

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ПЕРМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА Д.Н. ПРЯНИШНИКОВА»**

**Пугин К.Г.**

**ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДОРОЖНЫХ  
РАБОТ**

**Методические рекомендации для выполнения практических занятий**

**Пермь  
ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ  
2023**

УДК 625.7

ББК 39.311

Рецензенты:

Янковский Л.В., кандидат технических наук, доцент кафедры строительных технологий, ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ.

Строганова Т.Б., кандидат архитектуры, доцент кафедры строительных технологий, ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ.

Пугин К.Г.

Инженерно-геологическое обеспечение дорожных работ. Методические рекомендации для выполнения практических занятий: методические рекомендации / К.Г.Пугин; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д.Н. Прянишникова». – Пермь: ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ, 2023. – 28 с.

Методические рекомендации содержат учебный материал и задания, способствующие качественному усвоению учебного материала по дисциплине «Инженерно-геологическое обеспечение дорожных работ» и качественной подготовке к текущему контролю и промежуточной аттестации. Методические рекомендации предназначены для обучающихся очной формы обучения по направлению подготовки 08.03.01 Строительство направленность (профиль) «Автомобильные дороги».

Утверждено в качестве методических указаний методической комиссией института землеустройства, кадастра, инженерных и строительных технологий ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ (протокол № 5 от 14.12.2023 г.).

© ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ, 2023

© Пугин К.Г., 2023

## Содержание

Введение	4
Практическое занятие №1 Инженерно-геологические процессы	5
Практическое занятие №2 Горные породы, применяемые в строительстве дорог	6
Практическое занятие №3 Грунты, применяемые в строительстве дорог	7
Практическое занятие №4 Инженерно-геологические процессы	8
Практическое занятие №5 Подземные воды	10
Практическое занятие №6 Дорожно-климатические зоны	13
Практическое занятие №7 Инженерно-геологические изыскания	16
Практическое занятие № 8 Инженерно-геологические расчеты	18
Практическое занятие № 9 Влияние дорожного строительства на изменение гидрогеологических условий	21
Практическое занятие № 10 Гравитационные склоновые процессы, формирование и устойчивость склонов	24
Практическое занятие № 11 Определение и значение карстовых процессов при инженерно-геологической оценке территорий	26
Заключение	27
Список рекомендованных источников	28

## **Введение**

Методические рекомендации для практических занятий по дисциплине «Инженерно-геологическое обеспечение дорожных работ» предназначены для обучающихся очной формы обучения с целью последовательного и логичного усвоения дисциплины, экономии учебного времени.

Содержание методических рекомендаций соответствует содержанию рабочей программы дисциплины «Инженерно-геологическое обеспечение дорожных работ» по направлению подготовки 08.03.01 Строительство направленность (профиль) «Автомобильные дороги».

Практические занятия предназначены для закрепления и более глубокого понимания изученного теоретического материала по дисциплине «Инженерно-геологическое обеспечение дорожных работ».

Методические рекомендации состоят из введения, заданий для проведения практических занятий, заключения, списка рекомендованных источников.

## Практическое занятие №1

### Инженерно-геологические процессы

#### Цель занятия.

Формирование и закрепления знаний по основным условиям формирования закономерностей развития и распространения, геологических процессов и явлений.

#### Круглый стол

Осуществление комплексных наблюдений за современными геологическими и инженерно-геологическими процессами.

#### Задание.

В шурфе, пройденном в контуре будущего сооружения, выполнялись испытания грунтов статическими нагрузками на штамп площадью 0,5 м<sup>2</sup>. 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 табл.1.1

Таблица 1.1 Варианты заданий

№ варианта	Наименование грунта	Глубина установки штампа $H$ , м	Осадка штампа $\Delta S$ , 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
11	суглинки	5	0,20	0,40	0,6	0,70	0,8	1,10	1,20	1,50
12	супеси	6	0,35	0,60	0,90	1,05	1,50	1,90	2,10	2,50
13	пески	7	0,6	0,80	1,25	1,35	1,70	2,00	2,80	3,05
14	пески	8	0,55	1,30	1,55	2,05	2,20	2,45	2,85	3,30
15	глины	9	0,35	0,45	0,55	0,65	0,75	0,80	0,85	0,95
16	пески	2,5	0,25	0,3	0,45	0,6	0,8	0,85	0,9	1,3

17	суглинки	3	0,55	0,60	1,15	1,35	1,40	2,50	3,80	4,25
----	----------	---	------	------	------	------	------	------	------	------

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

### **Контрольные вопросы:**

1. Какие процессы относятся к геологическим?
2. Как геологические процессы могут повлиять на обустройство и выбор проекта автомобильной дороги?
3. Какие мероприятия способствуют предотвращению негативного влияния геологических процессов?

## **Практическое занятие № 2**

### **Горные породы, применяемые в строительстве дорог**

**Цель занятия.** Изучить состав и строение осадочных, магматических и метаморфических горных пород, как грунтов.

#### **Круглый стол**

Состав и строение осадочных, магматических и метаморфических горных пород, как грунтов.

#### **Задание.**

Дать описание породообразующим минералам, согласно приведенным пунктам: Кристаллы; Агрегаты; Разновидности; Цвет; Блеск; Спайность; Твердость; Диагностические признаки; Происхождение; Применение; Инженерно-геологическая характеристика

Породообразующие минералы: пирит; кварц; кальцит; доломит; галит; гипс; ангидрид; оливин; каолинит; плагиоклаз; гранит; габбро; диабаз; базальт; мрамор; диатомит.

#### **Контрольные вопросы:**

1. Какие горные породы относятся к осадочным?
2. Какие горные породы относятся к магматическим?

### 3. Какие горные породы относятся к метаморфическим?

## Практическое занятие №3

### Грунты, применяемые в строительстве дорог

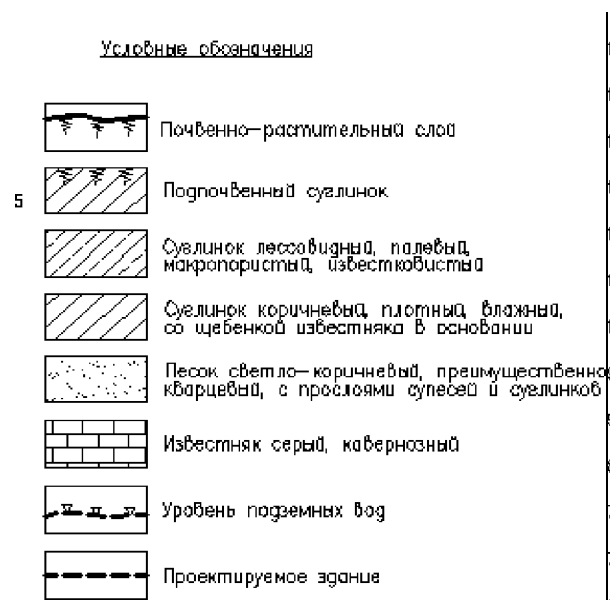
**Цель занятия.** Изучить основные процессы, протекающие в грунтах, под действием внешних нагрузок.

#### Круглый стол

Учет процессов, протекающих в грунтах, под действием внешних нагрузок при проектировании автомобильных дорог

#### Задание.

Описать все горные породы, встречающиеся на инженерно-геологическом разрезе рис. 3.1. Дать характеристику Гидрогеологическим условиям и возможным геологическим и инженерно-геологическим явлениям и процессам.



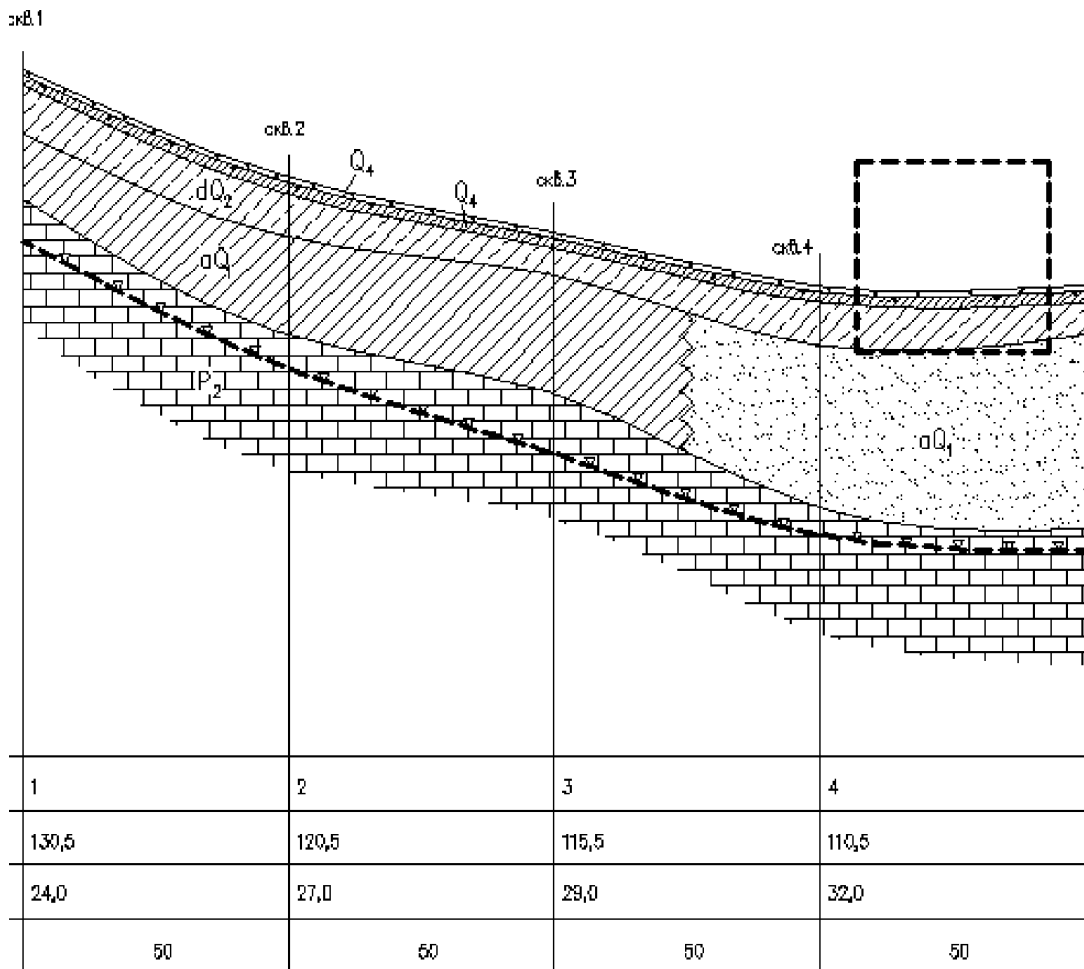


Рис. 3.1 Инженерно-геологический разрез по скважинам

### Контрольные вопросы:

1. Что такое просадочность грунтов? Чем она характеризуется?
2. Что такое суффозионный процесс? Чем характеризуется?
3. Чем обусловлен карстовый процесс?

### Практическое занятие №4

#### Инженерно-геологические процессы

**Цель занятия.** Изучить роль выветрелости пород для изменения прочностных, деформационных, фильтрационных и других свойств пород.

#### Круглый стол



Определение выветрелости пород для оценки изменения прочностных, деформационных, фильтрационных и других свойств пород.

### Задание.

По приведенным в таблице 4.1 результатам ситового анализа несвязного грунта до и после испытания на истираемость, постройте интегральную кривую зернового состава, определите степень неоднородности, коэффициент выветрелости и дайте наименование грунта по этим показателям.

Таблица 4.1 – Исходные данные

№ варианта	Зерновой состав частиц, % по массе									Окатанность (остаток, %)
	более 200 мм	200...100	100...60	60...40	40...20	20...10	10...5	5...2	менее 2 мм	
0	4	0	0	5	9	28	33	15	6	ок (68)
1	22	25	19	17	8	4	2	2	1	н (76)
2	2	4	2	3	6	14	28	17	24	н (54)
3	62	17	3	1	3	2	3	3	6	ок (82)
4	4	4	6	5	11	43	19	4	4	н (88)
5	53	33	4	2	0	0	0	3	5	н (93)
6	0	2	1	2	8	8	27	41	11	ок (76)
7	0	0	53	23	3	3	4	4	10	н (51)
8	5	5	9	11	8	24	20	12	6	ок (64)
9	48	20	10	3	3	4	3	3	6	ок (82)
10	0	1	4	6	5	14	30	19	21	н (73)
11	15	25	33	17	6	2	2	0	0	н (66)
12	0	2	2	3	32	30	28	2	1	н (59)
13	51	14	21	10	4	0	0	0	0	ок (78)
14	3	4	7	7	9	48	18	2	2	н (82)

15	69	19	9	2	0	0	0	1	0	н (91)
16	0	0	4	4	5	4	22	51	10	ок (73)
17	0	0	21	63	4	4	3	3	2	н (49)
18	2	5	8	11	28	24	10	8	4	ок (67)
19	51	29	10	2	3	2	3	0	0	ок (84)
20	0	1	1	6	5	47	30	4	6	н (77)

Для установления грунта по зерновому (гранулометрическому) составу последовательно определяют суммарное содержание частиц (%), начиная от наиболее крупных фракций, и сравнивают его с табличными значениями: крупнее 200 мм – 4%, или менее 50%, значит, грунт не валунный; крупнее 10 мм –  $(4+5+9+28)=46\%$ , или менее 50%, значит грунт не галечниковый; крупнее 2 мм –  $(46+33+15)=94\%$ , или более 50%, следовательно, грунт гравийный (с учетом преобладания окатанных частиц).

Для построения интегральной кривой зернового состава вычисляют суммарное содержание частиц (%), начиная от самых мелких фракций, и результаты свести в таблицу.

#### **Контрольные вопросы:**

1. Как определяется размягчаемость и выветрелость грунта?
2. Что определяет число пластичности?
3. Что такое консистенция грунта?
4. Какие грунты относят к просадочным?

### **Практическое занятие №5.**

#### **Подземные воды**

**Цель занятия.** Изучить особенности химического состава подземных вод.

#### **Круглый стол**

Закономерности формирования подземных вод в различных природных условиях

### Задание

#### Задание 1

Химическим анализом установлена приведенная концентрация водородных ионов. Определите pH и наименование воды по его значению в соответствии с вариантом таблицы 5.1.

Таблица 5.1 - Исходные данные к заданию 1

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Концентрация водородных ионов, г-моль/л	$10^{-6}$	$10^{-8}$	$10^{-10}$	$10^{-3}$	$10^{-2}$	$10^{-3}$	$10^{-6}$	$10^{-9}$	$10^{-8}$	$10^{-7}$
№ варианта	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Концентрация водородных ионов, г-моль/л	$10^{-9}$	$10^{-4}$	$10^{-5}$	$10^{-6}$	$10^{-7}$	$10^{-9}$	$10^{-5}$	$10^{-4}$	$10^{-2}$	$10^{-9}$

#### Задание 2

Используя результаты химического анализа подземной воды, приведенные в таблице 5.2, определите ее класс, группу и тип.

Таблица 5.2 - Исходные данные к заданию 2

№ варианта	Содержание ионов, мг экв/л					
	$\text{HCO}_3^-$	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{Cl}^-$	$\text{Na}^+$	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$
1	5,00	1,56	1,64	5,22	2,46	0,46
2	6,32	10,42	1,86	3,67	12,29	2,60
3	2,31	3,67	5,14	2,42	6,07	2,63
4	2,87	0,12	0,39	0,26	2,30	0,82
5	2,45	4,11	0,54	5,62	3,21	0,68
6	-	3,43	60,69	52,94	1,23	5,10
7	5,79	2,45	1,65	3,21	2,13	3,422
8	2,62	6,51	6,24	2,13	4,12	3,54
9	4,74	4,32	2,34	1,24	2,56	2,45

10	15,25	4,32	3,12	5,22	0,87	0,98
11	2,30	2,34	3,12	3,72	1,28	0,76
12	2,86	5,24	0,96	2,34	2,69	1,25
13	-	4,12	60,68	51,23	5,43	4,91
14	6,33	1,26	1,23	0,34	5,23	2,13
15	2,56	2,34	3,24	5,34	4,90	2,14
16	5,46	3,42	6,45	3,56	5,01	1,24
17	4,78	1,32	2,34	5,12	4,32	5,12
18	3,65	1,53	5,43	3,21	1,09	2,34
19	7,65	2,31	6,12	4,21	1,34	1,80
20	2,55	3,12	2,67	1,23	2,09	1,09

Жесткостью оценивается возможность использования воды для хозяйственно-питьевых целей. Она зависит от присутствия  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$ . Различают общую жесткость, связанную с содержанием в воде всех солей кальция и магния; карбонатную (временную), связанную с наличием бикарбонатов кальция и магния; постоянную, остающуюся после удаления бикарбонатов. Жесткость воды оценивают в мг экв/л Ca и Mg. 1 мг экв/л соответствует содержанию 20,04 мг/л Ca или 12,16 мг/л Mg. Жесткость природных вод изменяется от нескольких до десятков сотен мг экв/л.

*Щелочность воды.* Наличие в воде гидратов натрия, карбонатов и бикарбонатов натрия определяет ее щелочность. Различают гидратную, карбонатную, бикарбонатную, фосфатную и силикатную щелочности.

*Концентрация иона водорода (pH воды).* Концентрацией водородных ионов оценивается степень кислотности воды. При нейтральной реакции воды  $pH = 7$ , при кислой - меньше 7, при щелочной - больше 7. Для выражения концентрации водородных ионов принято пользоваться логарифмом концентрации их (т.е. количества грамм эквивалентов этого иона в 1 л воды), взятым с обратным знаком :  $pH = - \lg(H^+)$

### *Оценка агрессивных свойств воды*

Агрессивной является вода, содержащая сверх допустимого количества сульфаты и агрессивную углекислоту. Разрушающее действие вода может оказывать на бетон в виде: кристаллизации в бетоне новых соединений с увеличением его объема или выщелачивания из бетона его составных частей, растворимых в воде. И то и другое приводит к разрушению бетона.

*Сульфатная агрессия* наблюдается при наличии в воде сульфатов  $SO_4^{2-}$  свыше 250 мг/л и одновременном содержании иона  $Cl^-$  свыше 1000 мг/л. При этом в бетоне образуется *гипс* с увеличением объема в 2-3 раза и сульфат-алюминат кальция – *бетонная бацилла* с увеличением объема в 2,5 раза.

*При углекислой агрессии* происходит растворение и выщелачивание извести  $CaSO_4$ , составляющей основу цемента.

### **Контрольные вопросы:**

1. Какие виды химического анализа воды используются при строительстве автомобильных дорог?
2. Как влияет повышенная кислотность грунтовых вод на дорожные конструкции?
3. Как влияет повышенная сульфатная агрессия грунтовых вод на дорожные конструкции?

### **Практическое занятие №6**

#### **Дорожно-климатические зоны**

**Цель занятия.** Изучение влияния природно-климатических условий на график проведения строительных работ.

#### **Круглый стол**

1. Основные задачи дорожно-климатического районирования.
2. Природно-климатические условия их влияние на прочность дорожных одежд.

### **Задание**

Задание 1 На основе представленного дорожно-климатического графика рис. 6.1 дать характеристику природных условий зоны строительства. Она должна содержать все необходимые и достаточные для проектирования организации строительства данные, которые принимаются по нормативной и справочной литературе (СНиП РК 2.04-01-2010 Строительная климатология и геофизика, СНиП 23-01-99. Строительная климатология [Текст] / Госстрой России. - М.: ГУП ЦПП Госстроя России, 2000. - 58 с. СНиП 2.01.01-82. Строительная климатология и геофизика [Текст] / Госстрой СССР. - М.: Стройиздат, 1983. -310с, СП РК 2.04-01-2017 Строительная климатология).

Характеризуя условия района строительства, следует обязательно указать:

- дорожно-климатическую зону;
- повторяемость ветра по направлениям;
- изменения температуры воздуха по месяцам;
- время начала и окончания весенней и осенней распутицы;
- глубина промерзания грунта;
- продолжительность устойчивого снежного покрова;
- продолжительность светового дня.

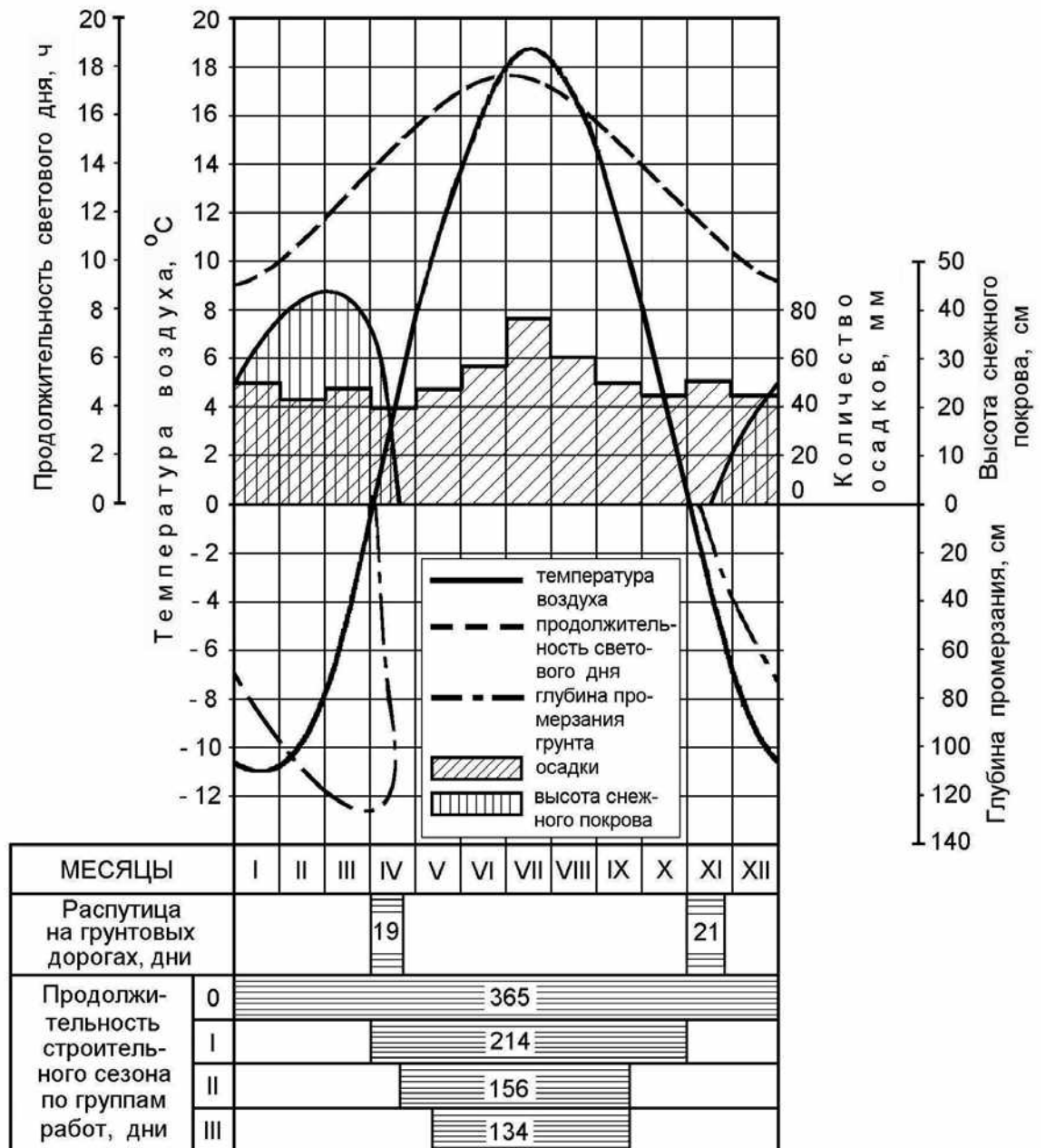


Рис. 6.1 Дорожно-климатический график зоны строительства автомобильной дороги.

### Задание 2.

Заполнить таблицу 6.2, указать на выбор каких параметров, материалов, типа дорожной конструкции, сроков проведения работ оказывает определяющее действие климатическая характеристика зоны строительства.

Таблица 6.2 Использование результатов метеорологических наблюдений при проектировании автомобильных дорог

№ п/п	Наименование климатической характеристики	Применимость в проектной документации.
1.	Дорожно-климатическая зона	
2.	Принадлежность к северной климатической зоне <sup>1)</sup>	
3.	Общая характеристика климата (континентальный <sup>2)</sup> , умеренный)	
4.	Климатические условия (суровые, умеренные, мягкие <sup>3)</sup> )	
5.	Абсолютная температура воздуха максимальная и минимальная	
6.	Температура воздуха наиболее холодных суток и пятидневки обеспеченностью 0,98 и 0,92	
7.	Средняя температура воздуха за каждый месяц и за год	
8.	Температура воздуха наиболее жарких суток	
9.	Даты перехода среднесуточных температур через 0,5 и 10° и число дней в году, превышающих эти температуры	
10.	Температура воздуха при вскрытии реки	
11.	Среднее количество осадков за каждый месяц и за год	
12.	Средняя дата образования устойчивого снежного покрова и его схода	
13.	Толщина снежного покрова 5 % ВП	
14.	Объем снегопереноса 5 % ВП по 8 румбам	
15.	Повторяемость ветров за зимний период по 8 румбам	
16.	Расчетная скорость ветра за зимний период	
17.	Глубина промерзания глинистых и песчаных грунтов	
18.	Для многолетнемерзлых грунтов: глубина оттаивания, среднегодовая температура грунта, температурный режим	

### **Контрольные вопросы:**

1. Почему глубина промерзания влияет на глубину заложения фундамента?
2. На какие дорожно-климатические зоны делится территория РФ.
3. По каким основным характеристикам производится деление на климатические зоны?

### **Практическое занятие №7**

#### **Инженерно-геологические изыскания**

**Цель занятия.** Освоить методику проведения инженерно-



геологических изысканий при проектировании автомагистралей, аэродромов и специальных сооружений

### Круглый стол

Методика проведения инженерно-геологических изысканий при проектировании автомагистралей, аэродромов и специальных сооружений.

### Задание

На схематической карте инженерно-геологических условий местности рис. 7.1 показано распределение элементов рельефа, а также форм эрозионной и оползневой деятельности и их взаимодействие. Используйте карту для сравнения трех вариантов расположения автомобильной трассы между пунктами А и В.

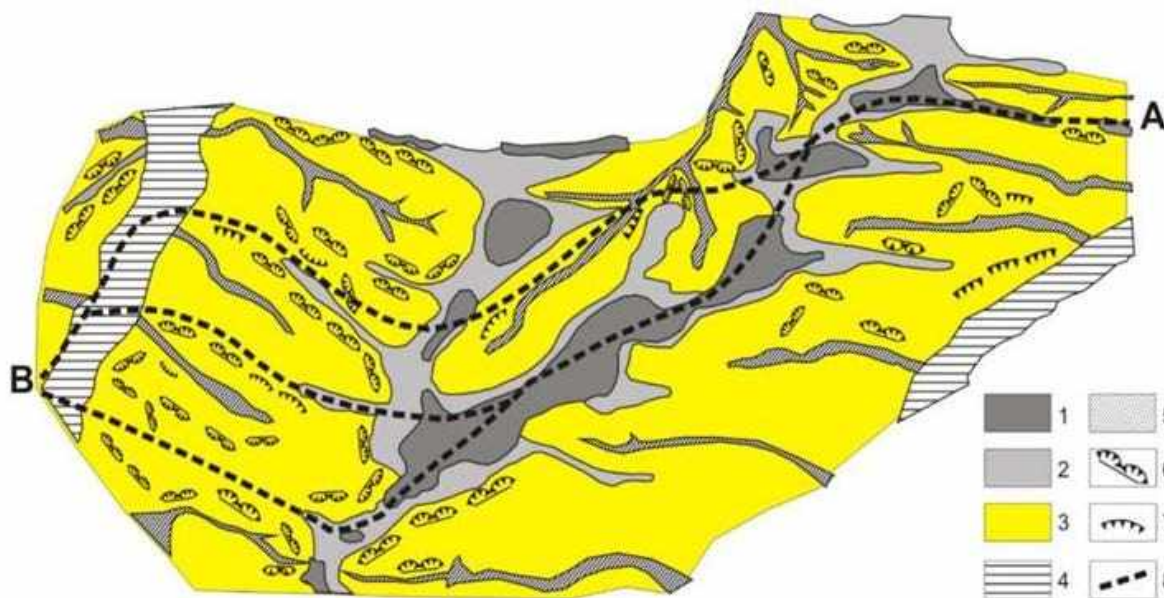


Рис. 7.1 Схематическая карта инженерно-геологических условий местности строительства автомобильной дороги

1 - субгоризонтальные устойчивые денудационные водораздельные пространства с уклонами поверхности  $< 4$  град.; 2- денудационные малоустойчивые поверхности водораздельных склонов с уклонами  $> 10$  град.; 3 - относительно устойчивые денудационно - аккумулятивные склоны долин и балок с уклонами 4-10 град., 4 - устойчивые аккумулятивные днища долин и поймы рек; 5 - овраги; 6 - оползни стабилизировавшиеся; 7- оползни активные; 8 - варианты трассы дороги.

Для решения задачи оцените инженерно-геологические условия местности в районе строительства автомобильной трассы:

- выделите неустойчивые элементы рельефа, оползнеопасные участки;
- определите участки повышенной эрозионной активности и транспортировки рыхлого материала во время ливней;
- оцените соотношение общей протяженности устойчивых субгоризонтальных и неустойчивых наклонных элементов рельефа вдоль предполагаемой трассы;
- дайте прогноз изменения геологической среды при строительстве и эксплуатации автомобильной дороги.

### **Контрольные вопросы**

1. Какие процессы относятся к инженерно-геологическим?
2. Какие мероприятия входят в проведение инженерно-геологических изысканий при проектировании автомагистралей, аэродромов и специальных сооружений?
3. Какие инженерно-геологические карты и разрезы, применяют в дорожном строительстве?

## **Практическое занятие № 8**

### **Инженерно-геологические расчеты**

**Цель занятия.** Освоить расчет устойчивости грунтовых откосов и современные методы обеспечения устойчивости грунтов.

#### **Круглый стол**

Современные методы обеспечения устойчивости грунтов.

#### **Задание**

Определить устойчивость откоса методом круглоцилиндрических поверхностей скольжения. Грунт имеет следующие характеристики:



18	4	3	2	2	6	15	25	18	150
19	4	5	2	2	6	15	25	18	150
20	5	5	2	2	6	15	25	18	150

Данная задача имеет широкое практическое применение, так как часто необходимо ответить на вопрос о том, не обрушится ли откос под действием собственного веса грунта, а также при размещении на нем здания, транспортного средства или строительной машины (подъемного крана, трубоукладчика и т. п.).

Практика свидетельствует о том, что сдвиг массива грунта, потерявшего устойчивость, происходит по поверхности, близкой к круглоцилиндрической с центром С (рис. 8.1)

В процессе расчета выявляется такое положение центра вращения, которое соответствует минимальному значению коэффициента запаса устойчивости  $k_{st}$ .

### **Контрольные вопросы**

1. Как обеспечивается устойчивость грунтов при их высокой влажности?
2. Какие мероприятия повышают сопротивление грунтовых откосов обрушению?

## **Практическое занятие № 9**

### **Влияние дорожного строительства на изменение гидрогеологических условий**

**Цель занятия.** Освоить методику оценки влияния дорожного строительства на изменение гидрогеологических условий.

Круглый стол.

1. Влияние дорожного строительства на изменение гидрогеологических условий.
2. Техногенное воздействие на окружающую среду при строительстве автомобильных дорог.

### Задание

Для оценки гидрогеологических условий были заложены площадки с наблюдательными скважинами, расположенными по сетке 50 x 50 м по 9 скважин на площадке (рис.9.1). Абсолютные отметки устьев наблюдательных скважин и глубины залегания грунтовых вод приведены в таблице 9.1 Требуется: построить карту гидроизогипс сечением через 1 м. Показать направление движения грунтовых вод. Определить гидравлический уклон  $i$  между двумя точками.

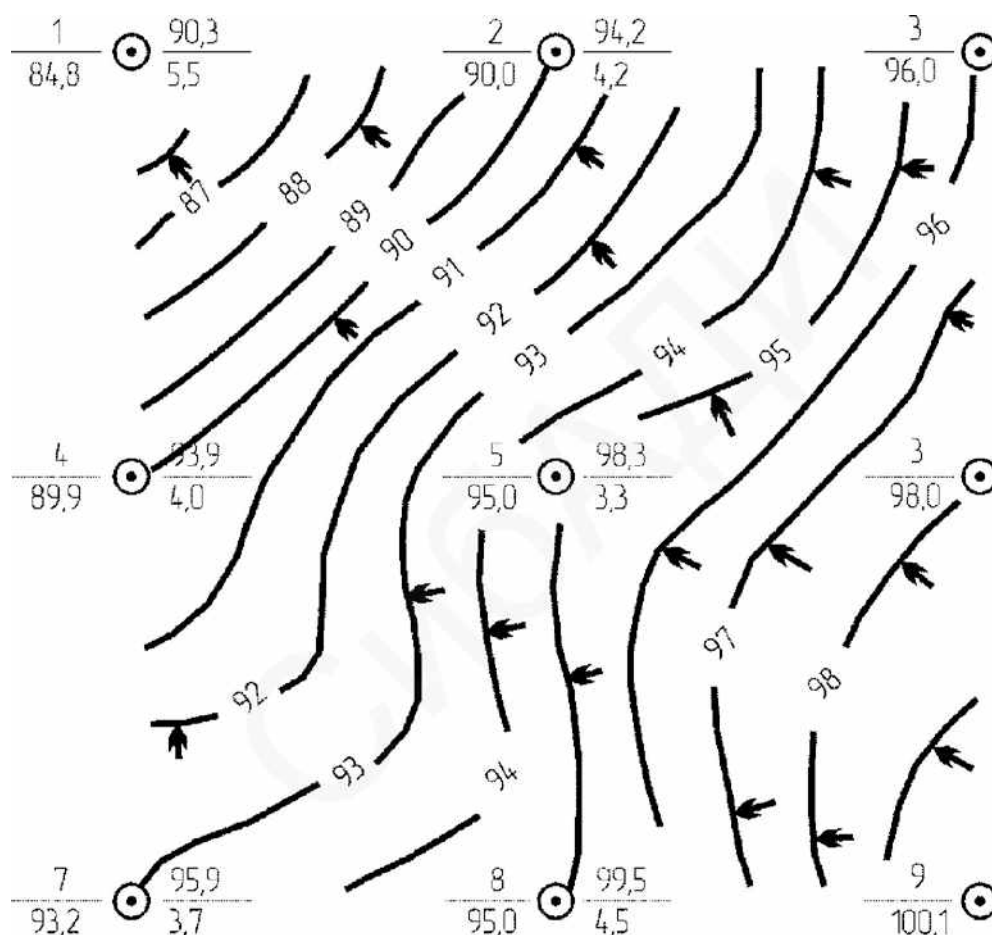


Рис. 9.1 Схема заложения скважин.

Таблица 9.1 Абсолютные отметки устьев скважин и глубин залегания грунтовых вод

Номер площадки	Номер скважины								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	120,2	114,7	108,5	121,3	115,6	109,1	104,6	123,2	116,3
	5,2	4,6	3,5	5,1	5,6	4,8	4,5	5,1	6,2
2	105,5	119,8	114,1	119,0	117,4	115,1	11,8	114,7	119,3
	5,4	4,2	3,2	4,0	3,3	2,2	3,7	4,7	4,2

3	114,2	107,3	102,6	112,0	105,1	100,1	110,3	105,7	102,3
	2,1	2,3	2,5	1,8	2,0	2,0	1,7	1,9	2,2
4	118,1	122,0	127,3	121,9	126,3	128,2	129,1	127,0	129,1
	8,2	4,1	3,2	4,2	3,3	3,0	1,8	2,0	2,1
5	110,1	114,0	119,0	113,7	118,1	120,6	117,0	119,7	124,6
	5,3	4,0	3,0	3,8	3,1	2,4	3,8	4,4	4,3
6	115,0	106,9	102,5	112,1	104,9	100,3	110,7	106,0	102,4
	2,7	2,5	2,6	1,9	1,9	2,0	1,8	1,7	2,3
7	114,6	108,5	103,4	115,6	109,7	104,6	121,2	116,3	103,2
	4,5	3,5	3,3	5,3	5,6	5,7	6,01	6,2	3,4
8	128,0	131,9	137,4	132,0	136,7	138,0	139,3	137,3	139,6
	7,8	3,8	3,3	4,1	3,5	2,9	1,9	2,0	2,4
9	112,9	116,1	122,2	118,9	130,9	133,1	134,3	132,3	134,4
	7,8	4,4	3,2	3,8	3,7	3,1	1,9	2,2	2,3
10	125,3	129,9	134,3	130,0	134,5	135,9	131,7	134,8	139,2
	5,2	4,3	3,3	5,0	3,4	1,9	3,9	4,8	4,1

*Примечание.* Абсолютные отметки устьев скважин (над чертой) и глубин залегания уровней грунтовых вод (под чертой).

Гидроизогипсами называют линии, соединяющие точки с одинаковыми абсолютными отметками уровня грунтовых вод. Они отражают рельеф зеркала грунтовых вод. Карту гидроизогипс строят по результатам единовременных замеров уровней грунтовых вод в скважинах, расположенных, как правило, по сетке. Абсолютные отметки уровня грунтовых вод в каждой скважине определяют по разности между абсолютной отметкой поверхности земли (устье скважины) и глубиной залегания грунтовой воды от поверхности земли.

Сетку расположения скважин вычерчивают в масштабе 1:1000, указывая в углах квадратов скважины кружками диаметром 2-3 мм. В первом ряду сетки располагают скважины 1, 2, 3, во втором - 4, 5, 6, в третьем - 7, 8, 9.

Слева от скважины показывают её номер - в числителе, а в знаменателе - абсолютную отметку уровня грунтовой воды. Справа от скважины в числителе записывают абсолютную отметку устья скважины, в знаменателе - глубину залегания уровня грунтовой воды в этой скважине.

Затем путем интерполяции между абсолютными отметками уровня грунтовых вод находят точки с абсолютными отметками, равными целому числу. Интерполяцию выполняют для всех сторон четырех квадратов, составляющих сетку скважин. Интерполяцию можно выполнять арифметическим методом.

Направление движения грунтовых вод показываем стрелками, располагаемыми перпендикулярно к гидроизогипсам и направленными в сторону уменьшения отметок.

Гидравлический уклон определяем между двумя точками (или скважинами) как частное от деления разности отметок в этих точках на расстояние между ними. Расстояние между очками определяют, исходя из выбранного масштаба карты.

### **Контрольные вопросы**

1. Какое техногенное воздействие на окружающую среду оказывается при строительстве автомобильных дорог?
2. Какие существуют региональные закономерности формирования подземных вод в различных природных условиях?

## **Практическое занятие № 10**

### **Гравитационные склоновые процессы, формирование и устойчивость склонов**

**Цель занятия.** Освоить оценку вероятного времени возникновения оползня и инженерную обстановку при возникновении оползневого процесса на склоне.

#### **Круглый стол.**

Рассматриваемые вопросы:

1. Типы и динамика обвалов.
2. Методы расчета дальности и скорости обвальных процессов.
3. Условия и скорости перемещения осыпей.

### Задание

Проведите оценку вероятности возникновения оползневой процесса и параметров оползневой очага согласно представленного алгоритма:

- 1) Определить вес оползневой очага при заданной его мощности  $\delta$ ;
- 2) Установить критическую высоту склона при данных углах  $\beta$  и  $\phi$ ;
- 3) Определить силу сцепления грунта;
- 4) Определить коэффициент устойчивости склона  $N(\beta, \phi)$ ;
- 5) Определить величину нормального давления склона  $\sigma_n$  (Па);
- 6) Определить среднее сопротивление сдвигу (Па);

Исходные данные для расчетов представлены в табл. 10.1 и 10.2.

Таблица 10.1 Варианты заданий для расчета

№ варианта	$T$ , лет	$jyH$	$AK_{CP}$	$ACP$	$A$
1	35	1,26	$4,56 \cdot 10^{-3}$	$2,97 \cdot 10^{-2}$	0,11
2	50	1,27	$5 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-2}$	0,13
3	70	1,28	$5,12 \cdot 10^{-3}$	$3,21 \cdot 10^{-2}$	0,10
4	47	1,26	$4,86 \cdot 10^{-3}$	$2,77 \cdot 10^{-2}$	0,11
5	51	1,25	$4,89 \cdot 10^{-3}$	$3,12 \cdot 10^{-2}$	0,12
6	75	1,29	$5,24 \cdot 10^{-3}$	$4,21 \cdot 10^{-2}$	0,10
7	25	1,24	$4,76 \cdot 10^{-3}$	$2,87 \cdot 10^{-2}$	0,11
8	45	1,29	$4,99 \cdot 10^{-3}$	$3,01 \cdot 10^{-2}$	0,12
9	55	1,20	$5,01 \cdot 10^{-3}$	$3,01 \cdot 10^{-2}$	0,13
10	65	1,21	$4,48 \cdot 10^{-3}$	$2,31 \cdot 10^{-2}$	0,12

Определить вероятное время возникновения оползня в горизонтальных склонах.

Исходные данные: прогнозируемый период  $T = 50$  лет; значение среднего начального коэффициента устойчивости склона  $K_{CP}^H = 1,27$ . Сравнительно равномерный подмыв подошвы склона и сопутствующие процессы обуславливают среднее годовое уменьшение коэффициента его устойчивости  $AK_{CP} = 5 \cdot 10^{-3}$ ; среднее годовое отрицательное отклонение коэффициента устойчивости склона в результате колебаний его водонасыщения и перегрузки основания наносами  $A_{CP} = 3 \cdot 10^{-2}$ .

Максимальное негативное отклонение коэффициента устойчивости



склона за 50 лет (соответствующее наиболее неблагоприятному сочетанию факторов в течение года 2%-й обеспеченности)  $A_{max} = 0,1$ .

Таблица 10.2. Варианты заданий для расчета

№ варианта	Тип грунта	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	$H$ , м	$\delta$ , м	$\beta$ , гр	$\lambda$ , гр.	$\phi$ , гр.
1	Песок	2660	150	1	27	15	37
2	Супесь	2695	123	1,5	15	12	22
3	Суглинок	2585	117	2,3	10	5	15
4	Глина	2730	92	4,3	16	8	9
5	Лесс	2685	105	3,1	22	13	20
6	Песок	2665	59	2,7	25	17	39
7	Супесь	2705	87	4,1	19	11	25
8	Суглинок	2720	131	2,1	23	14	21
9	Глина	2745	91	1,7	17	9	16
10	Лесс	2695	64	1,9	24	8	20

### Контрольные вопросы

1. Какие основные геологические и иные факторы способствуют развитию гравитационных склоновых процессов?
2. Какие меры борьбы с обвалами и осыпями используют при строительстве автомобильных дорог?
3. В чем заключаются Мероприятия по обеспечению общей устойчивости склонов?

### Практическое занятие № 11

#### Определение и значение карстовых процессов при инженерно-геологической оценке территорий

**Цель занятия.** Освоить методику расчета карстовых процессов на основе оценки инженерно-геологической характеристик карстовых районов

**Круглый стол.** Расчеты карстовых процессов.

## Задание

1. Построить геологический разрез по данным бурения скважин 1,2,3,4 используя данные представленные в таблице 11.1. Скважины расположены по одной прямой на расстоянии 50 м друг от друга. Принять масштабы: горизонтальный: 1:1000, вертикальный 1:200.

2. Выбрать, в какой части разреза лучше разместить отстойник промышленных стоков размером 5 на 30 м, глубиной 3 м. Ответить на вопрос, какой геологический процесс может активизироваться после начала эксплуатации отстойника. В чем он будет выражаться?

3. Выбрать в какой части разреза и почему лучше разместить здание заводоуправления шириной 18 м и цех с мокрым технологическим процессом шириной 48 м. Какие геологические процессы могут возникнуть или активизироваться после строительства?

Таблица 11.1 Исходные данные

№ скв, абс.отм. устья	Геологический возраст	Мощность слоя, м	Описание горных пород	Глубина залегания воды, м
1/ 22,4	gQ	0,6	Суглинок с включением валунов Известняк трещиноватый закарстованный Песчаник кварцевый плотный	16,2
	С	18,4		
	С	2,2*		
2/ 26,1	gQ	8,3	Суглинок с включением валунов Известняк закарстованный Песчаник кварцевый плотный	10,7
	С	4,8		
	С	2,4		
3/ 26,9	gQ	3,5	Суглинок с включением валунов Известняк трещиноватый Песчаник кварцевый плотный	6,4
	С	2,6		
	С	2,0		
4/ 27,6	С	2,8	Известняк трещиноватый Песчаник кварцевый плотный	2,0
	С	3,0		

Примечание: \* Здесь и ниже для последнего слоя указана не полная, а

вскрытая мощность.

### **Контрольные вопросы**

1. Какие основные условия развития карста?
2. В чем заключается оценка степени закарстованности и устойчивости территории в карстовых районах?
3. В чем проявляется влияние гидротехнических, городских и дорожных сооружений на формирование карстовых процессов?

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Инженерно-геологические изыскания в основном выполняют для построения инженерно-геологической модели, с целью принятия конструктивных и объемно-планировочных решений, выбора типов фундаментов, а также оценки опасных инженерно-геологических процессов и получения исходных данных для разработки схемы инженерной защиты и мероприятий по охране окружающей среды.

При подготовке к практическим занятиям обучающимся следует использовать литературу из приведенного списка, а также руководствоваться указаниями и рекомендациями преподавателя.

На практических занятиях приветствуется активное участие обучающихся при рассмотрении контрольных вопросов, умение находить полезный дополнительный материал по тематике практических занятий.

Обучающийся должен уметь определить, расшифровать или объяснить любые использованные им термины, аббревиатуры или понятия.

## Список рекомендованных источников

1. ОДМ 218.2.101-2019 Методические рекомендации по проектированию элементов плана, продольного и поперечного профиля автомобильных дорог. <https://rosavtodor.gov.ru/storage/app/media/uploaded-files/odm2182101-2019.pdf>
2. СП 34.13330.2012. Автомобильные дороги [Текст] : – Введ. 01.07.2013, приказ Минрегиона России № 226. – М.: Госстрой России. 2013. – 107с
3. Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации (с изменениями на 15 октября 2020 года) [Текст]: - Введ. 12.11.2007, Федеральный закон от 08.11.2007 N257-ФЗ.
4. ГОСТ Р 52398-2005. Классификация автомобильных дорог [Текст] : – Введ. 01.05.2006, приказ Фед. Агентства по техн. Регул. И метр. № 296-ст. – М.: Стандартиформ. 2006. – 3 с
5. Горшкова, Н. Г. Проектирование реконструкции автомобильных дорог : учебное пособие / Н. Г. Горшкова. — Белгород : БГТУ им. В.Г. Шухова, 2021. — 61 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/177602> — Режим доступа: для авториз. пользователей. — Текст : электронный.
6. Пшениснов, Н. В. Архитектура транспортных сооружений : учебник / Н. В. Пшениснов. — Самара :СамГУПС, 2021. — 280 с. — ISBN 978-5-6045837-3-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — [URL:https://e.lanbook.com/book/170623](https://e.lanbook.com/book/170623) — Режим доступа: для авториз. пользователей.