

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

А.Х. Дегтерев

ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГОРНЫХ ПОРОД

Методические указания
к выполнению практической работы № 3
по дисциплине «Геология»

Севастополь
СевГУ
2025

УДК 551.465(262.5)(076.5)

ББК 26.221.4я73

Д26

Р е ц е н з е н т :

Г.В. Кучерик - канд. техн. наук, доцент

Дегтерев, А.Х.

Д26 Водно-физические свойства горных пород: методические указания к выполнению практической работы № 3 по дисциплине «Геология» / А. Х. Дегтерев; Севастопольский государственный университет. – Севастополь: СевГУ, 2025. – 14 с. – Текст: электронный.

Методические указания составлены с целью помочь студентам в выполнении практической работы на тему: «Водно-физические свойства горных пород». Рассмотрены свойства горных пород, влияющие на их водоемкость и движение подземных вод. Студентам предлагается построить геологические колонки по данным буровых журналов и рассчитать радиус влияния откачки воды из скважины на уровень грунтовых вод с использованием закона фильтрации подземных вод.

Предназначены для студентов СевГУ, обучающихся по специальности «Природообустройство и водопользование» и изучающих дисциплину «Геология».

УДК 551.465(262.5)(076.5)

ББК 26.221.4я73

Рассмотрены и рекомендованы к изданию на заседании кафедры «Радиоэкология и экологическая безопасность» ИЯЭиП СевГУ, протокол № 8 от 21 февраля 2025 г.

СОДЕРЖАНИЕ

Общие сведения	4
Задания для самостоятельной работы	9
Контрольные вопросы	11
Рекомендуемая литература	12
Приложение	13

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Цель работы:

Изучить водопроницаемость горных пород и закон фильтрации воды в них.

Движение подземных вод внутри горных пород называется фильтрацией. Оно связано с наличием небольших пустот в грунте. Обычно это поры и трещины, заполненные водой или воздухом (рис. 1). В этом смысле сам и твердые частицы сухого грунта образуют так называемый скелет грунта. Естественно, размер пор зависит от размера этих частиц, то есть от гранулометрического состава породы.

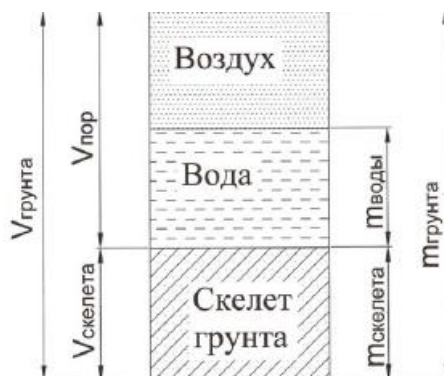


Рис. 1. Схема строения пористого грунта

Водопроницаемость различных пород зависит от размера пор и пористости грунта. Пористость обозначается буквой n и определяется как отношение объема пор к объему грунта:

$$n = V_{\text{пор}} / V_{\text{грунта}} \quad (1)$$

Это безразмерная величина, которая всегда меньше 1. Она может выражаться в процентах, тогда ее величина соответственно не превышает 100 %. Для большинства грунтов пористость принимает значения от 20 до 90 % (табл. 1).

Однако в инженерной геологии и в гидрогеологии используется еще и коэффициент пористости $e = V_{\text{пор}}/V_{\text{скелета}}$. В этом случае объем пор нормируется на суммарный объем частиц грунта. Как видно из рис. 1, при пористости свыше 50 % этот коэффициент может быть больше единицы.

Таблица 1 - Значения пористости для разных грунтов

Вид грунта	Пористость (%)		
	общая	капиллярная	некапиллярная
		(в процентах от общей пористости)	
Пески	30 – 35	25 – 35	65 – 75
Супеси	35 – 45	45 – 55	45 – 55
Суглинки	40 – 47	65 – 85	15 – 35
Лёссы и лёссовидные суглинки	40 – 55	50 – 65	35 – 50
Глины	45 – 55	90 – 97	3 – 10
Пахотный слой чернозема	55 – 60	40 – 45	55 – 60
Поверхностный горизонт торфа	80 – 85	95 – 98	2 – 5

На практике, однако, чаще используется обозначение коэффициента пористости в виде «п, д.е.», что вносит известную путаницу. Причем в таблицах нередко пишут еще и слово «пористость» вместо «коэффициент пористости» (табл. 2). На самом же деле это конечно не п, а именно е. Поэтому в последней строке табл. 2 в столбце «пористость» и стоит число 1,1>1.

Таблица 2 - Коэффициент пористости и плотность грунтов

Вид грунта	Пористость, п, д.е.	Плотность, т/м ³
Песок:		
— пылеватый	<0,55	1,80–2,05
— мелкий маловлажный	0,55–0,60	1,60–2,00
— средней крупности	0,60–0,70	1,60–1,90
— крупный и гравелистый	0,70–0,80	1,75–1,85
Супесь	0,5	1,70–2,00
	0,7	1,50–1,90
Суглинок	0,5	1,80–2,05
	0,7	1,75–1,95
	1,0	1,70–1,80
Глина	0,5	1,80–2,10
	0,6	1,70–2,10
	0,8	1,70–1,90
	1,1	1,60–1,80

Движение воды в водопроницаемых грунтах характеризуется еще одним параметром, который называется коэффициентом фильтрации K_f (табл. 3). Это просто коэффициент пропорциональности в законе Дарси между плотностью потока грунтовых вод q и тангенсом наклона I уровня грунтовых вод относительно горизонтали:

$$q \text{ (м}^3\text{/сутки} \cdot \text{м}^2\text{)} = K_f \cdot I. \quad (2)$$

Поскольку I – величина безразмерная, а $\text{м}^3/(\text{сутки} \cdot \text{м}^2) = \text{м/сутки}$, то коэффициент фильтрации имеет размерность скорости. Но это как бы очень маленькая скорость, поэтому для разных грунтов его так и приводят, в м/сутки.

Таблица 3 - Коэффициенты фильтрации разных грунтов

Грунты	K_f (м/сутки)	Степень водопроницаемости
Глины, монолитные скальные породы	$<0,5 \cdot 10^{-4}$	Практически водонепроницаемые
Суглинки, тяжелые супеси, нетрещиноватые песчаники	$<0,5 \cdot 10^{-2}$	Весьма слабо водопроницаемые
Супеси, слабо трещиноватые глинистые сланцы, песчаники, известняки	$<0,5$	Слабо водопроницаемые
Пески тонко- и мелкозернистые, трещиноватые скальные породы	<5	Водопроницаемые
Пески среднезернистые, скальные породы повышенной трещиноватости	<50	Хорошо водопроницаемые
Галечники, гравелистые пески, сильно трещиноватые скальные грунты	<500	Сильно водопроницаемые

Что же касается тангенса, то эту величину называют еще гидравлическим градиентом. Как видно из рис. 2, он выражается через отношение $\Delta H/L$:

$$I = \operatorname{tg} \alpha = \Delta H / L. \quad (3)$$

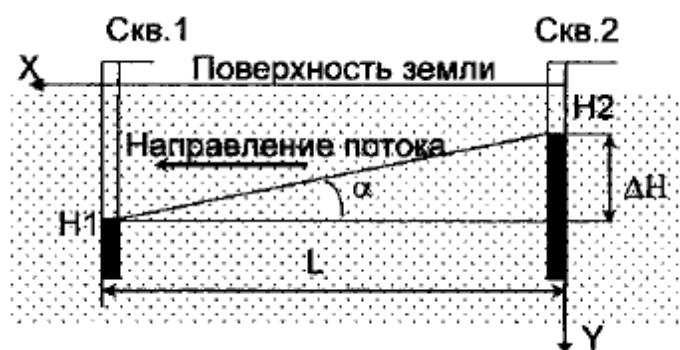


Рис. 2. Иллюстрация закона Дарси для фильтрации между двумя скважинами

Скорость реального движения подземных вод v зависит не только от K_{ϕ} и I , но и от пористости. Ведь плотность потока в обычной воде равна $v \cdot 1 \text{ м}^2$, а в случае фильтрации вместо 1 м^2 здесь надо брать в качестве площади сечения потока меньшую величину, а именно $n \cdot 1 \text{ м}^2$. Поэтому по закону Дарси теперь $v \cdot n = K_{\phi} \cdot I$. Отсюда получим формулу для скорости реального движения:

$$v = K_{\phi} \cdot I / n. \quad (4)$$

Пример. Найдем время распространения примеси, попавшей в подземные воды, если гидравлический градиент $I = 0,1 \text{ м/м}$, $K_{\phi} = 40 \text{ м/сутки}$ и пористость грунта $n = 0,6$.

Пользуясь полученной выше формулой для v , получим

$$v = K_{\phi} \cdot I / n = 40(\text{м/сутки}) \cdot 0,1 / 0,6 = 7 \text{ м/сутки}.$$

Это означает, что за месяц примесь распространится за счет движения под землей грунтовых вод всего на $7 \cdot 30 = 210 \text{ м}$.

На практике значения коэффициента фильтрации грунта K_{ϕ} определяют методом откачки воды из опытной скважины при контроле за уровнем воды в соседних скважинах (рис. 3).

Для построения геологического разреза, приведенного на рис. 3, используются буровые журналы по скважинам, расположенным вдоль разреза. При этом сначала описывается геологическая колонка по каждой скважине (прил. 1), потом строится ее схема с указанием типа горных пород, обнаруженных от при бурении от устья до подошвы скважины. Соответствующие условные обозначения для четвертичных отложений Q_1 , Q_2 , Q_3 , Q_4 приведены в табл. 4. На таких схемах, как и на разрезе, закраской ствола скважины отмечается интервал глубин, где есть подземные воды.

Таблица 4 - Условные обозначения типов четвертичных отложений

Индекс	Горные породы	Индекс	Горные породы
<i>pd</i>	Почвы	<i>d</i>	Делювиальные
<i>e</i>	Элювиальные	<i>dr</i>	Обвальные
<i>a</i>	Аллювиальные	<i>ds</i>	Осыпные
<i>p</i>	Проллювиальные	<i>dp</i>	Оползневые
<i>l</i>	Озерные	<i>v</i>	Эоловые (ветровые)
<i>g</i>	Моренные	<i>t</i>	Техногенные
<i>fg</i>	Флювиогляциальные	<i>m</i>	Морские
<i>lg</i>	Озерно-ледниковые	<i>b</i>	Болотные

ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Под слоем водоупорных глин скважинами вскрыт слой водоносных песков мощностью m (рис. 3, табл. 4). На рис. 3 глина обозначена штриховкой. Расстояния от скважин № 1 и № 2 от опытной скважины равны L_1 и L_2 . Из опытной скважины откачивается вода с заданным дебитом q . При этом в скважинах № 1 и № 2 уровень воды отмечается понижение уровня грунтовых вод на S_1 и S_2 .

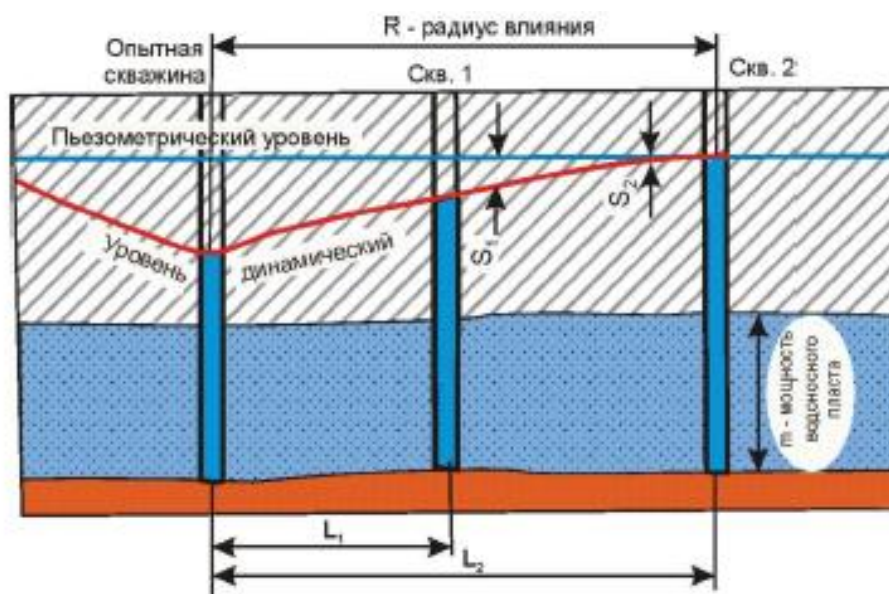


Рис. 3. Схема размещения скважин и уровни воды в них

Таблица 4 - Варианты заданий

Вариант	L_1 , м	L_2 , м	m , м	q , м ³ /сут	S_1 , м	S_2 , м
1	60	130	28,3	612	2,80	1,90
2	5	40	16,4	80	1,63	0,56
3	30	90	18,8	210	2,26	1,04
4	80	170	36,2	723	4,32	2,97
5	130	340	44,6	980	3,80	2,90
6	50	120	22,9	527	3,72	2,14
7	20	60	31,5	128	2,18	0,96
8	5	15	5	86,4	0,80	0,30
9	5	15	5	173	1,80	0,80
10	5	15	5	26	3,00	1,50

Задание 1.

Построить схему расположения скважин с указанием параметров, приведенных в табл. 1.

Задание 2.

Определить коэффициент фильтрации песков, используя формулу Дюпюи:

$$K_{\phi} = \frac{0.366q(\lg L_2 - \lg L_1)}{m(S_1 - S_2)}, \text{ м/сут.}$$

Задание 3.

Найти коэффициент водопроводимости водоносного слоя по формуле

$$T = m \cdot K_{\phi}.$$

Задание 4.

Рассчитать радиус влияния откачки воды из скважины:

$$\lg R = \frac{(S_1 \lg L_2 - S_2 \lg L_1)}{S_1 - S_2};$$

Задание 5.

Построить схему геологической колонки для скважины с номером, соответствующим варианту. Материалы буровых журналов приведены в приложении 1.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Чему равна мощность водоносного слоя на рис. 3?
2. У каких горных пород хорошая водопроницаемость?
3. Каким образом вода оказывается в водоносном горизонте?
4. Почему у глины максимальная капиллярная пористость?
5. За счет чего происходит увеличение объема набухающих горных пород?
6. Что находится в порах горных пород?
7. Что характеризует коэффициент фильтрации?
8. В каком случае появившийся и установившийся уровни воды отличаются?

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Ансберг А., Боровицкий А.П., Бутц Ш.Ф., Самарина В.С. Практикум по общей гидрогеологии. – Л.: ЛГУ, 1965. – 232 с.
2. Гаев А.Я., Фетисов В.В., Алферов И.Н. и др. Гидрогеология. Ч.1: методические указания к практическим занятиям. – Оренбург: ОГУ, 2010. – 75 с.
3. Мурашова Е.Г. Основы гидрогеологии. – Благовещенск: ДальГУ, 2013. – 143 с.
4. Тарасенко И.А. Гидрогеология и гидрохимия. Практикум. – Владивосток: ДВФУ, 2018. – 43 с.
5. Чернышев С.И., Чумаченко А.Н., Ревелис И.Л. Задачи и упражнения по инженерной геологии. – М.: Высшая школа, 2001. – 254 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Описание скважин по вариантам

Номер скважины и абсолютная отметка устья, м	Номер слоя	Геологический возраст	Описание горных пород	Глубина залегания подошвы слоя, м	Глубина залегания уровня воды, м	
					появившегося	установившегося
<u>1</u> 102,3	1	<i>aQ₄</i>	Супесь серая заторфованная	2,0	0,8	0,3
	2	<i>aQ₄</i>	Ил серый с органическими остатками	5,9		
	3	<i>aQ₃</i>	Песок мелкий	10,1		
	4	<i>aQ₃</i>	Песок средний	11,7		
	5	<i>C₁</i>	Известняк трещиноватый	25,0		
<u>2</u> 106,4	1	<i>aQ₄</i>	Супесь серая	6,0	5,0	5,0
	2	<i>aQ₄</i>	Песок мелкий	14,0		
	3	<i>aQ₃</i>	Песок средний	19,0		
	4	<i>C₁</i>	Известняк трещиноватый	34,9		
	5	<i>D₃</i>	Аргиллит серый	58,7		
	6	<i>γPR</i>	Гранит крупнокристаллический трещиноватый	65,0		
<u>3</u> 141,3	1	<i>deQ₄</i>	Супесь серая	2,2	0,8	0,6
	2	<i>C₃</i>	Глина черная плотная	8,8		
	3	<i>C₁</i>	Известняк трещиноватый	69,8		
	4	<i>D₃</i>	Аргиллит серый	89,3		
	5	<i>γPR</i>	Гранит крупнокристаллический выветрелый	92,0		
<u>4</u> 144,1	1	<i>deQ₄</i>	Супесь серая заторфованная	3,1	0,6	0,0
	2	<i>C₃</i>	Глина черная плотная	11,3		
	3	<i>C₁</i>	Известняк трещиноватый	72,8		
	4	<i>D₃</i>	Аргиллит серый	97,9		
	5		Гранит трещиноватый	99,6		
<u>5</u> 144,6	1	<i>γPR</i> <i>eQ₄</i>	Супесь серая заторфованная	3,5	0,4	0,0
	2	<i>C₃</i>	Глина черная плотная	12,1		
	3	<i>C₁</i>	Известняк трещиноватый	73,2		
	4	<i>D₃</i>	Аргиллит серый	94,9		
	5	<i>γPR</i>	Гранит трещиноватый	97,4		
<u>6</u> 116,7	1	<i>aQ₃</i>	Суглинок бурый плотный	4,7		
	2	<i>aQ₃</i>	Супесь желтая	13,9		
	3	<i>aQ₃</i>	Песок средний	20,8		
	4	<i>C₁</i>	Известняк трещиноватый	45,4		
	5	<i>D₃</i>	Аргиллит серый	65,2		
	6	<i>γPR</i>	Гранит трещиноватый	67,0		

$\frac{7}{101,1}$	1	aQ_4	Песок мелкий с глыбами известняка и дресвой	3,8	1,9	1,5
	2	aQ_3	Песок средний	5,3		
	3	fgQ_1	Песок крупный	6,4		
	4	C_1	кварцевый Известняк	29,6		
	5	D_3	трещиноватый	65,2		
	6	γPR	Аргиллит серый Гранит трещиноватый крупнокристаллический	70,0	65,2	16,5 над устьем
$\frac{8}{94,6}$			Слой льда и воды		4,9 над устьем	
	1	aQ_4	Песок мелкий	5,1		
	2	aQ_3	Песок средний	14,6		
	3	fgQ_1	Песок крупный	25,0		
	4	C_1	Известняк	31,1		
	5	D_3	трещиноватый Аргиллит серый	44,6		
	6	γPR	Гранит трещиноватый	48,0	44,6	19,8 над устьем
$\frac{9}{98,2}$			Слой льда и воды		1,9 над устьем	2,2 над устьем
	1	aQ_4	Песок мелкий	8,7		
	2	aQ_4	Песок крупный с гравием	10,7		
	3	aQ_3	Песок средний	17,1		
	4	fgQ_1	Песок крупный	22,3		
	5	C_1	Известняк	27,0		
	6	D_3	трещиноватый Аргиллит серый	38,8		
	7	γPR	Гранит трещиностойкий выветрелый	46,0	38,8	15,1 над устьем
$\frac{10}{96,9}$			Слой льда и воды		2,6 над устьем	
	1	aQ_4	Песок мелкий	12,0		
	2	aQ_3	Песок средний	20,1		
	3	fgQ_1	Песок крупный	33,6		
$\frac{11}{105,0}$	4	D_3	Аргиллит серый	35,0		
	1	aQ_4	Супесь бурая рыхлая	5,8	4,1	4,6
	2	aQ_4	Песок мелкий кварцевый	14,3		
	3	aQ_3	Песок средний	24,6		
	4	fgQ_1	Песок крупный	32,5		

Дегтерев Андрей Харитонович

**ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА
ГОРНЫХ ПОРОД**

Методические указания

В авторской редакции

Изд. № 13/2025. Объем 1 п.л. Усл. печ. л. 0,93. Уч.-изд. л. 0,98.
Издательский центр ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»