

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства»
(ПГУАС)

Н.В. Кошкина, О.В. Хрянина

**ГЕОТЕХНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА
УЧАСТКА СТРОИТЕЛЬСТВА
В СЛОЖНЫХ УСЛОВИЯХ**

Рекомендовано Редсоветом университета
в качестве учебного пособия к практическим и лабораторным занятиям
для студентов, обучающихся по направлению 08.03.01 и 08.04.01
«Строительство»

Под общей редакцией доктора технических наук,
профессора Ю.П. Скачкова

Пенза 2014

УДК 624.131.1 (075.8)

ББК 26.3 я 73

К76

*Учебное пособие подготовлено в рамках проекта
«ПГУАС – региональный центр повышения качества подготовки
высококвалифицированных кадров для строительной отрасли»
(конкурс Министерства образования и науки Российской Федерации –
«Кадры для регионов»)*

Рецензенты: доктор технических наук, профессор А.И. Шеин (ПГУАС);
зам. директора по проектированию
ООО «Новотех» А.А. Полежай;
главный инженер проекта ООО «Новотех» С.А. Сучков

Кошкина Н.В.

К76

Геотехническая оценка участка строительства в сложных условиях: учеб. пособие/ Н.В. Кошкина, О.В. Хрянина; под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. Ю.П. Скачкова. – Пенза: ПГУАС, 2014. – 84 с.

Предложены основные положения, задания и методические рекомендации по выполнению лабораторных, практических и самостоятельных работ при геотехническом обеспечении проектирования и строительного производства для различных видов инженерных сооружений. Приведены краткие справочные данные, теоретические сведения, правила графического и текстового оформления материалов инженерно-геологических изысканий для различных объектов строительства. Приведены контрольные вопросы по каждому заданию, позволяющие самостоятельно изучать проблемы, связанные с инженерно-геологической оценкой площадей застройки.

Направлено на усвоение знаний нормативной базы в области инженерных изысканий, принципов проектирования сооружений, инженерных систем и оборудования, планировки и застройки населенных мест; овладение методами проведения инженерных изысканий, технологией проектирования деталей и конструкций в соответствии с техническим заданием с использованием стандартных прикладных расчетных и графических программных пакетов; выработку навыков составления отчетов по выполненным работам, активизацию участия студентов во внедрении результатов исследований и практических разработок.

Учебное пособие подготовлено на кафедре «Геотехника и дорожное строительство» и базовой кафедре ПГУАС при ООО «Новотех» в соответствии с подготовкой бакалавров и магистров (программа «Геотехника») и программами дисциплин «Инженерное обеспечение строительства. Геология», «Инженерно-геологические изыскания для строительства» (направление 08.03.01 и 08.04.01 «Строительство»).

© Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства, 2014

© Кошкина Н.В., Хрянина О.В., 2014

ПРЕДИСЛОВИЕ

Цель создания учебного пособия – оказать методическую помощь студентам при выполнении лабораторных, практических и самостоятельных работ по вопросам геотехнического обеспечения различных видов строительства; ознакомить студентов и работников строительной отрасли с порядком решения проблем инженерно-геологической оценки участков строительства с разной природной средой, для возведения различных типов инженерных сооружений.

Учебное пособие разработано в соответствии с примерными программами по дисциплинам инженерной геологии согласно действующим учебным планам подготовки бакалавров и магистров по направлению «Строительство».

Учебное пособие способствует закреплению теоретических знаний, полученных на лекциях, может быть использовано при выполнении курсовых и выпускных квалификационных работ. Ориентировано пособие на бакалавров, магистров, может использоваться как преподавателями строительных вузов, так и инженерами-строителями, работниками изыскательских и проектных организаций в их практической деятельности.

В работе освещены теоретические вопросы и даны примеры оценки конкретных инженерно-геологических ситуаций для различных типов сооружений.

Данная работа позволяет привить будущим бакалаврам и магистрам (направление «Строительство») навыки творческого подхода в строительной практике, понять необходимость сохранения геологической среды (геоэкология), сохранять гармонию проектируемого объекта с природной средой при обеспечении долговечной службы сооружений. Авторы стремились теоретические проблемы тесно связать с практическими задачами в строительстве.

Авторы выражают благодарность инженерам-геологам ПензГИСИЗ за предоставленные исходные материалы по инженерно-геологическим и гидрогеологическим изысканиям в пределах Пензенского региона, за ценные замечания и предложения по содержанию учебного пособия.

Свои пожелания или замечания присылайте по адресу: г. Пенза, ул. Германа Титова, 28, ПГУАС, кафедра «Геотехника и дорожное строительство».

Авторы

ВВЕДЕНИЕ

Инженерная геология – отрасль геологии, изучающая взаимодействие инженерных сооружений с природной геологической средой, а именно развитие природно-технической геосистемы (ПТГС) во времени. Роль инженерной геологии особенно велика при постоянно растущей техногенной нагрузке на геосферы планеты в условиях глобального экологического кризиса и катастрофических масштабов проявления опасных геологических процессов, необходимости проведения строительных работ в сложных инженерно-геологических условиях.

Главной целью инженерной геологии является изучение природной геологической обстановки до начала строительства и прогноз опасных изменений геологической среды в процессе строительства и при эксплуатации сооружения. В современных условиях ни одно здание или сооружение не может быть грамотно спроектировано без наличия достоверных и полных инженерно-геологических материалов.

Учебное пособие «Геотехническая оценка участка строительства в сложных условиях» включает задания и методические указания по следующим видам лабораторных, практических и самостоятельных работ:

1. Построение инженерно-геологических колонок и разрезов по данным буровых скважин и оценка грунтов основания для различных видов строительства.

2. Условия строительства на оползневых склонах. Причины развития гравитационных явлений на склонах.

3. Условия строительства на закарстованных территориях.

4. Условия строительства на просадочных грунтах.

Кроме того, даны указания по составлению пояснительных записок по всем видам работ, приведены примеры составления инженерно-геологических заключений для конкретных условий площадок строительства.

По каждому виду работ сформулированы вопросы для самоконтроля и представлены приложения:

- стратиграфия и геохронологическая шкала;
- инженерно-геологическая оценка грунтов основания по генетическим группам;
- инженерно-геологическая классификация грунтов по ГОСТ 25100-2011;
- схемы грунтов оснований сооружений;
- обоснование инженерно-геологических условий строительства.

Исходные данные к каждой работе характеризуются разной степенью детальности представления материалов:

- основные понятия, ключевые термины по темам;
- таблицы данных и схема расположения выработок с указанием расстояний между ними и фильтрационными характеристиками грунтов;
- топографические и геологические карты с выделением геоморфологических элементов;
- выписки из буровых журналов о составе и мощности толщ грунтов;
- условные обозначения по литологии и генезису горных пород;
- уровни залегания и гидравлическая характеристика подземных вод;
- формы инженерно-геологической колонки и разреза по скважинам;
- примеры геологических, инженерно-геологических разрезов, условий и форм залегания горных пород.

Особое внимание при выполнении работ следует уделять прогнозу изменений геоморфологических, геолого-гидрогеологических условий территорий в процессе строительства и эксплуатации инженерных сооружений, при инженерной подготовке строительных площадок.

Работа №1

ПОСТРОЕНИЕ КОЛОНОК И РАЗРЕЗОВ ПО БУРОВЫМ СКВАЖИНАМ

Навыки обработки данных инженерно-геологических изысканий студент получает при построении колонок и разрезов по буровым скважинам, разверток по шурфам, пройденным на участке предполагаемого строительства. В качестве исходных материалов используются: топографический план участка, схема расположения скважин (рис. 1) и буровой журнал (табл. 1) с послойным описанием пород.

Основные понятия

Инженерно-геологические колонки и разрезы строятся по горным выработкам: буровым скважинам и копаным выработкам (шурфы, канавы, дудки, расчистки). Они являются обязательным приложением к инженерно-геологическим картам и составляются для каждого инженерно-геологического района, участка.

Стратиграфия – последовательность залегания толщ горных пород.

Геохронология – временные отрезки, за которые формируются толщи горных пород.

Буровые скважины – круглые вертикальные или наклонные выработки диаметром обычно 100-150 мм, выполняемые специальным буровым инструментом. В буровых скважинах различают: *устье скважины* – точка на поверхности земли, от которой начинается забуривание; *забой скважины* – дно, окончание бурения.

Буровой журнал – последовательное описание слоев грунтов сверху вниз при проходке буровых скважин или шурфов. Верхняя граница напластования пород называется *кровля*, а нижняя граница – *подошва* слоя. Граница подошвы вышележащего слоя одновременно является кровлей для подстилающего слоя.

Инженерно-геологическая колонка – вертикальное сечение земной коры в точке наблюдения с изображением геологических факторов, необходимых для проектирования. Представляет собой графическое изображение в строгой последовательности слоев грунтов на глубину в принятом масштабе, с указанием мощностей, литологий, возраста, генезиса, кратким описанием состава и состояния грунтов, с уровнями подземных вод, местами отбора проб для определения физико-механических характеристик в лаборатории, графиками зондирования и пр.

Инженерно-геологический разрез – вертикальное сечение участка земной коры с изображением геологических факторов, охарактеризованных в соответствии с требованиями проектирования инженерных

сооружений. Разрез дает общее представление о строении участка на глубину, изменчивости условий по разрезу с пересечением различных геоморфологических уровней или в пределах одного геоморфологического элемента.

Разрез позволяет судить о положении пород в пространстве, их протяженности, выклинивании, линзовидности, а также об истории геологического формирования участка, происхождении пород и рельефа. Разрезы строят по оси сооружения, вдоль несущих стен, по направлению подземного потока, по створу (поперёк) через долину реки или овраг. При выборе направления разреза учитывают размещение проектируемых сооружений, их отдельных частей в каждом конкретном случае.

Инженерно-геологический элемент (ИГЭ) – геологическое тело (пласт, прослой, линза), генетически однородное, для которого можно получить осредненные значения показателей физико-механических свойств грунтов. Например, моренные (ледниковые) суглинки однородны по строительным свойствам в пределах одного региона, и даже небольшая линза песка не окажет заметного влияния на взаимодействие массива грунтов с сооружением. Напротив, аллювиальные (речные) грунты характеризуются невыдержанной слоистостью, включением линз заторфованных отложений, их сжимаемость изменяется в пространстве и по глубине.

Инженерно-геологическая карта – обобщенное изображение на плоскости (топооснове) природных факторов, отобранных в соответствии с требованиями строительства.

Задания

По нескольким скважинам построить инженерно-геологические колонки и разрез между ними.

1.1. Построить в масштабе 1:100 колонку по буровой скважине с указанием данных, необходимых для проектирования (табл. 1, 2). Форма УГ-88 [8].

1.2. Построить инженерно-геологический разрез между скважинами по методу интерполяции, приняв вертикальный масштаб 1:100, а горизонтальный – 1:1000, используя унифицированные условные обозначения по литологии рыхлых и коренных пород (рис. 2). Форма УГ-99 [8].

1.3. Составить пояснительную записку.

Для выполнения задания предлагаются графические материалы: геоморфологическая карта (рис. 1), буровой журнал (табл. 1), условные обозначения (рис. 2), сведения о генезисе и возрасте отложений.

Примечания к буровому журналу

Геоморфологические уровни

Формы поверхности рельефа, или геоморфологические уровни на карте представлены шестью элементами, последовательно поднимающимися над урезом воды в реке:

1 – низкая пойма реки, ежегодно заливаемая в половодье. Высота над урезом воды 0,5–1 м;

2 – высокая пойма реки, заливаемая периодически, через 3–4 года, 11 лет и т.д., отделена уступом высотой в 1–1,5 м над низкой поймой;

3 – первая надпойменная терраса – слабо наклонена в сторону реки, отделена от пойменных террас уступом высотой 2 м;

4 – вторая надпойменная терраса – отделена на юге от поймы уступом высотой 4 м и на севере – от первой террасы до 3 м;

5 – склон моренной равнины на западе карты;

6 – склон коренной возвышенности на востоке площади (правый берег реки).

Геохронологические подразделения

Q_{IV} – современный отдел четвертичного периода (голоцен);

Q_{III} – верхнечетвертичный отдел (верхний плейстоцен);

Q_{II} – среднечетвертичный отдел (средний плейстоцен);

Q_I – нижнечетвертичный отдел (нижний плейстоцен);

Q – нерасчлененный четвертичный период;

K_2 – верхний отдел мелового периода;

K_1 – нижний отдел мелового периода.

Генетические типы отложений

m – морские, коренные породы

a – аллювиальные (речные) отложения;

d – делювиальные (склоновые) отложения;

e – элювиальные образования (зона выветривания);

g – ледниковые, гляциальные (моренные) отложения;

f – водно-ледниковые (флювиогляциальные) отложения;

c – коллювий (грубообломочные) отложения у подножия коренного склона;

dp – деляпсий, оползневые образования у подножия склона;

pd – почвообразования;

t – техногенные (антропогенные) образования: насыпные, искусственные, культурный слой городов.

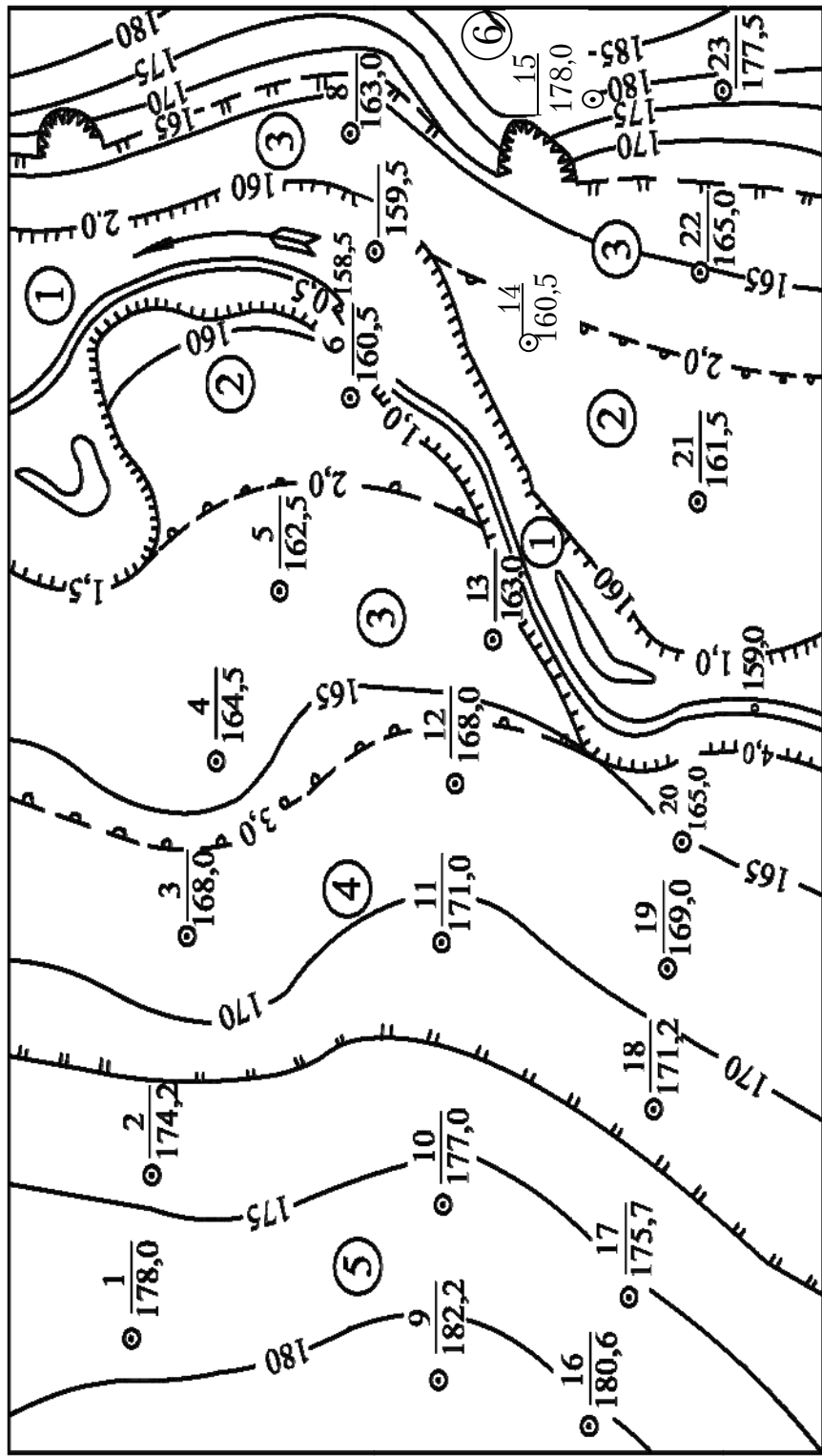


Рис. 1. Геоморфологическая карта М 1: 10000:

Геоморфологические уровни: 1 – низкая пойма реки ; 2 – высокая пойма; 3 – первая надпойменная терраса;

4 – вторая надпойменная терраса; 5 – склон моренной равнины; 6 – коренной берег реки

Границы уровней: **||||** – русло реки; **●-●-●** – уступы террас, их высота; **|||||** – подножие склонов;

⊙ $\frac{1}{171}$ – буровая скважина: в числителе номер, в знаменателе – абсолютная отметка устья; $\frac{159,0}{171}$ – абс. отметка

уреза воды в реке; **▲▲▲** – карьер строительных материалов

Таблица 1

Буровой журнал

Геологический индекс	Номер слоя	Описание пород	Глубина залегания, м	
			от	до
1	2	3	4	5
СКВАЖИНА №1 <i>Абсолютная отметка устья 178,0 м</i>				
pdQ _{IV} fQ _{II} ²	1.	Почвенно-растительный слой	0,0	0,5
	2.	Песок средний с крупными зернами кварца, коричневатого-серый. Вода вскрыта на глубине 1,8 м.	0,5	3,0
gQ _{II} ²	3.	Суглинок тяжелый с гравием кварца, красновато-коричневый, плотный.	3,0	6,0
fQ _{II} ¹	4.	Песок крупный кварцевый красновато-бурый. Слой обводнен, пьезометрический уровень напорных подземных вод на глубине 4,0 м.	6,0	10,0
gQ _{II} ¹	5.	Суглинок валунный, галька и валуны из кристаллических пород Севера. Цвет красно-коричневый.	10,0	12,0
СКВАЖИНА №2 <i>Абсолютная отметка устья 174,0 м</i>				
pdQ _{IV} dQ _{III}	1.	Почвенно-растительный слой	0,0	0,7
	2.	Супесь пылеватая макропористая желтовато-серая. Вода вскрыта на глубине 3,0 м, поднялась на 0,5 м.	0,7	3,5
fQ _{II} ¹	3.	Песок кварцевый крупный красно-коричневый, обводнен.	3,5	7,0
gQ _{II} ¹	4.	Суглинок опесчаненный, с галькой и валунами кристаллических пород. Очень плотный.	7,0	10,0
СКВАЖИНА №3 <i>Абсолютная отметка устья 168,0 м</i>				
pdQ _{IV} aQ _{III} ²	1.	Почвенно-растительный слой	0,0	0,8
	2.	Суглинок легкий гумусирован, прослой песка кварцевого, через 0,5 м. Обводнен с глубины 1 м.	0,8	2,5
aQ _{III} ¹	3.	Песок средний кварцевый, с галькой и гравием местных опок, желтовато-серый.	2,5	5,7
gQ _{II} ¹	4.	Суглинок опесчаненный с галькой и валунами кристаллических пород. Цвет красно-коричневый.	5,7	9,0
fQ _{II} ¹	5.	Песок средний до крупного, гравелистого с галькой из кристаллических пород до 50 %, водоносный.	9,0	12,0

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5
СКВАЖИНА №4				
<i>Абсолютная отметка устья 164,5 м</i>				
pdQ _{IV}	1.	Почвенно-растительный слой	0,0	0,8
aQ _{III} ²	2.	Глина серовато-коричневая с частыми прослоями песка мелкого кварцевого. Грунтовые воды вскрыты на глубине 0,9 м.	0,8	3,5
aQ _{III} ¹	3.	Суглинок слюдястый желтовато-коричневый с прослоями серого песка, ожелезнен, обводнен.	3,5	6,5
aQ _{II}	4.	Песок средний с редким гравием и галькой песчаников опок, зеленовато-серый.	6,5	8,5
fQ _{II} ¹	5.	Песок крупный с галькой и гравием кристаллических пород, желтовато-серый.	8,5	9,5
mK _I	6.	Глина жирная слюдистая темно-серая плотная (коренные породы нижнего отдела мелового периода)	9,5	11,0
СКВАЖИНА №5				
<i>Абсолютная отметка устья 162,5 м</i>				
pdQ _{IV}	1.	Почвенно-растительный слой	0,0	1,0
aQ _{III} ²	2.	Глина пылеватая коричневато-бурая с частыми прослоями мелкого песка. С глубины 1,7 м обводнена.	1,0	3,5
aQ _{III} ¹	3.	Суглинок слюдястый желтовато-коричневый с прослоями песка, обводнен.	3,5	6,0
aQ _{II}	4.	Песок средний с галькой песчаников, опок в нижней части слоя, темно-серый.	6,0	8,5
mK _I	5.	Глина жирная слюдистая темно-серая (водоупор).	8,5	10,0
СКВАЖИНА №6				
<i>Абсолютная отметка устья 160,5 м</i>				
aQ _{IV}	1.	Песок мелкий илистый темно-серый, гумусирован. Обводнен с глубины 0,7 м.	0,0	2,6
aQ _{III} ²	2.	Песок зеленовато-серый со слоями глины серой, с включением растительных остатков, водонасыщен.	2,6	5,6
aQ _{III} ¹	3.	Песок средний глауконитовый зеленовато-серый с гравием и галькой песчаников.	5,6	7,0
mK _I	4.	Глина темно-серая жирная слюдистая (водоупор).	7,0	8,5
СКВАЖИНА №7				
<i>Абсолютная отметка устья 159,5 м</i>				
aQ _{IV}	1.	Ил опесчаненный темно-серый. В верхней части толщи прослой торфа мощностью 0,3-0,5 м. Грунтовые воды вскрыты на глубине 0,5 м.	0,0	4,5
aQ _{III} ¹	2.	Песок средний глауконитовый зеленовато-серый с гравием и галькой песчаников.	4,5	6,5
mK _I	3.	Глина темно-серая жирная слюдистая (водоупор).	6,5	8,0

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5
СКВАЖИНА №8				
<i>Абсолютная отметка устья 163,0 м</i>				
pdQ _{IV}	1.	Почвенно-растительный слой	0,0	1,1
aQ _{III} ²	2.	Глина песчанистая ожелезненная темно-желтая с редкими линзами песка. Грунтовые воды вскрыты на глубине 2,0 м.	1,1	5,6
aQ _{II}	3.	Песок средний до крупного темно-серый с галькой песчаников в нижней части слоя.	5,6	9,5
mK ₁	4.	Глина жирная слюдистая темно-серая с тонкими прослоями глауконитового песка (водоупор).	9,5	11,0
СКВАЖИНА №9				
<i>Абсолютная отметка устья 182,2 м</i>				
pdQ _{IV}	1.	Почвенно-растительный слой	0,0	0,8
fQ _{II} ²	2.	Песок разнотернистый с гравием кварца, желтовато-серый, с глубины 2,2 м обводнен.	0,8	5,2
gQ _{II} ²	3.	Суглинок песчаный с включениями гравия кристаллических пород, коричневый, плотный.	5,2	9,2
gQ _{II} ¹	4.	Глина песчанистая с гравием кристаллических пород красновато-коричневая.	9,2	10,5
eQ _I (K ₂)	5.	Глина ожелезненная, рыжеватая-серая, трещиноватая.	10,5	12,0
mK ₁	6.	Глина серая жирная, очень плотная.	12,0	13,0
СКВАЖИНА №10				
<i>Абсолютная отметка устья 177,0 м</i>				
pdQ _{IV}	1.	Почвенно-растительный слой	0,0	1,0
gQ _{II} ²	2.	Суглинок с включениями гравия кристаллических пород, красно-коричневый.	1,0	4,2
gQ _{II} ¹	3.	Глина песчанистая с гравием кристаллических пород красновато-коричневая.	4,2	7,0
eQ _I (K ₂)	4.	Глина ожелезненная, коричневатая-серая, трещиноватая.	7,0	10,0
mK ₁	5.	Глина серая жирная, очень плотная. Водоносные слои не вскрыты.	10,0	12,0
СКВАЖИНА №11				
<i>Абсолютная отметка устья 171,0 м</i>				
pdQ _{IV}	1.	Почвенно-растительный слой.	0,0	1,0
aQ _{III} ¹	2.	Суглинок опесчаненный коричневый, ожелезнен.	1,0	4,5
aQ _{III} ¹	3.	Песок мелкий зеленовато-серый, с примесью глауконита, с редкими прослоями глины темно-серой. Обводнен, подъем уровня воды после вскрытия до глубины 2,5 м.	4,5	7,5
aQ _{II}	4.	Песок крупный кварцево-глауконитовый с галькой и гравием песчаников, зеленовато-серый.	7,5	10,0
mK ₁	5.	Глина жирная слюдистая темно-серая плотная.	10,0	11,0

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5
СКВАЖИНА №12				
<i>Абсолютная отметка устья 168,0 м</i>				
pdQ _{IV}	1.	Почвенно-растительный слой.	0,0	1,5
aQ _{III} ¹	2.	Глина слюдистая коричневая с пятнами ожелезнения.	1,5	3,0
aQ _{III} ¹	3.	Песок мелкий зеленовато-серый, с примесью глауконита, с редкими прослоями глины темно-серой. Слой обводнен, после вскрытия вода поднялась на глубину 2,0 м.	3,0	5,5
aQ _{II}	4.	Песок крупный кварцево-глауконитовый с галькой и гравием песчаников, зеленовато-серый.	5,5	8,0
mK ₁	5.	Глина жирная слюдистая темно-серая, плотная.	8,0	9,0
СКВАЖИНА №13				
<i>Абсолютная отметка устья 163,0 м</i>				
pdQ _{IV}	1.	Почвенно-растительный слой	0,0	1,1
aQ _{III} ²	2.	Глина пылеватая серовато-коричневая с частыми прослоями мелкого песка, водонасыщенная.	1,1	3,0
aQ _{III} ²	3.	Суглинок желтовато-коричневый с прослоями песка, обводнен.	3,0	5,0
aQ _{III} ¹	4.	Песок мелкий и средний темно-серый с гравием опок, обводнен.	5,0	7,0
mK ₁	5.	Глина жирная слюдистая темно-серая (водоупор).	7,0	8,0
СКВАЖИНА №14				
<i>Абсолютная отметка устья 160,5 м</i>				
aQ _{III} ²	1.	Песок мелкий илистый темно-серый (гумусирован), в верхней части толщи линзы торфа, мощность которых 0,3-0,5 м. Вода вскрыта на глубине 0,6 м.	0,0	2,0
aQ _{III} ²	2.	Песок разномелкий, гравелистый (до 40%), зеленовато-серый, водонасыщен.	2,0	3,5
fQ _{II} ¹	3.	Гравийно-галечные отложения с песчаным заполнителем водоносные.	3,5	5,5
mK ₁	4.	Глина серая, плотная (водоупор).	5,5	7,0
СКВАЖИНА №15				
<i>Абсолютная отметка устья 178,0 м</i>				
pdQ _{IV}	1.	Почвенно-растительный слой	0,0	0,5
dQ _{III}	2.	Суглинок лессовидный макропористый с редкой дресвой песчаников в низах слоя.	0,5	3,0
dQ _{III}	3.	Суглинок плотный с карманами дресвы местных песчаников.	3,0	6,0
eQ _I (K ₂)	4.	Песок средний до крупного кварцевый с прослоями трещиноватых опоковых песчаников по 3-5 см мощностью, обводнен.	6,0	8,0
mK ₂	5.	Песок с частыми прослоями опоковых песчаников мощностью до 0,5 м, водоносный.	8,0	16,0
mK ₁	6.	Глина серовато-коричневая плотная (водоупор).	16,0	17,0

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5
СКВАЖИНА №16				
<i>Абсолютная отметка устья 180,6 м</i>				
tQ_{IV}	1.	Насыпной слой (строительный мусор).	0,0	1,5
fQ_{II}^2	2.	Глина тощая пылеватая, буровато-коричневая.	1,5	2,8
fQ_{II}^1	3.	Песок средний с галькой и гравием кристаллических пород желтовато-серый, обводнен.	2,8	7,6
gQ_{II}^1	4.	Суглинок песчанистый с гравием кристаллических пород (моренный), красновато-коричневой окраски (водоупор).	7,6	10,5
СКВАЖИНА №17				
<i>Абсолютная отметка устья 175,7 м</i>				
pdQ_{IV}	1.	Почвенно-растительный слой	0,0	0,7
fQ_{II}^2	2.	Песок мелкий глинистый красновато-коричневый. Вода вскрыта на глубине 1,5 м.	0,7	3,5
gQ_{II}^2	3.	Суглинок валунный с галькой и валунами кристаллических пород красновато-коричневый моренный (водоупор).	3,5	4,5
fQ_{II}^1	4.	Песок разнотернистый с гравием и галькой северных и местных пород, обводнен.	4,5	7,6
gQ_{II}^1	5.	Суглинок песчанистый с галькой и гравием кристаллических пород, плотный.	7,6	10,0
СКВАЖИНА №18				
<i>Абсолютная отметка устья 171,2 м</i>				
pdQ_{IV}	1.	Почвенно-растительный слой.	0,0	0,6
aQ_{III}^1	2.	Суглинок пылеватый с редкими прослоями песка, желто-коричневый. Вода вскрыта на глубине 1,2 м.	0,6	3,2
aQ_{II}^2	3.	Песок мелкий кварцевый с гравием и галькой местных пород, желтовато-серый.	3,2	6,0
gQ_{II}	4.	Суглинок плотный с галькой и валунами кристаллических пород (водоупор).	6,0	8,0
fQ_{II}^1	5.	Песок крупный с галькой кристаллических пород водоносный.	8,0	10,0
mK_1	6.	Глина жирная слюдистая темно-серая, плотная.	10,0	12,0
СКВАЖИНА №19				
<i>Абсолютная отметка устья 169,0 м</i>				
pdQ_{IV}	1.	Почвенно-растительный слой.	0,0	0,7
aQ_{III}^1	2.	Глина слюдистая коричневая.	0,7	1,5
aQ_{III}^1	3.	Суглинок желто-коричневый с прослоями песка. с глубины 2 м обводнен.	1,5	4,0
aQ_{II}^2	4.	Песок средний с гравием и галькой песчаника зеленовато-серый.	4,0	6,5
fQ_{II}^1	5.	Песок крупный с галькой кристаллических пород.	6,5	9,0
$eQ_I(K_2)$	6.	Глина песчанистая, слабовлажная.	9,0	10,0
mK_1	7.	Глина жирная слюдистая темно-серая, плотная.	10,0	12,0

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5
СКВАЖИНА №20				
<i>Абсолютная отметка устья 165,0 м</i>				
pdQ _{IV}	1.	Почвенно-растительный слой.	0,0	0,8
aQ _{III} ¹	2.	Глина пылеватая желто-коричневая, с глубины 1,8 м обводнена.	0,8	2,0
aQ _{II} ²	3.	Песок мелкий зеленовато-серый с прослоями глины серой (примерно через 0,5 м), обводнен.	2,0	5,5
fQ _{II} ¹	4.	Гравийно-галечные отложения с песчаным заполнителем, водоносные.	5,5	7,0
eQ _I (K ₂)	5.	Глина серая известковистая с прослоями песка, обводнен.	7,0	8,5
mK ₁	6.	Глина слюдистая темно-серая, плотная (водоупор).	8,5	10,0
СКВАЖИНА №21				
<i>Абсолютная отметка устья 161,5 м</i>				
aQ _{III} ²	1.	Песок илистый темно-серый, гумусирован, с прослоями супеси. Вода вскрыта на глубине 0,7 м.	0,0	2,5
aQ _{III} ²	2.	Песок мелкий, средний зеленовато-серый, водонасыщен.	2,5	4,2
fQ _{II} ¹	3.	Гравийно-галечные отложения с песчаным заполнителем до 40 %, обводнены.	4,2	6,5
mK ₁	4.	Глина известковистая темно-серая плотная.	6,5	8,0
СКВАЖИНА №22				
<i>Абсолютная отметка устья 165,0 м</i>				
pdQ _{IV}	1.	Почвенно-растительный слой	0,0	0,7
aQ _{III} ¹	2.	Суглинок желтовато-серый с линзами мелкого песка. Вода вскрыта на 1,5 м.	0,7	2,2
aQ _{II} ²	3.	Песок средний с галькой и гравием песчаников.	2,2	4,5
fQ _{II} ¹	4.	Гравий и галька кристаллических пород с песчаным заполнителем, обводнены.	4,5	6,5
eQ _I (K ₂)	5.	Глина опесчаненная желтовато-серая, слабовлажная.	6,5	7,5
mK ₁	6.	Глина жирная слюдистая темно-серая плотная (водоупор).	7,5	9,0
СКВАЖИНА №23				
<i>Абсолютная отметка устья 177,5 м</i>				
pdQ _{IV}	1.	Почвенно-растительный слой	0,0	1,0
dQ _{III}	2.	Суглинок лессовидный макропористый с дресвой и щебнем песчаников в основании слоя, с черными пятнами гидроокислов Mn.	1,0	6,0
dQ _{III}	3.	Дресвяно-щебенистые склоновые образования с супесчаным заполнителем.	6,0	8,0
cQ _{III}	4.	Песок мелкий илистый плотный зеленовато-серый с прослоями кремнистых песчаников мощностью по 2-5 см (коренные породы верхнего отдела мелового периода). Толща обводнена.	8,0	18,0
mK ₂	4.			
mK ₁	5.	Глина жирная слюдистая темно-серая плотная (водоупор).	18,0	20,0









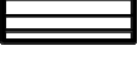
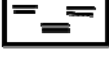





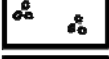
















<u>Рыхлые грунты</u>		<u>Особенности грунтов</u>	
	Почвенно-растительный слой		Примесь растительных остатков
	Насыпной слой		Гумусированность
	Торф		Пылеватость
	Ил		Глинистость
	Глина		Слюдистость
	Суглинок		Железистость
	Супесь		Известковистость
	Песок мелкий или средний		Примесь глауконита
	Песок крупный или гравелистый		Суглинок с прослоями песка
	Гравий (гравийный грунт)		Песок с гравием и галькой
	Галька (галечниковый грунт)		Ил опесчаненный
	Дресва (дресвяный грунт)		Суглинок с гнездами песка
	Щебень (щебенистый грунт)		Суглинки и супеси, в переслаивании
	Валуны		Пески и глины в переслаивании
<u>Коренные породы</u>			Суглинки валунные
	Песчаники		Суглинок опесчаненный
	Глины плотные		

Рис. 2. Условные обозначения

Примечания к условным обозначениям:

1. В зависимости от описания грунта в буровом журнале можно построить обозначения для толщи грунтов любого состава, дополняя основную штриховку указанной в журнале породы редко расположенными значками, отражающими особенности грунтов (см. правый столбец рис.2).

2. Линзовидное залегание грунта изображают в виде овального геологического тела с уменьшением мощности по краям.

Методические рекомендации


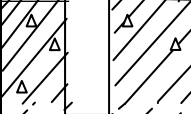
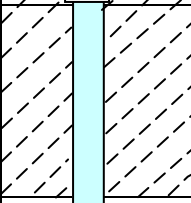
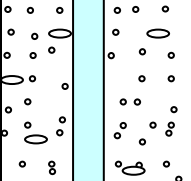

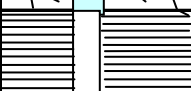
1.1. Построение инженерно-геологической колонки

Данные для построения колонок получают из буровых журналов, оформляя в виде таблицы (см. табл.2). Схема буровой скважины приведена на рис.3.

Таблица 2

**ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ КОЛОНКА
СКВАЖИНА № 8**

Абсолютная отметка устья 165,0 м. Дата _____

Геологический индекс	Номер слоя п/п	Подшва слоя, м		Мощность слоя, м	Колонка (разрез), диаметры скважины 207 мм устье	Описание грунтов	Уровень подземных вод, м		Примечания	
		Абсолютная отметка	Глубина				Появившийся	Установившийся		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Четвертичная система Q	pd Q _{IV}	1	164.0	1.0	1.0		Почвенно-растительный слой			Местный напор, сезонные колебания
	Верх дел dQ _{III}	2	162.0	3.0	2.0		Суглинок с дресвой, бурый тугопластичный	162.0	162.5 ↑ 2.5	
	Средний отдел, аллювий aQ _{II}	3	159.0	6.0	3.0		Супесь желто-серая текучая, водонасыщенная	3.0		
		4	156.0	9.0	3.0		Песок разнозернистый кварцевый желтый с галькой местных пород, водоносный			
	Нижне Q	5	155.0	10.0	1.0		Глина серая трещиноватая	155.0	155.0	
Верхний мел K ₂	6	153.0	12.0	2.0		Глина темно-серая плотная	10.0	10,0	Водоупор	

127 мм забой

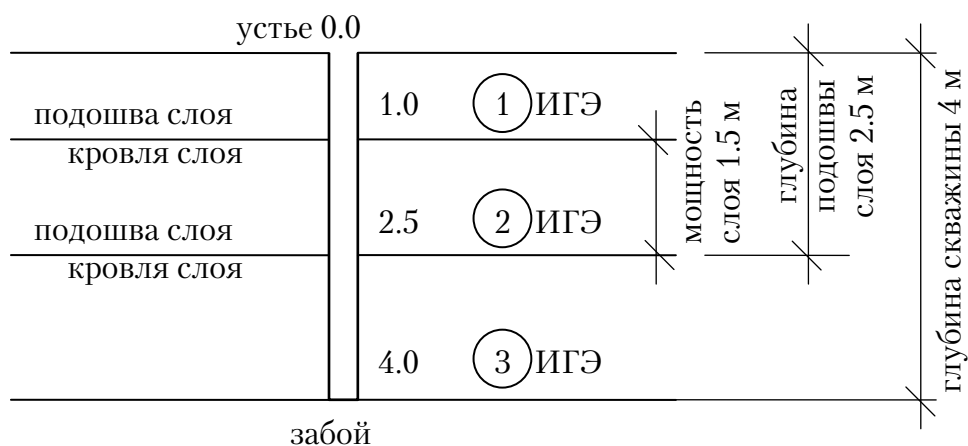


Рис. 3. Схема буровой скважины

На названия вертикальных граф («шапка» колонки) достаточно отвести 4 см. Вертикальный масштаб колонки принимают 1:100. Размеры рабочей части колонки по вертикали зависят от глубины скважины (например, глубина скважины 10 метров, высота рабочей части колонки 10 см). Итого вертикальный размер колонки 14 см.

Ширина рисованной колонки составляет от 16 до 20 см и более, если включать графики зондирования, свойств грунтов.

Над таблицей (по центру) указывают наименование и номер выработки, слева – абсолютную отметку устья, справа – дату бурения, т.к. необходим учет сезонности производства работ, в связи с колебаниями уровней залегания подземных вод.

Графы 1 и 2 «Геологический индекс» и «Номер слоя» – заполняются после ознакомления с возрастом и генезисом слоев по буровому журналу. Если все слои имеют одинаковую индексацию, т.е. один возраст и генезис (происхождение пород), снизу вверх через всю графу пишут наименование геологического подразделения, системы или отдела, а также индекс в цифровом и буквенном обозначении (см. прил. 1). Если слои разновозрастные, то графу делят по вертикали на число отрезков, соответствующих количеству систем, отделов и слоев разного генезиса, в масштабе.

Графы 3 «Абсолютная отметка» и 4 «Глубина» объединены под названием «Подошва слоя». Сначала в графе 4 откладываем каждый раз от уровня устья скважины («шапка» таблицы) последовательным наложением отрезки глубины подошвы слоя (из последней графы «до» бурового журнала). Отметка забоя скважины должна совпасть с нижней границей колонки. Абсолютную отметку подошвы слоя получают при вычитании из абсолютной отметки устья скважины глубины залегания подошвы слоя.

Графа 5 «*Мощность слоя*» – или толщина слоя, равна разности глубин подошв двух соседних слоев или разности цифр по графам «от» и «до» бурового журнала. Мощность последнего слоя считается не полной, а «вскрытой», т.к. линия забоя не является границей напластования.

Графа 6 «*Разрез*», или колонка (ширина графы по чертежу 3 см). По центру разреза проводят две параллельные линии на расстоянии 2 мм (скважина). Линии слоев не должны пересекать вертикальные стенки скважины и графы 8 и 9. Выработка может быть заполнена воздухом (без штриховки) или водой (заштрихована). Слои в колонке заполняют в соответствии с условными обозначениями (рис.2). *Примеси* наносят на основную штриховку грунта редкими значками. *Прослой* выполняют параллельными горизонтальными линиями в 1 мм (2-3 прослоя на 2 см мощности основного слоя), заполняя их соответствующим крапом, затем наносят штриховку основного грунта.

Графа 7 – «*Описание грунтов*» – из бурового журнала приводят названия грунта по строительной классификации, состав, наличие прослоев, включений, примесей, т.е. все, что влияет на поведение грунтов основания под сооружением. Сведения в графе могут быть записаны в сокращенном виде, а не в развернутом, как в буровом журнале.

Графы 8 и 9 – «*Уровень подземных вод*»: слева – появившийся при вскрытии, справа – установившийся. Разделение этих граф по вертикали на слои пород недопустимо.

В тексте бурового журнала глубина залегания подземных вод может быть указана в метрах или отмечено обводнение слоя. В этом случае глубина залегания подземных вод соответствует глубине кровли водоносного пласта. Горизонтальные линии проводят в графе 8 на глубине появления подземной воды или по кровле обводненного слоя.

В графе 9 эти линии поднимают на высоту подъема, или напора воды (пьезометрический уровень обозначают штрихпунктирной линией). Над чертой в каждой из граф указывают абсолютную отметку уровня подземных вод или напора, а под чертой – глубину появления или установления уровня.

В графах 8 и 9 отмечают границы водоупорных пластов в кровле и подошве водоносных слоев или горизонтов, с указанием абсолютных отметок и глубин залегания.

В графе 10 – «*Примечания*» указывают возможные опасные процессы в грунтах, вскрытых скважиной, рекомендуемые методы исследования, физико-механические характеристики грунтов, состояние пород и пр.

1.2. Построение инженерно-геологического разреза

1.2.1. Между заданными по варианту скважинами строится разрез, горизонтальный масштаб которого крупнее масштаба карты-схемы. Для выполнения данной работы предлагается принять горизонтальный масштаб 1:1000, а вертикальный – 1:100. Соотношение горизонтального и вертикального масштабов на практике различно: для промышленных предприятий – 1:1, для отдельных зданий – 1:2, для прочих сооружений – не более 1:10.

Длина разреза соответствует расстоянию между выработками по карте, при корректировке масштаба для разреза рекомендуется принять расстояние между двумя скважинами не менее 12-15 см.

1.2.2. Размах вертикальной шкалы разреза определяют как разность между наибольшей абсолютной отметкой устьев и наименьшей абсолютной отметкой забоев скважин. Шкалу вертикального масштаба разделяют на равные отрезки с указанием отметок в целых числах (в 1 см – 1 м).

1.2.3. На один сантиметр ниже минимальной отметки забоев скважин строят таблицу из трех горизонтальных граф по всей длине разреза, начиная на 3 см левее от вертикальной шкалы: верхняя горизонтальная графа – «Абсолютная отметка устья, м»; средняя графа – «Глубина скважины, м»; нижняя графа – «Расстояние, м».

1.2.4. На миллиметровой бумаге строят профиль рельефа, ориентируясь по горизонталям топоосновы, абсолютным отметкам устьев скважин, учитывая уступы между геоморфологическими элементами, показанные на карте условными линиями (рис. 4).

1.2.5. На профиль наносят скважины сплошными вертикальными линиями, надписывая их номера над линией профиля, например, С-2.

С внешних сторон стволов скважин, наносят слои грунтов в условных обозначениях с уже построенных колонок.

1.2.6. Послойный разрез между скважинами начинают строить с установления возрастных границ по периодам и отделам, затем границ генетических комплексов (см. примечания к буровому журналу и прил. 1). Литологические разности грунтов изображают в соответствии с условными обозначениями (см. рис. 2) по всей длине слоев.

При анализе условий залегания четвертичных рыхлых отложений следует обращать особое внимание на элементы геоморфологии, особенности генетических разностей (прил. 2):

- склоновые, или делювиальные отложения изменяются по мощности от нуля в верхней части склона до нескольких метров к его подножию. На ровной поверхности террас делювий выклинивается;
- речные, или аллювиальные отложения характеризуются горизонтальным, согласным с поверхностью террасы залеганием. Кровлю

каждого слоя всегда изображают горизонтальной линией, а подошву в виде вогнутой линии раздела между вложенными террасами. Подошву (нижнюю границу террасы) проводят от уступа более древней террасы вниз, под отложения молодой террасы;

- ледниковые, или гляциальные образования (моренные, флювиогляциальные) могут облекать любые формы рельефа, их мощность различна на коротких расстояниях. Среди моренных валунных суглинков часто встречаются линзы песчано-гравийно-галечниковых водно-ледниковых (флювиогляциальных) отложений;

- элювиальные образования (продукт растрескивания и химического изменения коренных пород) остаются на месте залегания коренной, или «материнской» породы. Граница элювия и коренной неизменной породы неровная, ее рекомендуется проводить пунктирной волнистой линией. Для изображения элювия на условный знак коренной породы наносят беспорядочные трещины;

- морские коренные породы (меловой период) в пределах платформ залегают горизонтально или с небольшим наклоном. Граница с покровом рыхлых осадков четвертичного периода нередко причудливо изогнута, неровная из-за процессов выветривания и эрозии.

1.2.7. Подземные воды по уровню залегания на разрезах изображают слева от ствола скважин в виде дроби, вверху ставят цифру абсолютной отметки уровня, внизу – глубину вскрытия воды. Напор воды изображают вертикальной стрелкой, направленной вверх от глубины вскрытия водоносного пласта. Длина стрелки в вертикальном масштабе разреза соответствует величине напора водоносного пласта в метрах.

1.2.8. Отметки глубин залегания грунтовых вод между скважинами соединяют пунктирной линией, наклон которой соответствует направлению потока. Напор (пьезометрический уровень) по одной скважине рисуют горизонтальной пунктирной линией с точками до середины расстояния между скважинами.

1.2.9. Над разрезом, по сторонам его, указывают положение относительно сторон света (С–Ю или З–В). В центре, под названием разреза, указывают масштабы, а над каждой скважиной пишут ее номер, С-2.

1.3. Пояснительная записка:

«Инженерно-геологические условия строительства»

Анализ инженерно-геологических условий строительства включает геоморфологическую, геолого-гидрогеологическую оценки природной обстановки с целью рекомендаций типов фундаментов, технологии производства работ, прогноза опасных геологических процессов.

1.3.1. Состав пояснительной записки

Каждый студент составляет пояснительную записку по конкретному участку карты согласно своему варианту.

1. **Расположение участка строительства:** относительно сторон света, размеры его по протяженности и ширине, в зависимости от характера сооружения.

2. **Геоморфология:** происхождение (генезис) рельефа, его формы, направления протяженности данного элемента (склона, террасы реки, плато) вкrest или вдоль простираия.

3. **Геологическое строение участка:** приводят наименования и мощности слоев по разрезу, сверху вниз, их выдержанность в пространстве, наличие линз другого состава, возрастные толщи и генетические типы отложений, их геологический индекс (прил.1).

4. **Гидрогеология участка:** перечисляют *типы* подземных вод на участке, *глубины* их залегания, *водоёмкие* слои и горизонты. Приводят общую мощность водоносной толщи, отмечают водоупорные слои, их состав, возраст, выдержанность по разрезу, глубину вскрытия, гидравлические особенности.

5. **Прогноз опасных инженерно-геологических процессов,** природных и связанных со строительной деятельностью человека.

6. **Инженерно-геологические условия строительства** различных сооружений (прил.1, 2, 3):

- класс грунтов по ГОСТ 25100-2011;
- характер сжимаемости грунтов под нагрузкой, степень неоднородности процесса, выделение слабых грунтов и несущих слоев;
- оценка грунтов как оснований зданий и сооружений, изменение поведения грунтов как среды при прокладке различных коммуникаций.

Выводы. Дать оценку инженерно-геологических условий участка строительства конкретного сооружения по следующим пунктам:

- составить схему грунтового основания по своему варианту, с выделением инженерно-геологических элементов (рис. 5);
- дать оценку изменчивости грунтов по глубине и протяженности;
- определить благоприятные, условно благоприятные или неблагоприятные условия строительства (прил.4);
- рекомендовать типы фундаментов в зависимости от схемы грунтов основания и оценки несущей способности каждого слоя;
- дать рекомендации по защите от опасных процессов.

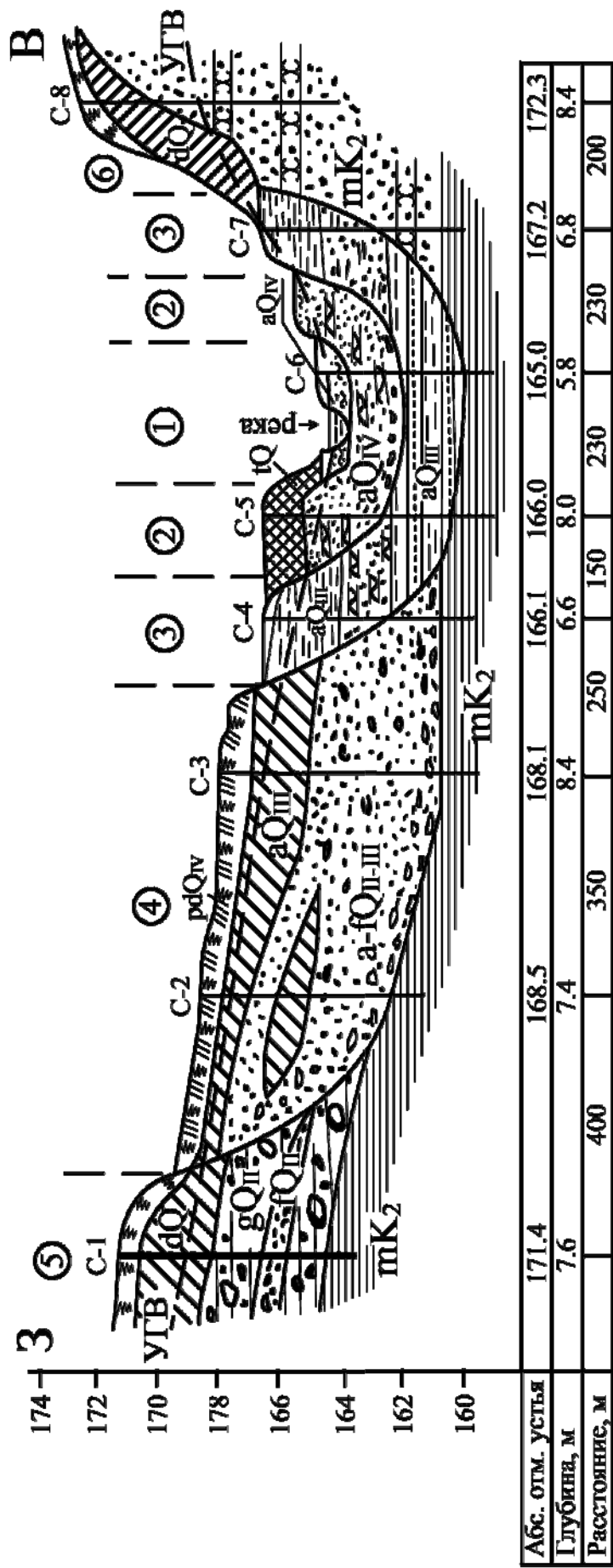


Рис. 4. Инженерно-геологический разрез по результатам бурения:
 а – геоморфологические: 1 – низкая пойма реки; 2 – высокая пойма; 3 – первая надпойменная терраса;
 4 – вторая надпойменная терраса; 5 – склон моренной равнины; 6 – коренной берег реки;
 б – литологические (см. рис. 4):
 в – гидрогеологические: — — — — — УГВ – уровень грунтовых вод;
 - - - - - УНП – уровень напора подземных вод

1.4. Общие сведения о районе изысканий

Расположение участка строительства относительно сторон света, размеры его по протяженности и ширине в зависимости от характера сооружения. Указывают абсолютные отметки поверхности, относительные превышения, уклоны по конкретному участку строительства.

Например, участок строительства расположен на северо-востоке территории. Протяженность участка 600 метров, ширина – для здания 25 м, для трассы – 15 м. Абсолютные отметки изменяются от 163 до 161 метра, превышение 2 м, уклон $i = 2/600 = 0,003$ – естественный сток обеспечен.

Геоморфология. Изучаемый район расположен в долине реки, протекающей с юга на север. Правый, восточный берег реки крутой, левый – поднимается пойменными и надпойменными террасами к подножию склона моренной равнины на западе. Всего на карте могут быть выделены 6 геоморфологических элементов: низкая пойма, высокая пойма, первая надпойменная (I н/п) терраса, вторая (II н/п) надпойменная, склон моренной равнины, коренной склон водораздела. Террасы слабо наклонены к руслу реки, отделены друг от друга уступами высотой от 1 до 4 метров.

Абсолютные отметки поверхностей изменяются в пределах карты от 185,0 м до 158,5 м (урез воды в реке). Относительные превышения составляют на отдельных участках от 2 до 4 м. В целом размах высот по карте достигает 26 м. Уклоны поверхности речных террас до 0,003, склона моренной равнины – 0,05 и коренного склона правого берега до 0,25, что важно для оценки поверхностного стока вод и характера эрозионного размыва грунтов.

Геологическое строение. Восточный склон сложен коренными породами мелового возраста: пески с прослоями кремнистых песчаников верхнего отдела мелового периода K_2 – вскрытая мощность 8-10 м, которые подстилаются глинами плотными нижнего отдела мелового периода K_1 . Склон выположен делювиальными суглинками с дресвой и щебнем местных песчаников, мощность 2-8 м.

Западный берег долины реки слагают породы четвертичного периода аллювиального aQ_{II-IV} песчано-гравийные, песчано-илистые с прослоями и линзами торфа отложения. По западу карты склон моренной равнины слагают гляциальные gQ_{II} валунные суглинки и глины и флювиогляциальные fQ_{II} песчаные, гравийно-галечные отложения. Общая мощность четвертичных отложений до 15 м.

Гидрогеологические условия. Водовмещающими (коллекторы) породами служат четвертичные отложения и коренные породы. Под-

земные воды типа грунтовых и межпластовых вод залегают в песчано-глинистых и гравийно-галечных речных отложениях, а в виде линз – в гравийно-галечных водно-ледниковых отложениях. Воды безнапорные, иногда обладают местным напором в 1-2,5м.

Водоупорами служат ледниковые валунные суглинки или коренные глины. Водоносной является также толща песков верхнего мела. Единым водоупором для всей водоносной толщи служат глины темно-серые жирные плотные нижнего мела.

Особенности подземных вод: ровная поверхность уровня грунтовых вод (УГВ) – *бассейн*; наклонная поверхностью УГВ – *поток*, для которого указывают направление, напорный градиент, характер (плоский, сходящийся и расходящийся, радиальный).

Для оценки возможности загрязнения отмечают условия залегания водоносной толщи: *безнапорные воды* с открытой поверхностью питания или с местным напором подвержены активному поверхностному загрязнению; *напорные*, перекрытые сверху водоупором, защищены от загрязнения, тем надежнее, чем больше мощность и выдержанность водоупорного слоя в кровле пласта.

В заключение рассчитывают единичный расход потока [7].

Прогноз опасных инженерно-геологических процессов. Под влиянием строительства и эксплуатации сооружений происходят различные изменения в грунтах.

В изучаемом районе возможны следующие опасные процессы:

- пьезометры – в аллювиальных водонасыщенных грунтах, особенно при гидростатическом напоре и при откачках из скважин;
- суффозия – в песчано-глинистых грунтах любого генезиса может развиваться при откачках из скважин и на границах слоев разного состава при высоких гидравлических напорах;
- оплывины, оползни – возможны по уступам геоморфологических уровней и на склонах, особенно у подножия коренного склона на участках карьеров;
- просадки (доуплотнение пылевато-глинистых грунтов при замачивании) – возможны на макропористых суглинках делювиальных пологих склонов и в пределах высоких террас реки;
- тиксотропность (разжижение глинистых грунтов при динамических воздействиях и возвращение в прежнее состояние после снятия нагрузки) – проявление возможно при движении транспорта, работе строительных механизмов (вибраторов), при земляных работах, с временной потерей несущей способности грунтов;
- осадка поверхности – происходит под нагрузкой от крупных сооружений за счет уплотнения грунтов. Допустимая осадка может достигать 10-40 см, в зависимости от категории сооружения.

При проходке котлованов, траншей, создании выемок, при таянии снега, ливневых осадках все процессы активизируются.

Местные строительные материалы. В качестве местных строительных материалов могут быть использованы плотные моренные суглинки, песчано-гравийные водно-ледниковые и аллювиальные отложения, щебень кремнистых песчаников, пески и глины мелового возраста, а также торф.

Инженерно-геологические условия строительства. Наиболее благоприятными грунтами являются моренные валунные суглинки, которые практически не дают осадки под любой нагрузкой. Водно-ледниковые песчано-гравийно галечные отложения служат хорошим фильтрующим основанием сооружений, однако могут уплотняться при динамических нагрузках. Аллювиальные грунты отличаются сильной и неравномерной сжимаемостью в зависимости от дисперсности, характера переслаивания, линзовидности залегания грунтов, наличия органики и степени водонасыщения.

Категории инженерно-геологических условий. Инженерно-геологические условия (ИГУ) строительства оценивают по трем категориям: простые, средние и сложные.

Простые ИГУ – горизонтальная нерасчлененная поверхность, не более 2-х выдержанных по мощности литологических слоев на глубину сферы влияния сооружения, физико-механические характеристики выдержаны по площади и незначительно меняются с глубиной. Один выдержанный пласт (горизонт) грунтовых вод. Расстояние между точками наблюдения, шурфами или скважинами 50-100 м.

Средние ИГУ – поверхность с небольшим уклоном, осложнена балками, мелкими оврагами (слабо расчлененная), не более 4-х литологических слоев в пределах основания сооружения, которые могут выклиниваться, залегать наклонно. Физико-механические характеристики изменяются в плане и по глубине залегания. Два и более выдержанных горизонта подземных вод с неоднородным химическим составом, агрессивных, напорных. Развиты опасные геологические процессы. Расстояние между точками наблюдения, шурфами или скважинами сгущается до 30-50 м.

Сложные ИГУ – сильно расчлененный рельеф, более 4-х слоев грунта (т.е. разные ИГЭ), резкое изменение их по мощности, неоднородность свойств в плане и в разрезе. Пласты подземных вод переменной мощности выклиниваются, встречаются линзы верховодки, купола грунтовых вод техногенного происхождения, развиты опасные геологические процессы.

Программа инженерно-геологических изысканий. Для стадии рабочих чертежей РЧ при оценке условий для городского строительства следует составить рабочую программу детальных изысканий. Наметить количество и распределение на конкретном участке буровых скважин, шурфов и объем лабораторных исследований грунтов. Расстояние между точками наблюдения, шурфами или скважинами составляет 10-15 м. Шурфы проходят в аллювиальных грунтах при сложном залегании слоев. Глубина исследования для гражданского строительства 20-25 м, для промышленных объектов до 50 м, особенно при использовании подземного пространства, для линейных сооружений 5-7 м.

В лабораторию направляют монолиты грунтов для определения физических характеристик плотности, естественной влажности, степени влажности, пределов пластичности, пористости, показателю текучести (консистенции), по 4-6 определений на ИГЭ. Механические характеристики деформируемости (модуль деформации, коэффициент сжимаемости) и прочности (угол внутреннего трения и удельное сцепление) грунтов – по 2-3 определения на ИГЭ (прил.3).

Схемы грунтового основания (рис. 5, пример).

Схему создают на основании инженерно-геологического разреза по конкретному участку карты, по вариантам.

ИГЭ-1 – глинистая толща (объединяют слои глин, суглинков и супесей), мощностью 3,0 м на западе до 2,5 на востоке, сильно и неравномерно сжимаемая, глинистость увеличивается к западу участка;

ИГЭ-2 – песчано-гравийная толща, мощностью от 1,5 на западе и до 2 м на востоке, грунты практически несжимаемые, водонасыщенные, хорошо фильтруют воду, предупреждают подтопление;

ИГЭ-3 – коренные плотные глины – основной несущий слой и водоупор, залегают горизонтально на глубине 5,5 м.

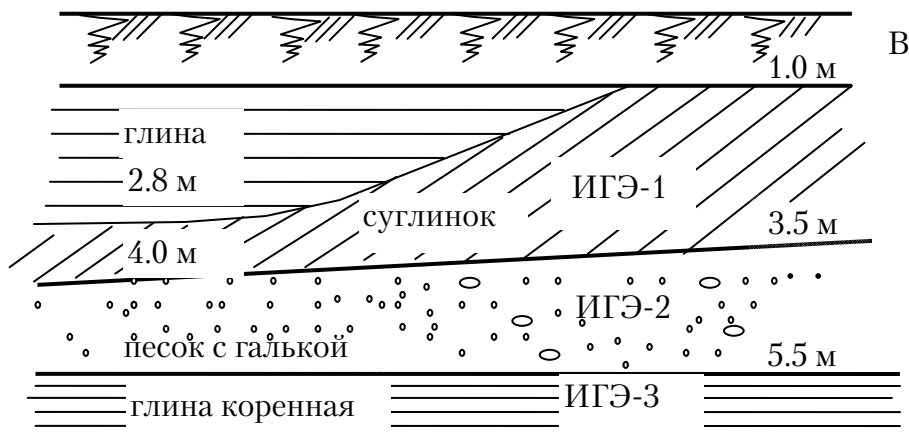


Рис.5. Схема грунтового основания

Выбор типов фундаментов. В зависимости от схемы грунтов основания и оценки несущей способности каждого слоя грунтов, или ИГЭ, рекомендуют следующие типы фундаментов:

- фундаменты мелкого заложения в виде блоков или лент, глубина заложения 1,5-3 м, возможны на глинистых грунтах в тугопластичном и полутвердом состоянии. В нашем случае при сильносжимаемых грунтах необходимо усиление основания: втрамбовывание щебня, силикатизация и пр.

- свайные фундаменты используют на слабых приповерхностных грунтах, с опиранием концов свай-стоек на водоупорные коренные глины. Висячие сваи применяют, если грунты дисперсные песчаные, гравийно-галечные.

Рекомендации по инженерной подготовке площадок. Для промышленного и гражданского строительства наиболее благоприятны безводные грунты моренной равнины (фундаменты мелкого заложения: железобетонные, бутобетонные, и пр.) и аллювиальные грунты высоких надпойменных террас, выдержанные по составу и мощности как вдоль террас, так и в поперечном разрезе.

Для строительства на слабых водонасыщенных и заторфованных грунтах рекомендуются песчаные подушки 2-3 м толщиной, либо свайные фундаменты с полной прорезкой слабых грунтов и опиранием концов свай на коренные плотные глины, с заглублением в них на 0,5-1 м. В качестве бутового камня и щебня в основании фундаментов можно использовать кремнистые песчаники верхнего мела из карьеров по правому берегу реки.

На пойменных террасах опасной является значительная осадка при строительстве на илистых заторфованных грунтах, особенно при наличии линз торфа (осадка до 50 % от мощности линз). Рекомендуется устройство искусственных намывных или насыпных оснований, до 2-3 м мощности, для отжатия воды (нагрузка выдерживается в течение месяца), после чего начинают обычный цикл строительных работ.

При высоком залегании подземных вод и затоплении поверхностей при паводках, строительстве дорожных дамб, плотин создают направляющие валы, производят обваловку затопляемых территорий. При близком залегании грунтовых вод к поверхности земли (0,5-1,0 м) требуется устройство подземных комбинированных дренажных систем.

У подножия крутых склонов водоразделов и в откосах котлованов, карьеров необходимо укрепление грунтов: устройство подпорных стенок, создание контрбанкетов, одерновка склонов, насаждение кустарников, сохранение древесной растительности, а также организация поверхностного стока (устройство бетонных лотков).

При строительстве линейных сооружений (трубопроводов, дорожных трасс) следует организовать системы для водоотведения и водопропуска поверхностных и подземных вод.

Для понижения уровней подземных вод рекомендуют укрепление берегов реки и углубление, расчистку её русла и дна оврагов для улучшения стока поверхностных вод.

Вопросы для самоконтроля

1. Дайте определение буровой скважины по методам проходки, диаметрам и характерным глубинам, используемым в инженерной геологии.

2. Дать определение инженерно-геологического разреза.

3. Дать определение инженерно-геологического элемента.

4. Какие геоморфологические уровни выделяют в долине реки?

5. Назовите типичные гляциальные отложения.

6. Какие фации речных отложений Вы знаете?

7. Какой характер поверхности надпойменных террас реки?

8. Какая величина уступов между террасами реки по данной работе?

9. Как определяют мощность слоев грунта по буровой скважине?

10. Какое залегание грунтов называют линзовидным?

11. Как рисуют прослойки иного состава среди основной толщи грунта на разрезе аллювиальных отложений?

12. Что Вы понимаете под установившимся уровнем подземных вод?

13. Какие грунты по построенному Вами разрезу являются водоупорами?

14. Каково значение водонепроницаемых грунтов в кровле водоносного пласта?

15. Как определяют размах вертикальной шкалы на инженерно-геологическом разрезе?

16. Как залегают делювиальные отложения на инженерно-геологическом разрезе?

17. Какие опасные инженерно-геологические процессы развиваются при строительстве и эксплуатации различных сооружений?

18. Какие инженерно-геологические условия относят к сложным?

19. Каковы глубины изысканий и расстояния между точками наблюдения для разных видов строительства?

Работа №2

ОЦЕНКА УСЛОВИЙ СТРОИТЕЛЬСТВА НА ОПОЛЗНЕВОМ СКЛОНЕ

Основные понятия

Оползень – отрыв земляных масс и слоистых горных пород и перемещение их по склону под влиянием силы тяжести, при воздействии поверхностных и подземных вод. Это один из типов гравитационных движений. Оползшую массу называют *оползневым телом* или *деляпсием* ds .

В оползне различают: *поверхность скольжения, подошву, глубину захвата склона, оползневой цирк, тело оползня.*

Подошвой оползня, или базисом оползания, называют линию пересечения поверхности скольжения (смещения) и склона. Она может совпадать и не смещаться с основанием склона.

Оползевым телом называют весь массив оползших пород, или деляпсий d_p , часто оползень многоступенчатый. Различают *голову* – верхнюю часть, и *язык* – нижнюю часть оползня. Дугообразная линия срыва пород, которой оползень ограничен со стороны склона, называют *бровкой* оползня. Выемка, возникшая на склоне при сползании части пород, называется *оползевым цирком*. Оползневые площадки – *уступы* наклонены в сторону склона.

Региональная классификация оползневых явлений, особенно для территорий Поволжья, приведена в работе В.В. Кюнтцеля, 1980. Причины возникновения, типы явления и мероприятия по закреплению склонов рассмотрены во всех учебниках и специальной литературе.

Типы гравитационных явлений на склонах различают по характеру смещения оползневых масс: соскальзывание выветрелых водонасыщенных масс по склону – *асеквентный оползень*; смещение согласно напластованию пород – *консеквентный оползень*; смещение с пересечением всех пластов, слагающих склон – *инсеквентный оползень*, образующийся при сейсмических явлениях и при значительной пригрузке верхней части склона в результате переувлажнения или при нагрузке от инженерных сооружений.

Дорожная классификация оползневых явлений:

- *оползни скольжения* – в однородных глинистых грунтах, скорость смещения м/мин до м/час, а при горизонтальном залегании слоев – до м/сут;

- *оползни выдавливания* со сдвигом и выпором грунта в основании склона – смещение по прослою слабых грунтов, м/мин;
- *оползни пластического течения: оползни-потоки* грушевидные, глетчеровидные по форме смещения делювия или сильновыветрелых коренных пород. При динамическом разжижении (тиксотропности) молодых морских, озерно-ледниковых отложений могут возникать, беспорядочные грязевые потоки значительной ширины, с большой скоростью смещения (катастрофические);
- *оползни глубинного вытекания* – за счет суффозионно-фильтрационных явлений в водонасыщенных песчаных толщах.
- *оползни-проседания* на просадочных грунтах при выдавливании и выпоре грунта по кровле несмещаемых коренных пород;
- *оползни сложные* – образуются на откосах, сложенных разными по составу и генезису отложениями и с различным характером движения на отдельных участках.

Осыпь – перемещение вниз по склону под действием силы тяжести обломков горных пород, отчлененных от массива в результате выветривания, скопления их на пологих участках склона или у подножия. Отложения называются *десперсий* d_s .

Оплывина – гравитационное смещение вниз по склону или откосу поверхностного, маломощного, до одного-двух метров слоя, водонасыщенных пород.

Оползень-оплывина – смещение водонасыщенных продуктов выветривания к основанию склона, мощность до трех-пяти метров.

Задания

2.1. Построить инженерно-геологический разрез по склону с использованием материалов изысканий Поволжья.

2.2. Дать геоморфологическое описание, перечислив все виды смещений на склоне, их размеры (рис.6 и табл. 3, 4).

2.3. Составить сводную геологическую колонку по участку склона, по данным скважины 5.

2.4. Выявить причины ослабления устойчивости склона на основе анализа состава коренных пород и наличия подземных вод.

2.5. Дать оценку инженерно-геологических условий строительства на участке активного развития склоновых процессов.

Исходные данные для построения профиля и разреза вкрест долины реки приведены в табл. 3 и 4.

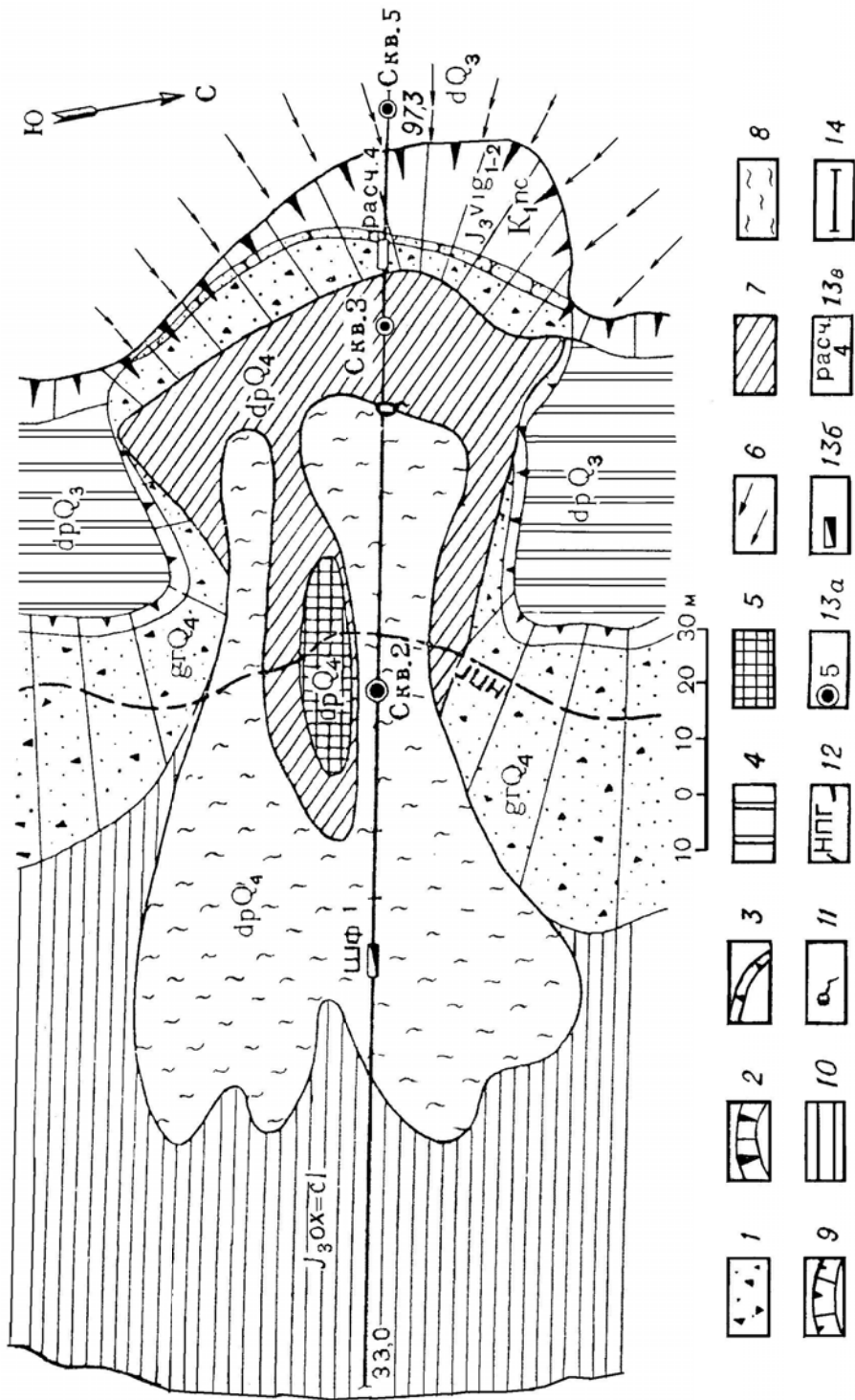


Рис. 6. Характер оползневого склона долин рек Поволжья:

1 – гравитационные осыпи; 2 – бровки откосов; 3 – вертикальный-обрыв высотой 5 м и надоползневой откос; 4 – остатки древнего оползня в виде гребней дрQ_{III}; 5 – останец оползня из коренных глин dQ_{IV}; 6 – направление стока поверхностных вод; 7 – участок накопления и увлажнения оползневого глинистого материала дрQ_{IV} (Скв.3), питающего оползень-поток; 8 – активно движущие оползни – потоки; 9 – основания древних оползневых ступеней дрQ_{III}; 10 – бечевник-прибрежная зона; 11 – источник в основании оползня; 12 – граница затопления берегового участка; 13а – буровые скважины; 13б – шурф; 13в – расчистка на осыпи; 14 – линия разреза

Таблица 3

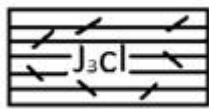
Визуальное описание оползневого склона

Номера точек наблюдения	Горизонтальное расстояние от уреза реки, м	Отметка поверхности, м	Формы склона по линии профиля, характерные точки перехода, расположение выработок
1	0,0	34,0	Урез реки – пологий склон на коренных глинах, заливаемый в половодье
2	67,0	39,7	Язык оползня-оплывины (начало)
3	80,0	41,5	Шурф I, пройденный через «язык» оползня (активно движущийся, современный неглубокий, в среднем 2-3 м)
4	129,0	51,4	Скв.2., в средней части потока
5	Нормальный подпорный горизонт	55,0	Предполагаемый уровень будущего водохранилища (НПГ) располагается на 10 м выше скв.2
6	176,0-186,0	64,0	Начало ровной площадки в «голове» потока, в 10 метрах от основания оползневой ступени
7	196,0	70,0	Скв.3 расположена на наклоненной в сторону склона оползневой ступени. Тело оползня (деляпсий) служит источником накопления переувлажненного материала для оползня-потока
8	209,0	71,0	Основание свежей осыпи, из под которой пробивается источник
9	216,0	74,0	Расчистка 4, вскрывающая осыпь
10	216,5	79,0	Обрыв в 5 м высотой, сложен песчаником желто-серым
11	228,0	88,0	Надоползневой откос в коренных глинах. В основании откоса маломощная, осыпь 0,5 м
12	232,5	97,5	Бровка надоползневой откоса
13	250,0	100,0	Скв.5 пробурена на древнем делювиальном склоне
14	260,0	101,0	Поверхность делювиального склона

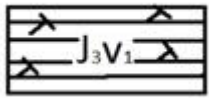
Т а б л и ц а 4

Описание вскрытых скважинами и горными выработками
коренных пород и оползневых масс

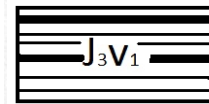
№ слоя	Геологич. индекс	Описание пород	Глубина залегания слоя, м	
			от	до
1	2	3	4	5
<u>Шурф I. Отметка устья 41.5 м</u>				
1	<i>dp Q_{IV}</i>	Глинистые массы с мелкими кусочками глины, у поверхности слабо влажные, ниже 0.5 м – переувлажнены	0,0	5,5
2	<i>J_{3cl}</i>	Глины серые известковые, очень плотные, разбиты трещинами – верхняя юра, келловей	5,5	8,0
<u>Скважина 2. Отметка устья 51.4 м</u>				
1	<i>dp Q_{IV}</i>	Глинистые массы, до глубины 0.5 м слабо, а ниже – сильновлажные. Поверхность скольжения на глубине 3.0 м.	0,0	3,2
2	<i>J_{3cl}</i>	Глины известковые серые плотные, слабо влажные. Верхняя юра, келловей	3,2	10,0
<u>Скважина 3. Отметка устья 70.0 м</u>				
1	<i>dp Q_{IV}</i>	Глины темно-серые с мелким щебнем песчаников и углистых сланцев, сильно влажные (деляпсий)	0,0	4,8
2	<i>J_{3v₁}</i>	Глины кремнистые темно-фиолетовые, трещиноватые, выветрелые до глубины 0.5-1.0 м – верхняя юра, волжский ярус, нижний горизонт	4,8	6,6
<u>Расчистка 4. Отметка верха 74.0 м</u>				
1	<i>ds Q_{IV}</i>	Осыпь глинистая, мелкощебенистая, в низах сильно влажная (десперсий). У основания источник.	0,0	0,8
2	<i>J_{3v₁}</i>	Глины черные плотные с прослоями углистых сланцев, влажные. Верхняя юра нижеволжский ярус.	0,8	1
<u>Скважина 5. Отметка устья 100,0 м</u>				
1	<i>pdQ_{IV}</i>	Почва бурая, сухая.	0,0	0,2
2	<i>dQ_{III}</i>	Суглинки пылеватые бурые. Делювий верхнечетвертичные	0,2	2,5
3	<i>K_{1nc}</i>	Глины темно-серые слоистые, пиритизированы, богаты фауной, в верхах выветрелые. Нижний мел, неоком	2,5	21,6
4	<i>J_{3v₂}</i>	Песчаники желто-серые трещиноватые, вмещают обильный водоносный горизонт. Верхняя юра, верхневолжский ярус,	21,6	23,0



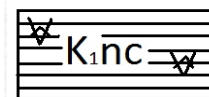
Глины известковые. Верхняя юра, келловейский ярус



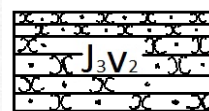
Глины кремнистые. Верхняя юра, нижневолжский ярус



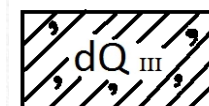
Глины с прослоями углистых сланцев. Верхняя юра,
нижневолжский ярус



Глины пиритизированные. Нижний мел, неоком



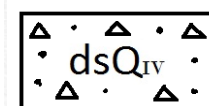
Песчаники желто-серые. Верхняя юра,
верхневолжский ярус



Суглинки пылеватые делювиальные.
Верхнечетвертичные



Глинистые массы с мелкой щебенкой. Оплывины и
оползневые ступени.
Современный отдел четвертичного периода



Щебень и дресва местных пород – осыпные образования
(десперсий). Современный отдел четвертичного периода

Рис.7. Условные обозначения

Методические указания

2.1. Построение инженерно-геологического разреза

Инженерно-геологический разрез строят по методике, предложенной в работе № 1. Рекомендуется принять горизонтальный масштаб 1:1000 и вертикальный 1:500. В таблице под разрезом следует ввести еще одну графу, где вертикальными штрихами отмечать расстояния от уреза реки (см табл. 3). Над геоморфологическими элементами на

разрезе сделать надписи по каждой форме, начиная с самого низкого уровня – бечевника (пологий склон, заливаемый в высокую воду).

Инженерно-геологический анализ оползневого участка основан на сравнительном сопоставлении инженерно-геологического строения (разреза), оползневой обстановки, её динамики, причин природных и техногенных, вызывающих смещение пород. Взаимодействие земляного полотна ЗП и элементов рельефа ЭР составляет единую систему.

Выделяют *три группы мероприятий по обеспечению устойчивости откосов*: предупреждающие, уменьшающие сдвигающие силы и увеличивающие удерживающие силы на склоне.

Предупреждающие мероприятия рассматривают целесообразность прокладки трасс в сложной обстановке, отказ от прокладки, устройство эстакады или виадука.

Для уменьшения сдвигающих сил рекомендуют снижение крутизны склонов и откосов, уменьшение веса грунтов насыпи (использование котельных шлаков, зол, древесных капсулированных опилок, выветрелых сланцев, известняков–ракушечников, устройство полистироловой плиты или геотканевой прокладки в основании насыпи, что снижает подвижность), а также рациональное расположение этих грунтов на склоне и дренажные системы.

Повышение прочности грунтов в активных зонах производят методами химического закрепления, термической обработки, электроосмоса, устройства дренажей.

Удерживающими мероприятиями являются сваи, шпильки, шпонки, анкеры, располагаемые поперек плоскости скольжения, а также контрбанкеты, подпорные стенки. В качестве профилактических работ предлагается организация и регулирование поверхностного и подземного стока вод.

2.2. Составление пояснительной записки

2.2.1. Указание размеров участка склона и общего превышения коренного берега (Скв.5) над урезом воды в реке, величина абс. отметок уровней.

2.2.2. Геоморфологические условия.

По результатам рекогносцировки (описание местности с характерными точками, табл. 3) подробно перечислить все восемь геоморфологических элементов, указывая их размеры, превышения и уклоны поверхности.

2.2.3. Геологическое строение склона.

Последовательно, сверху вниз, описать четвертичные образования и коренные породы мелового и юрского возраста на глубину вскрытия

их различными выработками, с указанием возраста и мощности пластов. Использовать геохронологическую шкалу прил. 1 и табл. 4. Привести условные обозначения к данной работе.

2.2.4. Гидрогеологические условия склона.

Перечислить типы подземных вод, встречающиеся на оползневом склоне, отмечая водовмещающие грунты и водоупоры, с указанием мощности горизонтов.

2.2.5. Причины ослабления устойчивости склона.

Оценить коренные породы с точки зрения устойчивости к выветриванию и водостойкости (см. прил. 2 и 3). Причины ослабления коренного берега связать с наличием межпластового водоносного горизонта в трещиноватых песчаниках нижнемелового возраста. Отметить значение пиритизации меловых глин, известковистости юрских глин, наличия углистых прослоев и значения толщи кремнистых темно-фиолетовых глин.

Связать скорость и гидродинамическое давление трещинных вод в песчаниках с их влиянием на оползневые процессы.

2.2.6. Оценка инженерно-геологических условий строительства

При оценке инженерно-геологических условий следует указать наиболее сложные для инженерной подготовки участка склона, наметить пункты расположения подпорных стенок, контрбанкетов, устройства свай – шпонок для сдерживания движения оползневых ступеней.

Рекомендовать мероприятия по организации поверхностного стока, дренажа подземных горизонтов с целью высушивания оползневых масс, в том числе при использовании электроосмоса. Оценить возможность укреплению ослабленных масс пород с помощью методов технической мелиорации грунтов: пропитки глинистыми, битумными растворами, силикатизация трещиноватых пород и пр. Перечислить профилактические мероприятия по сохранению устойчивости склонов и откосов.

Вопросы для самоконтроля

1. Назовите гравитационные явления на склонах.
2. Чем отличается осыпь от оплывины?
3. Какие вы знаете типы оползней по характеру смещения массивов грунтов?
4. Назовите типы деформации склонов и откосов по дорожной классификации, при расчетах устойчивости.
5. Что понимают под оползнем скольжения?

6. Каков характер смещения оползней выдавливания?
7. Дайте характеристику оползней потоков по характеру смещения.
8. Какие инженерно-геологические явления способствуют образованию оползней глубинного вытекания?
9. Какие группы мероприятий можно рекомендовать в сложных условиях проектирования автодорог?
10. Какие предупреждающие мероприятия можно рекомендовать при проектировании на склонах и откосах?
11. Назовите причины образования оползней, обвалов и осыпей на склонах, откосах выемок и бортах котлованов.
12. Перечислите причины ослабления устойчивости склона.
13. Какие удерживающие мероприятия можно рекомендовать при проектировании на склонах и откосах?
14. Назовите мероприятия позволяющие снижать нагрузку при проектировании на склонах и откосах.

Работа №3

СТРОИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЗАКАРСТОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Проблема строительного освоения закарстованных территорий является весьма актуальной. Карстующиеся породы занимают около третьей части поверхности суши, а вся Русская платформа представляет собою карстовую зону (рис. 8), где выделяются площади с развитием различных типов карста и разной степени интенсивности явления.



- — граница карстового региона;
- - - - - границы карстовых областей;

2 – Московско-Двинская область: правобережье реки Оки, закарстованные известняки и доломиты среднего карбона C_2 , прикрытые моренными глинами днепровского оледенения – карст погребенный древний;

5 – Полесско-Приволжская область: карст меловых пород, $K_{1,2}$, современный и погребенный, на глубине 3-5 метров провалы размером 3-4 м в поперечнике.

Рис. 8. Карстовые области Русской равнины
(по Н.А. Гвоздецкому и А.Г. Чикишеву)

Территория Пензенской области входит в пятую карстовую область Полесско-Приволжского мелового погребенного и современного карста, а также захватывает юг второй области – карст известняков и доломитов карбона, погребенный.

Карст вызывает большие осложнения при строительных работах, особенно подземных и гидротехнических сооружений. Возможен приток карстовых вод в строительные котлованы, фильтрация под плотины на участках русел рек и утечки из водохранилищ. Многочисленны примеры деформаций и провалов сооружений на участках развития карстовых пустот в *сульфатных* (гипсы и ангидриты), *карбонатных* (известняки, доломиты, реже мел, мергели, мергелистые глины) и *солевых* (каменная соль, или галит, сильвинит) породах Предуралья, Поволжья, Приангарья, Сибири, Дальнего Востока, Кавказа.

Труднее всего растворяются доломитизированные известняки, однако процессу способствует содержание в воде углекислого газа CO_2 и высокая температура воды. Сульфаты растворяются примерно в 70 раз быстрее карбонатных пород, а каменная соль в 150 раз быстрее сульфатов. Для растворения одной части каменной соли достаточно трех частей воды, для сульфатов – 480 частей воды, а для карбонатов – 30 тысяч частей воды.

Основные понятия

Карст – совокупность явлений, связанных с растворением и выносом веществ поверхностными и подземными водами горных пород (выщелачиванием), образованием пустот и пещер, с последующим обрушением кровли этих пустот.

В зависимости от условий залегания закарстованных пород выделяют *типы карста*:

1. *Поверхностный* – растворимые породы выходят на поверхность или покрыты маломощными рыхлыми осадками, 1-2 м.

В рельефе он проявляется в виде

- *карров* – система гребней и выступов;
- *воронок* – диаметр колеблется от 3-4 до 40-50 м, глубина от одного-двух до десятков метров, по происхождению различают поверхностные и провальные, нередко заполнены водой;
- *слепых балок* – вытянутые воронки в виде карстово-эрозионного оврага;
- *поноров* – зияющих вертикальных отверстий, провалов, проводящих воду на глубину;
- *поля* – возникают в результате постепенного объединения воронок или опускания больших участков земной поверхности, простираются на сотни метров и даже километров при глубине в несколько метров.

2. *Глубинный или погребенный* – растворимые породы залегают на глубинах более 2,0 м, перекрыты толщами нерастворимых и водоупорных пород. При этом образуются *каналы, пещеры, каверны* (крупнее пор, но мельче пещер) и *пустоты* различной формы.

3. *Смешанный* – образуется при сочетании первых двух типов.

По берегам водоемов выделяют зоны по степени закарстованности (рис.9):

- I зона – *аэрации*, карстовые пустоты вертикальные за счет просачивания поверхностных вод;

- II зона – *сезонных колебаний уровня* подземных вод, когда развиваются горизонтальные и вертикальные карстовые формы при переменном направлении просачивания (вертикальные ходы) при низком уровне грунтовых вод или течения в сторону реки (горизонтальные ходы) подземных вод при паводках или затоплении территории. Возникает наибольшая пустотность на участках пересечения этих ходов, а мощность зоны равна размаху сезонных колебаний уреза воды в бассейне;

- III зона – *полного насыщения* в результате подпора подземных вод поверхностными, скорости течения замедленные, карстовый процесс возобновляется при изменении направления подземных потоков. Наибольший объем пустот под руслом реки – *подзона разгрузки* III а;

- IV зона – *глубинных циркуляций*, где движение подземных вод связано с удаленными дренами, процесс растворения крайне медленный. Для этой зоны характерен погребенный карст.

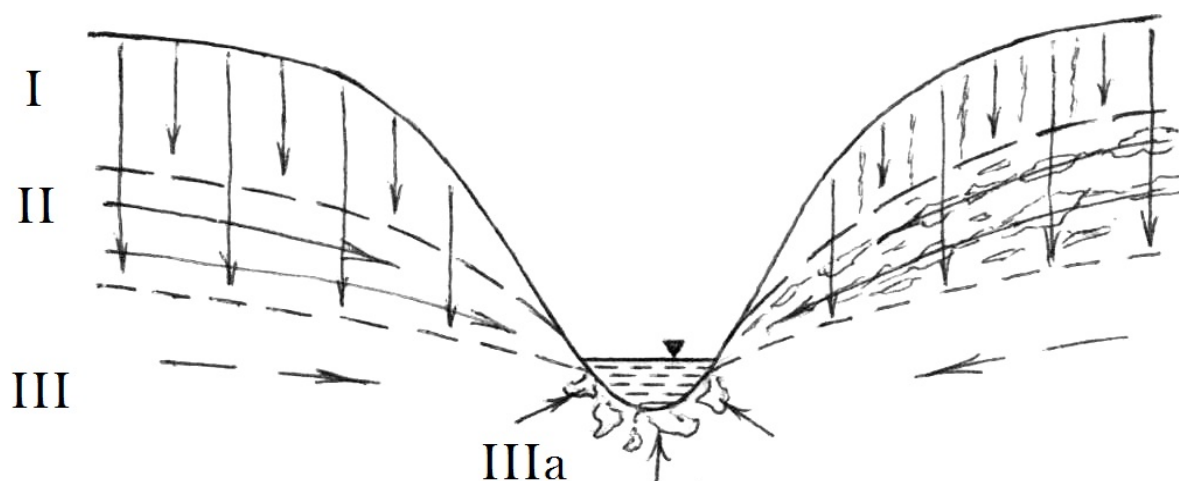


Рис. 9. Условия движения подземных вод в вертикальных зонах массива закарстованных пород

Карстовые районы по *степени устойчивости* можно разделить на пять категорий:

- *весьма неустойчивые* – образуются по 5-10 воронок в год/ км²;

- *неустойчивые* – 1-5 воронок в год/ км²;
- *средней устойчивости* – одна воронка на км² от одного года до 20 лет;
- *устойчивые* – одна воронка на км² за 20-50 лет;
- *весьма устойчивые* – на которых отсутствуют или имеются лишь старые воронки, свежих провалов не зарегистрировано за последние 50 лет.

Скорость развития карстового процесса можно определить с помощью показателя активности A :

$$A = (V/V_1) \cdot 100 \%,$$

где V – объем растворенной в течение тысячи лет породы;

V_1 – объем карстующихся пород.

Задания

3.1. Дать оценку инженерно-геологических условий, состава и объема исследований на одном из участков (рис. 10 и 11), при этом характеризуют:

3.2. Геоморфологию площади.

3.3. Геологическое строение.

3.4. Гидрогеологические условия.

3.5. Особенности карстовых проявлений.

3.6. Районировать площадь по условиям благоприятности строительства.

3.7. Рекомендовать мероприятия по подготовке площадок к строительному освоению.

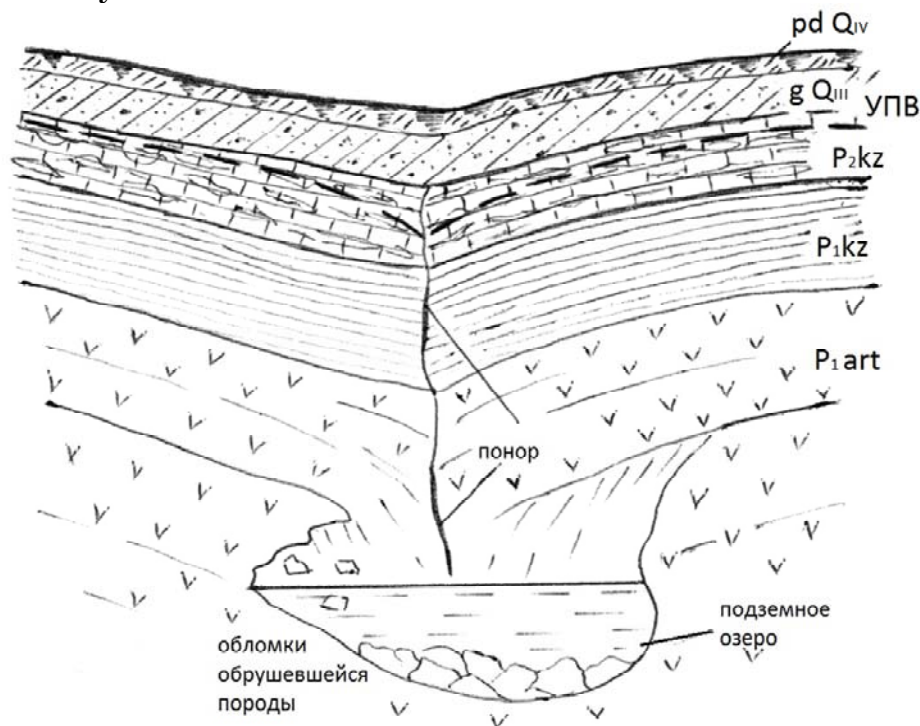


Рис.10. Инженерно-геологический разрез № I. Масштаб горизонтальный 1:1000, вертикальный 1:500

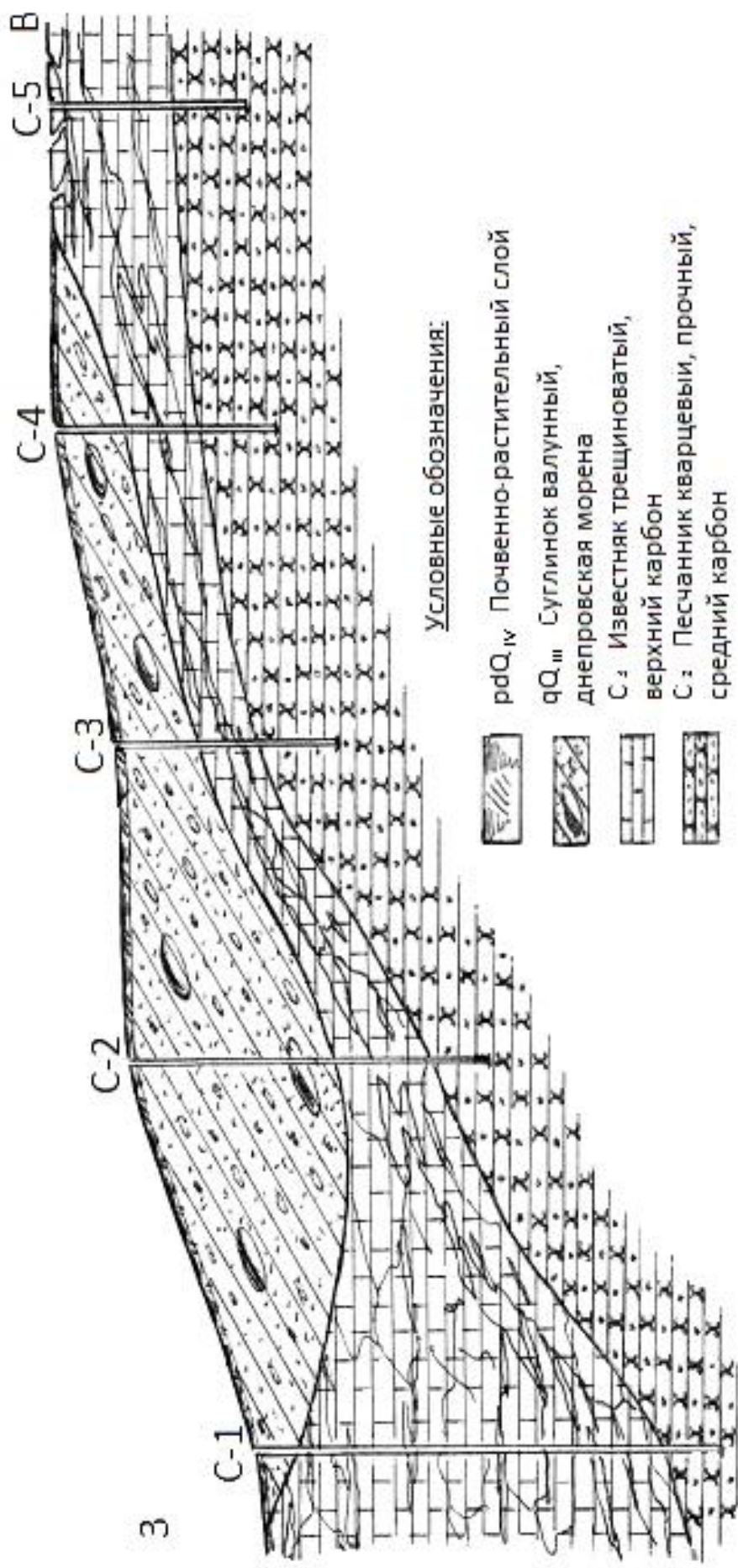


Рис. 11. Инженерно-геологический разрез №2;
 масштаб горизонтальный 1:5000, вертикальный 1:500

Участок находится в пределах плато на коренных породах. По итогам инженерно-геологической съемки составлен разрез (табл.5).

Т а б л и ц а 5

Геологический индекс	№ слоя	Описание пород	Мощность слоя, м
1	2	3	4
pdQ _{IV}	1	Почвенно-растительный слой	1,0
gQ _{III}	2	Суглинок опесчаненный, моренный серовато-бурый	3,0
P ₂ kz	3	Известняк трещиноватый, включает обильный горизонт подземных вод с глубины 5 м. Верхняя пермь, казанский ярус	5,0
P ₁ knq	4	Глина плотная. Нижняя пермь, кунгурский ярус	8,0
P ₁ art	5	Гипс с многочисленными карстовыми пустотами, пещерами. Нижняя пермь, артинский ярус	вскрытая мощность 32,0

Методические рекомендации

Проектирование и строительство разнообразных сооружений на закарстованных территориях должно основываться на детальном инженерно-геологическом исследовании.

3.1. Оценка инженерно-геологических условий

3.1.1. При рассмотрении особенностей геоморфологии площади отмечают характер поверхностей: плато, склон пологий или *крутой*, формы проявления карста, их расположение и размеры.

3.1.2. При рассмотрении геологического строения составить геологическую колонку, сверху вниз – от молодых пород к древним, указав возраст и наименование.

3.1.3. Выделить карстующиеся породы, отметив глубины залегания и мощность пластов, наличие или отсутствие в кровле и подошве водоупоров, их мощность. Охарактеризовать состав и свойства пород, способных к карстованию.

3.1.4. При оценке гидрогеологических условий определить тип водоносных горизонтов, характер движения подземных вод, глубину карстовых вод. Дать описание водовмещающих толщ и водоупоров. К водоупорным слоям следует относить непрерывные пласты горных пород с коэффициентом фильтрации не более 0,001 м/сут и мощностью

не менее $1/5$ действующего на водоупор напора, как правило более 5 метров.

3.1.5. При инженерно-геологическом районировании на закарстованных территориях по степени устойчивости выделить категории по степени устойчивости (см. основные понятия к данной работе).

3.1.6. В зависимости от условий строительства рекомендовать фундаменты, конструкции сооружений и возможность использования территории для рекреационных целей:

- на территориях устойчивых и относительно устойчивых растворимые породы слабо закарстованы и залегают на глубинах более 5 м, перекрытые слоем прочных горных пород, надежных водоупоров. Проекты застройки следует выполнять так же, как и для некарстовых районов;

- территории с несколько пониженной устойчивостью, где мощность покровных отложений мала или недостаточна по сравнению с глубиной активной зоны влияния сооружений. Рекомендуется ограничивать высотность зданий до трех- пяти этажей;

- на территориях недостаточно устойчивых с повышенной закарстованностью, где мощность покровных толщ 1-2 метра, допускается строительство зданий и сооружений только со статической нагрузкой, без динамики и при условии обеспечения прочности и устойчивости грунтов. Возможно проектирование небольших сооружений (здания до 3-5 этажей) со статической нагрузкой на грунты основания. Проектирование промышленных комплексов, инженерных сооружений, передающих динамическую нагрузку на грунты и резко изменяющих гидрогеологическую обстановку не рекомендуется;

- на территориях неустойчивых растворимые породы имеют повышенную закарстованность, один провал на км^2 образуется за год или до 10 лет. Строительство капитальных зданий и сооружений не допускается.

При застройке закарстованных площадей не рекомендуется размещать капитальные сооружения непосредственно на месте древних провалов. Участки скоплений карстовых форм целесообразно использовать для создания парковых зон, садов, бульваров, прудов.

3.1.7. Выбор противокарстовых мероприятий производят в зависимости от конкретных особенностей строительной площадки: типа карста, глубины залегания выщелачиваемых пород, степени их пустотности и обводненности, типа и категории самого сооружения.

Различают следующие группы мероприятий в зависимости от назначения:

1. *Водозащитные и противофильтрационные мероприятия*, которые обеспечивают предотвращение опасной активизации карста и связанных с ним суффозионно-провальных явлений. К ним относятся:

- тщательная вертикальная планировка земной поверхности и устройство надежной ливневой канализации с отводом вод за пределы застраиваемых участков;
- мероприятия по борьбе с утечками промышленных и хозяйственно-бытовых вод, в особенности агрессивных;
- недопущение скопления поверхностных вод в котлованах, траншеях и на площадках в период строительства;
- дренажные профильтрационные завесы создают барражный эффект, представляют ряд взаимодействующих скважин, расположенных поперек подземного потока.

2. *К геотехническим мероприятиям* относятся:

- тампонирующее карстовых полостей и трещин, закрепление закарстованных пород и вышележающих грунтов с помощью инъекций цементационных, глинистых битумных и других растворов;
- опирание фундаментов на надежные незакарстованные или закрепленные грунты, т.е. применяют: увеличение глубины заложения фундаментов, забивные, бурозабивные или буронабивные сваи, другие фундаменты глубокого заложения, замену ненадежных грунтов и другие мероприятия.

3. *Конструктивные мероприятия*

- создание специальных конструктивных решений фундаментов (на естественном основании и свайных);
- надфундаментные и поэтажные пояса;
- пространственные рамы.

Вопросы для самоконтроля

1. Дайте определение карстового процесса.
2. Назовите типы карста в зависимости от состава пород.
3. Какие типы карста выделяют в зависимости от условий залегания?
4. С какой скоростью развивается карст в сульфатных породах?
5. Назовите зоны карстования развитые по берегам водоемов.
6. Какие из зон являются наиболее опасными по интенсивности развития карста?
7. Какие формы характерны для поверхностного карста?
8. Что понимают под понорами?

9. Какие формы характерны для глубинного или погребенного карста?

10. Какие участки относят к весьма не устойчивым по образованию карстовых воронок на км²?

11. Какие участки относят к средней устойчивости по образованию карстовых воронок на км²?

12. Какие участки относят к весьма устойчивым по образованию карстовых воронок на км²?

13. Как определить скорость карстового процесса или показатель активности карста?

14. Какая мощность водоупорных приповерхностных отложений безопасна для строительства линейных сооружений?

15. Какая мощность водонепроницаемых приповерхностных пород допустима при возведении крупных инженерных объектов?

16. На основании каких признаков выбирают противокарстовые мероприятия?

17. Какие мероприятия обеспечивают предотвращение активизации карста?

18. Какие геотехнические мероприятия рекомендуют при проектировании фундаментов в закарстованных районах?

19. Какие конструктивные мероприятия предусматривают для фундаментов, возводимых в закарстованных зонах?

Работа №4

УСЛОВИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА НА ПРОСАДОЧНЫХ ГРУНТАХ

Просадочные грунты – это дисперсные пылеватые рыхлые грунты, способные быстро и значительно доуплотняться при замачивании.

Просадочные грунты приурочены к различным элементам рельефа, но в основном образуют покровы в пределах плоских водоразделов, пологих склонов, высоких террас рек. Эти поверхности в геоморфологическом отношении обычно благоприятны для строительных работ. Однако нарушения структуры *лессовых просадочных* грунтов при подъеме уровней грунтовых вод или утечках из коммуникаций, ведут к деформациям сооружений, поэтому требуют тщательного изучения.

Основные понятия

Просадочность – способность некоторых грунтов доуплотняться (уменьшаться в объеме) при увлажнении, без дополнительной нагрузки. В природе встречаются просадочные глины, суглинки, супеси, но наиболее ярко свойство просадочности выражено у *лёссов и лёссовидных грунтов*.

Лёссы – для них характерно большое содержание алеврита (пылеватых частиц размером 0,05-0,001 мм от 50 до 80 %), высокая пористость (более 45 %, причем 1/3 приходится на макропоры, видимые невооруженным глазом). Лёссы имеют низкую влажность (12-15 %), значительное содержание водорастворимых солей, особенно карбонатных (бурно реагируют с HCl – 10 %), средневлажгоемкие и слабОВОдопроницаемые (коэффициент фильтрации в вертикальном направлении от 0,1 до нескольких метров в сутки, по ориентировке макропор).

Лёссы отличаются светлой палевой или желтоватой окраской, а *лёссовидные грунты* – буровато-желтой, светло-коричневой. Толщи по мощности изменяются от 5-6 до 40 метров, однородны, практически неслоистые, занимают значительные площади в равнинных условиях и на предгорных шлейфах.

Природа просадочности определяется катастрофически быстрым разрушением структуры лёссовых пород при расклинивающим действии молекул воды, в течение одного-двух часов после замачивания.

Дальнейшее размягчение и растворение солевых составляющих (карбонатов, сульфатов, хлоридов) происходит при увеличении влажности на 5-7 %. При условии продолжающегося замачивания *доуплотнение*, а также *набухание* возможны на протяжении до 10 лет.

Просадки в рельефе выражены в виде западин, или степных блюдец, размером до 50-100 м в поперечнике и глубиной – 1,0-1,5 метра, обычно образуются за счет замачивания дождевыми осадками и талыми водами. *Бессточные доли, или поды* – вытянутые понижения размером до 350-400 м и глубиной до 5,0-6,0 метров – образуются над подземными потоками за счет суффозионно-просадочных явлений.

Строительство каналов и прудов вдоль берегов водоемов ведет к образованию *трещин и ступенчатых уступов* в виде террас с наклоном к урезу воды (в отличие от оползневых ступеней, наклоненных внутрь склона). Ширина зоны, захваченной просадками, обычно составляет от 2-3 в лёссовидных грунтах до 80-100 метров в лёссах.

При проектировании оснований в просадочных грунтах следует учитывать *причины замачивания*. Особенно опасно локальное увлажнение, возникающее при скоплении дождевых или талых вод на отдельных участках в связи с нарушением поверхностного и подземного стока при распашке полей, строительных, земляных работах, при утечках из коммуникаций, отсутствии или нарушении гидроизоляции и проч. Относительно равномерные *просадочные деформации* наблюдаются при подъемах уровней грунтовых вод на значительных площадях.

При инженерно-геологических исследованиях производят испытания лёссовых грунтов методом замачивания в компрессионных приборах (одометрах), без возможности бокового расширения. При различных ступенях давления грунт испытывают как в естественном состоянии, так и при замачивании, для одного или нескольких параллельных образцов (метод одной или двух кривых).

В полевых условиях аналогичные испытания проводят в шурфах при передаче нагрузок на штампы, в естественном состоянии и при замачивании грунтов, которое выдерживают в течение месяца. Метод более достоверен, потому что испытания проводят при давлениях, равных давлению от строящегося сооружения, а деформации лёссовых пород происходят не только в вертикальном, но и в горизонтальном направлении.

В зависимости от возможности проявления просадки грунтов от собственного веса грунтовые условия площадок, сложенных просадочными грунтами, подразделяются на *два типа*:

- I тип – просадка грунтов возможна при критической внешней нагрузке, а от собственного веса отсутствует или не превышает 5 см;
- II тип – помимо просадки грунтов от внешней нагрузки возможна их просадка от собственного веса, и размер ее превышает 5 см.

Типичные лёссы принадлежат к грунтам II-го типа, а лёссовидные глины и суглинки – к грунтам I-го типа, когда заметные просадки проявляются только при наличии начальной нагрузки на грунты от сооружения, обычно в 1,0-1,5 тс/м² (грунты Арбековского микрорайона г. Пензы).

Задания

4.1. Построить инженерно-геологический разрез по заданному профилю, используя топографическую схему рис.12 и выписки из бурового журнала – табл. 6. Методика построения разреза изложена в работе №1.

4.2. Дать геоморфологическую и геолого-гидрогеологическую характеристику участка по топосхеме и разрезу.

4.3. Дать оценку явления просадочности по косвенным признакам.

4.4. Дать количественную оценку просадочности по результатам испытаний грунтов статической нагрузкой (графы 7 и 8, табл.6).

4.5. Предложить мероприятия по предотвращению просадок или уменьшению их вредных последствий.

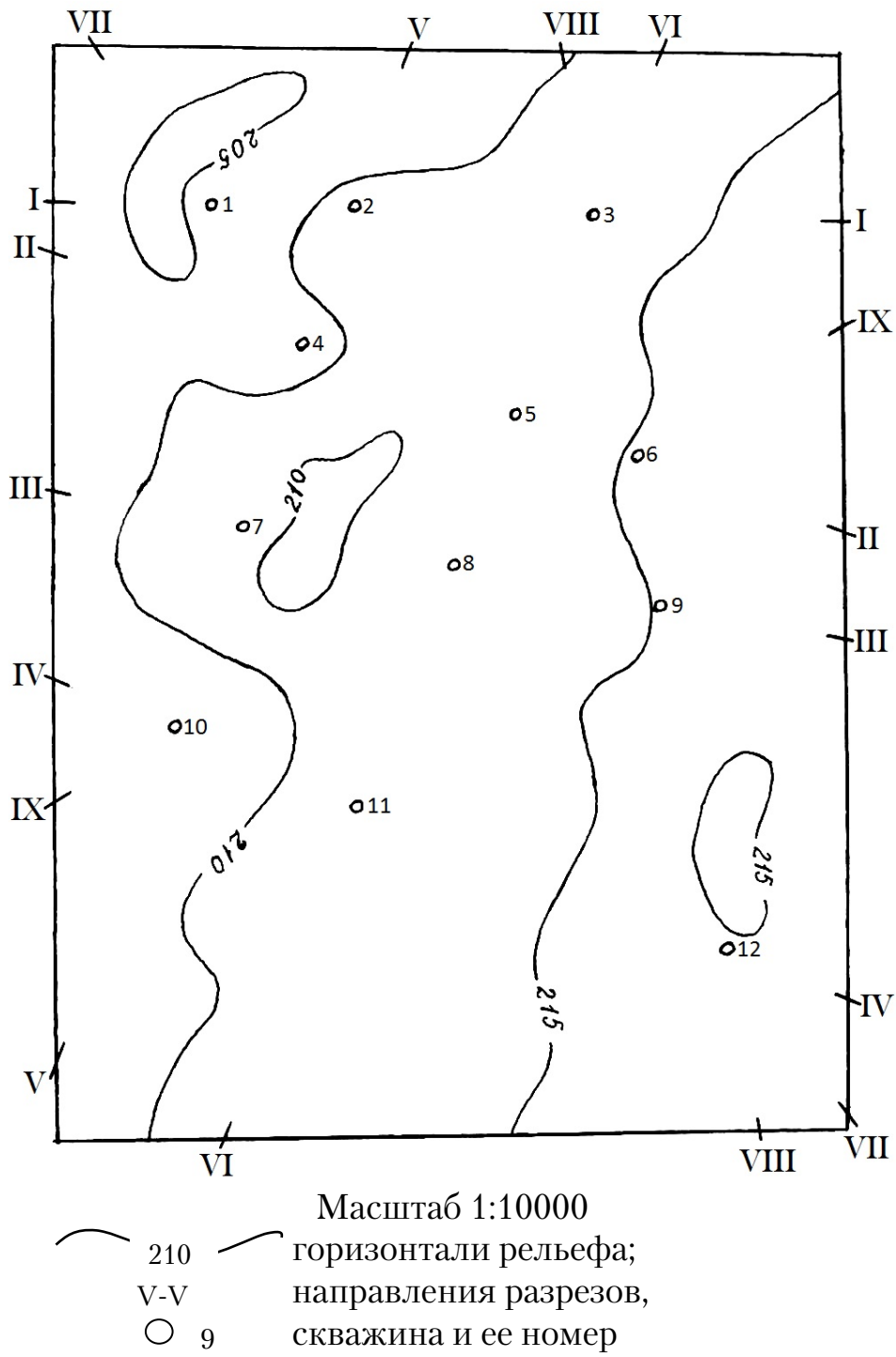


Рис.12. Топографическая схема площади развития просадочных грунтов

Таблица 6

Данные для построения разрезов и расчета просадок

Номер		Геологический индекс	Описание грунтов	Глубина подошвы слоя, м	Глубина УПВ, м	Осадка штампа S, мм на глубине 3,0 м (отметка заложения фундамента)	
Скв./А.о. устья, м	слоя					до замачивания	после замачивания
1	2	3	4	5	6	7	8
1/208	1	vQ	Лёсс желтовато-бурый	6,0	7,0	40	190
	2	N ₁	Песок гравелистый	8,0			
	3	K ₁	Мергель трещиноватый	17,0			
	4	J ₁	Глина плотная	30,0			
2/211	1	vQ	Лёсс желто-серый	10,0	13,0	38	179
	2	N ₂	Алевролит с прослойками песка	17,0			
	3	N ₁	Песок гравелистый	22,0			
	4	J ₃	Глина плотная	40,0			
3/212	1	vQ	Лёсс желто-серый	9,0	15,0	42	180
	2	N ₂	Алевролит с прослойками песка	21,0			
	3	N ₁	Песок средний	25,0			
	4	J ₃	Глина плотная	40,0			
4/209	1	vQ	Лёсс желто-серый	11,0	16,0	41	183
	2	N ₂	Алевролит с прослойками песка	17,0			
	3	N ₁	Песок средний	26,0			
	4	J ₃	Глина плотная	40,0			
5/213	1	vQ	Лёсс буровато-серый	13,0	19,0	43	191
	2	N ₂	Алевролит с прослойками песка	24,0			
	3	K ₁	Мергель трещиноватый	28,0			
	4	J ₃	Глина плотная	46,0			
6/215	1	vQ	Лёсс буровато-серый	14,0	22,0	42	184
	2	N ₂	Алевролит	24,0			
	3	K ₁	Мергель трещиноватый	32,0			
	4	J ₃	Глина плотная	46,0			

Окончание табл. 6

1	2	3	4	5	6	7	8
7/211	1	vQ	Лёсс бурый	9,0	15,0	37	176
	2	N_2	Алевролит с прослоями песка	19,0			
	3	N_1	Песок средний	26,0			
	4	J_3	Глина плотная	40,0			
8/212	1	vQ	Лёсс бурый	15,0	23,0	39	177
	2	N_2	Алевролит	25,0			
	3	K_1	Мергель трещиноватый	33,0			
	4	J_3	Глина плотная	51,0			
9/215	1	vQ	Лёсс бурый	15,0	24,0	43	190
	2	N_2	Алевролит	24,0			
	3	K_1	Мергель трещиноватый	34,0			
	4	J_3	Глина плотная	52,0			
10/209	1	vQ	Лёсс бурый	10,0	20,0	39	180
	2	N_2	Алевролит с прослоями песка	19,0			
	3	K_1	Мергель трещиноватый	29,0			
	4	J_3	Глина плотная	50,0			
11/212	1	vQ	Лёсс бурый	12,0	25,0	41	154
	2	N_2	Алевролит	22,0			
	3	K_1	Мергель трещиноватый	34,0			
	4	J_3	Глина плотная	50,0			
12/215	1	vQ	Лёсс бурый	14,0	30,0	37	169
	2	N_2	Алевролит	27,0			
	3	K_1	Мергель трещиноватый	40,0			
	4	J_3	Глина плотная	55,0			

Методические рекомендации

4.1. Геоморфологическая и геолого-гидрогеологическая характеристики территории включают определение следующих параметров:

- типы и основные характеристики рельефа;
- формы микрорельефа степных блюдц, подов, их размеры;
- характеристика лёссовых толщ по разрезу: мощность, выдержанность толщ в пространстве и особенности залегания;
- типы подземных вод, глубина залегания, водовмещающие породы и водоупоры, характер движения, высота капиллярной каймы.

Капиллярная кайма образуется над зеркалом грунтовых вод в результате подъема по порам 0,002-0,05 мм за счет сил смачивания и менискового натяжения.

Высота подъема капиллярной влаги определяется в зависимости от дисперсности и минерального состава пород: гравелистые пески – 0,02-0,03 м; пески средние – 0,1-0,3 м; пески мелкие – 0,3-1,2 метра.

В грунтах, богатых слюдой мусковит высота подъема увеличивается: в супесях – до 1,2-2,5 м, в суглинках – до 2,5-3,5 м, глинах до 6,0-8,0 метров (в лабораторных условиях). В природе этот показатель в пылеватых грунтах обычно не превышает 2,0 м.

4.2. Оценка просадочности в лаборатории, по данным компрессионных испытаний, производится на основании вычисления специального показателя, предложенного Ю.М.Абелевым и названного *коэффициентом относительной просадочности* ϵ_{sl} . Вычисляют его по формуле

$$\epsilon_{sl} = \frac{h_n - h_s}{h_0},$$

где h_n – высота образца природной влажности под давлением от внешней нагрузки;

h_s – высота образца под той же нагрузкой, но при замачивании;

h_0 – высота образца, обжатого природным (бытовым) давлением.

При ϵ_{sl} равном или более 0,01, грунт относят к просадочному.

Суммарная величина просадки S_{sl} при штамповых испытаниях в шурфах или скважинах определяется по формуле

$$S_{sl} = \sum_{i=1}^n \epsilon_{sl}^i \cdot h^i \cdot k,$$

где ϵ_{sl} – просадка при внешней нагрузке;

ϵ_{sl}^i – относительная просадочность каждого слоя грунта,

h^i – мощность i -го слоя лессового грунта;

k – коэффициент условий работы основания, зависящий от ширины фундаментов b :

$k = 2b$ для слоев, непосредственно лежащих под фундаментом;

$k = 1,5b$ для всех нижележащих слоев;

n – число слоев, выделенных в зоне влияния сооружения.

Из просадочной толщи следует исключать приповерхностный слой мощностью до 1,5 м, уже просевший в результате замачивания атмосферными осадками, а также зону капиллярной каймы над уровнем грунтовых вод высотой до 2,0 м. Величину просадки определяют послойно, для каждых 0,5 метра, т.к. давление на эти слои изменяется в зависимости от мощности вышележащих слоев.

4.3. Количественная оценка просадочности по результатам полевых испытаний проводится по предложенному Ю.М. Абелевым модулю просадки:

$$M_{sl} = \frac{S_{sl}}{S_0},$$

где S_{sl} – просадка при замачивании, под внешней нагрузкой и под собственным весом грунта;

S_0 – просадка при внешней нагрузке (см. табл. 6).

Если величина модуля M_{sl} более 1, то грунт относят к просадочным.

4.4. Выбор мероприятий по устранению просадочных свойств грунтов должен производиться с учетом типа просадочности и вида замачивания. Проектирование оснований, сложенных лессовыми грунтами, должно осуществляться с применением способов усиления грунтов основания, исключающих или снижающих просадки оснований до допустимых значений 30-40 см, уменьшающих их влияние на эксплуатационную пригодность зданий и сооружений. К подобным методам относят уплотнение катками, втрамбовывание щебня, устройство грунтовых свай, предварительный площадной взрыв, предварительное замачивание грунтов в котлованах (при этом площадь замачивания должна быть на 1/3 более площади строящегося сооружения). К технической мелиорации относятся методы пропитывания лессовых толщ различными составами от глинистых растворов до полимерных соединений.

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое просадочности и просадка?
2. Какие грунты относятся к просадочным, их основные характеристики?
3. Какие грунты относятся к лёссам, какие к лёссовидным?
4. В чем состоит механизм (природа) явления просадочности лессовых грунтов ?
5. Как выражены просадки в рельефе?
6. Каковы причины замачивания лессовых грунтов?
7. Какие два типа просадочности вам известны?
8. Как определить коэффициент относительной просадочности?
9. Как определить величину просадки грунта в сфере влияния сооружения?
10. Что понимают под капиллярной каймой?
11. Какова высота подъема капиллярной влаги в разных грунтах?
12. Что означает послойное определение величины просадки?
13. Как определяют модуль просадки?
14. Какие способы технического усиления грунтов рекомендуют на площадях просадочных грунтов?
15. Какие методы технической мелиорации лессовых пород вы знаете?

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Учебное пособие «Геотехническая оценка участка строительства в сложных условиях» развивает практические и творческие навыки построения инженерно-геологических разрезов на основании буровых журналов, инженерно-геологических колонок по скважинам, топографических схем с целью получения конкретных сведений о каждом участке строительства. Составление и оценка схем грунтового основания служат практическим переходом от данных инженерной геологии к проектированию, расчету оснований и фундаментов.

Основные положения и методические указания, представленные в работе, позволяют решать вопросы обоснования условий строительства по данным геологических карт (коренной основы территории) на оползневых откосах, на просадочных и закарстованных грунтах.

Материалы приложений позволяют судить о строительных особенностях грунтов, связанных с условиями их формирования. Характеристика инженерно-геологических классов грунтов дает возможность прогнозировать опасные изменения геологической среды при строительстве и эксплуатации.

Немаловажная роль строительства в общем техногенезе диктует задачи развития геоэкологии, инженерной геологии как наук о главных жизнеобеспечивающих геосферных оболочках. Устойчивость и ранимость геологической среды определяются частотой и интенсивностью опасных геологических и техногенных процессов, особенно при создании масштабных инженерных объектов. Результаты воздействия зависят от геологического строения территории. Планирование и производство всех работ должны базироваться на естественных геологических, а не административных границах территории. Административное деление нередко связано с нерациональным, даже разорительным использованием природных систем.

Задачей перспективных работ по инженерно-геологическим изысканиям для строительства является решение экологически острых ситуаций, связанных с активизацией техногенного воздействия человека на природную среду. К основным проблемам можно отнести: изменения природных условий и свойств ландшафтов, потери генофонда растительного и животного мира, снижение природно-ресурсного потенциала территорий и, как следствие, ухудшение здоровья населения. Основная причина в настоящее время – рост мегаполисов – городов с населением свыше 10 млн. человек и увлечение созданием макрообъектов. Рациональное экономичное проектирование возможно только при учете конкретной геологической обстановки, освещение которой и дают приведенные в учебном пособии практические работы.

Все сказанное выше свидетельствует о необходимости расширения работ по изучению взаимодействия сооружений с геологической средой для всех видов строительства. Одновременно должна быть развернута работа по анализу накопленных данных с тем, чтобы результаты исследований быстрее использовались для совершенствования методики изысканий и внедрялись в практику.

Большое значение работы по изучению взаимодействия инженерных сооружений с геологической средой имеют и для повышения квалификации инженеров – геологов, проектировщиков, строителей, специалистов по эксплуатации сооружений и специалистов в области охраны окружающей среды.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ананьев, В.П. Инженерная геология [Текст]: учеб. для строит. спец. вузов / В.П. Ананьев, А.Д. Потапов. – 4-е изд., стер. – М.: Высш. шк., 2006. – 575 с.
2. Ананьев, В.П. Специальная инженерная геология [Текст]: учеб. для строит. спец. вузов / В.П. Ананьев, А.Д. Потапов, Н.А. Филькин. – М.: Высш. школа, 2008. – 263 с.
3. Апродов, В.А. Геологическое картирование [Текст] / В.А. Апродов. – М.: Государственное изд. геологической лит., 1952. – С. 63–112.
4. Геологический словарь [Текст]: в 2 т. – М.: Недра, 1973.
5. Грунтоведение [Текст]: классич. унив. учеб. / под ред. В.Т. Трофимова. – М.: Наука, 2005.
6. Инженерно-строительное освоение закарстованных территорий [Текст] / В.В. Толмачев, Г.М. Троицкий, В.П. Хоменко; под ред. Е.А. Сорочана – М.: Стройиздат, 1986.
7. Кошкина, Н.В. Строительная геология [Текст]: учеб. пособие / Н.В. Кошкина, О.В. Хрянина: – Пенза: ПГУАС, 2008.
8. Маслов, Н.Н. Основы инженерной геологии и механики грунтов [Текст]: учеб. для вузов / Н.Н. Маслов. – М.: Высш. шк., 1982. – 511 с.
9. Природа мира [Текст] – М.: Мысль, 1981.
10. Противооползневые конструкции на автомобильных дорогах [Текст] / ред. В. Д. Браславский [и др.]. – М.: Транспорт, 1985. – 195 с.
11. Справочник по инженерной геологии [Текст] / под ред. М.В. Чуринова. – Изд. 3-е, перераб. и доп. – М.: Недра, 1981. – 250 с.
12. Справочное руководство гидрогеолога [Текст]: в 2 т. / В.М. Максимов [и др.]; под ред. В. М. Максимова. – 3-е изд., стер. – Л.: Недра, 1976. – 512 с.
13. Трахалина, М.В. Определение минералов и горных пород по внешним признакам [Текст]: практикум / М.В. Трахалина, Н.В. Кошкина, Г.И. Фомичева. – Пенза: ПГАСИ, 1993. – 87 с.
14. Чернышев, С.Н. Задачи и упражнения по инженерной геологии [Текст]: учеб. пособие / С.Н. Чернышев, И.Л. Ревелис, А.Н. Чумаченко. – 3-е изд. – М.: Высш. шк., 2004. – 205 с.
15. Строительные нормы и правила СНиП 11-02-96. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения [Текст]: утв. и введ. в действие Минстрой России 01.11.1996, взамен СНиП 1.02.07-87. – Изд. офиц. – М.: Госстрой, 1996.
16. Строительные нормы и правила СНиП 2.02.01-83*. Основания зданий и сооружений. Основные положения [Текст]: утв. и введ. в

действие Госстрой СССР 01.01.1985, взамен СНиП II-15-74 и СН 475-75. – Изд. офиц. – М.: Стройиздат, 1985.

17. Строительные нормы и правила СНиП 22.02.2003. Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения [Текст]: утв. и введ. в действие Госстрой 30.06.2003, взамен СНиП 2.01.15-90. – Изд. офиц. – М.: АПП ЦИТП, 2004.

18. Свод правил СП 11-105-97. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть 1. Общие правила производства работ [Текст]. – утвержден Госстроем России 14.10.97. – М., 1997.

19. Свод правил СП 11-102-97. Инженерно-экологические изыскания для строительства [Текст]: утвержден Госстроем России 10.07.97. – М., 1997.

20. ГОСТ 25100-2011. Грунты. Классификация [Текст]: введ. 2013-01-01. – М.: МНТКС, 2013. – С.62.

21. ГОСТ 21.302-96. Условные графические обозначения в документации по инженерно-геологическим изысканиям [Текст]: введ. 1997-01-01. – М.: Минстрой России, ГП ЦНС, 1996. – С.36.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1 СТРАТИГРАФИЯ ОТЛОЖЕНИЙ (ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКАЯ ШКАЛА)

Группа (эра)	Система (период)	Абсол. возраст, млн. лет	Геолог. индекс	Отдел (эпоха)	Геолог. индекс
Кайнозойская (кайнозой) KZ	Четвертичная (четвертичный, или антропоген)	1,5-2,0	Q	Современный (<i>голоцен</i>), верхний, средний, нижний	Q _{IV} Q _{III} Q _{II} Q _I
	Неогеновая (неоген)	26,0	N	Плиоцен Миоцен	N ₂ N ₁
	Палеогеновая (палеоген)	63,0	Р	Олигоцен Эоцен Палеоцен	Р ₃ Р ₂ Р ₁
Мезозойская (мезозой) MZ	Меловая (мел)	140,0	K	Верхний Нижний	K ₂ K ₁
	Юрская (юра)	190,0	I	Верхний Средний Нижний	I ₃ I ₂ I ₁
	Триасовая (триас)	240,0	T	Верхний Средний Нижний	T ₃ T ₂ T ₁
Палеозойская (палеозой) PZ	Пермская (пермь)	285,0	P	Верхний Нижний	P ₂ P ₁
	Каменноугольная (карбон)	350,0	C	Верхний Средний Нижний	C ₃ C ₂ C ₁
	Девонская (девон)	410,0	D	Верхний Средний Нижний	D ₃ D ₂ D ₁
	Силурийская (силур)	440,0	S	Верхний Нижний	S ₂ S ₁
	Ордовикская (ордовик)	500,0	O	Верхний Средний Нижний	O ₃ O ₂ O ₁
	Кембрийская (кембрий)	более 570,0	Ъ	Верхний Средний Нижний	€ ₃ € ₂ € ₁
Протерозойская PR	Единого деления	2600,0	PR	Верхний Средний Нижний	PR ₄ PR ₃ PR ₂ PR ₁
Архейская AR	нет	до 4500,0	AR	Верхний Нижний	AR ₂ AR ₁

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ГРУНТОВ ОСНОВАНИЯ ПО ГЕНЕТИЧЕСКИМ ГРУППАМ

Морские отложения

Состав *морских т* отложений зависит от условий осадконакопления: глубины бассейна, удаленности от берега, температуры и солености воды. Молодые породы – рыхлые, древние – цементированные, уплотненные, консолидированные.

Инженерно-геологические свойства *цементированных обломочных пород*, конгломератов, песчаников, алевролитов и аргиллитов зависят от типа цементации и состава цементирующих веществ, степени трещиноватости, тектонической или выветривания, условий залегания. Наименее устойчивы породы на глинистом и сульфатном цементах, при увлажнении в откосах, выемках они оплывают. Наиболее стойкими против воздействия воды являются породы, цементированные кремнистыми и железистыми веществами. Промежуточное положение занимают породы на карбонатных цементах. Наиболее благоприятно горизонтальное согласное ненарушенное залегание пластов, выдержанных по площади.

Дисперсные рыхлые крупнообломочные породы характеризуются пористостью до 40 %, практически несжимаемы под нагрузкой, сопротивление сдвигу значительное. В откосах держат угол 30-40°.

Дисперсные песчаные рыхлые отложения характеризуются углом естественного откоса 25-32°, под водой он уменьшается на 3-5°. Сжимаемость зависит от наличия пылевато-глинистого заполнителя.

Пылевато-глинистые морские отложения в водонасыщенном состоянии обладают высокой сжимаемостью, медленно уплотняются под нагрузкой, часто выпирают из-под фундаментов, на склонах и в откосах малоустойчивы. Рекомендуется их предварительное уплотнение в течение месяца под насыпным слоем песка мощностью до 2 м, для отжатия воды.

Глинистые морские отложения, мергелистые, окремненные, ожелезненные плотные глины являются водонепроницаемыми, слабо размягчаются в воде, хорошо держат склоны и откосы, хорошие основания для сооружений. Мергели (25-75 % CaCO_3) и мергелистые морские глины при попеременном увлажнении и высыхании, колебаниях температуры распадаются на скорлуповатые частицы и формируются осыпи при водонасыщении эти массы способны набухать.

Хемогенные морские породы: аморфные известняки, доломиты относят к скальным грунтам, временное сопротивление сжатию R_c достигает 70 МПа. Легкорастворимые ангидриты и гипсы полускальные грунты, временное сопротивление сжатию R_c достигает 20-30 МПа

При наличии трещиноватости, пористости (травертин, известковый туф) в хемогенных породах формируются карстовые пустоты.

Органогенные морские породы: известняки-ракушечники, опоки, трепелы обладают достаточной прочностью, несущей способностью. Карбонатные породы подвержены выщелачиванию, с образованием карстовых пустот, что вызывает осложнения при возведении сооружений, особенно передающих динамические нагрузки. Диатомиты и трепелы практически не используют в качестве оснований сооружений, но применяют в промышленности строительных материалов. Опоки высокопористые влагоемкие, прочность в сухом и водонасыщенном состоянии резко меняется, обладают слабой морозоустойчивостью. Водопроницаемость морских отложений зависит от их пористости, трещиноватости и значительно изменяется во времени и для отдельных разностей от 0,1 до 200 м/сут.

Элювиальные образования (кора выветривания)

Выветривание – региональный процесс, изменение пород под действием атмосферы (разности температур, газов и паров воды) и биосферы. По характеру изменений различают *физическое* (дробление), *химическое* (разложение, окисление) и *органическое* (биоразрушение и преобразование) выветривание. Для средней полосы России характерно физическое выветривание.

Элювий e – неслоистые, несортированные, неоднородного состава по глубине и в пространстве продукты выветривания, остающиеся на месте залегания *материнских (исходных) коренных пород*, в том числе *почвы*. Представлены (сверху вниз): песчано-глинистые продукты разрушения, дресва, щебень, глыбы и трещиноватые ослабленные зоны скальных или плотных морских пород, чаще всего глинистых (суглинки, глины, мергели, алевролиты, аргиллиты, глинистые сланцы). Обычно слабовлажные, сухие, редко встречаются линзы верховодки.

Мощность элювия разнообразна, от нескольких до десятков и сотен метров. На поздних стадиях разрушения элювий обладает значительной пористостью, сжимаемостью под нагрузкой, пониженными показателями сопротивления сдвигу. На ранних стадиях выветривания элювиальные образования представляют опасность для сооружений из-за водопроницаемости по трещинам выветривания.

Элювий неустойчив в откосах котлованов, траншей, подвержен просадкам, морозному пучению и крайне неоднородной сжимаемости под нагрузкой от сооружений. В практике строительства грунты верхней зоны пылевато-глинистого элювия чаще всего полностью или частично снимают, заменяя хорошо фильтрующим грубообломочным материалом.

Э о л о в ы е (ветровые) о т л о ж е н и я

Эоловые отложения v – образуются в результате переноса минеральных частиц ветром во взвешенном состоянии, выпадения их из воздуха при многократном перевевании рыхлых отложений (*дефляция*) и обтачивании пород и частиц до состояния пыли (*корразия*). Эоловые отложения наиболее отсортированы, коэффициент неоднородности C_u равен 3–5 (по Талдыкину Е.М.), недоуплотненные, высокопористые.

Основными грунтами являются *пески* средние, диаметр частиц 0,25 мм и *алеврит*, или *пыль* с диаметром частиц 0,05-0,01 мм, а также пылеватые агрегаты – *лёссы*, и *лессовидные породы* с диаметрами частиц 0,05-0,005 мм.

Пески – обычно кварцевого состава, частицы с шероховатой матовой поверхностью, могут перемещаться со временем и слагать *дюны* по берегам рек и морей, *барханы* в пустынях, закрепленные растительностью *кучевые, грядовые, бугристые пески* в полупустынях. Песчаные отложения требуют закрепления растительностью или механического, химического.

Лёссы – пылевато-глинистые рыхлые отложения, характеризуются отсутствием слоистости в толщах мощностью от 40 до 100 метров, светлой палево-желтой окраской, высокой пористостью (более 45 %), при значительном количестве макропор (до 15 %), однородностью состава, содержанием растворимых солей (карбонатов, сульфатов), низкой влажностью (9-12 %), плотностью менее 1,7 г/см³, коэффициентом пористости более 0,8.

Лёссы, лессовидные глины и суглинки Средней полосы в откосах держат вертикальные стенки. При увлажнении неустойчивы, легко размываются текучей водой, дают *просадку (доуплотнение при замачивании без дополнительной нагрузки)*. Просадки происходят катастрофически быстро (от десятков минут до нескольких часов) за счет разрушения связей между частицами в результате расклинивающего действия молекул воды и растворения солей. Доуплотнение при замачивании продолжается длительное время, до десятков лет, а при дальнейшем водонасыщении может перейти в процесс *набухания*.

Замачивание лёссов в естественных условиях происходит на больших площадях за счет атмосферных осадков или подъема уровня грунтовых вод, что менее опасно для строительства. При возведении сооружений просадки локального характера развиваются в результате просачивания поверхностных вод в строительные котлованы, траншеи, утечек из водопроводов, при конденсации паров воды под зданиями (в охлажденных зонах), при сбросе отработанных вод, при возникновении новых водоносных горизонтов в результате создания водохранилищ, наполнения каналов – наиболее опасные проявления процесса.

При использовании лессов в качестве оснований необходима надежная гидроизоляция от грунтовых вод, верховодки, от вод капиллярной каймы. Рекомендуют предварительное замачивание грунтов основания или их уплотнение трамбованием, пропитка различными веществами.

Комплекс склоновых отложений

Склоновые отложения формируются в результате накопления смытых дождевыми и талыми водами продуктов выветривания на пологих склонах, *при плоскостном смыве* образуется *делювий*, а при смещении под действием силы тяжести рыхлых дресвяно-щебенисто-глыбовых продуктов выветривания в горных районах образуются гравитационные отложения: *коллювий* (комплекс отложений), *десперсий* (осыпные), *дерупций* (обвальные) и *деляпсий* (оползневые), образующиеся под влиянием поверхностных, подземных вод и силы тяжести

Коллювий *c*– продукты выветривания, смещенные по склону под влиянием силы тяжести в виде глыбовых или щебнисто-глыбовых масс.

Десперсий *ds* – крупнообломочный несортированный сухой материал осыпей, прислоненных к склону, скорость перемещения до 0,9 м/год. Наиболее крупные обломки скатываются к основанию склона. Мощность осыпей различна, колеблется от нескольких до десятков метров. «Живые» осыпи на склонах, крутизной более 65 градусов, чаще развиты на склонах 65-45 градусов, являются «затухающими» при меньших уклонах.

Дерупций *dr*– обвальные (быстрые) смещения целых массивов под влиянием собственного веса с падением, опрокидыванием и обрушением крупных блоков пород. Образуются на крутых склонах более 45-50 градусов, в речных долинах, на побережьях водоемов, строительных котлованах, траншеях, карьерах.

Деляпсий др – медленные скользящие оползневые смещения песчано-глинистых грунтов по водонасыщенным породам, при утяжелении склоновых масс поверхностными водами, при гидродинамическом давлении подземных вод. Нередки оползневые массивы с многоступенчатыми уступами. Крутизна склонов более 15 градусов.

Плоскостной смыв, или *делювиальные процессы* развиваются на пологих, менее 5 градусов, склонах под действием атмосферных осадков и талых снеговых вод. Они залегают, покрывая склоны, мощностью при вершинах водоразделов в несколько сантиметров, на перегибах склонов до 10-15 метров, а к террасам, равнинам – выклиниваются. Нередко вдоль подножия склонов образуются сплошные *делювиальные шлейфы*. Соответственно состав грунтов изменяется от щебенисто-дресвяного и супесчаного до пылеватых суглинков и тяжелых глин на относительно ровных поверхностях. Состав зависит от особенностей местных коренных пород, изменяющихся под воздействием процесса выветривания. Сложение неоднородное, проявляется невыдержанная слоистость параллельно склону, т.к. образование связано с периодичностью смыва рыхлых масс.

Делювий d неоднороден по сложению и составу, плохо отсортирован, коэффициент неоднородности C_u равен 24–26. Инженерно-геологические показатели свойств невысокие: грунты сильно и неравномерно сжимаются во влажном состоянии, просадочные, быстро размокают в воде, подвержены оползанию, что связано с наличием водонасыщенных глинистых пропластков, пучинистые. Глинистый делювий практически водонепроницаем, поэтому дренаж при защите склонов от оползания неэффективен.

Делювий играет положительную роль, выравнивая рельеф, и является естественной водонепроницаемой одеждой для водоносных коренных пород, которые он покрывает. Отрицательное значение глинистого делювия в том, что он создает подпор грунтовому потоку и значительное гидродинамическое давление в коренных породах. Любая подрезка склона при строительных работах ведет к прорыву подземных вод, разрушению, оползанию.

Делювий может использоваться в качестве оснований под любые сооружения при обязательном выяснении характера сложения, разнообразности состава, изучения общих условий устойчивости склонов.

Делюво-аллювиальные отложения d-a – смешанные наносы в результате совместного действия делювиального смыва со склонов долин рек, оврагов и аллювиальных процессов (*постоянных водотоков*). Отличаются плохой сортировкой, беспорядочным отложением обломков различного размера и окатонности в виде *конусов выноса*.

Солифлюкций sf – вязкопластическое течение по пологим (2-5 градусов) склонам периодически переувлажняемых талыми и дождевыми водами глинистых грунтов, обычно по мерзлым породам.

Комплекс пролювиальных (селевых) отложений

Пролувий p – отложения временных грязе-каменных, или селевых потоков горных рек. Образуются периодически, по мере накопления выветрелого материала, при таянии ледников, обильных ливневых осадках, дополняются продуктами осыпей, обвалов, оползней и откладываются у подножия в виде неправильных скоплений с выраженной слоистостью и углами падения поверхности до 30° (*конусов выноса*, или *пролювиальных шлейфов*).

Краевые зоны конусов выноса пролювия представлены суглинками, супесями и лёссами, под ними залегают пески, а в основании – крупнообломочный валунно-глыбовый, галечниково-щебенистый материал, характеризующийся слабой окатанностью и плохой сортировкой, C_u более 26. Подземные воды скапливаются в нижних толщах, а суглинистые слои не пропускают воду. Для снабжения водой предгорных районов используются *кяризы* – комплекс подземных галерей и вертикальных колодцев.

Комплекс аллювиальных (речных) отложений

Аллювиальные отложения a накапливаются в результате деятельности постоянных водотоков в речных долинах при разрушении, размыве, растворении, истирании обломков горных пород, перемещающихся по руслу реки.

Аллювий a разнообразен по составу и представлен валунами (горные реки), галькой, гравием, песками, суглинками, илами, глинами. Состав и мощность аллювия зависят от рельефа, состава и состояния пород, перерезаемых рекой.

Наиболее резкое различие по строительным свойствам имеют отложения предгорных и равнинных рек. У подножия гор, в связи с резким уменьшением уклонов, образуются конусы выноса мощностью в десятки метров, шириною от нескольких метров до десятков километров при слиянии отложений нескольких рек. С удалением от гор сложение и характер речных отложений становятся более однородными, характерна четкая перекрестная слоистость с углами падения до 4-5°. Среди крупнообломочного материала появляются линзы и прослойки песка, даже глин.

Предгорные речные отложения обладают высокой несущей способностью, практически не дают осадки под нагрузкой от сооружений, устойчивы в откосах. Неблагоприятным свойством является их высокая водопроницаемость (до 100 м/сут), возможна *суффозия* – вымывание тонких частиц потоком подземных вод.

В равнинных условиях реки имеют довольно устойчивый режим, русла извилистые (*меандры*), наблюдается чередование скорости течения. Отложения имеют среднюю сортировку материала, коэффициент неоднородности C_u 12–15, косую слоистость, линзовидность. В условиях сухого климата могут содержаться растворимые в воде карбонаты. Мощность равнинного аллювия крайне изменчива, от нескольких до десятков и сотен метров.

По месту образования различают *руслевой, пойменный, старичный и дельтовый* аллювий. Русловой представлен гравелистыми песками, супесями, суглинками, глинами (малые реки). Пойменный аллювий представляет переслаивание песчаных, суглинистых, илистых прослоев. На надпойменных террасах рек встречаются отложения *старич* (отчлененные участки старых русел), вдоль швов террас – осадки *озер, болот*, где формируются заторфованные илистые и песчано-илистые отложения с линзами и прослоями торфа.

Пески аллювиальные по механическому составу неоднородны, залегают в виде неправильных, небольших по мощности прослоев и линз, чередуются с гравелистыми и глинистыми слоями. В нижнем течении рек пески мелкозернистые, более отсортированы и приобретают правильную слоистость.

Инженерно-геологические свойства песков находятся в зависимости от размеров слагающих частиц, плотности сложения, степени влажности, примесей глинистых, илистых частиц (к глинистым пескам относят грунты с содержанием частиц менее 0,005 мм от 30 % и более). Чистые кварцевые пески практически несжимаемые, а для глинистых песков сжатие при нагрузке 0,2 МПа достигает 30 мм/м. При динамической нагрузке от движения транспорта, забивке свай, работы бетономешалок, моторов чистые пески дают быструю осадку. Водопроницаемость аллювиальных песков колеблется от 5 до 100 м/сут. Примесь 3 % гумуса делает песок водонепроницаемым, добавление к песчаному грунту 30-40 % торфа увеличивает его сопротивление раздавливанию в десятки раз.

Глинистые аллювиальные отложения плохо отсортированы, содержат много песчаных и пылеватых частиц, примесь карбонатов, сульфатов, органических веществ. Они распространены по течению малых рек, слагают пойменные террасы и верхние толщи надпойменных террас, довольно разнородны по площади и глубине. Сжатие при статической нагрузке значительно и изменчиво по площади, при нагрузке 0,2 МПа составляет 20-60 мм/м, а для отложений стариц увеличивается до 150-200 мм/м.

Водопроницаемость глинистых отложений низкая, особенно при содержании органики I_{om} : 0,05-0,10, д.е. по массе, что позволяет отнести грунт к разностям с примесью растительных остатков; а 0,10-0,50 к заторфованным грунтам. Содержание органики (стебли, битум и гумус) более 0,5 позволяет отнести грунты к *торфу*. Примесь гумуса от 3 до 15 % к общей массе делает грунты практически неразмокаемыми.

Иловатые торфянистые грунты, *пльвунные* водонасыщенные *пески* – самые слабые из аллювиальных отложений, требуют особого подхода при использовании их в качестве оснований сооружений. Необходимо искусственное укрепление таких грунтов, или *техническая мелиорация*. Производят уплотнение грунтов методами укатки, трамбования, возможно термическое и химическое закрепление, различные способы цементации, силикатизации, смолизации, гудронирования, битуминизации, глинизации. Обезвоживание таких грунтов возможно только методом электроосмоса.

Строительные работы чаще проводят с предварительным замораживанием в течение месяца, методом инъектирования через иглофильтровые установки различных охлаждающих растворов. При расчетах необходимо учитывать увеличение объема глинистых грунтов при промораживании и потери несущей способности при оттаивании.

Комплекс озерных и болотных отложений

Озерные, лимнические осадки I формируются на дне пресных или соленых озер, представлены комплексом обломочных, химических и органогенных накоплений. В пресных озерах откладываются тонкозернистые глинистые осадки с линзами и прослоями торфа, вдоль побережий накапливаются пески и более грубые обломки местных пород. Нередко донные отложения перекрыты толщей *сапропелей* (пресноводных илов). В древних озерах могут быть мергели, трепелы. В соленых озерах отлагаются природные соли: каменная соль (галит), техническая соль (сильвинит).

Мелководные озера могут переходить в *болота* – избыточно увлажненные участки с болотистой растительностью и торфяниками, мощность не менее 30 см. Если слой торфа меньше 30 см, территории относят к *заболоченным землям*.

Верховые болота – питаются атмосферными осадками и талыми водами, *низинные* – обычно ключевые и пойменные. По глубине различают мелкие болота – до 2-х метров, средние – 2-4 м, глубокие – более 4-х м.

Болотные отложения h представлены (сверху вниз): торфом, сапропелем и гнилостными илами, залегающими на минеральном дне. Сжимаемость торфа неравномерная, в 60 раз больше, чем у песка, и в 5 раз более, чем у глины. Поэтому при строительстве крупных сооружений учитывают рельеф и состав дна болота и опирание свайных фундаментов обычно производят на минеральное дно. Для линейных сооружений и фундаментов мелкого заложения рекомендуют создавать песчаные подушки.

Комплекс гляциальных (ледниковых) отложений

Ледниковые отложения широко развиты в горных районах, а также на равнинах в результате материковых оледенений четвертичного периода. Они представлены моренными валунными суглинками и глинами, флювиогляциальными песками с галькой и гравием, озерно-ледниковыми глинами и покровными суглинками.

Моренные (гляциальные) g – валунные глины и суглинки образуются в результате стаивания ледника и уплотнения крайне неоднородного обломочного материала под ледовой нагрузкой, что определяет их переуплотненность. Естественная влажность невысокая от 12 до 17 %. Сжатие под нагрузкой незначительно (при вертикальной нагрузке 0,2 МПа сжатие всего 2-5 мм/м). Водопроницаемыми являются линзы валунно-галечниковых водно-ледниковых скоплений в толще морены, а моренные суглинки обычно служат водоупорами. В целом морена – прекрасное основание для сооружений при мощности толщ валунных суглинков и глин до 10-40 м. Только линзы отложений талых вод ледника, валунно-гравийно-галечных, нередко водоносных, затрудняют строительные работы.

Водно-ледниковые отложения f (талых вод ледника) крупно- и среднеобломочные сходны с аллювием, но менее отсортированы, сложены более грубым материалом, отсутствуют органика и водорастворимые соли. Залегают в виде вытянутых валов и гряд – *озы, камы* и в

виде обширных песчаных полей – *зандры*. Пористость флювиогляциальных песков колеблется от 30-40 %. При действии динамической нагрузки уменьшается коэффициент трения и возможна осадка. Сжатие под действием статической нагрузки не имеет практического значения, тем более для гравийно-галечных отложений. Вследствие высокой водопроницаемости пески и гравийно-галечные линзы могут быть источниками водоснабжения.

Озерно-ледниковые ленточные глины lg формируются в остаточных ледниковых озерах и отличаются выдержанной слоистостью, переслаиванием песчаных, супесчаных, глинистых и илистых слоев, водонасыщенностью. Они значительно и неравномерно сжимаются под нагрузкой, но чаще выпирают из-под фундаментов. Ленточные глины хорошо фильтруют воду вдоль слоев (под нагрузкой она отжимается за пределы площадок) и практически непроницаемы в перпендикулярном направлении. При динамическом воздействии, сотрясении, размятии нередко разжижаются, а при снятии нагрузки возвращаются в прежнее состояние, т.е. *тиксотропны*. Проектирование зданий и сооружений предпочтительно на сваях с полным прорезанием толщи ленточных глин.

Техногенные образования

Техногенные и искусственные грунты t (антропогенные antr) формируются при деятельности человека: культурный слой городов и других населенных пунктов; насыпные и намывные (земляные плотины, дамбы, дорожные насыпи, пляжи и т.п.); грунты, улучшенные человеком (уплотненные, цементированные, пропитанные различными составами); отходы хозяйственной деятельности человека (отвалы шахт, заводов, пустая порода месторождений, или «хвосты», терриконы); отложения, специально созданные в строительных целях.

В целом техногенные образования характеризуются значительной изменчивостью строения и свойств по площади и в разрезе, требуют при инженерно-геологических изысканиях больших объемов работ.

Классификация техногенных грунтов

- *Намытые* – организованный и неорганизованный намыв, но с заранее заданными свойствами;
- *Отсыпанные* – планомерно созданные насыпи с учетом требований будущего сооружения, засыпанные при планировке в траншеи, котлованы, а также отвалы при вскрышных работах на месторождениях;

- *Измененные на месте залегающие* – разрыхленные или обводненные в результате нарушения термического режима, в зонах мерзлоты, при взрывных работах, когда грунты теряют прочность, становятся бесструктурными;

- *Грунты культурных слоев* – стихийно образованные строительные или бытовые свалки, как результат многолетнего накопления бытовых отходов при земляных работах и неоднократном ремонте, сносе старых построек, накоплении строительного мусора на строительных площадках. В старых городах они достигают мощности до 36 м (г. Киев), 20-25 м (г. Москва), в г. Пензе – 27 м при засыпке оврага (угол ул. Кураева – Московская, под зданием «Малыш-Электрон»).

Все бытовые и промышленные отходы характеризуются наиболее отрицательными свойствами: неоднородные по составу, недоуплотненные, водонасыщенные, значительно и неравномерно сжимаемые под нагрузкой. Использование этих грунтов как оснований сооружений зависит от времени, необходимого для естественного уплотнения. Ориентировочно можно установить следующие *периоды времени*:

- планомерно возведенные песчаные насыпи 0,5-2 года;
- глинистые дамбы, земляные валы от 2 до 8 лет;
- беспорядочные отвалы песчаного грунта от 2 до 5 лет;
- отвалы шлаков, золы, формовочной земли от 10 до 20 лет;
- свалки отходов производств и бытовых от 10 до 30 лет.
- *Улучшенные грунты* – созданы методами *технической мелиорации*: уплотнение трамбованием и вибрационное; закрепление химическое, термическое, полимерами, а в глубине толщ – при устройстве грунтовых свай, замачивании или методом площадных взрывов.

Для грунтов разного состава используют определенные методы искусственного улучшения:

- полускальные грунты – цементация, битумизация, глинизация;
- крупнообломочные – силикатизация, цементация, битумизация, замораживание;
- песчаные – силикатизация, термическая обработка (спекание), смолизация, кольматация, виброуплотнение, трамбование и укатка, замораживание;
- глинистые – силикатизация, термическая обработка (спекание), замораживание, трамбование и укатка, электроосмос, для лёссов – подземные взрывы и предварительное замачивание;
- органические рыхлые (торф, ил, сапропель) – гравитационное уплотнение (грунтовая песчаная подушка мощностью 2-3 м при выдержке до 1 месяца для отжатия воды), замораживание, электроосмос, электрохимическое закрепление.

Приложение 3

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ГРУНТОВ.
ГОСТ 25100-2011. ГРУНТЫ. КЛАССИФИКАЦИЯ.

Грунты – любые горные породы, искусственные образования, изучаемые как основание, среда, строительные материалы для инженерных сооружений. Грунты – естественноисторические образования, многокомпонентные системы, изменяющиеся во времени. Государственный стандарт рассматривает грунт как однородный по составу, строению и свойствам элемент грунтового массива (образец) – *инженерно-геологический элемент ИГЭ*.

Составные части грунтов

В процессе взаимодействия грунтов с инженерными сооружениями имеют значение *составные части грунтов: твердая минеральная, газообразная, виды влаги и органическая*.

Минеральная составляющая имеет ведущее значение для обеспечения прочности и стойкости горных пород как грунтов. *Первичные* силикатные *минералы* и окислы кремния (кварц, халцедон) составляют скелет любого грунта. Все окислы и гидроокислы кремния и железа определяют прочность, жесткость грунтов. *Вторичные минералы* – глинистые (влагоемкие, пластичные) и растворимые в воде соли (сульфаты, карбонаты, хлориды) делают грунты неустойчивыми. Силикаты магнезиально-железистые (глауконит, биотит, роговая обманка) легко преобразуются в атмосфере, выветриваются, разлагаются при взаимодействии с горячими растворами.

Газообразная составляющая – в грунтах находятся газы в состояниях: свободном, адсорбированном и зацементированном. По происхождению газы различают атмосферные (O_2 , CO_2 , N , H), биохимические газы (метан CH_4 , сероводород H_2S), образующиеся в болотах, морях, дельтах рек в илистых отложениях. Биохимические газы поддерживают грунты в разрыхленном подвижном состоянии и препятствуют уплотнению (плывуны).

Свободные газы находятся в порах и трещинах грунтов, непроницаемыми для них являются пустоты с диаметром менее 0,002 мм или заполненные водой. Они легко удаляются из грунта, растворяются подземными водами, незначительно меняют их химический состав.

Адсорбированные накапливаются в виде пузырьков на поверхности частиц сухих грунтов, чаще песчаных, легко растворяются в воде, при влажности 5-10 % полностью вытесняются водными пленками, опасности не представляют.

Защемленные – наиболее опасное состояние газов и паров воды в грунтах, возникающее при сильном дожде, поливе территории, сплошном покрытии грунтовых толщ при застройке или асфальтировании. Защемление газов происходит между уровнем грунтовых вод и просачивающейся с поверхности земли влаги, чаще всего в плохо уплотненных насыпях, в виде карманов, линз. Давление защемленного газа достигает 200 МПа, грунт становится упругим, несжимаемым, ухудшается водопроницаемость. Прорыв газов возможен в результате перегрузок или при земляных работах и имеет характер взрыва.

Виды влаги по характеру взаимодействия с поверхностью частиц грунта различают следующие:

Химически связанная влага входит в состав минералов:

- *конституционная* – в виде группы ОН, например, в каолините $Al_2[OH]_2Si_2O_5$, при температуре от 300-1000° удаляется влага и разрушается структура минерала;

- *кристаллизационная* – входит в кристаллическую решетку, например минерала гипса $CaSO_4 \cdot 2H_2O$, удаляется в условиях атмосферы с уменьшением объема, образуется ангидрит $CaSO_4$, при поступлении влаги происходит обратный процесс;

- *цеолитная* – часть кристаллизационной воды, которая может выделяться и вновь поглощаться без разрушения кристаллической решетки минерала. Например, у минералов опал $SiO_2 \cdot nH_2O$ и халцедон SiO_2 твердость соответственно изменяется от 5,5 до 7,0, в зависимости от содержания влаги.

Физически связанная влага с поверхностью частиц грунта связана молекулярными и ионно-электростатическими силами.

- *Гигроскопическая, или прочносвязанная* – удаляется при температурах 90-300° С, в зависимости от состава катионов от Na^+ к Ca^+ , или при давлении 20-50 МПа. Её плотность составляет 1,1-1,7 г/см³, не усваивается растениями, не является растворителем, вязкая и упругая, не замерзает до температуры – 78°С. Давление, под которым гигроскопическая влага находится в грунте, достигает 10 000 атмосфер. При связывании этой влаги образуется пленка в толщину молекулы воды и выделяется теплота смачивания, причем влага перемещается к частицам с энергетически сильными катионами, например к Ca, Mg.

Количество гигроскопической влаги, или *гигроскопическая влагоемкость* w_h , составляет в мелких песках 0,5-4,0 %, в глинах 6-18 %, в монтмориллонитовых глинах до 20 %, а в слюдяных, мусковитовых до 30 %. При максимальных значениях w_h грунт теряет прочность.

- *Пленочная, или рыхлосвязанная* – облекает частицы в виде пленок разной толщины, перемещается от частиц с толстыми пленками к частицам с тонкими, удерживается как силами электростатического притяжения, так и отталкивается за счет сил смачивания (расклинивающее действие). С повышением температуры от 20 градусов это движение ускоряется. Плотность влаги 1,1 г/см³, температура замерзания от – 1,5 до – 4,0°С.

Суммарное содержание всех видов прочносвязанной и пленочной влаги составляет влажность, называемая *максимальной молекулярной влагоемкостью* грунтов $w_{\text{ммв}}$. В грубых песках 1-2 %, в мелких – до 5 %, в суглинках пылеватых и илистых грунтах до 10-20 %, в глинах до 45 %, в монтмориллонитовых глинах до 135 %.

Физически связанная влага определяет водные, или гидрогеологические свойства грунтов: *влагоемкость, водоотдача, набухание, пластичность, липкость, водопроницаемость, водостойкость, сжимаемость*.

Свободная влага по характеру движения может быть гравитационной, или собственно свободной и капиллярной.

- *Гравитационная влага* – перемещается по порам и трещинам под действием силы тяжести, оказывает гидродинамическое или гидростатическое давление на грунты (*псевдоплывуны*) и подземные части сооружений. В процессе движения происходит внутренний размыв дисперсных грунтов, или *механическая суффозия*. В растворимых породах (гипс, ангидрит, известняк, доломит, каменная соль) происходит вынос веществ – *химическая суффозия*. При снижении скорости движения происходит заполнение пустот привносимым водой материалом, или *кольматация*.

- *Капиллярная* – поднимается против силы тяжести по порам диаметром 0,002-0,05 мм, под действием сил менискового натяжения и энергии теплоты смачивания. Над уровнем грунтовых вод в массиве образуется *капиллярная кайма*, высота подъема, или мощность её H_k в песках составляет 15-50 мм, в супесях – до 1,5 м, в суглинках – 2-3 м, в глинах до 4-5 м. Капиллярная влага способствует *морозному пучению*, за счет постоянного подсоса подземных вод к зоне промерзания, и *засолению* грунтов при положении верхней границы каймы выше поверхности земли, а также определяет сырость в подвалах зданий. Капиллярная вода может передвигаться за счет разности температур, от холода к теплу, растворять и переносить соли, при испарении воды эти соли кристаллизуются и разрушают структуру грунтов и строительных материалов.

Максимально возможное содержание в грунте связанной, капиллярной и гравитационной воды при полном заполнении пор называют *полной влагоемкостью грунта, или влажностью полного водонасыщения* ω_{sat} .

По состоянию вода в грунтах может быть твердой (лед), газообразной (пар) и жидкой, переход из одного состояния в другое изменяет структуру грунта, его объем и консистенцию.

Органическая составляющая встречается в речных старичных, и реже, в элювиальных образованиях, в том числе в почвах, в количестве 10-20 % по массе в различном виде: неразложившихся отмерших растений (стебли, основы листьев), полностью разложившегося вязкого черного вещества – *гумуса*, составляющего до 80 % от общего количества органики. Гумус состоит из гуминовых кислот, фульвокислот, гумусовых углей (по своему составу это органические кислоты, состоящие из углерода, азота, кислорода и водорода). Гуминовые кислоты микропористые, губчатые, хорошо удерживают влагу. Фульвокислоты способствуют разложению окислов.

Относительное содержание органического вещества в грунтах $I_{от}$ в торфе более 0,5, он сжимается под нагрузкой на 50 %, в заторфованных грунтах $I_{от}$ изменяется от 0,03 до 0,5, и они сильно и неравномерно сжимаемые. Содержание гумуса в песке более 3 % делает его водонепроницаемым, снижает водоотдачу, а глины становятся неразмокаемыми.

Основные показатели инженерно-геологических свойств грунтов

По назначению различают показатели инженерно-геологических (физико-механических) свойств можно объединить в следующие группы:

- *классификационные* – используются для выделения инженерно-геологических элементов ИГЭ, единых толщ, массивов, типов грунтов по плотности сложения, структуре, гранулометрическому составу, пластичности;

- *косвенно-расчетные* – используются для приближенной оценки деформируемости, прочности грунтов на основе корреляционной зависимости между физическими и механическими характеристиками грунтов: плотность, характерные влажности, число пластичности, коэффициент пористости, с которыми тесно связаны сцепление, угол внутреннего трения, сжимаемость грунтов под нагрузкой. Зависимость выражается в виде уравнений и номограмм;

Продолжение прил. 3

- *прямые расчетные* – характеристики, определяемые опытным путем в компрессионных, сдвиговых приборах, в стабилOMETрах, или в массиве грунтов на строительной площадке (опытные нагрузки на штампы, срез целиков в шурфах, испытание свай, зондирование, прессиометрия и т.д.): модуль деформации, коэффициент сжимаемости, угол внутреннего трения и удельное сцепление. Показатели используются в расчетных формулах оснований и фундаментов;

- *специфические* – показатели, свойственные определенным грунтам или в особых условиях: коэффициенты относительной просадочности, набухания, морозного пучения, давления набухания, коэффициент размягчаемости и т.д.

Состав показателей зависит от класса грунта и от стадии изысканий (проектирования) и от категории сооружений.

Инженерно-геологическая классификация:

Цели создания классификации:

- обеспечение выбора методик лабораторных и полевых исследований;

- определение критериев показателей свойств для выделения типичных разновидностей грунтов при изображении на картах, разрезах;

- оценка поведения грунтов при взаимодействии с проектируемым сооружением.

Классификации разработаны в трудах инженеров-геологов: Ф.П. Саваренского (1937), В.А. Приклонского (1943), Н.В. Коломенского (1951), Н.Н. Маслова (1954), П.Н. Панюкова (1956) и других. Совершенствование единой классификации грунтов проведено рабочей группой, созданной оргкомитетом «Совещание по инженерно-геологическим свойствам горных пород и методам их изучения» (1957), в составе Е.М. Сергеев, В.А. Приклонский, П.Н. Панюков и Л.Д. Белый. Инженерно-геологическая классификация связывает петрографо-генетические типы пород с их строительными, или инженерно-геологическими (физико-механическими) свойствами.

Сформулированы пять групп признаков, положенных в основу инженерно-геологической классификации грунтов:

- геологические – возраст, генезис, условия залегания;
- химико-петрографические – вещественный и зерновой состав;
- физическое состояние – структура, текстура, водонасыщенность;

- стойкость к внешним воздействиям атмосферы, биосферы, гидросферы;
- механические свойства – деформационные и прочностные характеристики;

Инженерно-геологические свойства грунтов обусловлены, прежде всего, внутренними связями между частицами, ионами грунта: кристаллические, химические, ионно-электростатические, электрические, молекулярные и пр.

Связи жесткие необратимые – кристаллизационные, цементационные, обусловлены происхождением породы. Горные породы ведут себя как твердые тела. Оценка должна даваться для массива (скальные грунты) или для отдельных блоков, глыб, когда массив ослаблен трещинами выветривания или тектоническими (полускальные грунты).

Связи мягкие обратимые – водноколлоидные, возникающие в глинистых грунтах при взаимодействии с водой. При высыхании в глинах образуются молекулярные, ионные связи и глинистый грунт приобретает свойства твердого тела. При увлажнении возникают мягкие связи, электростатические по природе, основанные на взаимодействии отрицательно заряженных коллоидных частиц с диполями молекул воды.

Связи электрические – возникают в сухих сыпучих грунтах.

Связи особые – возникают при склеивании битумом, при силикатизации, гудронировании, цементации, полимеризации, замораживании и искусственном уплотнении грунтов.

Связи отсутствуют – грунты обломочные, сыпучие, раздельно-зернистые.

По ГОСТ 25100-2011 приняты следующие таксономические единицы (подразделения), выделяемые по группам признаков:

- *класс (подкласс)* – по природе структурных связей;
- *тип (подтип)* – по генезису;
- *вид (подвид)* – по вещественному, петрографическому или литологическому составу;
- *разновидности* – по количественным показателям состава, строения, состояния и свойств грунтов.

В инженерно-геологической классификации приняты следующие подразделения:

- *класс* – по характеру и природе связей;
- *группа* – по происхождению (генезис первого порядка – по типам происхождения пород: магматический, метаморфический, осадочный, смешанный);

Продолжение прил. 3

- *подгруппа* – по условиям формирования (генезис второго порядка – для магматических: глубинные и излившиеся породы, разные по составу; для осадочных – обломочные, хемогенные и органогенные; для метаморфических – породы регионального и контактного преобразования);
- *тип* – по петрографическому, гранулометрическому составу, числу пластичности;
- *вид* – по структуре, текстуре, составу цемента, относительному содержанию органики, степени уплотнения от собственного веса;
- *разновидности* – по физическим, физико-механическим, химическим свойствам, по состоянию: *степень трещиноватости, выветрелости, влажности, водонасыщенности.*

ГОСТ 25100-2011. Грунты. Классификация.

1. Класс скальных грунтов – грунты с жесткими структурными связями.
2. Класс дисперсных грунтов – грунты с физическими, физико-химическими или механическими структурными связями.
3. Класс мерзлых грунтов – грунты данного класса наряду с другими структурными связями обладают криогенными связями.

Х а р а к т е р и с т и к а и н ж е н е р н о - г е о л о г и ч е с к и х к л а с с о в г р у н т о в (1957 г.)

Класс I. Скальные грунты

Твердые компактные породы с жесткими кристаллизационными, цементационными связями, водостойкие, водонепроницаемые, стойкие к выветриванию, прочные и очень прочные. *Предел прочности на одноосное сжатие* R_c , МПа, – отношение вертикальной нагрузки при которой происходит разрушение образца, к площади первоначального поперечного сечения. R_c изменяется от 50 до 120 МПа и более. В выемках грунты держат откосы прямого сечения, разработка проводится взрывными методами.

К скальным грунтам относят магматические, метаморфические, осадочные монолитные, залегающие в виде мощных толщ, сцементированные на прочных цементах и хемогенные плотные породы. Скальные грунты неразмягчаемые в воде – *коэффициент размягчаемости* $K_{sof} \geq 0,75$ (определяется как отношение пределов прочности на сжатие

грунта в водонасыщенном и в воздушно-сухом состоянии), невыветрелые или слабоветрелые – коэффициент выветрелости K_{wr} изменяется от $0,9 \div 1,0$ (определяется как отношение плотности выветрелого грунта к плотности монолитного).

Класс II. Полускальные грунты

Относительно твердые породы с жесткими связями в отдельных блоках, малопрочные $5 < R_c < 50$ МПа, неводостойкие $K_{sof} < 0,75$, слабо- или сильноводопроницаемые, выветрелые и сильновыветрелые $0,8 < K_{wr} < 0,9$. В выемках могут осыпаться, а разработка возможна механическим способом, в зависимости от степени трещиноватости.

К полускальным грунтам относят все скальные, но ослабленные тектоническими трещинами и трещинами выветривания, пористые, кавернозные, а также способные к выщелачиванию и растворению водой осадочные породы. Например, сульфатные породы (гипс, ангидрит), карбонатные (известняки – ракушечники, известковые туфы, мергели), обломочные породы на слабых цементах, кремнистые органогенные (опоки, трепелы), вулканические туфы.

Класс III. Нескальные несвязные грунты

Дисперсные (раздельнозернистые) сыпучие рыхлые обломочные грунты, прочность определяется силами внутреннего трения. Водопроницаемые, хорошо фильтруют воду, обладают высокой водоотдачей. К ним относятся континентальные (элювиального, делювиального, аллювиального генезиса) и морские сыпучие отложения.

По размеру обломков выделяют две группы: *крупнообломочные, или псефиты* – частиц в поперечнике более 2 мм свыше 50 % и *среднеобломочные, или песчаные* – частиц в поперечнике от 2 до 0,1 мм – от 25 до 75 %.

Несвязные грунты практически не уплотняются при статической нагрузке, но дают осадку при динамическом воздействии, т.е. при встряске, вибрации. Степень уплотнения зависит от однородности, размеров и окатанности частиц грунта.

Гранулометрический состав – количественное соотношение частиц различной крупности в дисперсных грунтах, определяется по ГОСТ 12536-79.

Степень неоднородности гранулометрического состава или коэффициент неоднородности C_u определяют по формуле $C_u = d_{60} / d_{10}$, где d_{60} , d_{10} – диаметры частиц в мм, меньше которых в грунте содержится соответственно 60 и 10 % (по массе) частиц.

Класс IV. Нескальные связные грунты

Мягкие пластичные с водно-коллоидными связями ионно-электростатической природы, к ним относятся все глинистые грунты. Согласно ГОСТу, связные грунты подразделяют по *числу пластичности* I_p на: глины более 17, суглинки от 7 до 17, супеси от 1 до 7, пески мелкие пылеватые – менее 1. Пластичность этих грунтов зависит от содержания глинистых частиц, менее 0,005 мм, минерального состава глин и содержания катионов.

Состояние (консистенция) глинистого грунта, или *показатель текучести* I_L определяется содержанием влаги: для супесей – твердое, пластичное, текучее; для суглинков и глин – твердое, полутвердое, тугопластичное, пластичное, мягкопластичное, текучее.

Деформируемость связных грунтов во многом определяется минеральным составом грунта, плотностью сложения, степенью влажности S_r . Они сжимаются неравномерно и значительно, уплотняясь под нагрузкой во времени.

Модуль деформации E изменяется от 1 до 5 МПа у водонасыщенных разностей (сильносжимаемый грунт), от 5 до 50 МПа – у маловлажных (среднесжимаемый грунт). Некоторые глины и суглинки, особенно переуплотненные моренные (ледниковые) характеризуются значительным постоянством механических свойств, E достигает 50 МПа.

Прочность связных грунтов характеризуется *углом внутреннего трения* φ , град. и *удельным сцеплением* c , МПа.

Большое значение при оценке строительных свойств имеют заторфованность, засоленность грунтов, просадочность, способность к набуханию и усадке, морозному пучению.

Класс V. Грунты с особыми связями

Природные и искусственные образования, имеющие сложные связи, крайне изменчивые по свойствам. Поведение в сфере влияния сооружений трудно прогнозировать. К данному классу относят мерзлые грунты, торф и заторфованные образования, солончаки, лёссы, почвы и большую группу техногенных грунтов: культурный слой городов, насыпные и намывные, уплотненные трамбованием, закрепленные различными составами грунты.

Поведение особых грунтов в сфере влияния сооружений трудно прогнозировать, они невыдержаны в залегании и по составу как по площади, так и с глубиной. Объем инженерно-геологических исследований на таких грунтах резко возрастает.

Приложение 4

**СХЕМЫ ГРУНТОВ ОСНОВАНИЙ СООРУЖЕНИЙ.
ОБОСНОВАНИЕ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ
СТРОИТЕЛЬСТВА**

Инженерно-геологические условия территорий определяют место расположения сооружения, его конструкцию, типы фундаментов, способы производства работ и выбор мероприятий по защите от неблагоприятных явлений и процессов. Условия строительства зависят от состава пород, характера их переслаивания, мощности слоев с различными инженерно-геологическими свойствами, от условий залегания толщ.

Величина, скорость, продолжительность осадки сооружения определяются однородностью состава, степенью водонасыщения грунтов основания. Наклоны пластов, складки, раздробленность пород по зонам могут вызвать различные смещения слоев, обвалы, вывалы в строительных выработках. Оценка устойчивости сооружения помогают дать схемы грунтовых оснований разработанные Н.Н. Масловым.

С х е м а 1. Однородное залегание мощной толщи плотных глин (более 5 м). Основание сжимаемое, величина осадки очень медленно, но планомерно возрастает с ростом размеров сооружения по площади и во времени. Условия благоприятные.

С х е м а 2. Однородное залегание мощной толщи песков (более 5 м) в пределах ровной поверхности, на расстоянии более 15 м от бровки склона. Глубина залегания подземных вод более 2-3 м. Основание практически несжимаемое, возможны осадки только при динамических нагрузках. Условия благоприятные, но могут быть осложнены при подъеме уровней подземных вод и при нарушении сплошности залегания толщи (при земляных работах).

С х е м а 3. Плотный грунт залегает с поверхности и подстилается на глубине 3-5 м слабыми легко сжимаемыми водонасыщенными грунтами. Для небольших объектов влияние нижнего слабого слоя не сказывается, а для значительных по площади сооружений осадка может достигнуть большой величины за счет уплотнения слабой толщи попадающей в сферу влияния сооружения. Условия ограниченно благоприятные.

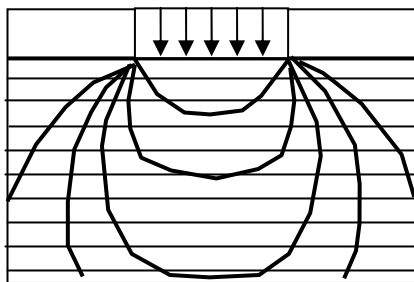
С х е м а 4. Многослойное наклонное залегание песчано-глинистых пород (моноклиналь) или линзовидные включения грунтов иного состава среди основной толщи (линзы песка среди суглинков и глин или невыдержанные прослойки глин среди песчаных толщ). Грунтовое основание неоднородное по площади, осадка значительная и неравномерная. Условия неблагоприятные.

Продолжение прил. 4

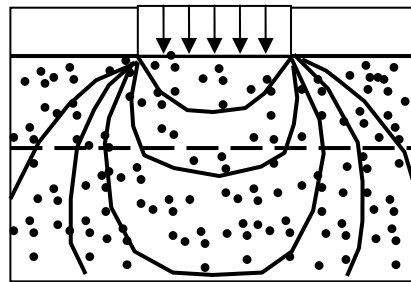
С х е м а 5. Многослойное залегание с поверхности слабых водонасыщенных песчано-илистых грунтов с линзами торфа, мощность до 3-8 м. Подстилающими служат коренные плотные глины. Строительство возможно при устройстве насыпных песчано-гравийных подушек 3-4 м мощности или при прорезке слабой толщи сваями. Условия неблагоприятные.

С х е м а 6. Сброс, разлом, с обеих сторон залегают различные по составу грунты. Осадки неравномерные, обстановка осложняется повторением подвижек по линии сброса, раздробленностью и водонасыщенностью пород в зоне разлома. Условия неблагоприятные особенно для жилой застройки, требуются работы по инженерной подготовке участка.

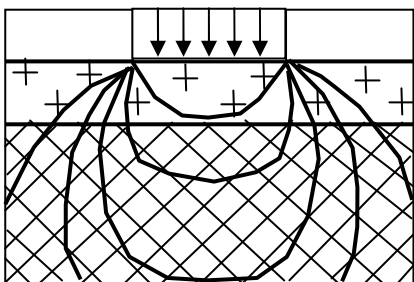
1)



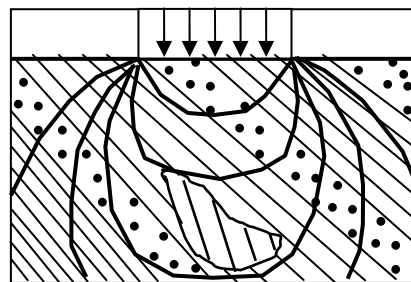
2)



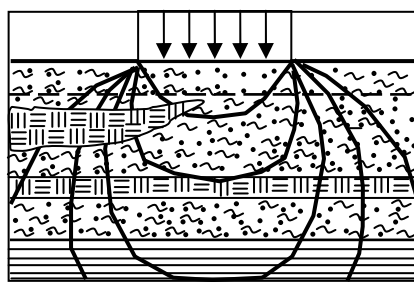
3)



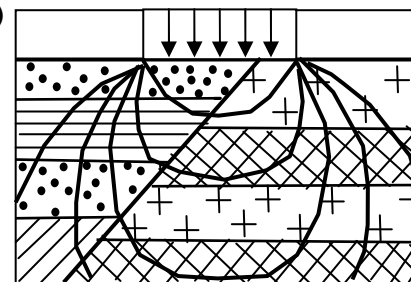
4)



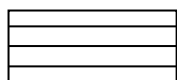
5)



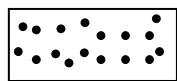
6)



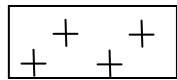
Равномерно распределенная нагрузка и эпюры вертикальных напряжений



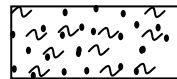
Глинистый грунт однородный слабосжимаемый



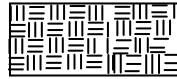
Песчаный грунт, хорошо фильтрующий воду



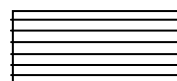
Плотный грунт, практически несжимаемый



Песок мелкий илистый водонасыщенный



Торф, заторфованный грунт



Глина коренная, очень плотная

Схемы грунтового основания при разном залегании толщ пород

О Г Л А В Л Е Н И Е

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
ВВЕДЕНИЕ	4
Работа №1 ПОСТРОЕНИЕ КОЛОНОК И РАЗРЕЗОВ ПО БУРОВЫМ СКВАЖИНАМ	6
Работа №2 ОЦЕНКА УСЛОВИЙ СТРОИТЕЛЬСТВА НА ОПОЛЗНЕВОМ СКЛОНЕ	30
Работа №3 СТРОИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЗАКАРСТОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ	39
Работа №4 УСЛОВИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА НА ПРОСАДОЧНЫХ ГРУНТАХ	48
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	56
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	58
ПРИЛОЖЕНИЯ	60

Учебное издание

Кошкина Наталья Викторовна
Хрянина Ольга Викторовна

ГЕОТЕХНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УЧАСТКА СТРОИТЕЛЬСТВА
В СЛОЖНЫХ УСЛОВИЯХ

Учебное пособие к практическим и лабораторным занятиям
Под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. Ю.П. Скачкова

Р е д а к т о р В.С. Кулакова
В е р с т к а Н.А. Сазонова

Подписано в печать 13.05.2014. Формат 60×84/16.
Бумага офисная «Снегурочка». Печать на ризографе.
Усл.печ.л. 5,0. Уч.-изд.л. 5,25. Тираж 80 экз.
Заказ №140.



Издательство ПГУАС.
440028, г.Пенза, ул. Германа Титова, 28