздушно-сухом состоянии	в водонасыщенном состоянии
Ангидрит	2,9	2,3	60	35

## ЗАДАЧА 6

*Дано:*

В табл. 26 приведены результаты определения показателей физико-механических свойств несвязанного грунта.

Таблица 26 – Пример обработки результатов ситового анализа несвязного грунта

Гранулометрический состав частиц, мас. %, мм							Окатанные
<0,10	0,10–0,25	0,25–0,50	0,50–2	2–10	10–200	> 200	Неокатанные
10	23	15	19	18	15		0

*Решение:*

Для установления, наименования грунта по гранулометрическому составу последовательно определяем суммарное содержание частиц, начиная от наиболее крупных фракций, и сравниваем его с табличными значениями (табл. 27), Крупнее 10 мм – 15 % (менее 50 %), значит грунт не галечниковый; крупнее 2 мм (18+15) = 33 % (более 25 %), следовательно, грунт – песок гравелистый (с учетом преобладания окатанных частиц).

Таблица 27 – Разновидности дисперсных грунтов (ГОСТ 25100–2011)

Элементы	Фракции	Размер фракций, мм
Валуны (глыбы)	Крупные	> 800
	Средние	400–800
	Мелкие	200–400
Галька (щебень)	Крупные	100–200
	Средние	60–100
	Мелкие	10–60
Гравий (дресва)	Крупные	4–10
	Мелкие	2–4

Песчаные частицы	Грубые	1–2
	Крупные	0,5–1
	Средние	0,25–0,5
	Мелкие	0,10–0,25
	Тонкие	0,05–0,10
Пылеватые частицы	Крупные	0,01–0,05
	Мелкие	0,002–0,01
Глинистые частицы		< 0,002

**Задание:** Определить грунт согласно вариантам задания (табл. 28).

Таблица 28 – Варианты результатов ситового анализа несвязного грунта

Вариант	Гранулометрический состав частиц, % по массе, мм							Окатанные
	< 0,10	0,10–0,25	0,25–0,50	0,50–2	2–10	10–200	> 200	Неокатанные
1	5	12	15	9	14	28	17	О
2	24	17	25	12	22	—	—	—
3	8	14	10	14	23	19	12	Н
4	8	15	16	16	22	10	1-	—
5	28	24	15	12	12	9	-	—
6	23	4	12	35	12	8	6	—
7	10	18	9	11	14	24	14	О
8	-	11	14	14	10	49	2	Н
9	12	12	4	25	16	17	14	—
10	5	29	16	16	11	13	10	—
11	31	34	16	4	6	9	—	—
12	0	0	24	24	15	19	18	О
13	29	22	33	16	—	—	—	—
14	11	5	12	21	25	14	12	Н
15	25	15	15	22	23	—	—	—
16	7	12	25	5	28	21	2	О
17			25	12	11	34	18	Н
18		1	4	2	18	18	57	Н
19	28	24	21	12	3	5	7	—
20		12	12	20	15	28	13	Н
21	2	2	16	38	4	38	—	—
22	2	12	14	9	12	38	13	О
23	21	18	14	12	19	13	3	—
24	33	24	28	9	6	—	—	—
25	26	12	17	24	21	—	—	—

26	7	15	2	22	16	28	10	О
27	17	1	3	2	24	18	35	Н
28	0	14	35	30	11	10		—
29	24	7	22	27	11	9	0	—
30	29	22	33	16	—	—	—	—

### ЗАДАЧА 7

По приведенным, в табл. 29 показателям физико-механических свойств грунтов вычислить классификационные характеристики дисперсного связного грунта и дать его наименование по ГОСТ 25100–2011.

Таблица 29 – Варианты лабораторных анализов связных грунтов

Номер варианта	Гранулометрический состав частиц, % по массе, и диаметр, мм			Естественная влажность (W), %	Влажность на пределе текучести (W <sub>L</sub> ), %	Влажность на пределе раскатывания (W <sub>P</sub> ), %
	2–0,05	0,05–0,002	< 0,002			
1	2	3	4	5	6	7
1	24	47	29	25	39	21
2	42	35	23	27	28	24
3	45	30	25	14	26	15
4	40	71	-11	30	39	21
5	41	36	23	25	29	23
6	36	32	32	21	44	20
7	40	38	22	15	28	15
8	50	34	16	24	32	20
9	54	22	24	31	34	29
10	39	29	32	38	39	15
11	44	26	30	36	35	14
12	37	41	22	22	34	18
13	45	24	31	32	41	17
14	31	40	29	23	39	33
15	38	51	11	26	36	24
16	40	51	9	21	24	15
17	52	15	33	38	40	21
18	69	12	19	6	13	8
19	16	35	49	42	58	26
20	39	35	26	29	37	22

21	41	39	20	15	38	23
22	28	60	12	37	34	19
23	50	39	11	37	36	30
24	21	55	24	78	53	26
25	18	51	31	13	32	19
26	41	21	38	16	44	23
27	16	57	27	35	37	19
28	20	64	16	19	21	15
29	40	53	7	25	41	25
30	31	26	43	44	52	23

Таблица 30 – Пример, обработки результатов лабораторных определений связного грунта

Гранулометрический состав частиц,% по массе, и диаметр, мм			Естественная влажность (W), %	Влажность на границе текучести (WL), %	Влажность на границе раскатывания (Wp), %
2–0,02	0,05–0,002	< 0,002			
35	50	15	17	31	16

Решение:

Для определения, разновидности связного грунта, в первую очередь, определяем число пластичности:

$$IP = WL - Wp = 31 - 16 = 15 \text{ \%}.$$

Далее определяем показатель текучести

$$IL = (W - WP)/IP = (17 - 16)/15 = 0,16.$$

В лабораторных условиях, определено, что содержание глинистых частиц – 15 %, пылеватых – 50 %, песчаных – 35 %.

По этим данным, грунт согласно ГОСТ 25100–2011 называют суглинком ( $IP = 15 \text{ \%}$ ), полутвердым ( $IL = 0,16$ ), тяжелым пылеватым,

Для решения задачи применять материалы ГОСТа, приведенные в табл. 31 – 34.

Таблица 31 – Классификация глинистые грунтов по числу пластичности  $I_p$

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

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

Таблица 32 – Классификация глинистых грунтов по числу пластичности  $I_p$  и содержанию песчаных частиц

Разновидность грунтов	Число пластичности $I_p$ , %	Содержание песчаных частиц (2–0,05 мм), % по массе
Супесь:		
песчанистая	$1 \leq I_p < 7$	$\geq 50$
пылеватая	$1 \leq I_p < 7$	$< 50$
Суглинок: легкий		
песчанистый	$7 \leq I_p < 12$	$\geq 40$
легкий пылеватый	$7 \leq I_p < 12$	$< 40$
тяжелый	$12 \leq I_p < 17$	$\geq 40$
пылеватый	$12 \leq I_p < 17$	$< 40$
Глина:		
легкая	$17 \leq I_p < 27$	$\geq 40$
песчанистая легкая	$17 \leq I_p < 27$	$< 40$
пылеватая тяжелая	$I_p \geq 27$	Не регламентируется

Таблица 33 – Классификация глинистых грунтов по наличию включений

Разновидность грунтов	Содержание частиц > 2 мм, % по
Супесь, суглинок, глина с галькой (щебнем), с гравием (дресвой) или с ракушкой	От 15 до 25
Супесь, суглинок, глины галечниковые (щебенистые), гравелистые (дресвяные) или ракушечные	Более 25 до 50

Таблица 34 – Классификация глинистых грунтов по показателю текучести  $I_L$

Разновидность грунтов	Показатель текучести $I_L$
Супесь:	
твердая	$I_L < 0$
тугопластичная	$0 \leq I_L \leq 0,50$
мягкопластичная	$0,50 < I_L \leq 1,00$
текучая	$I_L > 1,00$
Суглинки и глины:	
твердые	$I_L < 0$
полутвердые	$0 \leq I_L \leq 0,25$
тугопластичные	$0,25 < I_L \leq 0,50$
мягкопластичные	$0,50 < I_L \leq 0,75$
текучепластичные	$0,75 < I_L \leq 1,00$
текучие	$I_L > 1,00$

### ЗАДАЧА 8

Определите единичный расход грунтового потока по результатам замеров, выполненных в двух скважинах, расположенных на расстоянии 200 м по направлению течения, если коэффициент фильтрации однородных водовмещающих пород равен 5,2 м/сут. Постройте схему расположения скважин при наклонном водоупоре. Единичный расход потока при наклонном водоупоре определяется по формуле:

$$Q = K_{\phi} \times \frac{(H_1 - H_2) \times (h_1 + h_2)}{2l}, \quad (19)$$

где  $K_{\phi}=5,2$  м/сут – коэффициент фильтрации;

$H_1$  и  $H_2$  – напоры, соответственно в 1 и 2 скважинах, отсчитываемые от условной горизонтальной плоскости 0-0;

$h_1$  и  $h_2$  – мощность водоносного пласта соответственно в скважинах 1 и 2;

$b$  – ширина потока, принимаемая при определении единичного расхода равной 1 м;

$l=200$  м – расстояние между скважинами.

Мощность водоносного пласта в скважинах вычисляют как разность абсолютных отметок уровня грунтовых вод ( $W_L$ ) и кровли водоупора. Значения  $H_1$  и  $H_2$  принимают равными абсолютным отметкам  $W_L$  в скважинах 1 и 2. Варианты для выполнения задания приведены в табл. 35.

Таблица 35 – Исходные данные по скважинам при наклонном водоупоре

Варианты	1		2	
	Скважина 1	Скважина 2	Скважина 1	Скважина 2
Абсолютные отметки, м:				
устья скважин	32,1	30,3	83,3	84,1
$W_L$	28,0	24,3	81,6	80,5
кровли водоупора	17,8	18,3	78,2	78,2

### ЗАДАЧА 9

По данным, приведенным в табл. 36, постройте схему и определите приток воды к совершенной скважине (дебит) при горизонтальном водоупоре. Диаметр скважины  $2r=305$  мм, радиус скважины  $r=152,5$  мм

Таблица 36 – Исходные данные по скважинам при горизонтальном водоупоре

Варианты	1	2	3
Абсолютные отметки, м:			
устья скважины	31,4	71,3	54,8
$W_L$ (статического)	29,9	67,6	52,5
$W_L$ в скважине при откачке	25,5	64,8	47,3
кровли водоупора	11,6	58,2	42,3

Коэффициент фильтрации, м/сут	7,1	13,4	18,0
-------------------------------	-----	------	------

Расчетная формула:

$$Q = 1,36K_{\phi} \times \frac{(H^2 - h^2)}{\lg R - \lg r} \quad (20)$$

Где  $H$  – высота воды в скважине при откачке;

$R$  – радиус влияния,

$$R = 2S\sqrt{H \times K_{\phi}} \quad (21)$$

где  $S$  – понижение уровня воды в скважине, м.

### ЗАДАЧА 10

При выполнении разведочных работ пробурено 12 скважин, расположенных в плане в углах квадратной сетки, на расстоянии 25 м друг от друга (рис. 19).

На плане указаны: номер скважины (слева от дроби), абсолютная отметка устьев скважины (в числителе) и глубин залегания уровней грунтовых вод (в знаменателе).

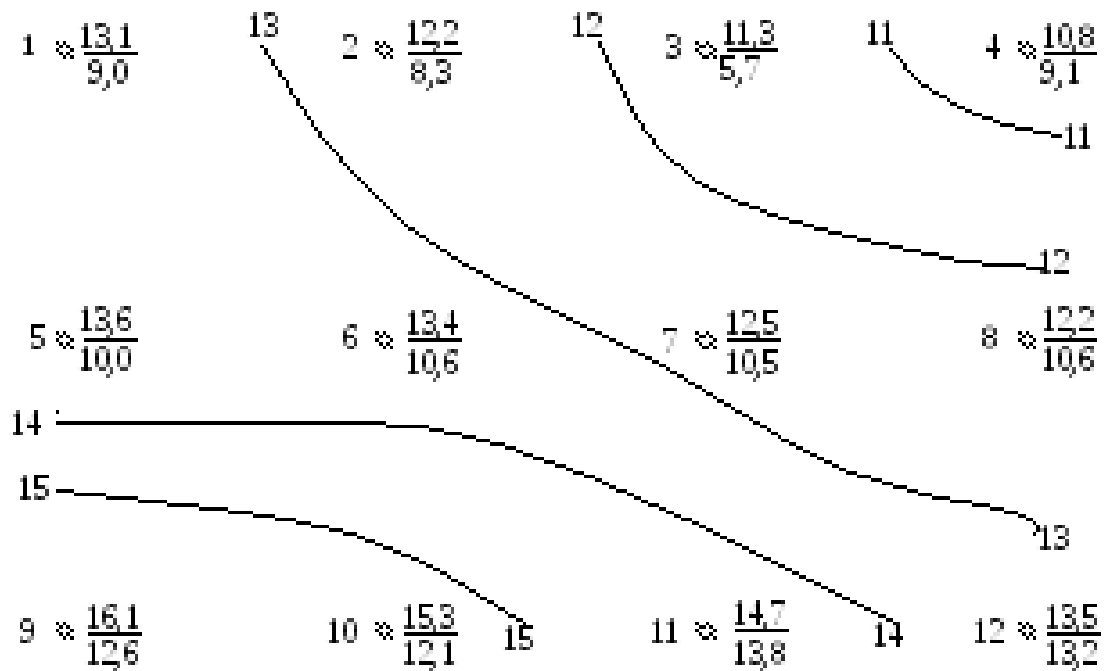


Рисунок 19 – План расположения скважин на топографической основе

По данным, приведенным в табл. 37, постройте на топографической основе (см. рис. 19) карту гидроизогипс сечением через 1 м. На карте покажите направление потока и выделите участки с глубиной залегания уровня грунтовых вод менее 2 м, от 2 до 3 м.

Таблица 37 – Данные по отметкам устья скважины и глубине залегания грунтовых вод

Варианты	1	2	3	4	5
Скважина 1	$\frac{13,1}{4,1}$	$\frac{12,4}{3,9}$	$\frac{13,6}{3,6}$	$\frac{13,2}{4,1}$	$\frac{10,6}{3,6}$
Скважина 2	$\frac{12,2}{3,9}$	$\frac{11,3}{2,4}$	$\frac{13,1}{2,8}$	$\frac{12,5}{2,9}$	$\frac{10,1}{3,0}$
Скважина 3	$\frac{11,3}{5,6}$	$\frac{10,6}{1,5}$	$\frac{12,5}{2,0}$	$\frac{12,0}{2,4}$	$\frac{9,5}{2,3}$
Скважина 4	$\frac{10,8}{2,7}$	$\frac{10,5}{1,8}$	$\frac{12,4}{1,7}$	$\frac{11,7}{3,5}$	$\frac{9,6}{1,5}$
Скважина 5	$\frac{13,6}{3,6}$	$\frac{13,0}{3,2}$	$\frac{16,7}{3,6}$	$\frac{15,2}{4,2}$	$\frac{13,2}{3,5}$
Скважина 6	$\frac{13,4}{2,8}$	$\frac{12,5}{2,0}$	$\frac{15,1}{3,2}$	$\frac{14,0}{2,0}$	$\frac{12,4}{3,2}$
Скважина 7	$\frac{12,5}{2,0}$	$\frac{12,3}{1,7}$	$\frac{14,4}{1,1}$	$\frac{13,6}{1,2}$	$\frac{11,5}{1,1}$
Скважина 8	$\frac{12,2}{1,6}$	$\frac{12,4}{2,8}$	$\frac{13,5}{0,4}$	$\frac{13,3}{3,3}$	$\frac{10,5}{0,2}$
Скважина 9	$\frac{16,1}{3,5}$	$\frac{15,3}{3,2}$	$\frac{18,2}{1,3}$	$\frac{18,8}{5,0}$	$\frac{15,6}{3,3}$
Скважина 10	$\frac{15,3}{3,2}$	$\frac{14,2}{1,3}$	$\frac{18,3}{4,2}$	$\frac{18,0}{4,2}$	$\frac{15,3}{4,0}$
Скважина 11	$\frac{14,7}{0,9}$	$\frac{13,7}{0,4}$	$\frac{18,2}{3,1}$	$\frac{17,3}{3,6}$	$\frac{15,1}{2,9}$
Скважина 12	$\frac{13,5}{0,3}$	$\frac{13,3}{2,3}$	$\frac{17,0}{2,0}$	$\frac{17,2}{5,2}$	$\frac{14,3}{2,4}$

## ЗАДАЧА 11

Составьте прогноз повышения уровня грунтовых вод  $\Delta H$  на территории площадью  $A$  через 1 год, 5 лет, 7 лет ( $t$ ) при дополнительном инфильтрационном питании  $\omega$ , действующем на площади  $A_\omega$ . Подъем уровня грунтовых вод  $\Delta H$  определите по формуле:

$$\Delta H = \frac{A_\omega \times \omega}{\mu} \times t, \quad (22)$$

где  $\mu$  – коэффициент водоотдачи.

Варианты:

$A_\omega=1,5 \text{ км}^2$ ;  $A=4,5 \text{ км}^2$ ;  $\mu=0,15$ ;  $\omega=0,2 \text{ м/год}$ ;

$A_\omega=0,5 \text{ км}^2$ ;  $A=3 \text{ км}^2$ ;  $\mu=0,1$ ;  $\omega=0,19 \text{ м/год}$ ;

$A_\omega=2,0 \text{ км}^2$ ;  $A=6 \text{ км}^2$ ;  $\mu=0,12$ ;  $\omega=0,22 \text{ м/год}$ .

## ЗАДАЧА 12

Расчёт гидрогеологических параметров для совершенного котлована. Определите приток воды в строительные котлованы квадратной или широкой прямоугольной формы совершенного типа. Составьте схему расчёта с гидрогеологическими параметрами (рис. 20).

Рассмотрим три случая.

1. Данные для расчётов приведены в табл. 38, недостающие рассчитайте.

Таблица 38 – Данные для расчета воды к строительному котловану

№ варианта	Длина котлована, L, м	Ширина котлована, В, м	Мощность водоносного горизонта, Н, м	Коэффициент фильтрации, $K_f$ , м/сут	Понижение уровня воды в котловане, S, м	Радиус влияния котл., R, м
0	15	11	16	30	2	180
1	10	10	13	25	3	142
2	13	9	11	28	2	120
3	18	18	19	4,0	4	160
4	17	17	21	35	5	150
5	10	10	29	34	6	125
6	11	11	25	3,9	5	135
7	12	12	36	27	7	140
8	14	11	9	33	2	110
9	19	19	7	19	3	50
10	20	16	6	22	2	75
11	22	18	15	29	5	90
12	18	18	10	16	3	40
13	9	9	6	20	2	55
14	13	12	17	23	4	150
15	195	24	18	32	25	6
16	26	22	34	3,2	7	200
17	27	14	9	4,2	3	123
18	45	24	19	5,8	6	42
19	32	12	16	4	4	302
20	18	9	9,5	9,2	8	98
21	20	14	7	7	5	136
22	27	20	11	26	9	97
23	31	16	26	6,9	7	142
24	11	8	31	3,1	2	247
25	14	10	6	6,8	4	312
26	26	6	29 2	32	1	10
27	37	13	17	0,6	6	45
28	41	18	21	0,4	7	58
29	16	6	32	11	4	93
30	13	10	8	21	8	127

*Пример решения задачи для варианта №0.*

*Дано:* L = 15 м; В = 11 м; Н = 16 м;  $K_f=30$  м/сут; S = 2 м; R = 180 м.

*Найти:*  $Q_k$ .

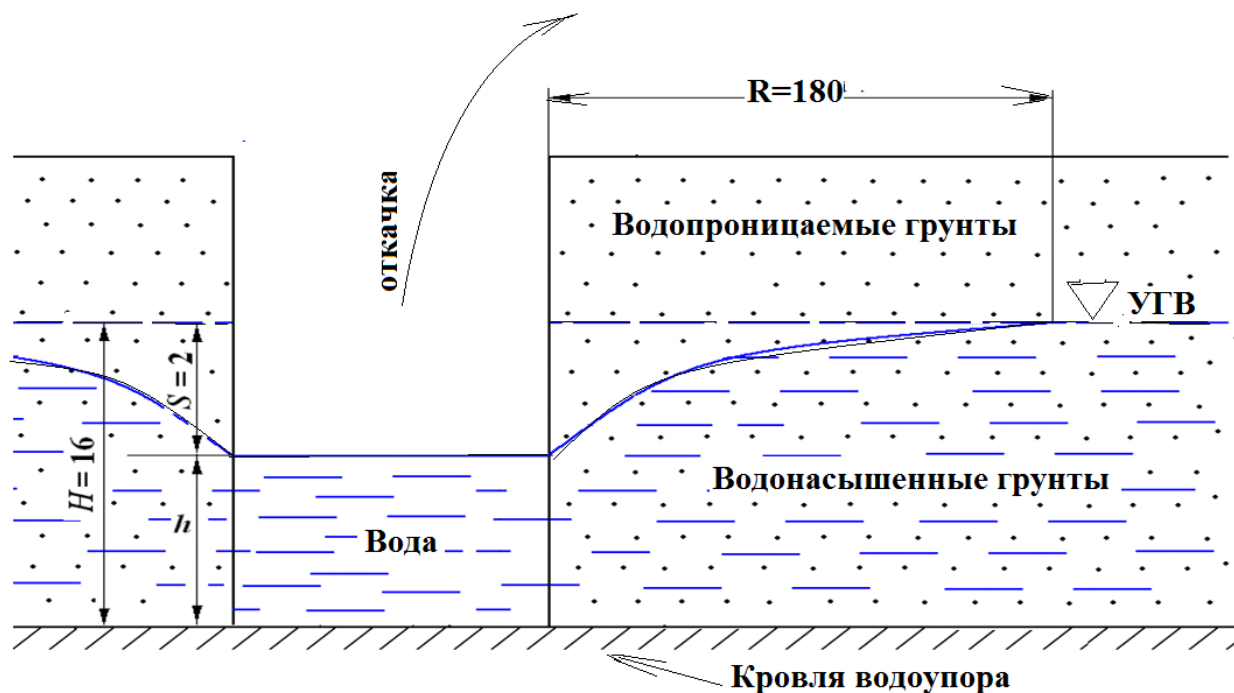


Рисунок 20 – Схема расчета гидрогеологических параметров для совершенного котлована

*Решение:* При проходке котлована в устойчивых породах применяется внутрикотлованный водоотлив, для чего необходимо знать величину притока воды к котловану  $Q_k$ .

Приток воды к строительным котлованам совершенного типа квадратной или широкой прямоугольной формы определяется по тем же формулам, которые применяют для других выработок совершенного типа, а именно:

$$Q = \pi \times K_{\phi} \times \frac{(H^2 - h^2)}{\ln R - \ln r}, \quad (23)$$

где  $\pi = 3,14$ ;

$K_{\phi}$  – коэффициент фильтрации, м/сут;

$H$  – пьезометрический уровень, м ;

$h$  – мощность слоя воды в котловане после откачки, м;

$R$  – радиус влияния (радиус депрессионной воронки), м;

$r$  – радиус скважины, мм.

Подставив числовое значение  $\pi=3,14$ , и, разделив его на переводной коэффициент 2,3, заменяем в формуле натуральные логарифмы десятичными и получаем формулу более удобную для расчёта:

$$Q = 1,366 \times K_{\phi} \times \frac{H^2 - h^2}{\lg R - \lg r}, \quad (24)$$

Вначале определяем площадь строительного котлована  $F_k$  ( $M^2$ ). Длину умножаем на ширину:  $F_k = 15 \times 11 = 165$  ( $M^2$ ).

Приравниваем площадь котлована ( $F_k$ ) к площади равновеликого круга – «большого колодца», –  $F_{кр}$  с радиусом  $r$ , то есть

$$F_k = F_{кр} = \pi \times r^2 \quad (25)$$

Отсюда:

$$r = \sqrt{\frac{F_k}{\pi}}, \quad (26)$$

$r=7,25$  м.

Эта величина  $r$  называется приведённым радиусом.

Слой воды в котловане при откачке  $h$  равен разнице мощности слоя  $H$  и величины понижения  $S$ , тогда:

$$h = H - S, \quad (27)$$

$h = 16 - 2 = 14$  (м).

Подставив числовые значения гидрогеологических параметров в любую из вышеуказанных формул (23) или (24), определим приток воды к котловану:

$$Q = 1,366 \times 30 \times \frac{16^2 - 14^2}{\lg 180 - \lg 7,25} = 1762,7 \text{ м}^3/\text{сут}$$

2. Котлован совершенного типа прямоугольной вытянутой формы полностью осушается. Приток к нему с двух сторон можно рассчитать по формуле:

$$Q \approx \frac{K_{\phi} \times H_{\text{ср}}^2 \times B}{R} \quad (28)$$

При поступлении воды только с одной стороны, полученный результат необходимо разделить на два.

*Дано:*  $B=35$  м;  $H=H_{\text{ср}}=10$  м;  $R=25$  м;  $K_{\phi}=12$  м/сут

*Найти:*  $Q$ .

*Решение:* Подставив указанные значения в формулу, получим приблизительный результат, поскольку  $H$  приняли равным  $H_{\text{ср}}$ :

$$Q \approx \frac{12 \times 10^2 \times 35}{25} \approx 1580 \text{ м}^3/\text{сут}$$

*Задание:* в соответствии с рис. 20 и расчётной формулой (28), задайте собственные исходные данные и вычислите по ним величину притока.

3. Рассмотрим котлован, основанием которого является квадрат.

*Дано:* Длина и ширина дна котлована равны  $a$ , за плоскость сравнения принята горизонтальная плоскость, совпадающая с дном котлована (рис. 21).

*Найти:*  $Q$ .

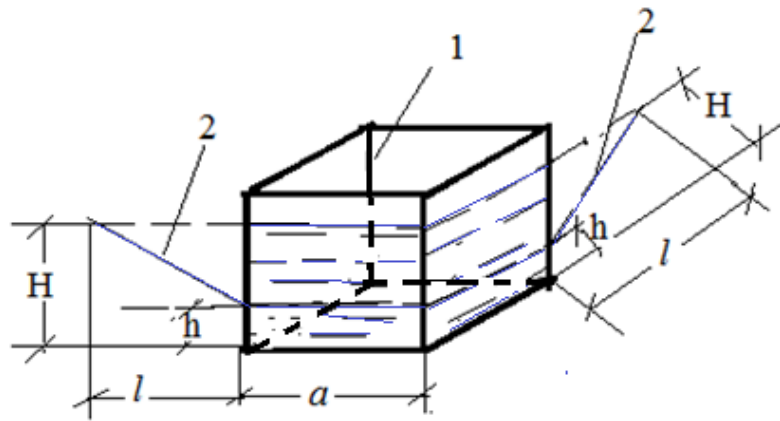


Рисунок 21 – Приток воды к котловану:

1 – котлован; 2 – депрессионная кривая;  $a$  – параметры дна котлована (квадрат);  $H$  – первоначальный уровень воды в котловане;  $h$  – динамический уровень;  $l$  – проекция депрессионной кривой на плоскость дна котлована (в процессе откачки).

*Решение:* Приток воды рассчитывается следующим образом.

В соответствии с законом Дарси:

$$Q = K_{\phi} \times I \times \omega, \quad (29)$$

и, опираясь на рис. 21, для одной стенки котлована можно записать:

$$Q = K_{\phi} \times I \times \omega = K_{\phi} \times \frac{H-h}{l} \times (H-h) \times a = K_{\phi} \times \frac{(H-h)^2}{l} \times a \quad (30)$$

где  $H$  – первоначальный уровень подземных вод (статический напор для безнапорных вод, в случае напорных вод – это пьезометрический напор), м;

$h$  – динамический уровень воды (изменяется в процессе откачки), м;

$a$  – длина стенки основания (дна) котлована, м;

$l$  – проекция депрессионной кривой на плоскость дна котлована (в процессе откачки), м.

Учитывая, что котлован имеет 4 стенки, через которые стекает вода в котлован, запишем:

$$Q = 4 \times K_{\phi} \times \frac{(H-h)^2}{l} \times a \quad (31)$$

Необходимо отметить, что после откачки величина  $l$  (м) становится равной радиусу влияния откачки  $R$  (м).

*Задание:* в соответствии с рис. 21 и расчётной формулой (31), задайте собственные исходные данные и вычислите по ним величину притока  $Q$  к котловану.

## Литература:

1. Додис Я.М. Методические указания к практическим и самостоятельным работам по геологии и гидрогеологии для студентов специальности 3110. – Бишкек: изд-во КСХИ, 1990.
2. Задачи, упражнения и контрольные вопросы по инженерной геологии: Методические указания/ Сост. Н.И. Барац. – Омск: СиБАДИ, 2010
3. Гуцин А.И., Романовская М.А., Стафеев А.Н., Талицкий В.Г. Практическое руководство по общей геологии /под ред. Н.В. Короновского – 2 издание. – М.: «Академия», 2007, 160 с.
4. Додис Я.М. Методические указания к выполнению лабораторной работы «ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОРОДООБРАЗУЮЩИХ МИНЕРАЛОВ и ГОРНЫХ ПОРОД» по дисциплинам «Инженерная геология», «Гидрогеология и основы геологии». – Бишкек: КРСУ, 2007.
5. Ананьев Л.Г. Определитель минералов и горных пород/Учебное пособие. – Томск: изд-во ТГУ, 2017.
6. Махлаев М.Л. Ямских Г.Ю, Шарафутдинов Р.А., Борисова И.В. Методическое пособие. Практические работы по дисциплине «Геология» для студентов направления 020200.62 «Биология». – Красноярск: Изд-во ИЭЮиП, 2008.
7. Построение геологического разреза. [https://www.youtube.com/watch?v=WRjk5MDticQ&feature=emb\\_logo](https://www.youtube.com/watch?v=WRjk5MDticQ&feature=emb_logo). –, дата обращения 13.11.2020
8. Построение разреза по разведывательным выработкам. «Туман Синема» [http://youtube.com/watch?v=C\\_rith4F09o](http://youtube.com/watch?v=C_rith4F09o) –, дата обращения 13.11.2020
9. Геологический разрез 1. Дистанционная геология. [http://youtube.com/watch?v=bj-TpJSWyls&feature=emb\\_logo](http://youtube.com/watch?v=bj-TpJSWyls&feature=emb_logo). –. Дата обращения 13.11.2020
10. Всевожский В.А. Основы гидрогеологии: учебник – 2 изд. – М.: МГУ, 2007.
11. Инженерная геология: Методические указания к курсу и задания к контрольной работе / З.К. Азизов, С.А Пьянков, А.А. Шкляр. – УлГТУ, 2001
12. ГОСТ 21.302-2013 Система проектной документации для строительства (СПДС). Условные графические обозначения в документации по инженерно-геологическим изысканиям. Дата введения 2015-01-01. – <http://docs.cntd.ru/document/1200108745>
13. ГОСТ 2.302-68 ЕСКД. Масштабы (с Изменениями N 1, 2, 3). Дата введения

- 1971-01-01. – <http://docs.cntd.ru/document/gost-2-302-68-eskd>
14. Н. В. Кочкурова, Ю. Е. Воронина инженерная геология и геомеханика. – Нижний Новгород: Изд-во ФГБОУ ВО «ВГУВТ», 2015.
  15. Азизов З.К., Пьянков С.А. Геология. Методические указания к лабораторным работам. – Ульяновск: УлГТУ, 2013
  16. Инженерная геология и геомеханика. Проектирование основания подпорной стенки. Часть 1. Обработка данных инженерно-геологических изысканий. Методические указания к выполнению курсовой работы/ Составители: Н. В. Кочкурова, Ю. Е. Воронина. – Нижний Новгород: Изд-во ФГБОУ ВО «ВГУВТ», 2015. – <https://studfile.net/preview/6325551/> . дата обращения 10.09.2020
  17. Геология. Геологические карты и разрезы. Решение аналитических задач: учеб.-метод. пособие / М. В. Венгерова, А. С. Венгеров. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2018.
  18. Игашева С.П. Геология: учебное пособие к практической работе для студентов, обучающихся по направлению «Строительство» очной, заочной и заочной в сокращённые сроки форм обучения - перераб. и доп. / С.П. Игашева, Э.С. Соседков – Тюмень: РИО ФГБОУ ВПО «ТюмГАСУ», 2014
  19. Гидроизогипс. Гидроизобат. Горизонталы .Часть 1. [https://www.youtube.com/watch?v=kWuRdwKUo3c&feature=emb\\_logo](https://www.youtube.com/watch?v=kWuRdwKUo3c&feature=emb_logo). Дата обращения 10.11.2020
  20. Гидроизогипс. Гидроизобат. Горизонталы . Часть 2. – <https://www.youtube.com/watch?v=K8uH5xe9a78>. Дата обращения 10.11.2020
  21. Инженерная геология. Карта гидроизогипс палеткой. – [https://www.youtube.com/watch?v=OG-Jn\\_DNnDI&feature=emb\\_logo](https://www.youtube.com/watch?v=OG-Jn_DNnDI&feature=emb_logo). Дата обращения 10.11.2020
  22. ГОСТ 25100-2011. Грунты. Классификация. – Дата введения 2013-01-01 <http://docs.cntd.ru/document/gost-25100-2011>
  23. СП 22.13330.2011 Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83\*. – Дата введения 2011-05-20. – <http://docs.cntd.ru/document/1200084710>
  24. ГОСТ 5180-2015 Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик – Дата введения 2016-04-01 <http://docs.cntd.ru/document/1200126371>.