	<p>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Башкирский государственный аграрный университет»</p>	<p>Методические указания</p>
---	---	----------------------------------

Б1.О.11 СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ И ИССЛЕДОВАНИЙ СТРОИТЕЛЬНЫХ СВОЙСТВ ГРУНТОВ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к занятиям семинарского типа (практические работы)
и самостоятельной работы обучающегося

Направление подготовки (специальность)
08.04.01 Строительство

Профиль подготовки (направленность программы)
Механика грунтов, геотехника и геоэкология

Квалификация (степень) выпускника
магистр

Уфа 2023

Рекомендовано к изданию методической комиссией факультета природопользования и строительства («23» марта 2023 г. протокол № 7).

Составитель: д-р геол.-минерал. наук, профессор Абдрахманов Р.Ф.

Рецензент: д-р с.-х. наук, профессор кадастра недвижимости и геодезии Миндибаев Р.А.

Ответственный за выпуск: кафедрой природообустройства, строительства и гидравлики, канд. техн. наук, доцент Хасанова Л.М.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Практическая работа № 1 Инженерно-геологические изыскания

Практическая работа № 2. Геологические и инженерно-геологические процессы и явления

Практическая работа № 3 Основы гидрогеологии. Определение скорости и направления движения грунтовых вод

Библиографический список

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1

ТЕМА: ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ

Цель занятия: сформировать у магистрантов знания об инженерно-геологических изысканиях.

Содержание занятия: изучение теоретического материала. Решить задачи по вариантам.

Цель инженерно-геологических исследований - получить необходимые для проектирования объекта инженерно-геологические материалы. В задачи исследований входит изучение геологического строения, геоморфологии, гидрогеологических условий, природных геологических и инженерно-геологических процессов, свойств горных пород и прогноз их изменений при строительстве и эксплуатации различных сооружений.

Основные положения:

Инженерно-геологические исследования под постройку отдельных зданий и сооружений производятся на конкретном участке, где будут размещены здания. Объем проводимых на ней работ зависит от вида (назначения) здания, уровня его ответственности, сложности инженерно-геологических условий площадки строительства.

Установлено три уровня ответственности зданий и сооружений: I-повышенный, II - нормальный, III - пониженный.

Повышенный уровень ответственности следует принимать для зданий и сооружений, отказы которых могут привести к тяжелым экономическим, социальным и экологическим последствиям (резервуары для нефти и нефтепродуктов вместимостью 10000 м³ и более, магистральные трубопроводы, производственные здания с пролетами 100 м и более, сооружения связи высотой 100 м и более, а также уникальные здания и сооружения).

Нормальный уровень ответственности следует принимать для зданий и сооружений массового строительства (жилые, общественные, производственные, сельскохозяйственные здания и сооружения).

Пониженный уровень ответственности следует принимать для сооружений сезонного или вспомогательного назначения (парники, теплицы, летние павильоны, небольшие склады и подобные сооружения).

Категории сложности инженерно-геологических условий приведены в Приложении 3.

Инженерно-геологические работы выполняются в следующем порядке: вначале проводят сбор и анализ материалов ранее проводимых изысканий. В соответствии с этим намечается программа исследования. Далее участок изучают разведочными выработками, которые позволяют установить состав и мощность пород, условия их залегания. Отобранные при этом образцы грунтов и пробы подземных вод направляют на лабораторные исследования. Выполненные исследования обобщают и представляют в виде заключения об инженерно-геологических условиях площадки. К заключению прилагают план расположения выработок, разрезы, таблицы. Это служит основанием для составления проекта застройки отдельного здания. Разведочные выработки выполняются в виде скважин и шурфов.

Диаметр скважин, используемых в практике инженерно-геологических исследований, обычно находится в пределах 100-150 мм. Размер шурфов в плане зависит от их предполагаемой глубины. Чаще всего это 1×1 м, 1×1,5 м, 1,5×1,5 м. Обычно глубина шурфа бывает 2-3 м, максимально до 4-5 м. Количество шурфов по отношению к скважинам составляет 1:10 – 1:20. Скважины и шурфы следует располагать по контурам или осям проектируемого здания, в местах резкого изменения нагрузок на фундаменты, глубины их заложения, на границах различных геоморфологических элементов.

Расстояние между скважинами устанавливается в зависимости от сложности

инженерно-геологических условий и уровня ответственности проектируемого здания по таблице 3.1

Таблица 3.1

Категория сложности инженерно-геологических условий	Расстояние между скважинами для зданий I и II уровней ответственности	
	I	II
I	75-50	100-75
II	40-30	50-40
III	25-20	30-25

Примечание — Большие значения расстояний следует применять для зданий и сооружений малочувствительных к неравномерным осадкам, меньшие — для чувствительных к неравномерным осадкам, с учетом регионального опыта и требований проектирования.

Общее количество горных выработок в пределах контура каждого здания и сооружения II уровня ответственности должно быть, как правило, не менее трех, включая выработки, пройденные ранее, а для зданий и сооружений I уровня ответственности — не менее 4—5 (в зависимости от их вида).

При расположении группы зданий и сооружений II и III уровней ответственности, строительство которых осуществляется по проектам массового (типовым) и повторного применения, а также для технически несложных объектов на участке с простыми и средней сложности инженерно-геологическими условиями, размеры которого не выходят за пределы максимальных расстояний между горными выработками, выработки в пределах контура каждого здания и сооружения могут не предусматриваться, а общее их количество допускается ограничивать пятью выработками, располагаемыми по углам и в центре участка.

На участках отдельно стоящих зданий и сооружений III уровня ответственности (складские помещения, павильоны, подсобные сооружения и т.п.), размещаемых в простых и средней сложности инженерно-геологических условиях, следует проходить 1-2 выработки.

Глубины горных выработок при изысканиях для зданий и сооружений, проектируемых на естественном основании, следует назначать в зависимости от величины сжимаемой толщи с заглублением ниже нее на 1-2 м.

При отсутствии данных о сжимаемой толще грунтов оснований фундаментов глубину горных выработок следует устанавливать в зависимости от типов фундаментов и нагрузок на них (этажности) по таблице 3.2

Таблица 3.2

Здание на ленточных фундаментах		Здание на отдельных опорах	
Нагрузка на фундамент, кН/м (этажность)	Глубина горной выработки от подошвы фундамента, м	Нагрузка на опору, кН	Глубина горной выработки от подошвы фундамента, м
До 100 (1)	4-6	До 500	4-6
200 (2-3)	6-8		5-7
500 (4-6)	9-12	2500	7-9
700 (7-10)	12-15	5000	9-13
1000 (11-16)	15-20	10000	11-15
2000 (более 16)	20-23	15000	12-19
		50000	18-26

Примечания:

1 Меньшие значения глубин горных выработок принимаются при отсутствии подземных вод в сжимаемой толще грунтов основания, а большие — при их наличии.

2 Если в пределах глубин, указанных в таблице, залегают скальные грунты, то горные выработки необходимо проходить на 1-2 м ниже кровли слабовыветрелых грунтов или

подшвы фундамента при его заложении на скальный грунт, но не более приведенных в таблице глубин.

3. На участках расположения слабых пород (водонасыщенные пески, илы и т.д.) скважины должны достигнуть их и на 2-3 м войти в пород, которые могут служить надежным основанием.

Глубину горных выработок при плитном типе фундаментов (ширина фундаментов более 10 м) следует устанавливать по расчету, а при отсутствии необходимых данных глубину выработок следует принимать равной половине ширины фундамента, но не менее 20 м для нескальных грунтов. При этом расстояние между выработками должно быть не более 50 м, а количество выработок под один фундамент — не менее трех.

При нагрузке на куст висячих свай свыше 3000 кН, а также при свайном поле под всем сооружением глубину 50% выработок в нескальных грунтах следует устанавливать ниже проектируемой глубины погружения нижнего конца свай, как правило, не менее чем на 10 м.

Глубину горных выработок при опирании или заглублении свай в скальные грунты следует принимать ниже проектируемой глубины погружения нижнего конца свай не менее чем на 2 м.

Для свай, работающих только на выдергивание, глубину выработок следует принимать на 1 м ниже проектируемой глубины погружения нижнего конца свай.

Из буровых скважин, шурфов, обнажений и других выработок производят отбор образцов для исследований. Пробы отбирают послойно, на всю глубину выработки, но не реже чем через каждые 0,5-1,0 м. Из всех образцов, полученных при инженерно-геологических исследованиях, 5-10% отбирают для последующих лабораторных анализов.

По данным бурения скважин составляются буровые колонки, или, чаще всего, инженерно-геологические разрезы по скважинам. Пример построения геологических разрезов см. в разделе 5 (Геологические карты и разрезы).

Физико-механические характеристики грунтов по результатам испытаний оформляют в виде таблицы 3.3.

Таблица 3.3

Наименование выработки и её номер	Номер пробы	Глубина отбора пробы, м	Плотность, г/см ³	Плотность частиц, г/см ³	Природная влажность, д. ед.	Плотность скелета грунта, г/см ³	Коэффициент пористости	Влажность на границе текучести, %	Влажность на границе раскатывания, %	Число пластичности, %	Показатель текучести	Гранулометрический состав, %			Угол внутреннего трения, град	Удельное сцепление, кПа	Модуль деформации, МПа	Наименование грунта
												Песок, 2-0,05мм	Пыль, 0,05-0,005мм	Глина, <0,005мм				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13			14	15	16	17
скв. 1	1	1,8	1,92	2,71	0,24	1,54	0,74	33	18	15	0,40	28	57	15	25	10	8,6	Суглинок тяжелый, пылеватый, тугопластичный

За последние годы большое распространение получило изучение грунтов в полевых условиях (опытные работы), непосредственно в условиях их естественного залегания. Это сокращает количество разведочных выработок, объем лабораторных работ и в ряде случаев дает возможность определить прочностные, деформативные и другие характеристики грунтов с точностью большей, чем при лабораторных работах. В некоторых случаях, для зданий более 5 этажей, испытания грунтов на площадке опытными нагрузками являются обязательными. Опытные работы используются для изучения:

1. Водопроницаемости галечниковых, трещиноватых и других пород (опытное нагнетание и откачка);
2. Деформативных характеристик песчано-глинистых пород (опытные нагрузки, прессиометрия);
3. Прочностных характеристик и детального расчленения геологических разрезов (опытные сдвиги, зондирование).

Итогом инженерно-геологических исследований, их заключительным звеном является инженерно-геологический отчет.

В состав отчета обычно входит четыре части: общая, специальная, графические приложения и инженерно-геологическая записка.

Общая часть отчета начинается с введения, в котором указываются цели и задачи исследований, состав, объем и характеристика выполненных работ, состав исполнителей и сроки работ. Далее приводится описание гидрографии, климата, дается характеристика рельефу, климатическим особенностям (температура, осадки, промерзание грунтов, направление ветров). В главе «геология района» приводится весь материал по геологическому строению, тектонике, в главе «гидрогеология» описываются подземные воды, условия их питания, состав, агрессивность, фильтрационные свойства пород и др. Далее детально описываются «Природные геологические явления и инженерно-геологические процессы», которые могут повлиять на строительство и эксплуатацию сооружения.

Специальная часть отчетов содержит методику исследований, физико-механические свойства грунтов, инженерно-геологические условия строительства.

В конце отчета дается заключение с основными выводами по всем разделам. К отчету прилагают различный графический материал (карты, разрезы, колонки разведочных выработок).

В практике инженерно-геологических исследований очень часто вместо больших отчетов приходится составлять инженерно-геологические заключения. Выделяются три вида заключений: 1) по условиям строительства объекта 2) о причинах деформаций зданий и сооружений 3) экспертиза

В первом случае заключение носит характер сокращенного заключения и может быть выполнено для строительства отдельного здания. Заключение о причинах деформаций зданий и сооружений могут иметь различное содержание и объем. Заключение должно вскрыть причины деформаций и наметить пути их устранения. Экспертиза силами крупных специалистов устанавливает: правильность приемов исследований, достаточность объемов работ, правомерность выводов и рекомендаций и т.д.

ЗАДАЧИ

1. По результатам бурения одной скважины необходимо построить геолого-литологическую колонку, на которой видно, как залегают слои, их мощность, литологический тип, глубина залегания уровня грунтовых вод, возраст пород. Буровые колонки составляют в масштабе 1:100 – 1:500.

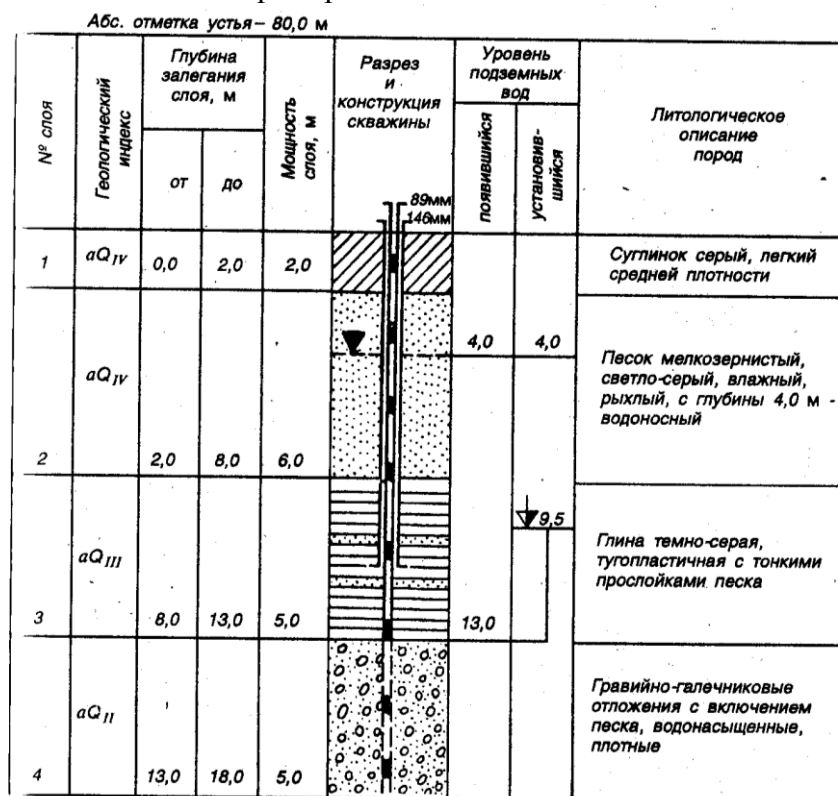
Таблица 3.4

№ варианта (скважины)	абс. отметка устья скважины, м	№ слоя	Возраст горных пород	Описание горных пород	Мощность слоя, м	Глубина залегания уровня воды, м	
						появ.	установ.
1	2	3	4	5	6	7	8
0	80,0	1	aQ _{IV}	Суглинок серый, средней плотности	2,0	4,0	4,0
		2	aQ _{IV}	Песок мелкозернистый, влажный, рыхлый	6,0		
		3	aQ _{III}	Глина тугопластичная, с тонкими прослойками песка	5,0		
		4	aQ _{II}	Гравийно-галечниковые отложения с включением песка, водонасыщенные, плотные	5,0	13,0	9,5
1	79,2	1	LQ ₃₋₄	Лёсс	6,6	29,3	29,3
		2	mN ₂	Песок пылеватый средней плотности	2,2		
		3	mN ₂	Глина тугопластичная	8,5		
		4	mN ₂	Песок пылеватый плотный	2,6		
		5	mN ₂	Глина тугопластичная	3,9		
		6	mN ₂	Песок мелкий плотный	8,0		
2	20,2	1	dQ	Суглинок бурый, полутвердый	2,0	3,5	3,5
		2	N	Глина полутвердая, темно-серая	1,0		
		3	N	Песок мелкий, плотный, желтый	2,0		
		4	K	Глина зеленая, тугопластичная	3,3		
		5	K	песок пылеватый, плотный, серый	0,3		
		6	K	Глина тугопластичная	2,0		
3	51,2	1	dQ ₄	Супесь пластичная макропористая	3,0	4,8	4,8
		2	aQ ₂	Песок мелкий средней плотности	3,0		
		3	mQ ₁	Глина с тонкими песчаными прослоями тугопластичная	6,0		
4	45,3	1	tQ ₄	Глыбы известняка-ракушечника	2,0	9,3	9,3
		2	tQ ₄	Суглинок со щебнем	0,5		
		3	mQ ₁	Песок мелкий плотный	3,6		
		4	N ₂	Известняк-ракушечник	10,0		
5	20,1	1	dQ ₄	Суглинок полутвердый со щебнем	0,2	3,0	3,0
		2	lQ ₂	Песок крупный плотный	1,5		
		3	lQ ₂	Песок пылеватый плотный	3,0		
		4	K	Глина полутвердая зеленая	5,2		
6	150,0	1	aQ ₃	Глина полутвердая	0,5	4,5	4,0
		2	aQ ₃	Суглинок тугопластичный	4,0		
		3	aQ ₃	Песок кварцевый средней крупности средней плотности	3,5		

Продолжение таблицы 3.4

1	2	3	4	5	6	7	8
7	126,2	1	dQ ₄	Суглинок бурый с галькой	1,2	5,5	5,5
		2	lQ ₄	Песчано-гравийные отложения	6,0		
		3	gQ ₃	Суглинок полутвердый красно-бурый с валунами и галькой	4,2		
8	45,4	1	tQ ₄	Супесь со щебнем кирпича и древесными обломками	3,2	9,1	9,1
		2	mQ ₁	Песок мелкий плотный	4,1		
		3	N ₂	Известняк-ракушечник	10,0		
9	60,5	1	dQ ₄	Суглинок со щебнем и глыбами	2,8	19,5	19,5
		2	aQ ₁	Лёсс твердый	4,0		
		3	aQ ₁	Песок мелкий средней плотности	9,5		
		4	aQ ₁	Песок крупный с гравием и галькой средней плотности	7,1		
10	97,5	1	aQ ₄	Суглинок заторфованный текучепластичный	4,0	4,0	1,8
		2	aQ ₄	Торф	4,2		
		3	aQ ₄	Песок крупный, средней плотности	3,8		
		4	C ₁	Алеврит трещиноватый	6,0		

Пример выполнения задачи



2. В шурфе, пройденном в контуре будущего сооружения, выполнялись испытания грунтов статическими нагрузками на штамп площадью 0,5 м². При этом фиксировалась осадка штампа S (мм) и среднее давление p под подошвой штампа (МПа). Постройте график зависимости $S=f(p)$ и по нему определите модуль деформации грунтов E (МПа). Варианты заданий представлены в таблице 3.5.

Таблица 3.5

№ варианта	Наименование грунта	Глубина установки штампа Н, м	Осадка штампа ΔS , мм, при очередной ступени нагружения удельным давлением p , МПа							
			0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40
1	пески	2,3	0,15	0,60	1,20	1,05	1,50	2,45	3,50	3,50
2	пески	2,5	0,20	0,50	0,70	0,60	0,75	1,20	1,70	1,30
3	пески	4,4	0,20	0,60	0,70	0,60	0,75	1,10	1,40	1,90
4	пески	4,9	1,15	1,40	1,50	2,05	2,10	1,80	2,00	3,50
5	пески	5,0	0,65	0,60	1,20	1,30	1,40	2,50	3,80	4,25
6	пески	7,3	0,20	0,55	0,80	0,75	0,75	1,00	1,55	1,40
7	пески	9,7	0,15	0,70	0,60	0,75	1,20	1,70	1,90	3,20
8	суглинки	7,5	0,05	0,15	0,05	0,20	0,35	0,65	0,80	1,00
9	супеси	13,0	0,10	0,50	0,70	0,80	1,15	1,50	1,65	1,70
10	глины	12,0	0,30	0,50	0,35	0,40	0,45	0,70	0,75	0,80

Коэффициент Пуассона μ принимают равным: для песков и супесей $\mu=0,30$; для суглинков $\mu=0,35$; для глин $\mu=0,42$. Плотность всех грунтов $\rho = 2 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$.

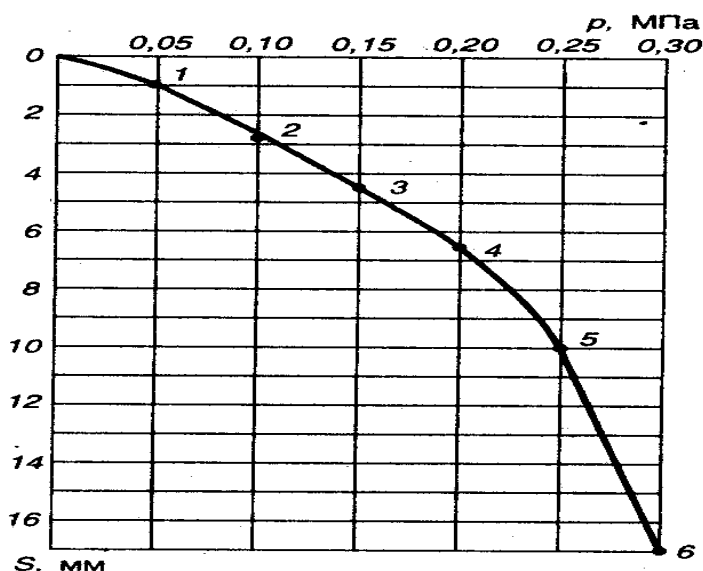
Пример расчета

При испытании суглинков на глубине 2,5 м получены следующие результаты

Таблица 3.6

Удельное давление на штамп p , МПа	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30
Приращение осадки штампа ΔS , мм	0,95	1,70	1,70	1,95	3,75	6,90
Полная осадка штампа S , мм	0,95	2,65	4,35	6,30	10,05	16,95
Удвоенное приращение осадки штампа, $2\Delta S$, мм	1,9	3,4	3,4	3,9	7,5	13,8

Построим график зависимости осадки от удельного давления $S=f(p)$



Далее вычисляем значение модуля деформаций по формуле

$$E = kd(1 - \mu^2) \frac{\Delta p}{\Delta s}, \quad (3.1)$$

где k – безразмерный коэффициент, зависящий от материала штампа и его формы; принимаем для круглых штампов равным 0,8;

d – диаметр штампа;

μ – коэффициент Пуассона;

Δp – приращение среднего давления по подошве штампа;

Δs – приращение осадки штампа при изменении давления на Δp .

Значение Δp определяют графически в пределах условно прямолинейного участка графика. Началом участка является точка на графике, соответствующая природному давлению. За конечные значения p_k и S_k — значения p_i и S_i соответствующие четвертой точке графика на прямолинейном участке.

Если при давлении p_i приращение осадки будет вдвое больше, чем для предыдущей ступени давления p_{i-1} , а при последующей ступени давления p_{i+1} приращение осадки будет равно или больше приращения осадки при p_i , за конечные значения p_k и S_k следует принимать p_{i-1} и S_{i-1} . При этом количество включаемых в осреднение точек должно быть не менее трех. В противном случае при испытании грунта необходимо применять меньшие ступени давления.

Для вычисления Δp на графике находим опытную точку 1, соответствующую полной осадке штампа при природном давлении грунта $p_{пр}$ на глубине установки штампа H .

Точка 1. $p_1 = p_{пр} = \rho \cdot H = 20(\text{кН/м}^3) \cdot 2,5 (\text{м}) = 50 \text{ кПа} = 0,05 \text{ МПа} \Rightarrow s_1 = 0,95 \text{ мм}$.

Затем обозначают на графике следующие точки 2, 3, 4, 5, 6 полученные при последующих ступенях нагружения. Точка 4 соответствует давлению 0,2 МПа (см. таблицу).

Точка 4. $p_4 = 0,2 \text{ МПа} \Rightarrow s_4 = 6,3 \text{ мм}$.

Поскольку приращение осадки штампа при давлении 0,2 МПа не превышает двойного приращения осадки за предыдущую ступень нагружения (0,15 МПа): $\Delta s_4 = 1,95 < 2\Delta s_3 = 3,4 \text{ мм}$, за конечное давление p_k можно принять 0,2 МПа.

Следовательно, $\Delta p = p_4 - p_1 = 0,2 - 0,05 = 0,15 \text{ МПа}$ и $\Delta s = s_4 - s_1 = 6,3 - 0,95 = 5,35 \text{ мм}$. Отсюда модуль деформаций

$$E = 0,8 \cdot 0,8 \left(1 - 0,35^2 \right) \frac{0,15}{5,35} = 15,8 \text{ МПа}.$$

2. На рисунке .1 представлены результаты статического зондирования зондом диаметром 36 мм с регистрацией удельного сопротивления грунта под конусом зонда q и сопротивления грунта по боковой поверхности зонда f .

В пределах заданных литологических слоев по варианту определите среднее значение q_3 и f_3 и произведите оценку следующих показателей грунтов:

для песков – угол внутреннего трения ϕ , модуль деформации E , плотность сложения;

для глинистых грунтов – угол внутреннего трения ϕ , удельное сцепление c , модуль деформации E и показатель текучести I_L .

Таблица 3.7 Варианты заданий

Вариант	№ слоя	Вариант	№ слоя
1	1,2,3	6	1,3,4
2	2,3,4	7	2,4,5
3	3,4,5	8	1,5,6
4	2,5,6	9	1,4,5
5	1,4,6	10	1,5,6

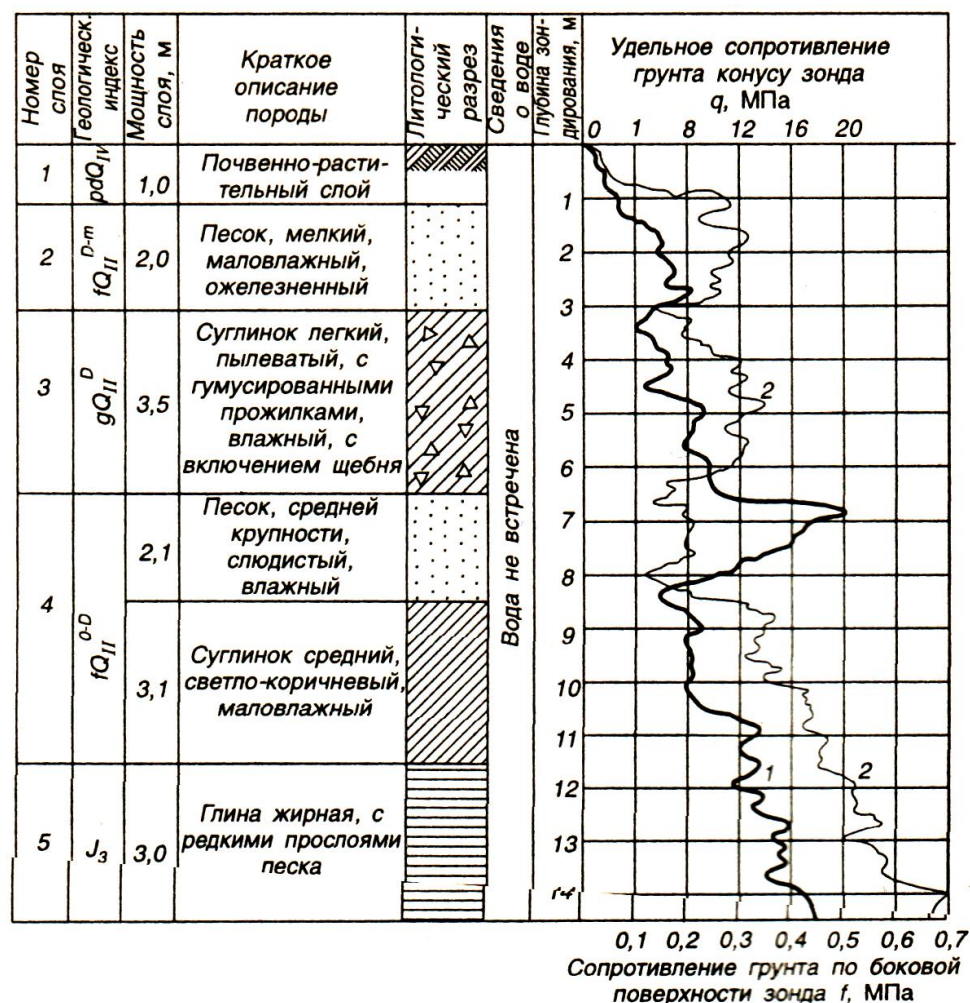


Рисунок 3.1. График статического зондирования грунтов установкой С-979: 1 – q – удельное сопротивление грунта под конусом зонда; 2 – f – сопротивление грунта по муфте трения

При определении физико-механических характеристик грунтов в качестве показателей зондирования следует принимать:

при статическом зондировании – удельное сопротивление грунта под конусом зонда q_3 и удельное сопротивление грунта по муфте трения зонда f_3 . В случае применения зонда I типа сопротивление грунта по боковой поверхности Q_3 пересчитывается для каждого инженерно-геологического элемента на удельное сопротивление грунта трению f_3 , где f_3 – среднее значение сопротивления грунта по боковой поверхности зонда, МПа, определяемое как частное от деления измеренного общего сопротивления по боковой поверхности зонда на площадь его боковой поверхности в точке зондирования;

при динамическом зондировании – условное динамическое сопротивление грунта погружению зонда p .

Пример ответа: Для интервала глубины статического зондирования 2-4 м в аллювиальных песках средней крупности получены осредненные значения $q_3 = 12,0$ МПа и $f_3 = 0,8$ МПа. В соответствии с прил. 8 по значению q определяют показатели, требуемые по заданию. Пески имеют среднюю плотность сложения, $\varphi = 35^\circ$, $E = 30$ МПа.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2

ТЕМА: ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И ЯВЛЕНИЯ

Цель занятия: сформировать у магистрантов представление об геологических и инженерно-геологических процессах и явлениях.

Содержание занятия: изучение теоретического материала; в каждой предлагаемой для решения задаче дано описание пород площадки, прочность и устойчивость которых обучающийся должен оценить с учетом их возраста, генетических, петрографических, литологических особенностей, условий залегания, мощности, обводненности, климатических условий т.д. Правильное решение поставленной задачи может быть связано с грамотным использованием особенностей геологической среды, её динамики и особенно при взаимодействии со строительной системой на всем периоде её эксплуатации; рассмотреть также примеры выполнения задач 1-14.

Основные положения:

Геологические процессы и явления на поверхности земной коры являются результатом геологической деятельности воды, ветра, организмов и т.д. Проявляются они в верхней части земной коры и оказывают определенное влияние на здания и сооружения. Инженерные сооружения, как и техногенная деятельность человека, в свою очередь, воздействуют на земную кору и тоже вызывают геологические процессы, которые называют инженерно-геологическими. Природные геологические и инженерно-геологические процессы по своему происхождению и содержанию сходны и взаимно обусловлены. Главным природным фактором, определяющим развитие инженерно-геологических и геологических процессов, является среда их возникновения, то есть горные породы. Устойчивость любой строительной площадки должна рассматриваться в зависимости от того, какими породами она сложена.

Инженер-строитель при изучении процессов особое внимание должен уделять причинам их возникновения, развитию во времени, мероприятиям по борьбе с ними, а также оценивать и прогнозировать пагубное воздействие на окружающую природную среду.

Движение масс горных пород на склонах рельефа

Горные породы, слагающие склоны, очень часто находятся в неустойчивом положении. При определенных условиях и под влиянием гравитации они начинают смещаться вниз по склонам рельефа. В результате этого возникают обвалы, осыпи, оползни, сплывы, оплывины и т.д.

Осыпи образуются в горных районах, где развиты скальные породы, которые под влиянием процессов выветривания разрушаются и скатываются к основанию склонов. Движение осыпей происходит по мере накопления обломков, при обильном увлажнении и других причин. При малых осыпях прибегают к расчисткам от них дорог, сооружений, при больших применяют улавливающие и подпорные стенки.

Курумы – скопление крупных обломков, глыб, разрушенных скальных пород на пологих склонах и днищах долин (каменные россыпи).

Обвал – отчленение от основного массива на крутом склоне или откосе блоков, глыб, обломков, их быстрое перемещение под действием сил гравитации, сопровождающееся падением, опрокидыванием, скалыванием, раскалыванием.

Для предупреждения обвалов на скальных склонах, при разработке карьеров

строительных материалов, в строительных котлованах, практикуются искусственное обрушение, забивка трещин цементом, подпорные стенки, уположивание склонов и т.д.

Оползень – масса горных пород, сползшая или медленно сползающая вниз по склону, откосу, под действием гравитации на более низкий уровень без потери контакта со склоном.

Наиболее часто оползни возникают в глинистых породах (на глинистых склонах). Причиной возникновения оползней, как правило (чаще всего), бывают чрезмерная перегрузка и обводнение склонов, подрезка их в нижней части и дополнительное давление на породы, слагающие склон. В каждом оползне следует различать элементы оползня (плоскость скольжения, оползневое тело, состояние слагающих оползень пород и т.д.).

Противооползневые мероприятия при всей их сложности должны носить в основном предупредительный характер, их необходимо осуществлять комплексно, т.е. направлять на уничтожение отрицательного действия всех факторов, вызывающих процесс.

Сплывы (оплывины) – выражаются в оплывании земляных масс в откосах выемок, насыпей, сложенных преимущественно суглинками и глинами. Сплывы захватывают лишь самые поверхностные части склонов и откосов (дернину, почву, верхний слой выветрившейся породы).

Геологическая деятельность подземных вод

На строительство пагубное влияние оказывает разрушительная работа подземных вод, что приводит к снижению устойчивости горных пород, залегающих под фундаментами зданий и сооружений. Из разрушительных процессов наибольшее значение имеют суффозия, карст, пьувуны.

Карст – процесс растворения и выщелачивания растворимых горных пород (карбонаты, сульфаты, галоиды) поверхностными и подземными водами и явления вследствие этого возникающие (карстовые пустоты, пещеры, воронки, кары и т.д.).

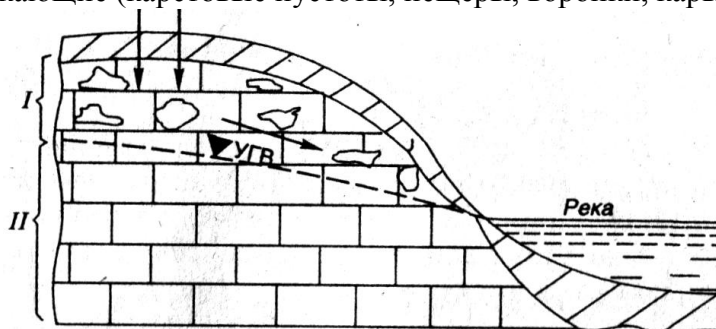


Рисунок 1.1 Зоны карстового массива в известняке: I - зона развития карста, II - зона цементации, УГВ – уровень грунтовых вод.

По условиям залегания пород по отношению к поверхности земли выделяется два типа карста: открытый (поверхностный) и закрытый (глубинный). В зависимости от состава пород выделяются литологические типы карста: карбонатный, сульфатный, соляной.

Возникновение и развитие карстового процесса обусловлено, кроме способности пород к растворению, наличием приточной воды, степени её минерализации, геологическим строением участка застройки, рельефом, трещиноватостью пород и т.д.

Возможность возведения сооружений в карстовом районе регулируется сроком их службы, составом и скоростью выщелачивания пород, степенью их пораженности процессом. При этом необходимо различать карст действующий (активный) и погребенный (пассивный). При изменении гидрогеологических условий пассивный карст может стать активным.

Строительство в карстовых районах осуществляется только после проведения ряда конструктивных инженерных мероприятий, направленных на повышение устойчивости и прочности пород.

Суффозия (подкапывание) – процесс вымывания мелких частиц из горных пород

потоком фильтрующей воды.

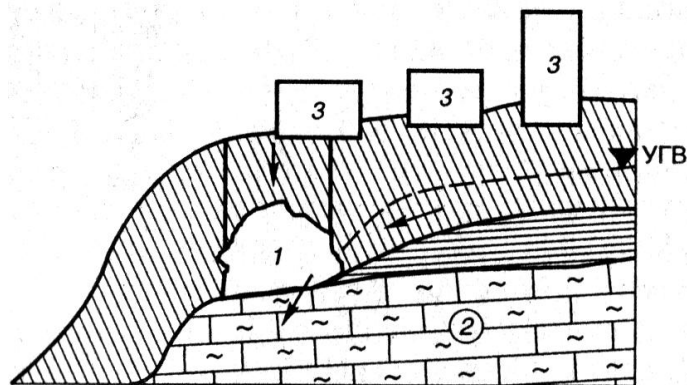


Рисунок 1.2 Суффозионная полость (1) в лессовых породах, залегающих на склоне рельефа, сложенном известняками-ракушечниками (2), 3-здания

Возникновению суффозии благоприятствуют следующие условия:

- а) $D/d > 20$, где D и d – диаметра двух смежных фракций грунта;
- б) Наличие турбулентного движения воды, которые в песках возникает при градиентах напора $I > 5$, при этом критическая величина гидравлического градиента, определяющая возможность возникновения механической суффозии по формуле

$$I_{кр} = (\gamma - 1)(1 - n) + 0,5n,$$

где γ – удельный вес песка, n – его пористость в долях единицы.

- в) Если отношение коэффициента фильтрации двух контактирующих слоев будет равно 2;
- г) Суффозия протекает в недоуплотненных до максимальных значений грунтах;
- д) Возникновение значительных сил гидродинамического давления

$$D = \gamma_w \cdot n \cdot I,$$

где γ_w – плотность воды.

Часто суффозии предшествует или сопутствует процесс выщелачивания или выноса в растворенном виде легко- и среднерастворимых солей, т.е. суффозия тесно связана с карстом. Это позволяет говорить о суффозионно-карстовых процессах и явлениях. Такому процессу подвержены глинистые пески, лессовые и другие породы, которые залегают на склонах речных долин, в откосах строительных котлованов, в подземных выработках (метро, шахты и др.). В результате суффозии в породах появляются пустоты, толщ пород уплотняются, а это приводит к оседанию поверхности земли и деформациям построенных на этих участках зданий и сооружений. При инженерно-геологических исследованиях строительных площадок необходимо выявить способность пород к суффозии. Выбор того или иного приема строительства зависит от геологического строения, геологической обстановки строительной площадки, типа и вида грунтов оснований, характера засоления, конструкции объекта и технических возможностей строительной организации.

Основой всех мероприятий является прекращение различными путями фильтрации воды.

Плывуны – водонасыщенные пески, супеси и другие рыхлые скопления, способные переходить в текучее состояние при движении воды или механических воздействиях (вскрытии выработками, канавами, скважинами, котлованами и др.). Переход пород в плывунное состояние обусловлен отсутствием в них структурных связей или таким их ослаблением, что они не способны противостоять напряжениям, вызывающим их движение. Основной причиной плывунных свойств является гидродинамическое давление поровой воды, которая создается в результате давления при вскрытии котлована. Давление воды обуславливает движение частиц песка в сторону разгрузки, т.е. котлована, частицы песка временно переходят во взвешенное состояние.

Плывунные пески сильно осложняют строительство – затапливают котлованы, приводят к провалам поверхности земли, нетерпимы к вибрационным и динамическим воздействиям. При изысканиях определяют наличие плывунных песков, их типы, геологическое залегание. При строительстве на плывунных грунтах отказываются от устройства котлованов, применяют свайный вариант фундаментов, подошву фундамента не доводят до слоя плывунных пород. В выборе метода борьбы важнейшее значение имеет вид плывуна.

Просадочные процессы

Просадочность – явление, характерное в основном для лессовых пород, связанное с воздействием воды на структуру грунта с последующим её разрушением и уплотнением даже под весом самого грунта или же при суммарном давлении собственного веса и веса сооружения.

Интенсивность уплотнения зависит от характера структурных связей, их прочности, состава, содержащихся солей, влажности, пористости пород, величины нагрузки (в том числе и собственного веса на уплотняющуюся толщу). В зависимости от этих действия факторов процесс уплотнения может происходить быстро или затягиваться на продолжительное время. Этим объясняется, что просадки в отдельных случаях начинаются значительно позже увлажнения породы.

В зависимости от величины просадки в условиях действия собственного веса грунта при замачивании просадочные грунты подразделяют на 2 типа: I тип – просадка от собственного веса грунта отсутствует или не превышает 5см, II тип – просадка от собственного веса превышает 5см. Просадочные свойства чаще всего проявляются в верхней части лессовых пород. Поэтому для строительной оценки важную роль играет величина просадки, т.е. величина опускания поверхности земли.

Современные способы строительства на лессовых породах позволяют успешно противодействовать возникновению просадочных явлений, особенно в породах I типа. Наибольший эффект борьбы с просадочностью достигается при комбинировании 2-3 различных мероприятий.

Выбор мероприятий производят на основе технико-экономического анализа, в число факторов которых входят:

- тип просадочности;
- мощность просадочных толщ и величина относительной просадки;
- конструктивные особенности зданий и сооружений.

Все методы подразделяют на три группы: 1) водозащитные; 2) конструктивные; 3) устраняющие просадочные свойства пород.

ЗАДАЧИ

В каждой предлагаемой для решения задаче дано описание пород площадки, прочность и устойчивость которых студенты должны оценить с учетом их возраста, генетических, петрографических, литологических особенностей, условий залегания, мощности, обводненности, климатических условий т.д. Правильное решение поставленной задачи может быть связано с грамотным использованием особенностей геологической среды, её динамики и особенно при взаимодействии со строительной системой на всем периоде её эксплуатации.

1. В процессе строительства подземного перехода на соседней территории был понижен уровень грунтовых вод (УГВ), что привело к образованию провала на площадке застройки. С целью выяснения причин провала были пробурены три скважины на расстоянии 25 м друг от друга. Описание буровых скважин даны ниже. Площадка горизонтальная, ровная, абсолютная отметка 106,5 м. Постройте геологический разрез, опишите все породы, объясните причину обрушения, дайте рекомендации по её устранению,

оцените возможность дальнейшего строительства.

Таблица 1.1 - Описание скважин

№ скв.	№ слоя	Возраст породы	Наименование породы	Мощность слоя, м	Глубина залегания УГВ, м	
					статического	динамического
1	2	3	4	5	6	7
1	1	aQ ₂	Песок мелкозернистый средней плотности.	3,0	2,0	2,5
	2	C ₃	Глина черная плотная	2,0		
	3	C ₂	Известняк трещиноватый закарстованный	15,0	2,0	10,0
2	1	aQ ₂	Песок мелкозернистый	6	1,8	
		C ₂	Известняк трещиноватый закарстованный	12	1,8	9,5
3	1	aQ ₂	Песок мелкозернистый	3,0	1,7	2,3
	2	C ₃	Глина черная плотная	2,0		
	3	C ₂	Известняк закарстованный	12,0	1,7	10,5

2. Здание длиной 50 м с фундаментами ленточного типа построено на элювиальных грунтах, пройденных скважинами 1,2 и 3, расположенными по оси здания на расстоянии 25 м одна от другой. Во время строительства произошла неравномерная осадка здания, вызвавшая опасные деформации, для выяснения причин которых пробурена в 10 м от скважины 3 дополнительная четвертая скважина. Постройте геологический разрез по данным бурения и определите причину неравномерной осадки. Установите ошибки, которые допущены при инженерно-геологических изысканиях и проектировании здания.

Таблица 1.2 - Описание буровых скважин

№ скважин, абс. отм. устья, м	Геологический возраст	Мощность слоя, м	Описание горных пород	Глубина залегания уровня воды, м	
				появившегося	установившегося
1	2	3	4	5	6
<u>1</u> 550	IQ ₄	3,0	Суглинок со щебнем диабаз		
	T	3,0	Диабаз сильно выветрелый трещиноватый	4,0	4,0
<u>2</u> 550	IQ ₄	3,5	Суглинок со щебнем и с валунами диабаз		
	T	1,5	Диабаз сильно выветрелый трещиноватый	4,1	4,1
<u>3</u> 550	IQ ₄	3,5	Суглинок со щебнем и с валунами диабаз		
	T	0,3	Диабаз сильно выветрелый		
<u>4</u> 550	deQ ₄	10,0	Суглинок со щебнем диабаз		
	T	5,0	Диабаз		

3.

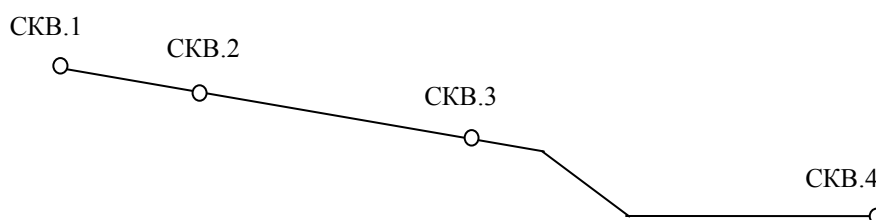


Рисунок 1.3 Топографический профиль площадки

На рисунке проведен топографический профиль площадки, отведенной под строительство промышленного здания с очистными сооружениями. Используя данные бурения скважин, топографический профиль, постройте геологический разрез. С учетом геологических условий площадки и охраны геологической среды разместите здание размером 50х50 м. По карте сейсмического районирования сейсмичность территории оценивается в 8 баллов. Есть ли в пределах разреза участки с интенсивностью 9 баллов? Дайте характеристику горным породам разреза и назовите процессы, сформировавшие в четвертичный и дочетвертичный периоды геологическую и геоморфологическую обстановки.

Таблица 1.3- Описание скважин

№ скважин, абс. отм. устья, м	Геологический возраст	Мощность слоя, м	Описание горных пород	Глубина залегания уровня воды, м	
				появившегося	установившегося
1	2	3	4	5	6
1 120,0	dQ N ₂	1,5 15,0	Суглинок со щебнем Глина плотная	1,0	1,0
2 119,0	dQ N ₁	3,1 15,0	Суглинок со щебнем Глина плотная	0,5	0,5
3 117,0	N ₁ N ₁	15,4 2,6	Известняк Песчаник	11,3	11,3
4 110,0	aQ ₃ N ₁	15,7 2,0	Песчано-гравийные отложения, хорошо водопроницаемые Песчаник	3,3	3,3

4. Для выяснения причин образования трещин в здании лечебного корпуса длиной 180 м пробурены три скважины вдоль стены, описание которых даны ниже в таблице. В этой же таблице приведены глубины залегания уровней грунтовых вод (УГВ), статический и динамический вдоль стены корпуса, опишите процесс, который привел к деформации корпуса, определите гидравлический уклон потока.

Таблица 1.4 Описание скважин

№ скв., абс. отм. устья, м	№ слоя	Геоло- гический возраст	Описание горных пород	Мощность слоя, м	Глубина залегания УГВ, м	
					статического	динамического
1	2	3	4	5	6	7
$\frac{1}{125,2}$	1	dQ ₄	Суглинок плотный коричневый	1,5	3,0	9,5
	2	fgQ ₂	Песок мелкий	5,0		
	3	C ₁	Известняк серый трещиноватый	3,0		
$\frac{2}{123,1}$	1	dQ ₄	Суглинок плотный коричневый	2,5	1,0	8,0
	2	fgQ ₂	Песок мелкий	3,6		
	3	P ₂ ^{kaz}	Известняк трещиноватый	3,0 5,0		
	4	P ₂ ^{kaz}	Пустое пространство, вода Известняк серый	0,5		
$\frac{3}{124,2}$	1	dQ ₄	Суглинок плотный коричневый	0,5	3,0	11,0
	2	fgQ ₂	Песок мелкий	0,8		
	3	P ₂ ^{kaz}	Известняк трещиноватый	10,0 0,3		
	4	P ₂ ^{kaz}	Пустое пространство, вода Известняк серый	2,0		

5. В районе строительства станции метрополитена был понижен уровень грунтовых вод (УГВ), что привело к образованию провала на горизонтальной площадке, подлежащей застройке. Для установления причины провала были пробурены три скважины на расстоянии 30 м одна от другой. Описание скважин даны ниже. Абсолютная отметка площадки 130,5 м. Постройте геологический разрез, нанесите статический и динамический уровни грунтовых вод. Какова причина активного процесса, можно ли её устранить и застроить участок?

Таблица 1.5 - Описание скважин

№ скв.	№ слоя	Возраст породы	Наименование породы	Мощность слоя, м	Глубина залегания УГВ, м	
					статического	динамического
1	2	3	4	5	6	7
1	1	dQ	Песок мелкий	5,0	2,5	4,0
	2	I ₂	Глина плотная	3,5		
	3	C ₃	Известняк сильно трещиноватый закарстованный	10,0		
2	1	dQ	Песок мелкий	11,0	2,6	14,6
		C ₃	Известняк трещиноватый закарстованный	5,0		
3	1	dQ	Песок мелкий	7,0	2,7	4,0
	2	I ₂	Глина плотная	8,0		
	3	C ₃	Известняк закарстованный	3,0		

6. На территории города пробурены 2 скважины на расстоянии 25 м. Между ними на глубине 5 м заложен строительный котлован, на дне которого под экскаватором образовались воронки на площади 3...4 м² глубиной от 0,5 до 1,4 м. Постройте разрез. Масштаб: вертикальный 1:200, горизонтальной 1:500. Дайте инженерно-геологическую характеристику всем породам на разрезе. Объясните возможные причины образования провалов. Определите виды исследований для дальнейшего продолжения строительных работ.

Таблица 1.6 - Описание буровых скважин

№ скважин, абс. отм. устья, м	Геологический возраст	Мощность слоя, м	Описание горных пород	Глубина залегания уровня воды, м	
				появившегося	установившегося
1	2	3	4	5	6
<u>1</u> 45,4	tQ ₄	3,2	Супесь со щебнем кирпича и древесными обломками		
	mQ ₁	4,1	Песок мелкий		
	N ₂	10,0	Известняк - ракушечник	9,1	9,1
<u>2</u> 45,3	tQ ₄	2,0	Глыбы известняка - ракушечника		
	tQ ₄	0,5	Суглинок со щебнем		
	mQ ₁	3,6	Песок мелкий		
	N ₂	10,0	Известняк - ракушечник	9,3	9,3

7. Под проектируемое на площадке здание были пройдены две скважины 1 и 2 на расстоянии 50 м. Здание шириной 20 м с подвалом запроектировано посередине между скважинами. После проходки котлована глубиной 4 м последней был затоплен подземными водами. Постройте разрез по данным бурения, оцените инженерно – геологическую характеристику всех пробуренных пород, установите очевидные причины затопления котлована.

Таблица 1.7 - Описание буровых скважин

№ скважин, абс. отм. устья, м	Геологический возраст	Мощность слоя, м	Описание горных пород	Глубина залегания уровня воды, м	
				появившегося	установившегося
1	2	3	4	5	6
<u>1</u> 203,6	gQ	3,2	Суглинок плотный с валунами		
	eQ ₁	1,1	Щебень песчаника		
	D	3,0	Песчаник трещиноватый	3,2	2,5
<u>2</u> 203,4	gQ	8,5	Суглинок плотный с валунами		
	eQ	1,5	Щебень песчаника		
	D	2,0	Песчаник трещиноватый	8,5	2,6

8.

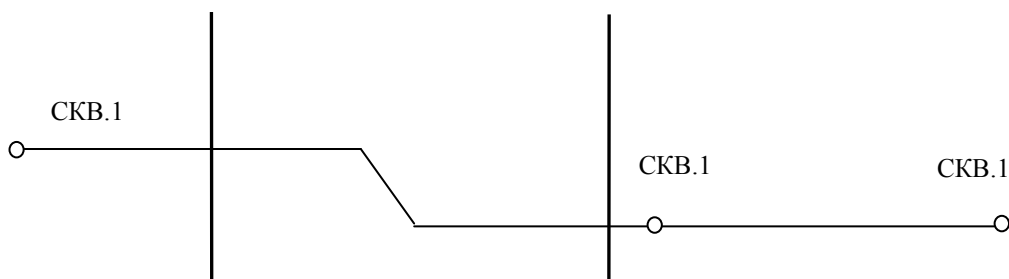


Рисунок 1.4 Данные бурения скважин 1,2,3

Постройте геологический разрез по данным бурения скважин 1,2,3. Между скважинами 1 и 3 расположено старое здание. Когда на месте скважины 3 был пройден строительный котлован до глубины 6 м, по старому зданию прошла трещина. Установите причины деформации старого здания, ошибку при его размещении и нарушение условий охраны геологической среды при устройстве котлована.

Таблица 1.8 - Описание буровых скважин

№ скважины, абс. отм. устья, м	Геологи- ческий возраст	Мощность слоя, м	Наименование горной породы	Глубина залегания УГВ, м
1	2	3	4	5
1 142	gQ ₂ fQ ₂ I	8,0 1,5 2,0	Суглинок с валунами и галькой Песок крупной Глина	Встречен на глубине 8,0 м. Установился на глубине 1,5 м
2 140	aQ ₃ I	11,0 2,0	Песок средней крупности и крупной Глина	2,5
3 140	aQ ₃ I	10,0 2,0	Песок средней крупности Глина	2,5

9. В результате деформации трубопровода, находящегося на расстоянии 500 м от реки, произошла утечка в грунт ядовитых веществ. В месте аварии была пробурена скважина 1, а на берегу реки по направлению потока грунтовых вод – скважина 2. Описание скважин приводится в таблице. По материалам бурения постройте геологический разрез и определите, через какой промежуток времени загрязненные грунтовые воды достигнут реки, если коэффициент фильтрации песков средней крупности равен 10 м/сутки, пористость – 40 %.

Таблица 1.9 - Описание буровых скважин

№ скважины, абс. отм. устья, м	Геологи- ческий возраст	Мощность слоя, м	Наименование горной породы	Глубина залегания УГВ, м
1	2	3	4	5
1 150,4	aQ ₃ gQ ₂	10,1 5,3	Песок средней крупности, n=40%; K _ф =10 м/сут. Суглинок	5,2
2 146,2	aQ ₃ gQ ₂	6,2 2,8	Песок средней крупности Суглинок	1,1

10. При строительстве тоннеля на соседней территории был понижен уровень грунтовых вод (УГВ), что привело на горизонтальной строительной площадке, имеющей абсолютную отметку 103,2 м к многочисленным провалам. Для оценки причин обрушения пробурены скважины на расстоянии 25 м друг от друга. Данные бурения приведены в табл. Постройте геологический разрез, оцените геологическую обстановку, опишите грунты с привлечением Госта. Дайте рекомендации по устранению причины провалов и застройке площадки.

Таблица 1.10 - Описание буровых скважин

№ скв.	№ слоя	Возраст породы	Наименование породы	Мощность слоя, м	Глубина залегания УГВ, м	
					статического	динамического
1	2	3	4	5	6	7
1	1 2	fgQ ₁ C ₃	Песок среднезернистый Глина серая плотная	1,5 2,5	0,7	1,2

	3	C ₁	Известняк серый трещиноватый закарстованный	8,0	0,7	8,0
2	1 2	fgQ C ₁	Песок среднезернистый Известняк серый трещиноватый закарстованный	3,0 9,0	0,8 0,8	7,8
3	1 2 3	fgQ ₁ C ₃ C ₁	Песок среднезернистый Глина серая плотная Известняк серый закарстованный	2,0 1,0 7,0	0,9 0,9	1,5 8,0

11. В сводах памятника архитектуры XVII в., выстроенного на первой надпойменной террасе р. Казанки, образовались трещины в период строительства, а затем эксплуатации автостреды и моста через реку. Для установления причин трещинообразования были пробурены 2 скважины: 1 около памятника и 2 на стыке опоры моста и дороги в 20 метрах от памятника. Постройте геологический разрез по этим скважинам, описание которых дается ниже, дайте подробную характеристику всем вскрытым скважинами породам, объясните какие геологические и инженерно-геологические процессы могли привести к деформации памятника, если известно, что опоры моста устроены на свайных фундаментах из забивных свай. Дайте рекомендации по устранению дальнейшего разрушения памятника.

Таблица 1.11 - Описание буровых скважин

№ скважины, абс. отм. устья, м	Геологический возраст	Мощность слоя, м	Наименование горной породы	Глубина залегания УГВ, м
1	2	3	4	5
1 130,7	aQ ₃ aQ ₃ aQ ₃	2,2 10,6 3,0	Супесь пылеватая Песок пылеватый с тонкими слоями супеси Песок мелкозернистый	11,2
2 130,2	aQ ₃ aQ ₃	3,4 15,0	Супесь иловатая Песок пылеватый	11,6

12. По данным бурения трех скважин, расположенных на одной прямой на расстоянии 160 м друг от друга, постройте геологический разрез. Масштабы: горизонтальный 1:2000, вертикальный 1:500. Опишите свойства пород, вскрытых геологическими скважинами, укажите их возраст и условия образования. Спроектируйте в районе скважин 1 и 2 канал, заложите его перпендикулярно линии разреза. Абсолютная отметка дна канала 503,3 м. В каком месте поперечного разреза канала нужна наиболее надежная гидроизоляция?

Таблица 1.12 - Описание буровых скважин

№ скважины, абс. отм. устья, м	Геологический возраст	Мощность слоя, м	Описание горных пород	Глубина залегания уровня воды, м	
				появив-ся	установ-ся
1	2	3	4	5	6
1 499,6	dQ ₃₋₄ mN ₂	15,2 5,1	Лёсс Песок мелкозернистый	19,6	19,6
2 510,3	dQ ₃₋₄ mN ₂ mN ₂	6,6 1,2 8,5	Лёсс Песок пылеватый Глина буровато-коричневая		

	mN ₂	2,6	Песок пылеватый		
	mN ₂	3,9	Глина серая плотная		
	mN ₂	3,0	Песок пылеватый		
3	dQ ₃₋₄	1,6	Лёсс		
511,6	mN ₂	5,2	Глина буровато-коричневая		
	mN ₂	2,3	Песок пылеватый		
	mN ₂	8,5	Глина серая плотная		
	mN ₂	2,6	Песок пылеватый		
	mN ₂	3,9	Глина		
	mN ₂	2,0	Песок мелкозернистый		

Рассмотрите вариант закладки канала в районе скважины 3, с учетом того, что площадь между скважинами 1 и 2 застроена. Сравните оба варианта.

13. На равнинной реке шириной 50 м был устроен мостовой переход. Для упрощения производства работ мост был выстроен на пойме. Под ним выполнена выемка для пропуска воды (рисунок). После пуска воды искусственное русло стало искривляться, устои моста и насыпь были подмыты. Мост пришел в аварийное состояние. В чем причина активной эрозии, если в канале вскрыты те же отложения, что лежат в берегах и на дне реки? Какие меры по охране основания моста и окружающей территории следовало принять до пуска воды?

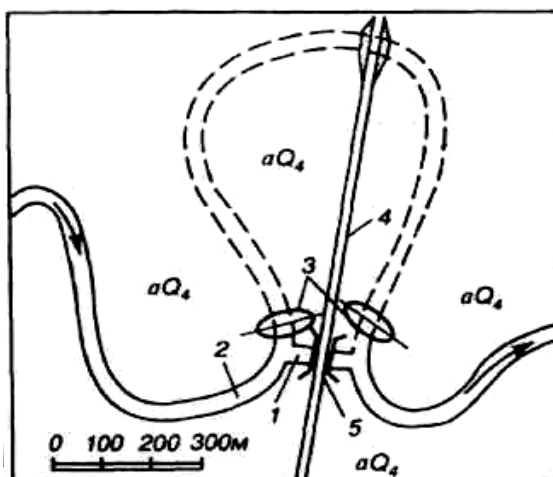


Рисунок 1.5 Схема мостового перехода через реку: 1-канал, 2-река, 3-дамба, 4-дорога, 5-мост

14. Объясните, какие геологические процессы обусловили образование указанных ниже четвертичных отложений. Какими литологическими разностями пород они представлены? Какие индексы соответствуют им на геологических картах и разрезах.

Таблица 1.13 - Описание буровых скважин

Вариант	Наименование отложений	Вариант	Наименование отложений
1	элювиальные	7	пирокластические
2	эоловые	8	делювиальные
3	ледниковые	9	аллювиальные
4	пролювиальные	10	озерные
5	морские	11	болотные
6	флювиогляциальные	12	коллювиальные

ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАЧ 1-13

Для выяснения причин образования трещин в здании школы длиной 180 м. пробурены три скважины вдоль стены, описание которых даны ниже в таблице. В этой же таблице приведены глубины залегания уровней грунтовых вод (УГВ); статический и динамический вдоль стены здания, опишите процесс, который привел к деформации зданий.

Таблица 1.14 - Описание буровых скважин

№ скважин, абс. отм. устья, м	№ слоя	Геологический возраст	Описание горных пород	Мощность слоя, м	Глубина заложения УГВ, м	
					статистического	динамического
1	2	2	4	3	5	6
<u>1</u> 125,4	1	aQ ₂	Суглинок бурый	1,5	3,1	9,6
	2	aQ ₂	Песок мелкий серый	0,4		
	3	C ₁	Известняк серый трещиноватый	11,2		
<u>2</u> 123,5	1	aQ ₂	Суглинок бурый	1,4	1,1	8,2
	2	aQ ₂	Песок мелкий серый	3,0		
	3	C ₁	Известняк трещиноватый	2,5		
			Пустое пространство, вода	0,8		
			Известняк серый	6,0		
<u>3</u> 124,0	1	aQ ₂	Суглинок бурый	31,8	3,2	11,2
	2	aQ ₂	Песок мелкий серый	0,6		
	3	C ₁	Известняк трещиноватый	2,0		
			Пустое пространство, вода	0,4		
			Известняк серый	6,0		

Геологическое строение участка

Участок неоднородный: два выдержанных по мощности слоя и линза песка.

Известняк трещиноватый (C₁) низкой прочности (R_c=3-1 МПа). Известняки в зависимости от структуры, текстуры и примесей обладают существенно разными физико-механическими свойствами. Наиболее прочными являются массивные мелкозернистые перекристаллизованные окварцовые известняки (R_c=100-200 МПа). Прочность массивов, сложенных карбонатными породами, в основном определяется их трещиноватостью различного происхождения. Кроме тектонических трещин по долинам рек часто прослеживаются трещины оседания. Блоки массивов разбиты на отдельные глыбы густой сетью трещин выветривания. Характер и интенсивность выветривания известняков во многом зависят от их структурных и текстурных особенностей. Наиболее стойкими к выветриванию являются массивные мелкозернистые окремненные или окварцованные известняки, особенно же легко выветриваются плитчатые и рассланцовые разности. Аналогичная зависимость прослеживается и в процессе карстования известняков. При небольших нагрузках известняки практически не сжимаются, но под действием очень больших нагрузок в течении длительного времени они могут проявлять реологические свойства.

Песок серый аллювиальный мелкий (aQ₂)

Аллювиальным песчаным отложениям свойственна неоднородность гранулометрического состава, обработанная круглая форма частиц, рыхлое сложение и т.п. В разрезе аллювиальных песков иногда прослеживается вполне определенная сортировка материала. Наличие сортировки напрямую связано с условиями формирования

аллювиальных отложений. Вниз по склону и вверх по разрезу происходит постепенное увеличение дисперсности песка. С точки зрения инженерно-геологической оценки пригодности аллювиальных песков в качестве оснований сооружений следует иметь в виду, что при их небольшой мощности и спорядическом размещении, а так же всегда рыхлом сложении, при выборе площадки строительства следует проводить тщательные инженерные изыскания непосредственно на изучаемом участке.

Суглинок бурый аллювиальный(aQ₂)

Суглинки плохо дренируемых участков обычно имеют серо-сизый цвет, вследствие их оглиения и обогащения органическими веществами; на дренированных прирусловых участках цвет пород коричневато-бурый. Молодые пойменные суглинки обычно очень рыхлые, влажные и слабосвязные. Высыхание их сопровождается структурными изменениями, выражающиеся в появлении мельчайших трещинок, которые разбивают породу на отдельности направленной формы.

По стенкам этих трещинок часто отлагаются оксиды железа бурового цвета, которые дополнительно увеличивают неоднородность строения отложений. Очень часто в разрезах глинистого аллювия наблюдается своеобразные темноцветные горизонты, обогащенные органическими веществами. Наличие таких горизонтов в толще аллювия ухудшают его свойства вследствие повышенного содержания органического материала, который повышает гидрофильность, влажность, набухаемость, сжимаемость и снижает сопротивление сдвигу аллювиальных суглинков.

Гидрогеология участка

На данном участке присутствует грунтовая вода с глубиной залегания до откачки 1-3 м. Мощность водоносного слоя $m=0,4-2,8$ м, грунтовые воды безнапорны, но в районе 2-й скважины мы имеем местный напор в линзе песка, в результате которого образуется два грунтовых потока, с градиентами уклонов: $I_1=0,04$ и $I_2=0,08$.

Питание грунтовой воды происходит за счет атмосферных осадков, так как поблизости нет водоемов и рек, а суглинок имеет среднюю водопроницаемость. Вследствие откачки воды УГВ понизился на 6-8 м и вода приобрела характер карстовой, циркулирующей по порам и трещинам известняка. Такая вода отличается интенсивным движением, непостоянством химического состава, резким изменением водообильности и т.д.

Геологические процессы и явления

На данном участке происходит карстово-суффозионный процесс. При фильтрации подземная вода совершает разрушительную работу. Из пород вымываются составляющие их мелкие частицы, это сопровождается оседанием поверхности земли, образованием провалов, воронок.

В данном примере до откачки механическая суффозия происходит активно вблизи поверхности земли. Она возникает на контакте двух слоев: суглинка и песка, за счет разности коэффициентов фильтрации этих пород. После откачки резко изменились гидродинамические условия.

Активность карстового процесса усилилась за счет резкого снижения базиса коррозии, увеличение трещиноватости известняка, наличия в нем пустот и каверн. Активизировалась также глубинная суффозия.

Выводы и рекомендации

- определяется категория сложности инженерно-геологических условий строительства;
- делаются выводы о пригодности участка для строительства зданий и сооружений;

- предлагаются рекомендуемые виды защитных мероприятий от негативного антропогенного воздействия.

Категория сложности стройплощадки в зависимости от природных условий.

1. Геоморфологические – участок расположен в пределах одного геоморфологического элемента, поверхность наклонная – впадина до 3 м.

Средняя категория сложности (II)

2. Геологические – три различных по литологии слоя, залегающих наклонно. Мощность одного из них не выдержана по простиранию. Скальный грунт – известняк трещиноватый имеет неровную поверхность перекрыт маломощными слоями наскальных грунтов.

Средняя категория сложности (II)

3. Гидрогеологические – горизонт подземных вод с неоднородным химическим составом, обладающий напором

Средняя категория сложности (II)

4. Физико-геологические процессы и явления, отрицательно влияющие на условия строительства и эксплуатацию здания имеют распространение, особенно после откачки воды.

Сложная категория (III)

Общий вывод – по наиболее сложному фактору – геодинамическому – площадку можно оценить как сложную (III категория)

Для дальнейшего предотвращения разрушения стены здания следует:

- защитить основание от проникновения атмосферных и технических вод планировкой территории, устройством системы ливнеотводов и т.п.

- прекратить доступ воды в карстующиеся известняки, что может быть достигнуто нагнетанием в пустоты и трещины глинистого раствора, битума, жидкого стекла и т.д.

ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАЧ 14

К элювиальным отложениям относятся продукты выветривания остающихся на месте их образования. Выветривание – это процесс разрушения горных пород в результате действия физических, химических, биологических факторов. В процессе выветривания меняются прочность, структура, вещественный состав породы. Интенсивность выветривания зависит от геоморфологического, геологического строения района, климата, состава грунтов и т.д. Наиболее благоприятные условия складываются на водоразделах, пологих склонах, т.е. там, где продукты выветривания остаются на месте образования. Сверху вниз по разрезу выделяют зону сильного дробления пород (глинисто-щебенисто-песчаную), зону трещиноватую, зону коренных пород с отдельными трещинами. Элювий способен легко сползать. Выемки, заложенные в нем, страдают от оползания откосов. Как основание сооружений элювий недостаточно прочен в силу его значительной трещиноватости и пористости. Если с экономической точки зрения это выгодно, то элювий лучше удалить, а сооружение возводить на невыветрелой породе. Почва – это частный случай элювия.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3

ТЕМА: ОСНОВЫ ГИДРОГЕОЛОГИИ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ И НАПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ ГРУНТОВЫХ ВОД

Цель занятия: сформировать у магистрантов знания об основах гидрогеологии, определять скорости и направления движения грунтовых вод.

Содержание занятия: изучение теоретического материала; решение задач о движении подземных вод, выбор метода гидрогеологического расчета и расчетной схемы производят на основе схематизации (упрощения) природных гидрогеологических условий. При этом учитывают основные особенности фильтрационного потока подземных вод (характер движения, гидравлические характеристики, фильтрационные свойства пород, границы водоносных горизонтов и т.д.). Решить задачи по вариантам.

Основные положения:

Типичным примером плоского потока может служить движение подземных вод к траншеям, штольням и другим горизонтальным выработкам. Расход безнапорного потока в однородных пластах при горизонтальном водоупоре

$$Q = K_{\phi} \cdot F \cdot I = k \cdot b \cdot h_{cp} \cdot I_{cp}, \quad (2.1)$$

где K_{ϕ} – коэффициент фильтрации; b – ширина потока, м; h_{cp} – средняя мощность потока, м; I_{cp} – средний напорный градиент потока.

Принимая $h_{cp} = (h_1 + h_2)/2$ и $I_{cp} = (h_1 - h_2)/L$, расход грунтового потока можно выразить формулой

$$Q = [K_{\phi} b (h_1 + h_2) / 2] [(h_1 - h_2) / L] = \frac{K_{\phi} b (h_1^2 - h_2^2)}{2L}, \quad (2.2)$$

где h_1 и h_2 – мощность водоносного пласта соответственно в скважинах 1 и 2; L – расстояние между скважинами.

Единичный расход потока при наклонном водоупоре определяют по формуле

$$q = K_{\phi} (H_1 - H_2) (h_1 + h_2) \cdot b / (2 \cdot L), \quad (2.3)$$

где H_1 и H_2 – напоры соответственно в скважинах 1 и 2, отсчитываемые от любой горизонтальной плоскости;

b – ширина потока, принимаемая при определении единичного расхода, равной одному метру. Мощность водоносного пласта в скважинах вычисляют как разность абсолютных отметок уровня грунтовых вод (УГВ) и кровли водоупора. Значения H_1 и H_2 принимают равными абсолютным отметкам УГВ в скважинах 1 и 2.

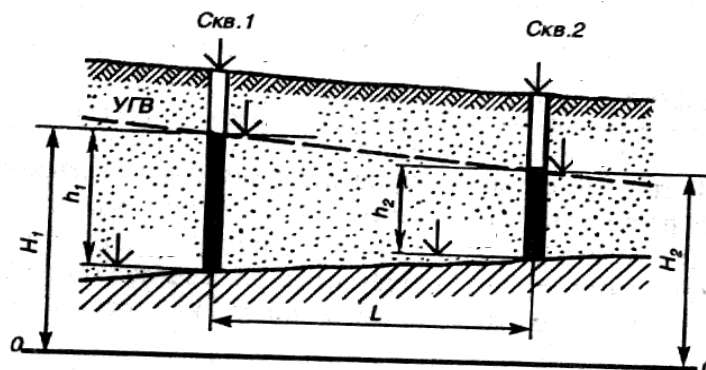


Рисунок 2.1 Схематический разрез потока грунтовых вод на наклонном водоупоре

При определении притока воды к вертикальным водозаборам учитывается воронкообразное понижение уровня вследствие трения воды и частиц грунта, при этом образуется депрессионная воронка, имеющая в плане форму, близкую к кругу. Радиус депрессионной воронки называется радиусом влияния (R), который в безнапорном водоносном пласте для совершенной скважины определяется по формуле

$$R = 2S \sqrt{H \cdot K_{\phi}}, \quad (2.4)$$

где S – понижение уровня воды при откачке по центру воронки, м;
 H – мощность безнапорного водоносного пласта, м.

Приток воды к совершенным безнапорным скважинам определяется по формуле

$$Q = 1,366 K_{\phi} \frac{(H^2 - h^2)}{\lg R - \lg r} = 1,366 K_{\phi} \frac{(2H - S)S}{\lg R - \lg r} \text{ при } L \geq 0,5 R, \quad (2.5)$$

$$Q = 1,366 K_{\phi} \frac{(H^2 - h^2)}{\lg 2L - \lg r} = 1,366 K_{\phi} \frac{(2H - S)S}{\lg 2L - \lg r} \text{ при } L < 0,5 R, \quad (2.6)$$

где h – уровень воды в скважине после откачки; $S = H - h$.

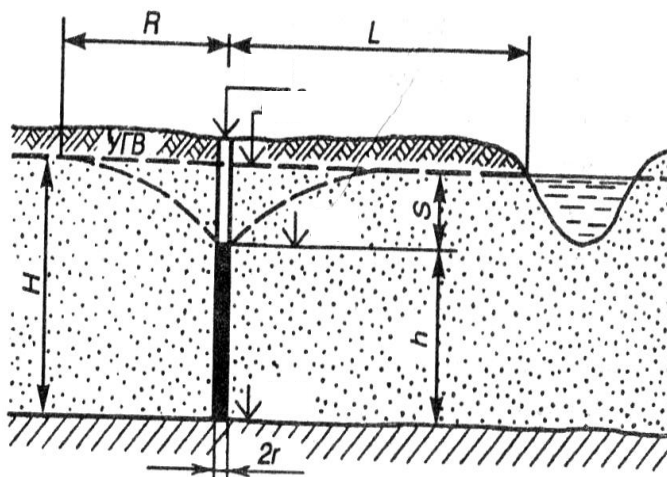


Рисунок 2.2 Расчетная схема для определения притока воды к совершенной скважине, расположенной на берегу реки (водоема) в безнапорном водоносном пласте

Дебит совершенной скважины, питаемой напорными водами

$$Q = 2,73 K_{\phi} \cdot m \frac{S}{\lg R - \lg r}, \quad (2.7)$$

где m – мощность водоносного пласта;

$R = 10 \cdot S \sqrt{K_{\phi}}$ – радиус влияния совершенной напорной скважины

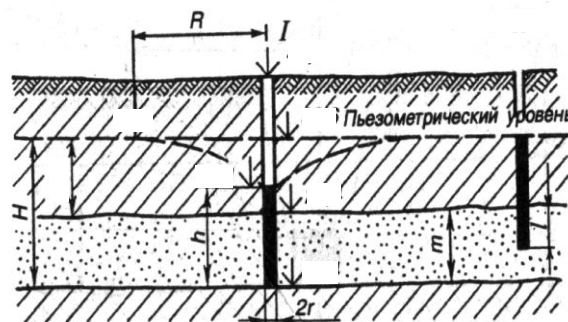


Рисунок 2.3 Расчетная схема для определения притока воды к скважине в напорном водоносном горизонте

При проектировании и строительстве сооружений для выявления характера поверхности (зеркала) грунтовых вод составляется карта гидроизогипс. Гидроизогипсами называются линии, соединяющие точки с равными абсолютными отметками зеркала грунтовых вод. Эти линии аналогичны горизонталям рельефа местности и подобно им отражают рельеф зеркала грунтовых вод.

Для построения карты гидроизогипс замеряют уровни грунтовых вод в скважинах, которые на изучаемой территории располагают по сетке. Уровни воды пересчитывают на абсолютные отметки и по ним на топографической карте проводят горизонтали поверхности грунтовых вод. Как и горизонтали топографической карты, гидроизогипсы строят методом интерполяции или с помощью палеток, причем сечение их зависит от масштаба карты и числа нанесенных на ней точек наблюдения (отметок уровня).

Карта изогипс широко используется для установления направления потока грунтовых вод, величины напорного градиента, глубины залегания воды, а также для подсчета скорости движения воды.

Направление движения грунтовых вод определяют путем опускания перпендикуляра от гидроизогипсы с большей отметкой на гидроизогипсу с меньшей отметкой. Направление грунтового потока совпадает с этим перпендикуляром.

Для определения уклона потока по карте гидроизогипс на площади того или иного участка берут разность между отметками крайних гидроизогипс на этом участке и делят ее на расстояния между ними.

Глубину залегания грунтовых вод в любой точке определяют по разности между отметкой горизонтали поверхности земли и отметкой гидроизогипсы в данной точке.

Скорость фильтрации воды определяется по формуле $V=KI$, где V – скорость, K – коэффициент фильтрации, I – напорный градиент.

Поверхность грунтовых вод, как показывают инженерно-геологические исследования крупных площадей, большей частью неровная, волнистая. Часто она повторяет рельеф поверхности. Однако такое соотношение поверхности земли и поверхности грунтовых вод на отдельных участках может нарушаться.

Глубина залегания грунтовых вод также зависит от рельефа местности. В речных долинах, оврагах и других понижениях рельефа грунтовые воды находятся на сравнительно небольшой глубине.

По мере повышения рельефа глубина залегания грунтовых вод увеличивается. На водоразделах и других возвышенностях глубина залегания может достигать нескольких десятков метров.

Таким образом, с помощью карты гидроизогипс решаются следующие основные задачи. Это установление характера поверхности (зеркала) грунтовых вод, направление их течения, величины напорного градиента, скорости движения воды, глубины залегания грунтовых вод с целью наиболее благоприятных участков для строительства зданий и сооружений с глубоко залегающими фундаментами.

ЗАДАЧИ

1. Постройте схему и 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. Определите действительную скорость потока.

Таблица 2.1

Результаты замеров	Варианты							
	1		2		3		4	
	№ скважины		№ скважины		№ скважины		№ скважины	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Абсолютные отметки, м: устья скважины	32,1	30,3	22,4	20,7	56,1	55,3	83,8	84,1
уровня грунтовых вод	28,0	24,2	—	—	—	—	81,6	80,5
кровли водоупора	17,8	18,3	8,6	8,8	48,6	44,3	—	—
Мощность h водоносного пласта, м	—	—	—	—	5,2	6,7	3,4	3,2
Глубина d залегания уровня грунтовых вод, м	—	—	3,2	6,6	—	—	—	—
Пористость, %	40	40	42	42	38	38	40	40

2. По данным, приведенным в таблице 2.2, постройте схему и определите приток воды к совершенной скважине с круговым контуром питания при горизонтальном водоупоре.

Таблица 2.2

Данные для расчета	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Абсолютные отметки, м: устья скважины	31,4	96,7	54,8	71,3	29,5	90,5	50,0	77,5	35,8	86,8
статического уровня грунтовых вод	29,9	—	—	67,6	27,0	—	—	73,8	34,2	—
динамического уровня в скважине при откачке	25,5	—	47,3	—	23,5	—	42,2	—	29,5	—
кровли водоупора	11,6	78,5	—	58,2	9,8	72,0	—	64,4	16,5	68,7
Глубина залегания уровня грунтовых вод, м	—	—	2,3	—	—	—	2,1	—	—	—
Мощность H водоносного пласта, м	—	14,9	12,5	—	—	13,0	11,0	—	—	13,6
Понижение уровня S, м	—	3,0	—	2,8	—	2,5	—	2,9	—	3,5
Коэффициент фильтрации K_f , м/сут	7,1	3,8	18,6	13,4	5,5	6,4	7,7	8,3	9,1	10,5
Расстояние L от скважины до водоема, м	82,0	60,0	74,8	30,0	42,0	45,6	55,9	72,1	75,3	80,0
Диаметр 2r скважины, мм	305	203	114	152	180	190	200	220	240	260

3. По данным, приведенным в таблице 2.3, постройте схему и определите приток воды к совершенной скважине, расположенной в напорном водоносном пласте.

Таблица 2.3

Данные для расчета	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Абсолютные отметки, м: устья скважины	42,5	73,4	65,1	87,3	40,0	71,4	61,3	82,5	48,5	78,4
подошвы верхнего водоупора	–	46,3	–	23,4	–	44,5	–	18,5	–	51,5
кровли нижнего водоупора	13,4	–	–	17,8	11,4	–	–	12,8	19,3	–
пьезометрического уровня	39,6	–	67,8		37,5	–	63,8		45,2	–
динамического уровня в скважине при откачке	36,1	63,8	–	86,6	34,1	61,7	–	81,0	42,0	68,9
Мощность m водоносного пласта, м	–	15,9	–	–	–	15,5	–	–	–	15,5
Напор над подошвой верхнего водоупора, м	14,2	22,8	34,9	–	13,9	21,6	32,5	–	14,8	21,5
Напор над кровлей нижнего водоупора, м	–	–	43,7	71,6	–	–	41,5	67,5	–	–
Понижение уровня S , м	–	–	4,0	–	–	–	3,5	–	–	–
Коэффициент фильтрации K_f , м/сут	7,1	3,8	18,6	13,4	5,5	6,4	7,7	8,3	9,1	10,5
Диаметр 2г скважины, мм	305	203	114	152	180	190	200	220	240	260

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Абдрахманов, Р. Ф. Геохимия и формирование подземных вод Южного Урала [Электронный ресурс] / Р. Ф. Абдрахманов, В. Г. Попов ; отв. ред. В. Н. Пучков ; Российская академия наук, Уфимский научный центр, Ин-т геологии, Российская академия естественных наук, Южно-Российский гос. технический ун-т (НПИ). - Уфа: Гилем, 2010. - 420 с. – Режим доступа: <http://biblio.bsau.ru/metodic/23668.pdf>
- 2 Абдрахманов, Р. Ф. Пресные подземные и минеральные лечебные воды Башкортостана [Электронный ресурс] / Р. Ф. Абдрахманов ; Российская академия наук, Уфимский научный центр, Ин-т геологии, Академия наук Республики Башкортостан, Отделение наук о земле и природных ресурсов. - Уфа: Гилем, 2014. - 429 с. – Режим доступа: <http://biblio.bsau.ru/metodic/28234.pdf>
- 3 Абдрахманов, Р. Ф. Пресные подземные воды Башкортостана [Текст] / Р. Ф. Абдрахманов, Ю. Н. Чалов, Е. Р. Абдрахманова ; РАН, УНЦ , Ин-т геологии, АН РБ. - Уфа : Информреклама, 2007. - 183 с.
- 4 Абдрахманов Р. Ф. Хайдаршина Э. Т., Загитова Л. Р. Геология: учебное пособие / Р. Ф. Абдрахманов, Э. Т. Хайдаршина, Л. Р. Загитова. – Уфа : Башкирский ГАУ, 2022. – 116 с.
- 5 Ананьев, В. П. Инженерная геология [Текст] : учебник для студ. вузов, обуч. по строительным спец. : рек. М-вом образования и науки РФ / В. П. Ананьев, А. Д. Потапов. - 6-е изд., стер. - М. : Высш. шк., 2009. - 574 с.
- 6 Ананьев, В. П. Инженерная геология и гидрогеология [Текст] : учебник для студ. строит. вузов, обуч. по спец. "Водоснабжение и канализация" / В. П. Ананьев, Л. В. Передельский. - М. : Высш. шк., 1980. - 271 с.
- 7 Ананьев, В. П. Специальная инженерная геология [Текст] : учебник для студ. вузов, обуч. по напр. "Строительство" : рек. УМО вузов РФ / В. П. Ананьев, А. Д. Потапов, Н. А. Филькин. - М. : Высш. шк., 2008. - 263 с.
- 8 Гринёв В. П. Новое в порядке проведения инженерных изысканий, архитектурно-строительного проектирования, сметного нормирования и экспертизы проектной документации [Электронный ресурс] / В. П. Гринев. - М. : Ось-89, 2009. - 208 с. – Режим доступа: <http://www.znaniyum.com/bookread.php?book=348474>
- 9 Добров, Э. М. Инженерная геология [Текст]: учеб. пособие / Э. М. Добров. - 2-е изд., стер. - М. : Академия, 2008.
- 10 Добров, Э. М. Инженерная геология [Электронный ресурс] : учеб. пособие для студ. вузов, обучающихся по спец. "Автомобильные дороги и аэродромы" направления подготовки "Транспортное строительство" : допущено УМО по образованию / Э. М. Добров. - М. : Издательский центр "Академия", 2008. - 219 с. – Режим доступа: <http://biblio.bsau.ru/metodic/18233.djvu>
- 11 Короновский, Н. В. Геология [Текст] : учебник для студ. вузов, обуч. по экологическим спец. : допущено УМО по образованию / Н. В. Короновский, Н. А. Ясаманов. - 5-е изд., стер. - М. : Академия, 2008. - 446 с.
- 12 Передельский, Л. В. Инженерная геология [Текст] : учеб. пособие для студ. строительных специальностей вузов / Л. В. Передельский, О. Е. Приходченко. - 2-е изд., доп. и перераб. - Ростов н/Д : Феникс, 2009. - 460 с.
- 13 Передельский, Л. В. Инженерная геология [Текст]: учеб. пособие / Л. В. Передельский, О. Е. Приходченко. - 2-е изд., доп. и перераб. - Ростов н/Д : Феникс, 2009.
- 14 Платов, Н. А. Основы инженерной геологии [Электронный ресурс] : учебник / Н.А.Платов - 3 изд., перераб., и доп. и исправл. - М.: ИНФРА-М, 2015. - 187 с. – Режим доступа: <http://znaniyum.com/catalog.php?bookinfo=487378>
- 15 Рыжков, И. Б. Основы инженерных изысканий [Электронный ресурс] : [учебное пособие] / И. Б. Рыжков. - Уфа : [Башкирский ГАУ], 2014. - 76 с. – Режим доступа: <http://biblio.bsau.ru/metodic/26633.doc>

- 16 Рыжков, И. Б. Основы инженерных изысканий в строительстве [Текст] : учебное пособие для студентов вузов / И. Б. Рыжков, А. И. Травкин. - Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2016. - 134 с.
- 17 Рыжков, И.Б. Основы инженерных изысканий в строительстве. [Электронный ресурс] / И.Б. Рыжков, А.И. Травкин. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2016. — 144 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/71728>
- 18 Сергеев, Е. М. Инженерная геология [Текст] : учебник для вузов / Е. М. Сергеев. – М.: Альянс, 2011.
- 19 Суворов А. К. Геология с основами гидрологии: учеб. пособие для студ., обуч. по спец. 320400 "Агроэкология" и 310100 "Агрохимия и агропочвоведение"/ А. К. Суворов. - М.: КолосС, 2007. - 207 с.
- 20 Швецов, Г. И. Инженерная геология, механика грунтов, основания и фундаменты [Текст] : учеб. для студ. вузов / Г. И. Швецов. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Высш. шк., 1997. - 320 с.
- 21 Болтрамович С.Ф., Жиров А.И., Ласточкин А.Н. Геоморфология. - М.: Академия. 2005. – 528 с.
- 22 Бондарик Г.К., Ярг Л.А. Инженерно-геологические изыскания. – М.: КДУ, 2007. – 424 с.
- 23 Вознесенский Е.А., Королев В.А., Трофимов В.Т. Грунтоведение. - М.: МГУ, Наука. 2005. – 1024 с.
- 24 Караулов В.Б., Никитина М.И. Геология: основные понятия и термины. Справочное пособие. – Едиториал УРСС, 2007. – 152 с.
- 25 Кашперюк П.И., Потапов А.Д., Глумова Г.М., Юлин А.Н. Инженерная геология и геоэкология. Учебное пособие. – М.: МГСУ, 2007. – 150 с.
- 26 Комплект геологических, географических карт и карт сейсморайонирования (ОСР-97), гидроизогипс, гидроизобат в электронном виде.
- 27 Короновский Н.В., Ясаманов Н.А. Геология: учебник для экологических специальностей вузов. - М: Академия. 2006. – 448 с.
- 28 Ломтадзе В.Д. Инженерная геология. Инженерная геодинамика. Л.: Высшая школа, 1977 г.
- 29 Милютин А.Г. Геология. - М.:Высшая школа. 2008. - 448с.
- 30 Пешковский Л.М., Перескокова Т.М. Инженерная геология. М.: Высшая школа, 1982 г.

