

МИНИСТЕРСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ И НАУКЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

УТВЕРЖДАЮ

Директор-проректор ИРП

\_\_\_\_\_ А.К. Мазуров

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2011 г.

## **ОСНОВЫ ГИДРОГЕОЛОГИИ И ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ**

Методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу «Основы гидрогеологии и инженерной геологии» для студентов, обучающихся по специальности 130301 «Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений полезных ископаемых» направления 130100 «Геология и разведка полезных ископаемых»

*Составитель* **А.В. Леонова**

Издательство  
Томского политехнического университета  
2011

УДК 556.3(076)+624.131.1(075.8)

ББК 22.35+26.3e73

О753

О753

**Основы гидрогеологии и инженерной геологии:** методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу «Основы гидрогеологии и инженерной геологии» для студентов III курса, обучающихся по специальности 130301 «Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений полезных ископаемых» направления 130100 «Геология и разведка полезных ископаемых/ сост. А.В. Леонова. Национальный исследовательский Томский политехнический университет – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 46 с.

УДК 556.3(076)+624.131.1(075.8)

ББК 22.35+26.3e73

Методические указания рассмотрены и рекомендованы  
к изданию методическим семинаром кафедры  
гидрогеологии, инженерной геологии и гидрогеоэкологии ИПР  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2010 г.

Зав. кафедрой ГИГЭ  
профессор, доктор геол.-мин. наук

*С.Л. Шварцев*

Председатель учебно-методической комиссии  
доцент, кандидат геол.-мин.наук

*Н.Г. Наливайко*

Зав. выпускающей кафедрой ГРПИ  
профессор, доктор геол.-мин. наук

*А.К. Мазуров*

*Рецензент*  
Кандидат геол.-мин. наук,  
*В.В.Крамаренко*

© ГОУ ВПО «Национальный исследовательский  
Томский политехнический университет», 2011  
© Леонова А.В. составление, 2011  
© Оформление. Издательство Томского  
политехнического университета, 2011

## Введение

Методические указания составлены в соответствии с Государственным образовательным стандартом на основе существующих стандартов и правил, методических указаний и включает задания по основным направлениям гидрогеологии и инженерной геологии.

В результате выполнения практических заданий студенты получают навыки научно-исследовательской и творческой работы: построения типовых гидрогеологических и инженерно-геологических карт и разрезов, профессионального грамотного анализа гидрогеологических и инженерно-геологических данных, обоснования соответствующих закономерностей, формулирования по карте задач проектирования; использования различных способов классифицирования подземных вод и грунтов; расчета типовыми методами гидрогеологических и инженерно-геологических задач.

### Лабораторная работа № 1

#### Тема: Водоносные горизонты

**Цель:** получить навыки определения основных элементов водоносного горизонта.

**Задание:**

1. Составьте схематический геологический разрез. Покажите на разрезе уровень, глубину залегания грунтовых вод, области питания, распространения и разгрузки водоносного горизонта, зоны аэрации и насыщения, мощность водоносного пласта, кровлю водоупора.

2. В чем принципиальное отличие водоносных слоев от водоупорных? Какие из перечисленных литологических разностей – мелкозернистые пески, глинистые сланцы, известняки, галечники, глины, супеси, пылеватые пески, суглинки – могут быть водоупором? Объясните почему. Заполните таблицу.

Водоупорные породы	Водоносные породы

3. При бурении скважины на пойме с абсолютной отметкой устья 19,3 м встречены следующие слои пород: от 0-0,5 м почва; 0,5-8,0 м галечник, ниже – глины. Уровень воды встречен на глубине 4,5 м. Начертите разрез и определите:

3.1. Тип водоносного горизонта по условиям залегания в геологическом разрезе.

3.2. Мощность водоносного горизонта и зоны аэрации, величину капиллярного поднятия.

3.3. Абсолютные отметки кровли водоупора и статического уровня воды.

## **Лабораторная работа № 2**

### **Тема: Построение карты гидроизогипс и гидроизопьез**

**Цель:** ознакомиться с методикой построения карт гидроизогипс и гидроизопьез, научиться определять основные направления движения подземных вод, рассчитывать гидравлический градиент.

**Задание:**

1. Построить карту гидроизогипс и гидроизопьез с сечением линий через 2 м.
2. Определить основные направления движения подземных вод и вычислить гидравлические градиенты в 4-5 точках.
3. Построить разрез по разведочной линии I-I.
4. Выделить участок самоизливающихся подземных вод.
5. Дать дополнительные условные обозначения к карте гидроизогипс и гидроизопьез.
6. Описать гидрогеологические условия участка.

### **Методика построения карт гидроизогипс и гидроизопьез.**

**Карта гидроизогипс.** Для выявления характера поверхности (зеркала) грунтовых вод составляют карты гидроизогипс. Гидроизогипсами называют линии, соединяющие точки с одинаковыми абсолютными или относительными отметками уровней грунтовых вод. Эти линии аналогичны горизонталям рельефа местности и подобно им отражают рельеф зеркала вод. Форма поверхности грунтовых вод сложная и зависит от многих факторов: состава водовмещающих пород и проницаемости, рельефа, условий залегания и дренирования. Для построения карты гидроизогипс замеряют уровни грунтовых вод в скважинах, расположенных обычно по сетке. Замеры уровней должны быть одновременными. Абсолютные отметки уровня подземных вод ( $h_B$ ) в скважинах определяют по формуле:

$$h_B = h_{п.з.} - h, \quad (2.1)$$

где  $h_{п.з.}$  – абсолютная отметка поверхности земли;  $h$  – глубина залегания подземных вод от поверхности земли, м.

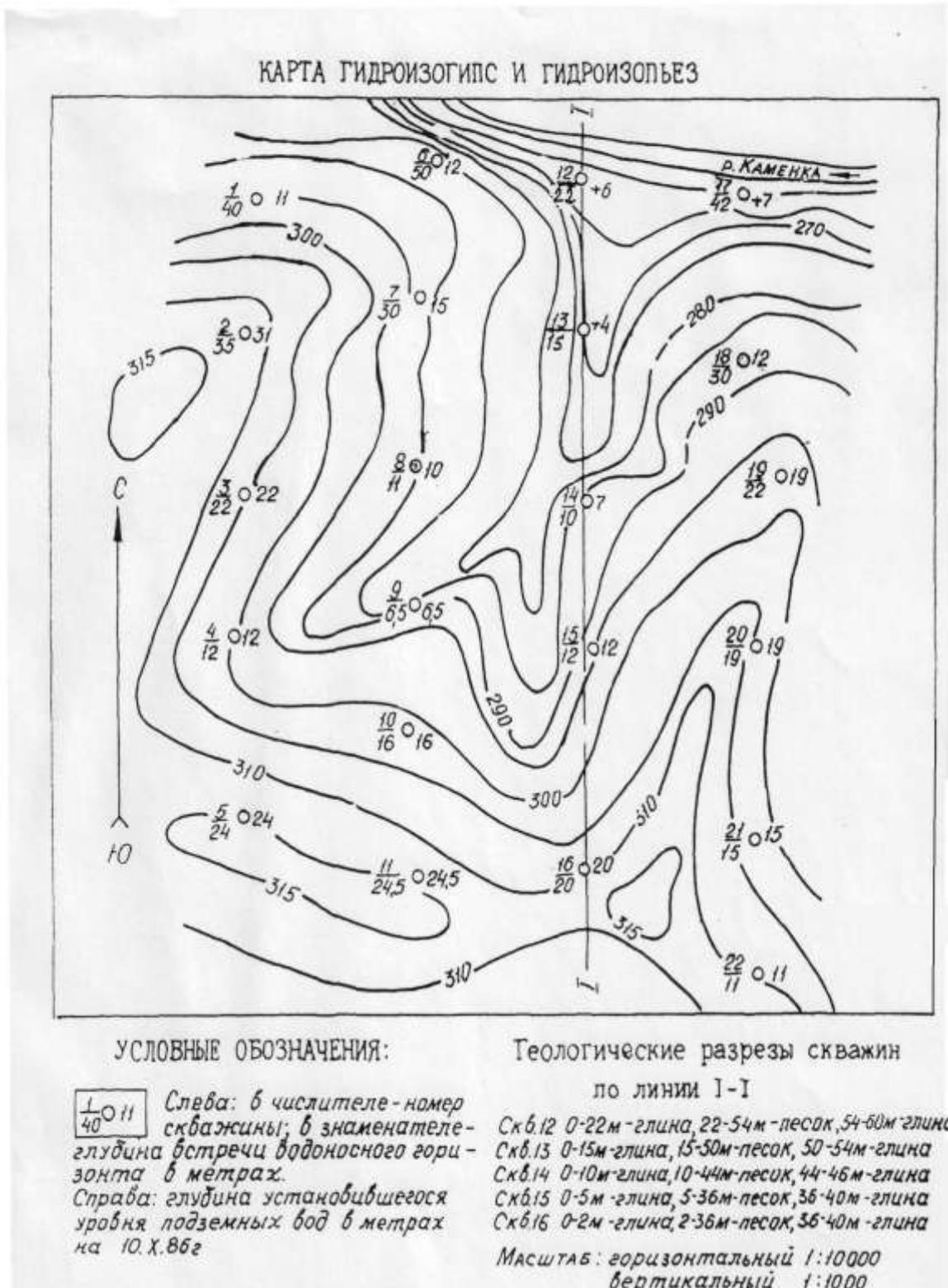


Рис.1 Карта гидроизогипс и гидроизопьез.

Полученные абсолютные отметки надписывают над каждой скважиной и затем методом интерполяции строят гидроизогипсы. Сечение гидроизогипс (частоту их заложения) выбирают в зависимости от масштаба карты и густоты расположения точек замера от 0,5 до 10 м, чаще 0,5, 1,0 и 2,0 м.

С помощью карты гидроизогипс (совмещенной с топоосновой) можно определить направление и скорость движения грунтового потока в любой точке. Для определения направления проводят перпендикуляр к гидроизогипсе в данной точке. Грунтовый поток движется по нормали в сторону меньших отметок. Для определения уклона потока грунтовых вод разность отметок двух смежных гидроизогипс делят на расстояние между ними (по нормали) в соответствии с масштабом карты. Чем выше степень сгущения гидроизогипс, тем при прочих равных условиях больше уклон поверхности потока подземных вод, а, следовательно, выше и скорость движения. Используя положение гидроизогипс, в любой точке карты можно определить глубину залегания грунтовых вод (по разности отметок горизонталей и гидроизогипс).

**Карта гидроизопьез.** Линии, соединяющие точки с одинаковыми отметками пьезометрического уровня, называют гидроизопьезами (или пьезоизогипсами). Карта гидроизопьез – совокупность таких линий и строится она аналогично карте гидроизогипс. С помощью карты гидроизопьез решают ряд практических задач, связанных с использованием артезианских вод для водоснабжения, с организацией защиты от них при вскрытии строительными котлованами кровли напорного пласта и т.д. По карте гидроизопьез изучают условия формирования потоков артезианских вод, определяют направление их движения (по нормали к гидроизопьезам в сторону меньших отметок), выделяют участки возможного самоизлива (при совмещении гидроизопьез с горизонталями), устанавливают гидравлическую связь напорных вод с реками.

*Анализ карт гидроизогипс ведется* в следующей последовательности:

1) кратко описывают геоморфологические особенности, условия залегания, литологический состав и мощность водосодержащих пород, положение и характер залегания водоупора;

2) характеризуют мощность и строение зоны аэрации с указанием участков наиболее благоприятных для инфильтрации и испарения;

3) определяют относительное изменение фильтрационных свойств водосодержащих пород, их возможное изменение по площади на основе анализа изменения градиента потока;

4) анализируют глубины залегания грунтовых вод и их изменение по площади;

5) указывают главные направления движения грунтовых вод и возможные формы связи поверхностных и подземных вод;

- 6) описывают форму зеркала грунтовых вод, изменение градиента потока;
- 7) выделяют области местного напора, участки межпластовых безнапорных вод;
- 8) описывают возможные условия и виды питания грунтовых вод, выделяют зоны питания;
- 9) описывают виды и характер дренирования грунтовых вод, выделяют область разгрузки;
- 10) оценивают естественные ресурсы потока, модуль подземного стока;
- 11) указывают факторы, защищающие грунтовые воды от загрязнения.

Например, водоносный горизонт сложен разнозернистыми песками и супесями. Водоупором являются плотные глины, залегающие горизонтально на отметке 115 м. Мощность водоносного горизонта изменяется от 4,9 до 14,8 м. Зона аэрации сложена песками, супесями и суглинками мощность от 0 до 6,5 м. Наиболее благоприятная область для инфильтрации атмосферных осадков на водоразделах, где зона аэрации сложена песками, хотя питание идет по всей площади распространения грунтовых вод.

Поверхность грунтовых вод сложная, слабо повторяет рельеф поверхности земли. Подземный поток направлен к реке и болоту. Уклон потока изменяется значительно на правом берегу. Резко возрастает в районе скважины 9-35 до 0,018 в связи с изменением литологического состава водоносных пород от песков до суглинков и супесей и уменьшением мощности горизонта. Река и болото – области стока. Они дренируют грунтовые воды. На участках близ реки и болота, где глубина залегания грунтовых вод менее 2 м, возможно испарение с их поверхности. В оврагах, где грунтовые воды вскрыты поверхностью земли, выходят источники эрозионного типа.

Загрязнение грунтовых вод в первую очередь может происходить там, где зона аэрации сложена песками и имеет небольшую мощность. Если воды реки загрязнены, то в паводок эти загрязненные воды могут попадать в грунтовые воды.

**Гидростатический напор** (пьезометрический уровень) – это основная сила в зоне полного насыщения. Действие этой силы оценивается градиентом напора  $I$ , который создается разностью напоров  $\Delta H$ , действующих на принятой длине участка фильтрации  $L$ .

$$I = (H_2 - H_1) / L = \Delta H / L \quad (2.2)$$

## Лабораторная работа № 3

### Тема: Обработка результатов химического анализа подземных вод

**Цель:** научиться обрабатывать результаты химического анализа подземных вод и оценивать пригодность подземных вод для питьевого водоснабжения.

#### Задание:

1. Пересчитать результаты анализа из объемной формы выражения (мг/л) в миллиграмм-эквивалентную и процент-эквивалентную.
2. Определить общую жесткость воды и группу по жесткости.
3. Определить тип воды по величине минерализации.
4. Определить тип воды по величине рН.
5. Выразить химический состав формулой Курлова и расписать ее словесно до 25%-экв.
6. Оценить пригодность воды для питьевого водоснабжения.

#### Методика пересчета данных химического анализа.

Пересчет данных химического анализа, выраженных в ионной форме в миллиграмм-эквивалентную производится делением количества миллиграммов каждого иона на его эквивалентный вес.

Эквивалентный вес химических элементов и соединений: Са = 20; Mg = 12,18; Na = 23; SO<sub>4</sub> = 48,46; Cl = 35,55; HCO<sub>3</sub> = 61.

Формула Курлова представляет собой дробь (ложную дробь, т.к. операция деления не производится), в числителе которой записывают анионный состав воды в процент-эквивалентах в убывающем порядке, а в знаменателе – катионный.

В формулу Курлова не записывают ионы, содержание которых меньше 10 процент-эквивалентов.

Перед дробью записывают содержание газов и специфических компонентов, если они имеются в воде и общую минерализацию в граммах на литр. После дроби указывают температуру воды, дебит источника или скважины и величину кислотно-щелочного показателя, если эти данные имеются.

Название воды записывают через дефис: сначала анионный, а затем катионный составы, вошедшие в формулу, в порядке возрастания. Кроме того, дается характеристика воды по температуре, показателю рН, жесткости (сумма кальция и магния в миллиграмм-эквивалентах).

Например,

### Результаты пересчёта химического анализа подземных вод

Фенол, мг/л	As <sup>3+</sup> мг/л	pH	t воды	Анионы мг-э %			жесткость	Катионы, мг-э %					Минерализация г/л	ОМЧ в 1 мл
				SO <sub>4</sub>	Cl	HCO <sub>3</sub>		Ca	Mg	Na	Fe <sup>2+</sup>	Fe <sup>3+</sup>		
0,03	0,09	7,3	12	5	8	87	3	56	19	25	–	–	1,0	20

#### Формула Курлова

$$M_{1,0}As_{0,09} \frac{HCO_3 87}{Ca 56 Na 25 Mg 19} t^{\circ} C 12 pH 7,3$$

Вода собственно пресная, гидрокарбонатная натриево-кальциевая, холодная, слабощелочная, умеренно жесткая.

По СанПиНу:

общая жесткость воды 3 (норма до 7);

содержание фенолов 0,03 (норма 0,001) – класс опасности 4.

содержание мышьяка 0,09 (норма до 0,05) – класс опасности 2.

ОМЧ 20 (норма до 50).

Вывод: вода относится ко второму классу опасности (высоко опасная).

Использовать ее для питьевого водоснабжения нельзя.

**Таблица 3.1. Классификация подземных вод по величине общей минерализации**

Класс вод	Подкласс вод	Минерализация г/л
Пресные	Ультрапресные	< 0,2
	Умеренно пресные	0,2-0,5
	Собственно пресные	0,5-1,0
Солоноватые	Слабосоленые	1-3
	Умеренно солоноватые	3-10
Соленые	Слабосоленые	10-30
	Сильносоленые	30-50
Рассолы	Слабые	50-100
	Крепкие	100-320
	Сверхкрепкие	320-500
	Предельно насыщенные	> 500

**Таблица 3.2. Классификация подземных вод по жесткости**

<b>Наименование вод</b>	<b>Жесткость, мг-экв</b>
Очень мягкие	до 1,5
Мягкие	1,5-3,0
Умеренно жесткие	3,0-6,0
Жесткие	6,0-9,0
Очень жесткие	свыше 9,0

**Таблица 3.3. Классификация подземных вод по запаху**

<b>Характеристика запаха</b>	<b>Балл</b>
Запаха нет	0
Запах очень слабый	1
Запах слабый	2
Запах заметный	3
Запах отчетливый	4
Запах очень сильный	5

**Таблица 3.4. Классификация подземных вод по температуре**

<b>Наименование воды</b>	<b>Температура, °С</b>
Холодная	до 20
Теплая	20-37
Горячая	37-42
Очень горячая	свыше 42

**Таблица 3.5. Классификация вод по кислотно-щелочному показателю**

<b>Тип воды</b>	<b>pH</b>
Сильнокислые	<1,9
Кислые	>1,9–4,1
Слабокислые	>4,1–7,0
Нейтральные	7
Слабощелочные	>7,0–8,3
Щелочные	>8,3–10,3
Сильнощелочные	>10,3

**Таблица 3.6. Нормы оценки качества воды для питьевого водоснабжения**

<b>Наименование показателей</b>	<b>Нормы</b>	<b>Показатель вредности</b>	<b>Класс опасности</b>
<b>1. Органолептические показатели</b>			
Запах при 20 <sup>0</sup> С и при нагревании воды до 60 <sup>0</sup> С, баллы не более	2		
Привкус при 20 <sup>0</sup> С, баллы не более	2		
Цветность	20-35		
Присутствие газа H <sub>2</sub> S	0,003	орг.	4
Мутность по стандарт шкале мг/л, не более	1,5 - 2		
Активная реакция рН	6-9		
Сухой остаток мг/л	1000		
Общая жесткость, мг экв/л	7		
Сульфаты (SO <sub>4</sub> ), мг/л	500		
<b>2. Предельно допустимые концентрации ядохимикатов</b>			
Прометрин, мг/л	3,0		
Далапон, мг/л	2,0		
Гербициды группы 2,4Д, мг/л	0,03	орг.	2
Тиофос, мг/л	0,003		
Метафос, мг/л	0,02		
Карбафос, мг/л	0,05		
Дихлорэтан, мг/л	2,0		
Хлорофос, мг/л	0,05		
Препарат М-81, мг/л	0,001		
Полихлорпинен, мг/л	0,2		
<b>3. Показатели токсичности органических веществ</b>			
Фенолы, мг/л	0,001	орг.	4
<b>4. Бактериологические и биохимические показатели</b>			
Общее микробное число в 1 мл	< 50		
Количество бактерий группы кишечной палочки	3		

Наименование показателей	Нормы	Показатель вредности	Класс опасности
При использовании жидких сред накопления коли-титр, не менее	300		
ПК(полное) биохимическое потребление кислорода мг/л, не более	3,0-6,0		
Кислород раствор, мг/л не менее	4,0		
<b>5. Показатели токсичных химических веществ воды</b>			
Содержание N <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/л	29,0		
Содержание NO <sub>2</sub> , мг/л	3,0	орг.	2
Содержание NO <sub>3</sub> , мг/л	45,0	орг.	3
Содержание NH <sub>4</sub> , мг/л	2,0	с.т.	3
Окисляемость по O <sub>2</sub> , мг/л	До 2,5-		
По KmnO <sub>4</sub> , мг/л	3,0 До 5,0		
Фтор (фториды), мг/л	0,7-1,5		
Климатические районы			
I и II	1,5	с.т.	2
III	1,2	с.т.	2
IV	0,7		
Хлориды, (Cl), мг/л	350	орг.	4
Сульфиды, мг/л			
Сульфаты(SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ), мг/л	500	орг.	4
Железо (Fe <sup>2+</sup> +Fe <sup>3+</sup> ), мг/л	0,3	орг.	3
Марганец (Mn <sup>2+</sup> ), мг/л	0,1	орг.	3
Медь (Cu <sup>2+</sup> ), мг/л	1,0	орг.	3
Цинк (Zn <sup>2+</sup> ), мг/л	5,0	орг.	3
Остаточный алюминий (Al <sup>3+</sup> ), мг/л	0,5	с.т.	2
Гексаметофосфат (PO <sub>4</sub> ), мг/л	3,5		полифосфаты
Ориполифосфат (PO <sub>4</sub> ), мг/л	3,5		остаточные
Сурьма (Sb), мг/л	0,05	с.т.	2
Бериллий (Be <sup>2+</sup> ), мг/л	0,0002	с.т.	1
Молибден (Mo <sup>2+</sup> ), мг/л	0,25	с.т.	2
Ртуть (Hg <sup>2+</sup> ), мг/л	0,0005	с.т.	1
Мышьяк (As <sup>3+</sup> , As <sup>5+</sup> ), мг/л	0,05	с.т.	2
Нитраты (по N), мг/л	45	орг.	3
Свинец (Pb <sup>2+</sup> ), мг/л	0,03	с.т.	2

Наименование показателей	Нормы	Показатель вредности	Класс опасности
Селен ( $Se^{6+}$ ), мг/л	0,01	с.т.	2
Стронций ( $Sr^{2+}$ ), мг/л	7,0	с.т.	2
Полиакриламид остаточный, мг/л	2,0		

Примечание:

с.т. - санитарно-токсикологический показатель

орг. - органолептический показатель

Классы опасности:

1 - чрезвычайно опасный

2 - высоко опасный

3 - опасный

4 - умеренно опасный

### Варианты заданий

Номер варианта	рН	запах	t воды, °C	Мутность, мг/л	Анионы мг/л			жесткость	Катионы, мг/л			Минерализация г/л	ОМЧ в 1 мл
					SO <sub>4</sub>	Cl	HCO <sub>3</sub>		Ca	Mg	Na		
					5	6	7		8	9	10		
1	7,2	2	18	2,5	332	113	360		79	15,6	244	0,98	50
2	7,5	-	11	-	17,22	21	402		72,3	15,6	50,95	0,38	80
3	5,5	-	68	-	87	51592	220		4168	632	7745,5	64,3	30
4	7,4	-	10	-	245,3	978,7	603,9		12	260,2	984,6	2,6	20
5	7,3	1	12	0,8	222,2	276,6	219,6		56,7	18,2	236,2	0,9	50
6	8,2	-	13	-	75	248,5	854		20	-	525	1,2	30
7	6,7	-	11	-	6	4,32	329		60	8,54	31,7	0,28	70
8	6,9	-	5	-	-	0,18	244		80,7	-	9,43	0,21	20
9	5,0	-	20	-	-	140736	305		32000	5500	42626	221	10
10	4,0	-	60	-	537	179730	109		17370	9289	79394	285	60
11	7,2	2	18	2,5	332	113	360		79	15,6	244	0,98	50
12	7,5	-	11	-	17,22	21	402		72,3	15,6	50,95	0,38	80
13	5,5	-	68	-	87	51592	220		4168	632	7745,5	64,3	30
14	7,4	-	10	-	245,3	978,7	603,9		12	260,2	984,6	2,6	20
15	7,3	1	12	0,8	222,2	276,6	219,6		56,7	18,2	236,2	0,9	50
16	8,2	-	13	-	75	248,5	854		20	-	525	1,2	30
17	6,7	-	11	-	6	4,32	329		60	8,54	31,7	0,28	70
18	6,9	-	5	-	-	0,18	244		80,7	-	9,43	0,21	20
19	5,0	-	20	-	-	140736	305		32000	5500	42626	221	10
20	4,0	-	60	-	537	179730	109		17370	9289	79394	285	60

## Лабораторная работа № 4

### Тема: Построение карты минерализации и химического состава подземных вод

**Цель:** ознакомиться с методикой построения карт минерализации и химического состава подземных вод, научиться определять направления изменения минерализации и преобладающий тип подземных вод.

#### Задание:

1. Построить карту минерализации грунтовых вод, проведя изолинии минерализации через 500 мг/л.
2. Выделить зоны с минерализацией до 500, 500–1000, 1000–1500 мг/л и более.
3. Установить направления изменения минерализации.
4. Выделить зоны с преимущественным составом вод: гидрокарбонатным, сульфатно-гидрокарбонатным и хлоридно-сульфатным.
5. Дать дополнительные условные обозначения.
6. Определить в точке **1** величину минерализации и преобладающий тип подземной воды.
7. Найти градиент минерализации согласно формуле (4.1) (в 3–4 точках).
8. Охарактеризовать полученные закономерности в изменении минерализации и состава подземных вод.

**Изоминами** называют линии, соединяющие точки с одинаковыми значениями минерализации подземных вод.

**Изохорнами** называют линии, соединяющие точки с одинаковой концентрацией (содержанием) какого-либо компонента, например, ионов  $Cl$ ,  $SO_4$  и т.п.

Карта минерализации и химического состава подземных вод – это система изомин и изохорн на плоскости (в плане). Она изображает поверхность, которая характеризует изменение минерализации и состава воды (содержания основных компонентов) в заданной плоскости.

На практике изменение состава воды часто отображают на карте не изохорнами, а зонами с типовым составом воды согласно формуле Курлова и указывают преобладающий анион, реже катион. Линии, проведенные перпендикулярно изоминам, показывают направления, по которым наблюдается изменение минерализации и содержания растворенных в воде компонентов.

*Градиент минерализации, или концентрации, определяется по формуле*

$$I_c = \frac{C_1 - C_2}{\Delta l}, \quad (4.1.)$$

где  $C_1, C_2$  - значения минерализации воды, или концентрации, изучаемого компонента, измеренные в сечениях на границах участка длиной  $L$ .

В грунтовых водах минерализация и химический состав изменяются в течение года и в многолетнем разрезе под влиянием естественных и техногенных факторов. Поэтому карта изомин должна строиться, как и карта гидроизогипс, на определенный период времени.

### **Исходные данные для построения карты и разреза**

Данными для построения гидрогеохимического разреза, карт минерализации и химического состава являются:

- а) карта фактического материала с данными планово-высотной привязки всех пунктов опробования, в том числе точек опробования поверхностных водоисточников, других водоносных горизонтов;
- б) числовые значения минерализации в мг/л или г/л;
- в) содержание основных компонентов в процентах их эквивалентных количеств, определяющих преобладающий химический тип воды для всех точек опробования;
- г) глубина отбора проб в м;
- д) карты гидро- или и пьезоизогипс с разрезами.

### **Особенности интерполяции и построения карт и разреза**

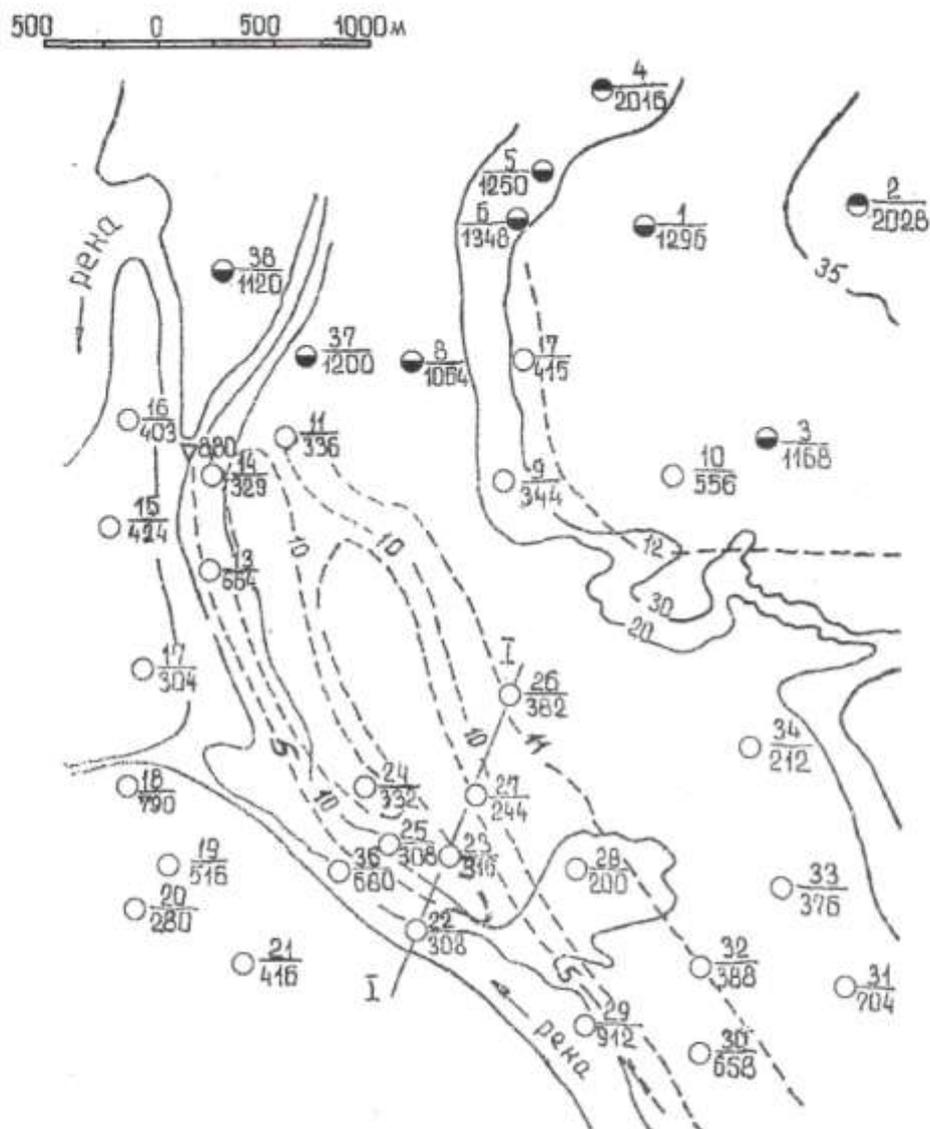
Карты минерализации и химического состава строятся посредством интерполяции, аналогично картам гидроизогипс и гидроизопьез.

В дополнение:

1. Масштаб карты минерализации должен отвечать масштабу карт гидро- и пьезоизогипс.
2. Учитывая тесную связь грунтовых вод с поверхностными водами, атмосферой и источниками загрязнения, карты минерализации и химического состава строят на определенную дату или период, что и указывают в заголовке карты или в условных обозначениях. Для напорных вод, за исключением областей, где они переходят в грунтовые, это, как правило, не делают.

Обычно карту изомин для грунтовых вод составляют на межень.

## Карта минерализации и химического состава грунтовых вод



Условные обозначения:



1. Скважина, в числителе её номер, в знаменателе – минерализация, мг/л.
2. Гидроизогипса и её отметка на июнь 1992г.
3. Отметка уреза реки на июнь 1992 г.
4. Воды с содержанием гидрокарбонатного иона >60% мг/экв
5. Воды с содержанием гидрокарбонатного и сульфатного ионов более >80% мг/экв
6. Воды с содержанием сульфатного и хлоридного иона >80% мг/экв
7. Разведочная линия

Рис.2 Карта минерализации и химического состава грунтовых вод.

## Лабораторная работа № 5

### Тема: Изучение методов и методик определения гранулометрического состава грунтов и способов его графического изображения

**Цель работы.** Освоить ситовой метод определения гранулометрического состава песчаных грунтов и способы его графического изображения.

#### Задание.

1. Ознакомиться с методами и методиками изучения гранулометрического состава песчано-глинистых грунтов.

2. Определить гранулометрический состав ситовым методом.

3. По полученным данным построить суммарные интегральные кривые песков, определить коэффициенты неоднородности  $C_u = d_{60}/d_{10}$ ; средний размер частиц  $d_{50}$ ; коэффициент сортировки  $K_s = d_{90}/d_{10}$ .

а) по среднему размеру частиц  $d_{50}$  дать название песков: при  $d_{50}$ : до 0,1 мм – пылеватый; 0,1–0,25 мм – мелкий; 0,25–0,5 мм – средний; 0,5 мм и более 0,5 мм – крупный;

б) по коэффициенту неоднородности  $C_u$  определить степень неоднородности и суффозионность при:  $C_u < 3$  – однородный;  $C_u > 3$  – неоднородный;  $C_u < 3$  – несуффозионный;  $C_u > 10$  – суффозионный.

в) по коэффициенту сортировки определить степень сортированности песка;  $K_s < 3$  – хорошо сортированный;  $K_s 3 – 5$  средне сортированный;  $K_s 5 – 10$  плохо сортированный;  $K_s > 10$  несортированный

#### Методика определения гранулометрического состава.

Для определения гранулометрического (зернового) состава песчаных грунтов ситовым методом необходим набор сит с поддоном; сита с размером отверстий 10; 5; 2; 1; 0,5; 0,25; 0,1 мм.

Масса средней пробы должна составлять:

– для грунтов, не содержащих частиц размером более 2 мм, – 100 г;

– для грунтов, содержащих до 10 % (по весу) частиц размером более 2 мм, – не менее 500 г;

– для грунтов, содержащих от 10 до 30 % частиц размером более 2 мм, – 1000 г;

– для грунтов, содержащих свыше 30 % частиц размером более 2 мм, – не менее 2000 г.

Среднюю пробу для анализа следует отбирать методом квартования. Для этого распределяют грунт тонким слоем по листу плотной бумаги или фанеры, проводят ножом в продольном и поперечном направлениях борозды,

разделяя поверхность грунта на квадраты, и отбирают понемногу грунт из каждого квадрата.

**Разделение грунта на фракции без промывки водой.** Среднюю пробу грунта надлежит отобрать в воздушно-сухом состоянии методом квартования и взвесить на технических весах. Взвешенную пробу грунта следует просеять сквозь набор сит с поддоном ручным или механизированным способом при помощи машины – шейкера. При просеивании пробы массой более 1000 г следует высыпать грунт в верхнее сито в два приема. Фракции грунта, задержавшиеся на ситах, высыпают, начиная с верхнего сита, в ступку и дополнительно растирают пестиком с резиновым наконечником, после чего вновь просеивают на этих же ситах.

Полноту просеивания фракций грунта проверяют встряхиванием каждого сита над листом бумаги. Если при этом на лист выпадают частицы, то их высыпают на следующее сито; просев продолжают до тех пор, пока на бумагу перестанут выпадать частицы. Фракции грунта, задержавшиеся после просеивания на каждом сите и прошедшие в поддон, следует перенести в заранее взвешенные стаканчики или фарфоровые чашечки и взвесить.

Сложить веса всех фракций грунта. Если полученная сумма веса всех фракций грунта превышает более чем на 1% вес взятой для анализа пробы, то анализ следует повторить. Потерю грунта при просеивании разносят по всем фракциям пропорционально их весу.

**Разделение грунта на фракции с промывкой водой.** Следует отобрать среднюю пробу грунта, высыпать ее в заранее взвешенную фарфоровую чашку, смочить водой и растереть пестиком с резиновым наконечником. Затем следует залить грунт водой, взмутить суспензию и дать ей отстояться 10–15 сек. Затем слить воду с неосевшими частицами (взвесить) сквозь сито с отверстиями размером 0,1 мм.

Взмучивание и сливание следует производить до полного осветления воды над осадком: смыть оставшиеся на сите частицы при помощи резиновой груши в фарфоровую чашку, а отстоявшуюся воду слить. Промытую пробу грунта необходимо высушить до воздушно-сухого состояния и взвесить чашку с грунтом.

Вес частиц грунта размером менее 0,1 мм следует определить по разности между весом средней пробы, взятой для анализа, и весом высушенной пробы грунта после промывки.

Грунт следует просеять сквозь набор сит. Полноту просеивания фракций грунта сквозь каждое сито следует проверять над листом бумаги. Каждую фракцию грунта, задержавшуюся на ситах, следует взвесить отдельно. Потерю грунта при просеивании разносят по фракциям пропорционально их весу.

Содержание в грунте каждой фракции  $A$  в % надлежит вычислять по формуле (5.1):

$$A = 100 m_{\phi} / m_l, \quad (5.1.)$$

где  $m_{\phi}$  – масса данной фракции грунта, г;  $m_l$  – масса средней пробы грунта, взятой для анализа, г.

Результаты анализа регистрируют в журнале, в котором указывают процентное содержание в грунте фракций:

а) размером более 10; 10–5; 5–2; 2–1; 1–0,5 и менее 0,5 мм – при разделении грунта без промывки водой;

б) размером более 10; 10–5; 5–2; 2–1; 1–0,5; 0,5–0,25; 0,25–0,1 и менее 0,1 мм – при разделении грунта с промывкой водой.

Если сумма веса всех фракций грунта превышает более чем на 1 % вес взятой для анализа пробы, то анализ следует повторить.

### Построение суммарной кривой гранулометрического состава.

Способ суммарной кривой гранулометрического состава имеет наибольшее распространение. Кривая гранулометрического состава может быть построена в обыкновенном или в полулогарифмическом масштабе. Обыкновенный масштаб неудобен тем, что вследствие широкого диапазона диаметров частиц графики получаются непомерно растянутыми по оси абсцисс.

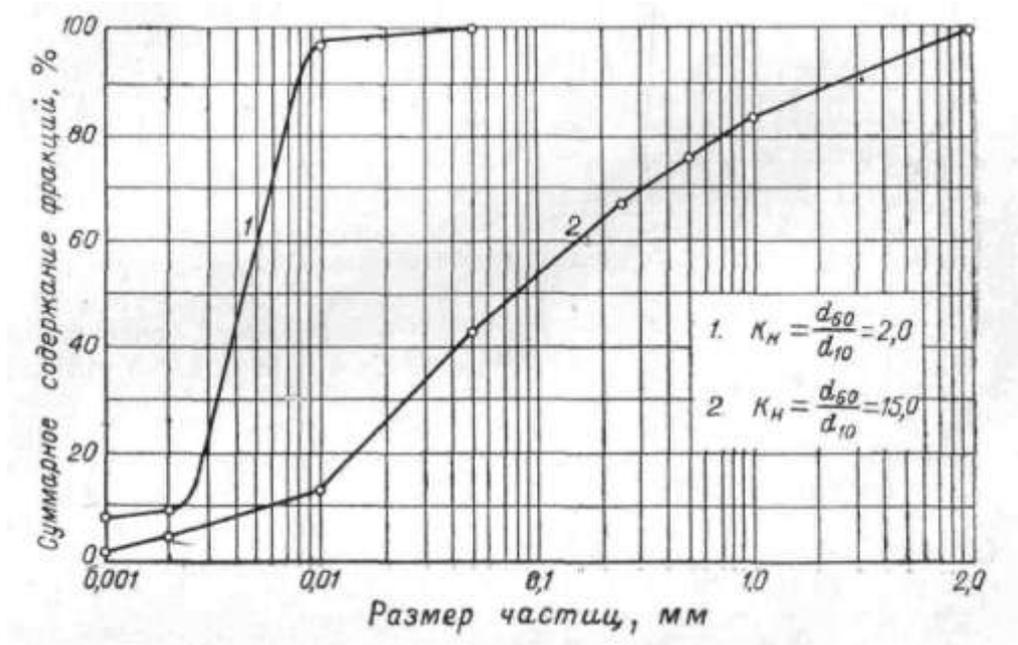


Рис.3 Интегральная кривая гранулометрического состава

Построение кривых в полулогарифмическом масштабе позволяет наносить содержание легких фракций с достаточной точностью, не удлиняя кривую по оси абсцисс.

Для построения кривой в полулогарифмическом масштабе по оси абсцисс откладывают не диаметры частиц, а их логарифмы или величины, пропорциональные логарифмам. В начале координат ставят обычно число 0,001, а затем, принимая  $\lg 10$  равным произвольному отрезку, откладывают этот отрезок в правую сторону три–четыре раза, делая отметки и ставя против них последовательно числа 0,01; 0,10; 1,00 и 10,00. Расстояния между каждыми двумя метками делят на девять частей пропорционально логарифмам чисел 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 и 9.

В первом интервале от начала координат, выделенные отрезки будут соответствовать диаметрам частиц размером от 0,002 до 0,009 мм, во втором – от 0,02 до 0,09 мм, в третьем – от 0,2 до 0,9 мм, в четвертом – от 2 до 10 мм.

Например, если принять, что  $\lg 10 = 1$  – соответствует отрезку длиной 4 см, то  $\lg 2 = 0,301$  будет соответствовать отрезку  $0,301 \times 4 = 1,2$  см, а  $\lg 9 = 0,954$  будет соответствовать отрезку  $0,954 \times 4 = 3,82$  см.

Указанные отрезки откладывают по оси абсцисс от начала координат и от каждой метки, ограничивающей отрезок длиной 4 см.

Аналогичную шкалу можно разметить на графике, пользуясь шкалой делений логарифмической линейки. По оси ординат откладывают суммарное содержание фракций в процентах. Для этого последовательно суммируют содержание фракций, начиная с наиболее мелкой, и по этим числам строят кривую. Каждое из полученных чисел указывает, таким образом, суммарное содержание фракций меньше определенного диаметра.

Суммарные кривые механического состава дают возможность легко находить действующий диаметр и «диаметр шестидесяти».

Под **действующим** или **эффективным диаметром** частиц  $d_{10}$  или  $d_{ef}$  понимают размер частиц, соответствующий ординате 10 % на кривой механического состава. Эта величина используется при подсчетах коэффициента фильтрации по данным гранулометрического состава.

Действующий диаметр зерен находят следующим образом: из точки на оси ординат, соответствующей 10 %, проводят линию параллельно оси абсцисс до пересечения с кривой; из точки пересечения опускают перпендикуляр на ось абсцисс; полученная на оси абсцисс точка и покажет действующий или эффективный диаметр.

Под «**диаметром шестидесяти**» понимается размер частиц  $d_{60}$ , соответствующий ординате 60 % на суммарной кривой механического состава. Графически он определяется аналогично действующему диаметру.

Отношение  $d_{60} / d_{10}$  называется **коэффициентом неоднородности**. Чем

больше коэффициент неоднородности, тем более разнородным по гранулометрическому составу является грунт.

О степени неоднородности грунта можно судить и по характеру кривой механического состава. Крутая кривая указывает на однородность грунта, пологая – на неоднородность грунта по механическому составу.

## Лабораторная работа № 6

### Тема: Определение водопроницаемости пород с помощью трубки СПЕЦГЕО

**Цель:** Научиться определять водопроницаемость песков с помощью трубки СПЕЦГЕО.

**Задание:**

1. Ознакомиться с методами и методиками определения водопроницаемости пород.
2. Определить водопроницаемость песков с помощью трубки СПЕЦГЕО.
3. По полученным данным рассчитать значение коэффициента водопроницаемости.

Показатели водопроницаемости горных пород – коэффициент фильтрации, коэффициент проницаемости и удельное водопоглощение. Коэффициент фильтрации в лабораторных условиях определяется с помощью специальных приборов на образцах естественного и нарушенного сложения. Трубка СПЕЦГЕО предназначена для лабораторного определения коэффициента фильтрации песчаных и глинистых пород. В трубке СПЕЦГЕО имеется возможность, во-первых, вести испытания пород естественного сложения, что особенно важно для глинистых пород и, во-вторых, вести испытания при постоянном градиенте, что важно для песчаных пород.

Трубка СПЕЦГЕО состоит из мерного цилиндра 1 и металлической фильтрационной трубки 3, снабженной крышками – верхней 2 и нижней 4. Мерный цилиндр 1 – стеклянный, объемом 150–180 см<sup>3</sup>, имеет суженное горлышко, соединяется с металлической трубкой через верхнюю крышку 2. На одной стороне мерного цилиндра 1 нанесена шкала. Фильтрационная трубка 3 представляет собой полый цилиндр диаметром 50–60 мм и длиной 110–120 мм. Один край этой трубки скошен и остро отточен. При испытаниях фильтрационную трубку наполняют породой. Верхнюю крышку 2 одним краем плотно надевают на трубку 3, а другим на мерный цилиндр. Чтобы крышка

плотно надевалась на трубку 3 и цилиндр 1, внутри нее имеются резиновые прокладки. Нижняя крышка 4 латунная, снабжена дырчатым доньшком 5 и покрыта сеткой.

Кроме того, трубка СПЕЦГЕО снабжена специальным винтовым телескопическим приспособлением, которое служит для насыщения породы водой и позволяет вести испытания ее на фильтрацию при любом постоянном градиенте в пределах от 0 до 1.

Телескопическое приспособление состоит из наружного стакана 6, имеющего внутреннюю резьбу, и внутреннего стакана 7, имеющего в основании наружную резьбу. На корпусе стакана 7 имеется шкала напорного градиента от 0 до 1 с ценой деления 0,2.

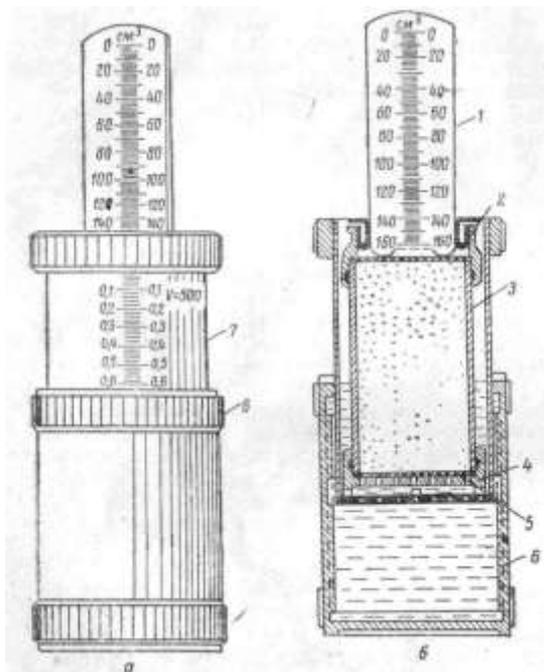


Рис.4 Усовершенствованная модель трубки СПЕЦГЕО. а – общий вид; б – в рабочем положении, в разрезе

### Методика проведения испытания.

1. Доставленный в лабораторию монолит вскрывают, и трубкой 3 вырезают образец. На трубку 3 с породой надевают крышки 2, 4 и устанавливают ее в батарейную банку. Образец породы естественного сложения может быть вырезан трубкой 3 непосредственно в полевых условиях в горной выработке. На месте взятия образца трубка с породой должна быть запарафинирована. В лаборатории трубку очищают от парафина и обнажают породу в верхней и нижней частях.

2. При испытаниях песков нарушенного сложения на трубку 3 надевают нижнюю крышку 4 и затем через верх наполняют ее песком. Затем на трубку надевают верхнюю крышку 2 и устанавливают ее в батарейную банку. Для песков важно знать, при какой плотности они

подвергаются испытаниям на фильтрацию. Поэтому по весу загруженного песка в трубку 3 и ее объему вычисляют объемный вес скелета песка. При отсутствии специального задания коэффициент фильтрации песков следует определять при самом плотном в самом рыхлом сложении.

3. В батарейную банку, где установлена фильтрационная трубка с породой, наливают воду и насыщают породу водой снизу вверх. Приливание воды в банку производят небольшими порциями с остановками, чтобы насыщение породы происходило постепенно. При испытаниях песков их насыщение во-

дой лучше производить в процессе заполнения ими трубки. Для этого её устанавливают в батарейную банку и постепенно наполняют песком, при этом воду в банку приливают в таком количестве, чтобы слой воды в ней не превышал слоя песка в трубке. После того как вода появится в трубке над породой, насыщение ее заканчивают и приступают к испытаниям на фильтрацию.

4. При работе с усовершенствованным прибором СПЕЦГЕО наполнение фильтрационной трубки 3 породой производят способом, описанным выше, а насыщение водой – с помощью телескопического приспособления. Для этого в наружный стакан 6 наливают воды примерно на  $1/3$  его высоты, а внутренний стакан 7 вывинчивают вверх до отказа. На дно стакана 7 устанавливают фильтрационную трубку 3 и медленно с остановками его завинчивают, опуская в нижнее положение, для насыщения породы водой, до появления пленки воды на ее поверхности.

5. Приподнимают фильтрационную трубку над батарейной банкой и закрепляют в штативе (или вывинчивают внутренний стакан 7 с фильтрационной трубкой вверх до отказа). Затем заполняют водой мерный цилиндр 1 и, быстро опрокинув его, укрепляют в верхней крышке 2 так, чтобы горлышко цилиндра опиралось непосредственно на породу. В таком виде мерный цилиндр работает как мариоттов сосуд, автоматически поддерживает над породой постоянный уровень воды в 1–2 мм. Как только этот уровень вследствие просачивания воды через породу понизится, в мерный цилиндр прорывается пузырек воздуха и вытекает соответствующее количество воды. Этим достигается постоянство напорного градиента, равного в обычной трубке единице, так как в данном случае напор равен пути фильтрации. В усовершенствованной трубке, если стакан 7 вывернуть вверх не до отказа, а частично оставить его затопленным в воде, то напорный градиент будет меньше единицы (см. шкалу на стакане 7), так как путь фильтрации, как и в обычной трубке, будет равен длине фильтрационной трубки, а напор – расстоянию от пленки воды над породой до уровня воды в наружном стакане 6.

6. Если в мерный цилиндр прорываются крупные пузырьки воздуха, это свидетельствует о том, что горлышко трубки отстоит на значительном расстоянии от поверхности породы. В этом случае необходимо цилиндр опустить глубже и добиться, чтобы в него равномерно поднимались мелкие пузырьки воздуха.

7. По достижении указанных условий отмечают по шкале уровень воды в мерном цилиндре 1, пускают секундомер и по прошествии определенного времени  $t$  (50–100 сек для более водопроницаемых и 250–500 сек – для менее водопроницаемых пород) замечают второй уровень воды в мерном цилиндре 1, что дает возможность определить расход воды  $Q$ , профильтровавшейся через породу за время  $t$  (сек). Коэффициент фильтрации при этом будет равен

$$K_{\phi} = Q/tF$$

где  $Q$  – общее количество профильтровавшейся воды ( $см^3$ ) за время  $t$  (сек);  $F$  – площадь поперечного сечения металлической трубки,  $см^2$ .

Из формулы видно, что величина  $Q/F$  может быть заранее вычислена. Для этой цели на мерном цилиндре имеется вторая шкала, соответствующая различным отношениям  $Q/F$ . Пользование этой шкалой сводит к минимуму вычисления коэффициента фильтрации.

8. Для получения средней величины коэффициента фильтрации повторяют замеры расхода воды при различных понижениях уровня воды в мерном цилиндре за время  $t$  (сек). При работе с усовершенствованной трубкой опыт повторяют при данном градиенте 2–3 раза. Во время испытаний пород на фильтрацию измеряют температуру воды, вычисляют и учитывают температурную поправку.

9. Все данные, полученные в процессе опыта, и вычисления коэффициента фильтрации записывают в журнал, а окончательный результат – в сводную таблицу.

### Лабораторная работа № 7

#### Тема: Физико-механические свойства горных пород

**Цель:** Научиться рассчитывать показатели, которые используются для оценки физических и механических свойств горных пород.

#### Задание:

1. В соответствии с указанным вариантом рассчитать по формулам (табл. 7.1) следующие показатели: плотность сухого грунта ( $\rho_d$ ), степень влажности ( $S_r$ ), пористость ( $n$ ), коэффициент пористости ( $e$ ), число пластичности ( $I_p$ ), показатель текучести ( $I_L$ ), заполнить табличку.

2. По числу пластичности  $I_p$  и показателю текучести ( $I_L$ ) определить разновидности грунта по табл. 7.2 и 7.3.

3. По СНиП 2.02.01–83 "Основания зданий и сооружений" в соответствии с определенной по числу пластичности ( $I_p$ ) разновидностью грунта и значениями показателя текучести ( $I_L$ ) и коэффициента пористости ( $e$ ) определить нормативные значения сцепления ( $C$ , МПа), угла внутреннего трения ( $\phi$ , град) и модуля общей деформации ( $E$ , МПа).

4. Сделать заключение об исследованном грунте, проанализировав, как меняются показатели свойств с глубиной.

## Данные лабораторных исследований горных пород

### Вариант 1

Мощность слоя, м	$\rho_s$ г/см <sup>3</sup>	$\rho$ г/см <sup>3</sup>	$\rho_d$ г/см <sup>3</sup>	W %	S <sub>r</sub> д.е	n д.е	e д.е	W <sub>L</sub> %	W <sub>P</sub> %	I <sub>P</sub> %	I <sub>L</sub> д.е	C КПа	$\varphi^\circ$ град	E МПа
1,5	2,73	1,98		20				33	15					
2,0	2,71	2,02		24				29	17					
3,1	2,71	2,08		17				19	15					
4,2	2,73	1,97		28				32	19					
0,5	2,74	1,92		23				30	18					

### Вариант 2

Мощность слоя, м	$\rho_s$ г/см <sup>3</sup>	$\rho$ г/см <sup>3</sup>	$\rho_d$ г/см <sup>3</sup>	W %	S <sub>r</sub> д.е	n д.е	e д.е	W <sub>L</sub> %	W <sub>P</sub> %	I <sub>P</sub> %	I <sub>L</sub> д.е	C КПа	$\varphi^\circ$ град	E МПа
0,8	2,73	1,98		26				35	15					
1,5	2,72	2,02		22				30	15					
0,3	2,72	1,89		22				39	19					
2,0	2,71	2,01		21				41	20					
4,0	2,72	2,03		26				33	19					

### Вариант 3

Мощность слоя, м	$\rho_s$ г/см <sup>3</sup>	$\rho$ г/см <sup>3</sup>	$\rho_d$ г/см <sup>3</sup>	W %	S <sub>r</sub> д.е	n д.е	e д.е	W <sub>L</sub> %	W <sub>P</sub> %	I <sub>P</sub> %	I <sub>L</sub> д.е	C КПа	$\varphi^\circ$ град	E МПа
0,5	2,67	1,94		30				25	19					
2,0	2,70	1,89		28				24	18					
3,1	2,71	1,91		28				34	23					
3,5	2,71	1,92		26				33	20					
4,0	2,70	1,82		34				45	24					

### Вариант 4

Мощность слоя, м	$\rho_s$ г/см <sup>3</sup>	$\rho$ г/см <sup>3</sup>	$\rho_d$ г/см <sup>3</sup>	W %	S <sub>r</sub> д.е	n д.е	e д.е	W <sub>L</sub> %	W <sub>P</sub> %	I <sub>P</sub> %	I <sub>L</sub> д.е	C КПа	$\varphi^\circ$ град	E МПа
2,0	2,72	1,93		30				37	23					
1,5	2,70	1,84		24				25	17					
1,7	2,70	1,89		28				24	18					
2,0	2,71	1,89		32				44	25					
1,2	2,73	1,93		29				49	26					

### Вариант 5

Мощность слоя, м	$\rho_s$ г/см <sup>3</sup>	$\rho$ г/см <sup>3</sup>	$\rho_d$ г/см <sup>3</sup>	W %	S <sub>r</sub> д.е	n д.е	e д.е	W <sub>L</sub> %	W <sub>P</sub> %	I <sub>P</sub> %	I <sub>L</sub> д.е	C КПа	$\varphi^\circ$ град	E МПа
3,0	2,68	1,98		27				20	17					
1,5	2,72	1,93		30				37	23					
1,8	2,71	1,89		32				22	19					
2,1	2,71	1,92		27				33	19					
0,9	2,70	1,96		31				49	30					

**Вариант 6**

Мощность слоя, м	$\rho_s$ г/см <sup>3</sup>	$\rho$ г/см <sup>3</sup>	$\rho_d$ г/см <sup>3</sup>	W %	S <sub>r</sub> д.е	n д.е	e д.е	W <sub>L</sub> %	W <sub>P</sub> %	I <sub>P</sub> %	I <sub>L</sub> д.е	C КПа	$\varphi^0$ град	E МПа
0,6	2,71	1,89		32				44	25					
1,2	2,73	1,94		29				49	26					
3,1	2,71	1,95		28				33	20					
2,5	2,71	1,91		29				33	21					
4,1	2,69	1,85		33				25	18					

**Вариант 7**

Мощность слоя, м	$\rho_s$ г/см <sup>3</sup>	$\rho$ г/см <sup>3</sup>	$\rho_d$ г/см <sup>3</sup>	W %	S <sub>r</sub> д.е	n д.е	e д.е	W <sub>L</sub> %	W <sub>P</sub> %	I <sub>P</sub> %	I <sub>L</sub> д.е	C КПа	$\varphi^0$ град	E МПа
2,6	2,70	1,77		28				25	20					
1,1	2,73	1,90		30				35	18					
1,5	2,70	1,91		28				24	23					
2,8	2,73	1,93		29				49	26					
3,4	2,71	1,78		36				49	28					

**Вариант 8**

Мощность слоя, м	$\rho_s$ г/см <sup>3</sup>	$\rho$ г/см <sup>3</sup>	$\rho_d$ г/см <sup>3</sup>	W %	S <sub>r</sub> д.е	n д.е	e д.е	W <sub>L</sub> %	W <sub>P</sub> %	I <sub>P</sub> %	I <sub>L</sub> д.е	C КПа	$\varphi^0$ град	E МПа
0,7	2,71	1,91		29				33	21					
1,2	2,70	1,82		34				45	24					
3,5	2,68	1,98		27				20	17					
4,0	2,73	1,90		30				35	18					
5,5	2,71	1,95		31				36	22					

**Вариант 9**

Мощность слоя, м	$\rho_s$ г/см <sup>3</sup>	$\rho$ г/см <sup>3</sup>	$\rho_d$ г/см <sup>3</sup>	W %	S <sub>r</sub> д.е	n д.е	e д.е	W <sub>L</sub> %	W <sub>P</sub> %	I <sub>P</sub> %	I <sub>L</sub> д.е	C КПа	$\varphi^0$ град	E МПа
1,7	2,71	1,72		10				21	14					
2,1	2,70	1,99		24				26	19					
3,5	2,71	1,96		18				29	18					
2,7	2,70	1,98		24				30	20					
4,5	2,71	1,78		36				49	28					

**Вариант 10**

Мощность слоя, м	$\rho_s$ г/см <sup>3</sup>	$\rho$ г/см <sup>3</sup>	$\rho_d$ г/см <sup>3</sup>	W %	S <sub>r</sub> д.е	n д.е	e д.е	W <sub>L</sub> %	W <sub>P</sub> %	I <sub>P</sub> %	I <sub>L</sub> д.е	C КПа	$\varphi^0$ град	E МПа
3,1	2,70	1,82		35				45	24					
1,8	2,71	1,78		36				49	28					
2,3	2,71	1,98		20				36	23					
1,5	2,71	1,98		18				29	18					
0,8	2,68	1,98		27				20	16					

**Вариант 11**

Мощность слоя, м	$\rho_s$ г/см <sup>3</sup>	$\rho$ г/см <sup>3</sup>	$\rho_d$ г/см <sup>3</sup>	W %	S <sub>r</sub> д.е	n д.е	e д.е	W <sub>L</sub> %	W <sub>P</sub> %	I <sub>P</sub> %	I <sub>L</sub> д.е	C КПа	$\varphi^{\circ}$ град	E МПа
2,4	2,67	1,94		31				23	18					
0,8	2,71	1,82		11				19	15					
3,2	2,71	1,98		18				29	18					
4,2	2,70	1,96		24				30	21					
3,8	2,73	1,93		29				49	26					

**Вариант 12**

Мощность слоя, м	$\rho_s$ г/см <sup>3</sup>	$\rho$ г/см <sup>3</sup>	$\rho_d$ г/см <sup>3</sup>	W %	S <sub>r</sub> д.е	n д.е	e д.е	W <sub>L</sub> %	W <sub>P</sub> %	I <sub>P</sub> %	I <sub>L</sub> д.е	C КПа	$\varphi^{\circ}$ град	E МПа
0,7	2,72	2,03		26				33	19					
1,2	2,72	1,94		16				28	10					
2,8	2,73	1,94		28				33	19					
3,7	2,72	2,01		22				27	17					
3,5	2,71	2,02		25				28	18					

**Вариант 13**

Мощность слоя, м	$\rho_s$ г/см <sup>3</sup>	$\rho$ г/см <sup>3</sup>	$\rho_d$ г/см <sup>3</sup>	W %	S <sub>r</sub> д.е	n д.е	e д.е	W <sub>L</sub> %	W <sub>P</sub> %	I <sub>P</sub> %	I <sub>L</sub> д.е	C КПа	$\varphi^{\circ}$ град	E МПа
2,9	2,72	1,88		21				42	20					
1,8	2,71	1,96		28				33	17					
2,6	2,73	1,90		26				33	19					
3,9	2,71	1,99		16				28	14					
4,1	2,73	1,94		26				33	10					

**Вариант 14**

Мощность слоя, м	$\rho_s$ г/см <sup>3</sup>	$\rho$ г/см <sup>3</sup>	$\rho_d$ г/см <sup>3</sup>	W %	S <sub>r</sub> д.е	n д.е	e д.е	W <sub>L</sub> %	W <sub>P</sub> %	I <sub>P</sub> %	I <sub>L</sub> д.е	C КПа	$\varphi^{\circ}$ град	E МПа
0,5	2,69	1,91		18				28	23					
2,7	2,70	1,96		19				25	13					
3,9	2,74	2,03		24				35	15					
4,5	2,71	2,02		25				28	18					
6,0	2,73	1,90		26				33	19					

**Вариант 15**

Мощность слоя, м	$\rho_s$ г/см <sup>3</sup>	$\rho$ г/см <sup>3</sup>	$\rho_d$ г/см <sup>3</sup>	W %	S <sub>r</sub> д.е	n д.е	e д.е	W <sub>L</sub> %	W <sub>P</sub> %	I <sub>P</sub> %	I <sub>L</sub> д.е	C КПа	$\varphi^{\circ}$ град	E МПа
1,5	2,72	1,94		16				28	10					
2,0	2,73	1,94		26				33	19					
1,7	2,09	1,96		28				31	19					
2,1	2,71	2,08		17				19	15					
5,6	2,71	1,97		15				16	13					

**Вариант 16**

Мощность слоя, м	$\rho_s$ г/см <sup>3</sup>	$\rho$ г/см <sup>3</sup>	$\rho_d$ г/см <sup>3</sup>	W %	S <sub>r</sub> д.е	n д.е	e д.е	W <sub>L</sub> %	W <sub>P</sub> %	I <sub>P</sub> %	I <sub>L</sub> д.е	C КПа	$\varphi^\circ$ град	E МПа
2,6	2,70	1,77		28				25	20					
1,1	2,73	1,90		30				35	18					
1,5	2,70	1,91		28				24	23					
2,8	2,73	1,93		29				49	26					
3,4	2,71	1,78		36				49	28					

**Вариант 17**

Мощность слоя, м	$\rho_s$ г/см <sup>3</sup>	$\rho$ г/см <sup>3</sup>	$\rho_d$ г/см <sup>3</sup>	W %	S <sub>r</sub> д.е	n д.е	e д.е	W <sub>L</sub> %	W <sub>P</sub> %	I <sub>P</sub> %	I <sub>L</sub> д.е	C КПа	$\varphi^\circ$ град	E МПа
0,7	2,71	1,91		29				33	21					
1,2	2,70	1,82		34				45	24					
3,5	2,68	1,98		27				20	17					
4,0	2,73	1,90		30				35	18					
5,5	2,71	1,95		31				36	22					

**Вариант 18**

Мощность слоя, м	$\rho_s$ г/см <sup>3</sup>	$\rho$ г/см <sup>3</sup>	$\rho_d$ г/см <sup>3</sup>	W %	S <sub>r</sub> д.е	n д.е	e д.е	W <sub>L</sub> %	W <sub>P</sub> %	I <sub>P</sub> %	I <sub>L</sub> д.е	C КПа	$\varphi^\circ$ град	E МПа
1,7	2,71	1,72		10				21	14					
2,1	2,70	1,99		24				26	19					
3,5	2,71	1,96		18				29	18					
2,7	2,70	1,98		24				30	20					
4,5	2,71	1,78		36				49	28					

**Вариант 19**

Мощность слоя, м	$\rho_s$ г/см <sup>3</sup>	$\rho$ г/см <sup>3</sup>	$\rho_d$ г/см <sup>3</sup>	W %	S <sub>r</sub> д.е	n д.е	e д.е	W <sub>L</sub> %	W <sub>P</sub> %	I <sub>P</sub> %	I <sub>L</sub> д.е	C КПа	$\varphi^\circ$ град	E МПа
3,1	2,70	1,82		35				45	24					
1,8	2,71	1,78		36				49	28					
2,3	2,71	1,98		20				36	23					
1,5	2,71	1,98		18				29	18					
0,8	2,68	1,98		27				20	16					

**Вариант 20**

Мощность слоя, м	$\rho_s$ г/см <sup>3</sup>	$\rho$ г/см <sup>3</sup>	$\rho_d$ г/см <sup>3</sup>	W %	S <sub>r</sub> д.е	n д.е	e д.е	W <sub>L</sub> %	W <sub>P</sub> %	I <sub>P</sub> %	I <sub>L</sub> д.е	C КПа	$\varphi^\circ$ град	E МПа
2,4	2,67	1,94		31				23	18					
0,8	2,71	1,82		11				19	15					
3,2	2,71	1,98		18				29	18					
4,2	2,70	1,96		24				30	21					
3,8	2,73	1,93		29				49	26					

**Таблица 7.1. Показатели физико-механических свойств пород рыхлых отложений**

Условн. обозн.	Показатель по СНиП 2.02.01-83	Единица измерения, Си	Физический смысл	Расчетная формула или методика определения по гос. стандартам
$\gamma$	Удельный вес	н/м <sup>3</sup>		$\gamma = \rho \cdot g$ ; $g = 9.81 \text{ м/с}^2$ .
$\rho$	Плотность	кг/м <sup>3</sup> (г/см <sup>3</sup> )	Масса единицы объема при естественной пористости и влажности	ГОСТ 5180-84. Метод режущего кольца или парафинирования
$\rho_s$	Плотность частиц грунта	кг/м <sup>3</sup> (г/см <sup>3</sup> )	Масса единицы объема скелета грунта в воде при отсутствии пор: для песчаных – 2.66; супесей – 2.70; суглинков – 2.71; глин – 2.74.	ГОСТ 5180-84. Пикнометрический метод
$\rho_d$	Плотность сухого грунта	кг/м <sup>3</sup> (г/см <sup>3</sup> )	Масса единицы объема за вычитанием массы воды в порах	$\rho_d = \frac{\rho}{(1 + 0.01 \cdot W)}$
$W$	Природная (естественная) влажность	%	Кол-во свободной и поверхностно связанной воды, содержащейся в порах грунта в естественных условиях	ГОСТ 5180-84 Весовой метод
$n$	Пористость	доли единицы	Отношение объема пустот к объему грунта	$n = (\rho_s - \rho_d) / \rho_s$
$e$	Коэффициент пористости	доли единицы	Отношение объема пустот к объему скелета грунта	$e = (\rho_s - \rho_d) / \rho_d$

Условн. обозн.	Показатель по СНиП 2.02.01-83	Единица измерения, Си	Физический смысл	Расчетная формула или методика определения по гос. стандартам
$W_r$	Гигроскопическая влажность	%	Отношение веса воды, удаленной из образца воздушно сухого грунта к массе высушенного грунта.	ГОСТ 5180–84 Весовой метод
$W_L$	Влажность на границе текучести	% (верхний предел)	Влажность, при которой грунт переходит из пластичного состояние в текучее.	ГОСТ 5180–84. Метод балансированного конуса
$W_p$	Влажность на границе раскатывания	% (нижний предел)	Влажность, при которой грунт переходит из пластичного состояние в твердое.	ГОСТ 5180–84 Метод раскатывания
$I_p$	Число пластичности	%	Разность между верхним и нижним пределами влажности	$I_p = W_L - W_p$
$I_L$	Показатель текучести	Доли единицы	Степень подвижности слагающих грунт частиц при механическом воздействии	$I_L = (W - W_p) / I_p$
$S_r$	Степень влажности	Доли единицы	Степень заполнения пор водой	$S_r = \frac{W \cdot \rho_s}{e \cdot \rho_w \cdot 100}$ где $\rho_w = 1,0$

Условн. обозн.	Показатель по СНиП 2.02.01-83	Единица измерения, Си	Физический смысл	Расчетная формула или методика определения по гос. стандартам
С	Сцепление	МПа, КПа	Сила зацепления между отдельными частичками грунта	ГОСТ 12248-96
φ	Угол внутреннего трения	Град.	Сопротивление горных пород сдвигу	ГОСТ 12248-96
Е	Модуль общей деформации	МПа	Коэффициент пропорциональности между давлением и относительной линейной деформацией грунта	ГОСТ 12248-96 $E_{1-2} = \beta \cdot [1 + e / \alpha]$

**Таблица 7.2. Разновидность глинистых грунтов по числу пластичности**

Разновидность глинистых грунтов	Число пластичности $I_p$
Супесь	1-7
Суглинок	7-17
Глина	>17

**Таблица 7.3. Разновидность глинистых грунтов по показателю текучести**

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

## Лабораторная работа № 8

### Компрессионные свойства грунтов. Методика изучения. Обработка результатов

**Цель:** Изучение процесса компрессионного сжатия грунта для определения характеристик его деформируемости.

**Задание:**

1. По известным формулам (см. работу Физико-механические свойства грунтов) рассчитать показатели физических свойств грунтов и заполнить таблицу.

2. По представленным данным (в соответствии с заданным вариантом), полученным при испытании образца на сжатие без возможности бокового расширения, подсчитать для всех интервалов нагрузок коэффициент сжимаемости ( $m$ ), модуль общей деформации ( $E$ ). В таблице 8.2 для всех вариантов приведены значения абсолютной деформации грунта, полученные в результате компрессионных испытаний грунта. В таблице 8.3 отразить результаты обработки компрессионных испытаний.

3. Дать оценку сжимаемости грунта по коэффициенту сжимаемости:

$m > 0,01$  – сильносжимаемый,

$m = 0,01-0,001$  – среднесжимаемый,

$m < 0,001$  – слабосжимаемый.

4. Построить компрессионную кривую в координатах:  $\varepsilon = f(P)$ .

5. Вывод сделать по следующей схеме: Наименование типа грунта, разновидности по показателю текучести, привести значения показателей природной влажности, плотности и коэффициента пористости, отметить особенность изменения величины относительной деформации, коэффициента уплотнения и модуля деформации в интервале нагрузок 0,05–0,3 МПа.

#### Обработка результатов компрессионных испытаний.

По результатам испытаний грунта в компрессионном приборе определяется величина относительной деформации сжатия образцов грунта ( $\varepsilon$ ) при соответствующих значениях давлениях ( $P$ , МПа) по формуле (8.1):

$$\varepsilon_i = \frac{\Delta h_i}{h}, \quad (8.1)$$

где  $\Delta h_i$  – абсолютная деформация,  $h$  – высота образца (25 мм).

По величинам относительной деформации строится график зависимости относительных деформаций от вертикального давления  $\varepsilon = f(p)$ . На рис. 5 приведен образец графического оформления результатов испытания грунта.

Вычисляют коэффициенты пористости ( $e_i$ ) по значениям относительной деформации ( $\varepsilon_i$ ) взятым с графика при любом давлении ( $P_i$ ) по формуле (8.2):

$$e_i = e_o - \varepsilon_i (1 + e_o), \quad (8.2)$$

где  $e_o$  – начальный коэффициент пористости.

Коэффициент сжимаемости  $m_i$ ,  $\text{МПа}^{-1}$ , в заданном интервале давлений  $P_i$  и  $P_{i+1}$ , вычисляется с точностью  $0,001 \text{ МПа}^{-1}$  по формуле (8.3):

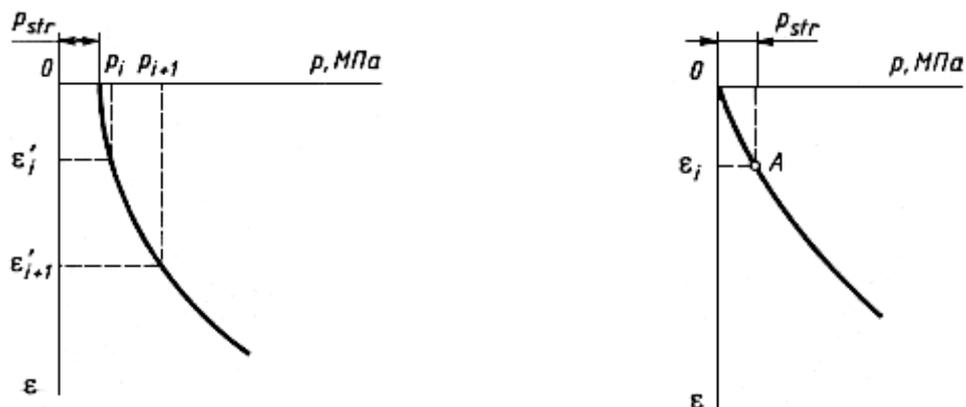
$$m_i = \frac{e_i - e_{i+1}}{P_{i+1} - P_i}, \quad (8.3)$$

где  $e_i$ ,  $e_{i+1}$  – коэффициенты пористости, соответствующие давлению  $P_{i+1}$  и  $P_i$ :

Модуль деформации  $E$ ,  $\text{МПа}$  в интервале давления от  $P_i$  и  $P_{i+1}$ . Вычисляют с точностью  $0,1 \text{ МПа}$  по формуле (8.4):

$$E_i = \frac{1 + e_o}{m_i} \times \beta, \quad (8.4)$$

где  $m_i$  – коэффициент сжимаемости,  $e_o$  – коэффициент пористости,  $\beta$  – поправка, учитывающая отсутствие бокового расширения грунта в компрессионном приборе, принимаемая для песков –  $0,8$ , супесей –  $0,7$ , суглинков –  $0,5$ , глин –  $0,4$ .



Относительное сжатие водонасыщенного  
грунта в зависимости от давления  $P$

Относительное сжатие глинистого грунта  
при частичном разуплотнении в зависимости  
от давления  $P$

Рис. 5. График  $\varepsilon = f(p)$

Масштаб графиков: по горизонтали 10 мм – 0,025 МПа для P; по вертикали 10 мм – 0,02 МПа для  $\epsilon$ .

Во всех заданиях приведены результаты компрессионных испытаний грунтов при естественной влажности. В табл. 8.1 приведены показатели физических свойств, определяемые лабораторными методами.

### Варианты заданий

**Таблица 8.1. Физические свойства грунтов**

Варианты	Показатели свойств грунта										
	$\rho_s$ г/см <sup>3</sup>	$\rho$ г/см <sup>3</sup>	$\rho_d$ г/см <sup>3</sup>	W %	Sr д.е	n д.е	e д.е	W <sub>L</sub> %	W <sub>P</sub> %	I <sub>P</sub> %	I <sub>L</sub> д.е
1	2,70	2,0		23				42	22		
2	2,68	2,08		22				36	21		
3	2,68	2,01		25				33	22		
4	2,73	1,85		35				80	39		
5	2,73	1,96		21				53	27		
6	2,68	2,03		26				30	22		
7	2,68	2,03		24				32	21		
8	2,70	2,04		18				43	20		
9	2,68	1,99		25				35	25		
10	2,70	2,10		16				42	20		
11	2,73	2,01		25				58	24		
12	2,73	2,04		25				64	25		
13	2,70	2,09		19				46	22		
14	2,68	2,01		27				36	23		
15	2,70	2,07		22				46	21		
16	2,74	1,96		20				51	25		
17	2,67	2,01		23				31	20		
18	2,71	1,99		25				34	21		
19	2,67	2,02		24				36	25		
20	2,72	1,98		22				54	23		

**Таблица 8.2. Результаты компрессионных испытаний**

Давление на образец Р, МПа	Абсолютная деформация, $\Delta h_i$ , мм									
	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0,05	0,34	0,4	0,13	0,08	0,14	0,11	0,16	0,27	0,30	0,10
0,1	0,43	0,54	0,25	0,14	0,19	0,23	0,30	0,39	0,40	0,18
0,15	0,49	0,67	0,37	0,20	0,28	0,38	0,46	0,48	0,48	0,22
0,2	0,58	0,75	0,53	0,30	0,37	0,48	0,58	0,55	0,58	0,29
0,25	0,69	0,85	0,59	0,38	0,45	0,56	0,72	0,61	0,70	0,37
0,3	0,75	0,95	0,67	0,45	0,53	0,62	0,85	0,85	0,74	0,42
$\beta$	0,743	0,565	0,534	0,565	0,9	0,534	0,534	0,9	0,565	0,9

**Продолжение таблицы 8.2**

Давление на образец Р, Мпа	Абсолютная деформация - $\Delta h_i$ , мм									
	Варианты									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
0,05	0,33	0,16	0,04	0,10	0,14	0,36	0,09	0,06	0,12	0,31
0,1	0,45	0,22	0,10	0,26	0,19	0,45	0,15	0,12	0,24	0,43
0,15	0,51	0,30	0,15	0,42	0,26	0,51	0,21	0,17	0,40	0,49
0,2	0,57	0,37	0,22	0,58	0,36	0,60	0,31	0,24	0,56	0,55
0,25	0,68	0,42	0,27	0,70	0,40	0,71	0,39	0,29	0,68	0,66
0,3	0,73	0,47	0,33	0,82	0,45	0,76	0,46	0,35	0,80	0,71
$\beta$	0,74	0,9	0,534	0,534	0,743	0,734	0,534	0,534	0,534	0,734

**Таблица 8.3. Обработка результатов компрессионных испытаний**

Давление на образец Р, Мпа	Абсолютная деформация. $\Delta h_i$ , мм	Относительная деформация, $\epsilon_i$ , д.е	Коэффициент пористости, $e_i$ , д.е	Коэффициент уплотнения, $m_i$ , Мпа <sup>-1</sup>	Модуль деформации, $E_i$ , Мпа
0,05					
0,1					
0,15					
0,2					
0,25					
0,3					

## Лабораторная работа № 9

### Тема: Прочностные свойства грунтов. Методика изучения. Обработка результатов

**Цель:** Ознакомиться с методом и методикой определения сопротивления срезу образцов грунтов на одноплоскостных срезных приборах с фиксированной плоскостью среза, применяемых при исследованиях грунтов оснований фундаментов зданий и сооружений.

#### Задание:

1. По представленным данным, полученным при испытании образца на срез построить график зависимости сопротивления грунта срезу от нормального давления,  $\tau = f(\sigma)$  (График Кулона). Определить значения  $C$  и  $\varphi$  по графику.

2. Вычислить по формулам (9.1 и 9.2) угол внутреннего трения  $\varphi$ , град. и удельное сцепление  $C$ , МПа.

3. По результатам лабораторных испытаний сделать вывод о прочности исследованного образца грунта.

Угол внутреннего трения  $\varphi$  и удельное сцепление  $c$ , МПа, вычисляются по формулам:

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{n\sum \tau_i\sigma_i - \sum \tau_i\sum \sigma_i}{n\sum \sigma_i^2 - \sum \sigma_i^2}, \quad (9.1)$$

$$C = \frac{\sum \tau_i\sum \sigma_i^2 - \sum \sigma_i\sum \tau_i\sigma_i}{n\sum \sigma_i^2 - (\sum \sigma_i)^2}, \quad (9.2)$$

где  $\tau_i$  – опытное значение сопротивления срезу,  
 $\sigma_i$  – величина срезающего усилия,  
 $n$  – количество испытаний.

На рис. 6 приведен образец графического оформления результатов испытания грунта методом одноплоскостного среза.

График $\Delta l = f(\tau)$ Масштабы графика: по горизонтали: 10 мм – 1 мм для $\Delta l$ ; по вертикали: 20 мм – 0,1 для $\tau$	График $\tau = f(\sigma)$ Масштабы графика: по горизонтали: 20 мм – 0,1 МПа для $\sigma$ ; по вертикали: 20 мм – 0,1 мм для $\tau$
---	---

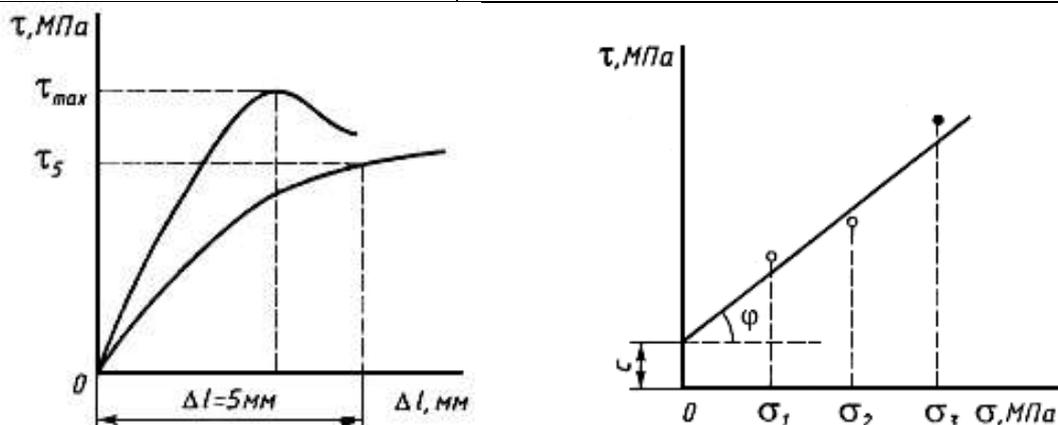


Рис. 6. Образец графического оформления результатов испытаний грунта методом одноплоскостного среза. График Кулона.

Во всех вариантах (табл. 9.1) применена схема испытаний на одноплоскостной срез – быстрый сдвиг, без уплотнения при естественной влажности. Высота кольца – 35 мм, площадь кольца – 40 см<sup>2</sup>.

График зависимости сопротивления грунта срезу от нормального давления.  $\tau = f(\sigma)$  построить согласно рекомендаций, приведенных на рисунке.

Угол внутреннего трения  $\varphi$  и удельное сцепление  $c$ , МПа вычислить по формулам (9.1) и (9.2). Сделать вывод о прочности исследованного образца грунта.

Например. Угол внутреннего трения  $\varphi$  и удельное сцепление равны 15 град и 0,02 МПа, соответственно. Значения прочностных характеристик полученных графическим и аналитическим методами близки (отличаются незначительно).

### Варианты заданий

Таблица 9.1 Результаты определения сопротивления образца грунта срезу

Нормальное давление при срезе, МПа	Сопротивление грунта срезу, МПа									
	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0,1	0,060	0,055	0,080	0,060	0,065	0,065	0,070	0,085	0,075	0,060
0,2	0,110	0,093	0,105	0,115	0,118	0,135	0,125	0,110	0,100	0,135
0,3	0,145	0,120	0,135	0,165	0,175	0,175	0,155	0,130	0,118	0,170

## Продолжение таблицы 9.1

Нормальное давление при срезе, МПа	Сопротивление грунта срезу, МПа									
	Варианты									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
0,1	0,065	0,088	0,090	0,060	0,065	0,065	0,035	0,080	0,065	0,080
0,2	0,130	0,120	0,120	0,135	0,130	0,100	0,060	0,110	0,110	0,120
0,3	0,170	0,185	0,131	0,170	0,170	0,140	0,085	0,160	0,170	0,180

### Лабораторная работа № 10

#### Тема: Инженерно-геологические карты

**Цель работы:** знакомство с видами инженерно-геологических карт, принципами их составления, чтение карт.

**Задание:**

1. Ознакомиться с различными типами инженерно-геологических карт, принципами их составления и способами отображения на картах различных инженерно-геологических факторов.

2. Проанализировать и кратко охарактеризовать инженерно-геологические карты. При анализе и характеристике карты необходимо определить ее масштаб и назначение, принцип составления, кратко описать содержание, отметить способы изображения ИГУ и категории выделяемых на карте пород.

Инженерно-геологические карты различаются по масштабу, назначению, принципам составления и содержанию.

В соответствии с масштабами съемок инженерно-геологические карты разделяются на мелкомасштабные (масштаб 1:1 000 000 и мельче), средне-масштабные (масштаб 1:500 000 – 1:100 000) и крупномасштабные (масштаб 1:50 000 и крупнее).

В зависимости от масштаба инженерно-геологические карты имеют различное назначение.

**Мелкомасштабные** карты предназначены для планирования отраслей народного хозяйства, составления схем развития отраслей хозяйства, составления рабочих гипотез об инженерно-геологических условиях при отсутствии более детальных сведений, разработки региональных мероприятий по охране и рациональному использованию геологической среды.

**Среднемасштабные** карты предназначены для решения вопросов планирования на стадиях ТЭО, районной планировки городов и поселков, выбора вариантов трасс линейных сооружений и т.д.

**Крупномасштабные** карты предназначены для предпроектных проработок, обоснования строительного проектирования, сравнения и выбора вариантов, составления и выбора вариантов генпланов городов, поселков, компоновки сооружений, разработки защитных мероприятий, выборов типов фундаментов

На инженерно-геологических картах отображаются различные категории пород. Под **категориями** пород или геологическими телами понимается определенный объем пород, выделенный по возрастным, генетическим, петрографическим признакам, по однородности состояния и свойств.

Впервые разделение горных пород на категории для отображения на инженерно-геологических картах было предложено И.В. Поповым. Он предложил выделять следующие категории пород:

**формации** – это крупные комплексы горных пород сформировавшихся под влиянием одних геотектонических и палеоклиматических факторов. Выделяются платформенные и геосинклинальные формации осадочных, магматических, метаморфических горных пород;

**стратиграфо-генетические комплексы** – породы одного генезиса, сформировавшиеся в одной физико-географической обстановке. Выделяются на основе геологических схем стратиграфических подразделений отложений для разных регионов;

**петрографические** или **литологические** типы выделяются по минералогическому и петрографическому составу;

**инженерно-геологические виды и разновидности** – по химическим, минералогическим, петрографическим и физико-механическим свойствам;

**инженерно-геологические группы** – объединяют виды и разновидности, если их разделение вызывает затруднение. Группы обособляются по однородности инженерно-геологических свойств.

В настоящее время приняты следующие рекомендации по характеристике разных категорий пород, согласно масштабам карт (таблица 10.1).

В зависимости от масштаба инженерно-геологических карты на них выделяют различные категории пород.

**Таблица 10.1. Категории пород, выделяемые на инженерно-геологических картах**

Группы карт по масштабам	Категории выделяемых пород
Мелкомасштабные	Формации, стратиграфо-генетические комплексы, с характеристикой классов по характеру структурных связей
Среднемасштабные	Стратиграфо-генетические комплексы с характеристикой групп, типов и разновидностей пород и их соотношением в разрезе по ГОСТ 25100–95 "Грунты. Классификация"
Крупномасштабные	Стратиграфо-генетические комплексы с характеристикой типов и разновидностей пород и их соотношением в разрезе по ГОСТ 25100–95 "Грунты. Классификация". Инженерно-геологические элементы по ГОСТ 20522–76" Методы статистической обработки результатов испытаний"

На инженерно-геологических картах отображаются основные факторы инженерно-геологических условий; горные породы, рельеф, геоморфологические и гидрогеологические условия, а также геологические процессы и явления.

Способы изображения этих факторов регламентируются нормативным документом. Практически же используются общепринятые в соответствующих отраслях знаний способы их обозначения.

По содержанию и принципам составления Трофимов В.Т. разделяет карты на 4-ре группы:

**1. Карты инженерно-геологических условий.** При этом рекомендуется разделять их на общие (синтетические и аналитические) и специальные (синтетические и аналитические).

На общих синтетических картах отображают весь комплекс природных факторов, отобранных для всех видов строительства:

На специальных синтетических картах следует отображать весь комплекс природных факторов, отобранных для конкретных видов строительства.

На общих аналитических (или частных) – отображать один или несколько факторов инженерно-геологических условий (карты грунтовых толщ, просадочности, современных процессов и явлений, трещиноватости и т.д.).

На специальных аналитических – то же, но применительно к конкретным видам строительства.

**Таблица 10.2. Способы отображения на картах различных факторов ИГУ**

Факторы ИГУ	Способ отображения
1. Горные породы	возраст – индексом; генезис – цветом; состав – штриховкой; состояние – знаки различного цвета; условия залегания – согласно ГОСТ 21.302–96
2. Геоморфология и рельеф	геоморфология – согласно ГОСТ 21.302–96; рельеф – изолинии
3. Гидрогеологические условия	изолинии, значки, штриховка и т.д.
4. Геологические процессы и явления	цветом и значками

**2. Карты инженерно-геологического районирования.** Разделяются на общие и специальные. Это карты, на которых обособляются территории, участки однородные по инженерно-геологическим условиям.

На общих картах отображаются однородные по инженерно-геологическим условиям территории, пригодные для всех видов массового строительства.

На специальных картах – территории, пригодные для конкретного вида строительства.

**3. Прогнозные инженерно-геологические карты** – это карты, отображающие пространственно-временной прогноз изменения инженерно-геологических условий в процессе освоения территорий. Разделяются на *общие* и *специальные*.

На общих картах – прогноз изменения ИГУ вод воздействием основных видов массового освоения. На специальных картах – под воздействием конкретного вида строительства.

**4. Карты изменчивости геологической среды** – это новый вид карт, разрабатываемый в последнее десятилетие. На этих картах отображается комплекс природных и антропогенных геологических процессов и оценивается степень изменчивости геологической среды под влиянием деятельности человека. Эти карты содержат элементы карт ИГУ и карт районирования, но представляют самостоятельный тип. Разделяются на *общие* и *частные*.

## Лабораторная работа № 11

### Тема: Инженерно-геологические классификации геологических процессов и явлений

**Цель:** Ознакомиться с инженерно-геологическими классификациями современных геодинамических процессов и принципами их составления.

**Задание:**

1. Составить инженерно-геологическую классификацию (пользуясь табл. 11.1).
2. Описать геодинамическую обстановку на территории (по карте, выданной преподавателем).

Геодинамическая обстановка – совокупность природных геологических и антропогенных инженерно-геологических процессов и созданных ими явлений. Особенности геодинамической обстановки могут существенно влиять:

- на устойчивость сооружений,
- выбор места для строительства,
- условия жизни людей и т.п.

Инженерно-геологическими процессами и явлениями называются современные геодинамические процессы и явления в горных породах, вызванные инженерной деятельностью человека.

**Процесс** в горных породах – это то, что приводит горные породы в движение, меняет их состояние, строение, состав и свойства и предопределяет формирование новых генетических типов отложений, новых форм рельефа на поверхности и внутри массива.

**Явление** – это результат процесса (тип пород, форма рельефа).

При оценке геодинамической обстановки необходимо знать причины того или иного процесса.

**Причина процесса** – геологическая деятельность природных факторов и человека. Основными причинами могут быть: действие агентов выветривания, деятельность поверхностных, деятельность подземных вод, паводки на горных реках, действие гравитационных сил, деятельность ветра, промерзание и оттаивание грунтов, действие внутренних сил в породах, действие внутренних сил Земли, инженерная деятельность человека.

**Условия процесса** – это набор (комплекс) признаков геологической среды, в которой его возникновения и развитие возможны.

**Факторы** – это то, что предопределяет и способствуют проявлению процессов, либо сдерживающие их проявление. Ими являются основные

компоненты ИГУ: горные породы, геологическое строение, гидрогеологические и геоморфологические условия и др.

В настоящее время в инженерной геодинамике разработано много классификаций инженерно-геологических процессов и явлений. Все классификации объединяются в 4-ре группы:

- 1) общие;
- 2) региональные;
- 3) частные;
- 4) специальные.

**Общие классификации** составляются для всех геологических и инженерно-геологических процессов и явлений в целом.

**Региональные** – классификации процессов и явлений каких-то регионов.

**Частные** – классификации отдельных процессов и явлений.

**Специальные** – классификации для конкретных видов хозяйственной деятельности, для решения конкретных задач.

**Таблица 11.1. Общая инженерно-геологическая классификация процессов и явлений**

Причины возникновения и развития процессов	Геологические процессы и явления
1. Деятельность агентов выветривания	Выветривание.
2. Деятельность поверхностных вод (морей, озер, рек, каналов)	Подмыв берегов и их обрушение (эрозия, абразия), размыв склонов (овраги), сели
3. Деятельность подземных вод	Суффозия и пьезометры
4. Деятельность подземных и поверхностных вод	Болота, просадки, карст
5. Действие гравитационных сил	Оползни, обвалы, осыпи, лавины
6. Промерзание и оттаивание грунтов	Пучение, термокарст, наледи и т.д.
7. Действие внутренних сил в породах	Набухание, усадка, разуплотнение
8. Деятельность ветра	Эоловые процессы
9. Действие внутренних сил Земли	Землетрясения, вулканы
10. Инженерная деятельность человека	Осадка, сжатие, набухание и т.д.

## ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 12248–96 Грунты. Методы лабораторного определения прочности и деформируемости.
2. ГОСТ 12536–79. Грунты. Методы лабораторного определения зернового (гранулометрического состава).
3. ГОСТ 21.302–96. Условные графические обозначения в документации по инженерно-геологическим изысканиям. – М., 1996.
4. ГОСТ 5180–84. Грунты. Методы лабораторного определения физических свойств грунтов.
5. Грунтоведение / Под ред. Е.М.Сергеева. – М.: МГУ, 1983.
6. Емельянова Т.Я. Инженерная геодинамика. Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2002.
7. Золотарев Г.С. Инженерная геодинамика. – М.: Изд-во МГУ, 1983.
8. Ломтадзе В.Д. Инженерная геодинамика. – М.: Недра, 1977.
9. Ломтадзе В.Д. Методы лабораторных исследований физико-механических свойств горных пород (руководство к лабораторным занятиям по инженерной геологии). – М.: Недра, 1972.
10. Ломтадзе В.Д. Физико-механические свойства горных пород. Методы лабораторных исследований. Учебное пособие. – Л.: Недра, 1990.
11. Методическое пособие по инженерно-геологическому изучению горных пород. – М.: Недра, 1984. – Том 2. Лабораторные методы.
12. Передельский Л.В., Приходченко О.Е. Инженерная геология: Учебник для студентов строительных специальностей вузов. – Ростов н/Д: Феникс, 2006. – 448 с.
13. Попов И.В. Инженерная геология СССР. – М.: Изд-во МГУ, 1961–1971. – ТТ. 1–4.
14. СНиП 2.01.15–90. Строительные нормы и правила. Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. – М.: 1991.
15. Строкова Л.А. Грунтоведение. Лабораторный практикум. – Томск: Изд-во ТПУ, 2002.
16. Чернышев С.Н. Задачи и упражнения по инженерной геологии: учеб. пособие / С.Н. Чернышев, А.Н. Чумаченко, И.Л. Ревелис. – 3-е изд., испр. – М.: Высш.шк., 2002 – 254 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Тема 1. Водоносные горизонты.....	4
Тема 2. Карта гидроизогипс и гидроизопьез.....	5
Тема 3. Обработка результатов химического анализа подземных вод.....	8
Тема 4. Построение карты минерализации и химического состава подземных вод	14
Тема 5. Изучение методов и методик определения гранулометрического состава грунтов и способов его графического изображения	17
Тема 6. Определение водопроницаемости пород с помощью трубки СПЕЦГЕО	21
Тема 7. Физико-механические свойства горных пород.....	24
Тема 8. Компрессионные свойства грунтов. Методика изучения. Обработка результатов.....	32
Тема 9. Прочностные свойства грунтов. Методика изучения. Обработка результатов.....	36
Тема 10. Инженерно-геологические карты.....	38
Тема 11. Инженерно-геологические классификации инженерно-геологических процессов и явлений.....	42
Литература.....	44

Учебное издание

## ОСНОВЫ ГИДРОГЕОЛОГИИ И ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ

Методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу «Основы гидрогеологии и инженерной геологии» для студентов, обучающихся по специальности 130301 «Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений полезных ископаемых».

Составитель  
ЛЕОНОВА Анна Владимировна

Научный редактор  
кандидат геол.-мин. наук,  
доцент

*В.В. Крамаренко*

Подписано к печати \_\_.\_\_.2011. Формат 60x84/16. Бумага «Снегурочка».

Печать RISO. Усл. печ. л. \_\_\_\_\_. Уч.-изд. Л. 1,89.

Заказ \_\_\_\_\_. Тираж 100 экз.

---

Томский политехнический университет

Система менеджмента качества

Томского политехнического университета сертифицирована

NATIONAL QUALITY ASSURANCE по стандарту ISO 9001:2008



---

ИЗДАТЕЛЬСТВО  ТПУ. 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30.