ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ
СИБИРСКИЙ КОЛЛЕДЖ ТРАНСПОРТА И СТРОИТЕЛЬСТВА

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ ПМ.01 МДК 01.02 ГЕОЛОГИЯ И ГРУНТОВЕДЕНИЕ

для специальности
08.02.05 «Строительство и эксплуатация автомобильных дорого и аэродромов».

Иркутск 2022

Электронный документ выгружен из ЕИС ФГБОУ ВО ИрГУПС и соответствует оригиналу
Подписант ФГБОУ ВО ИрГУПС Трофимов Ю.А.
00a73c5b7b623a969ccad43a81ab346d50 с 08.12.2022 14:32 по 02.03.2024 14:32 GMT+03:00
Подпись соответствует файлу документа

РАССМОТРЕНО:
Цикловой методической
комиссией специальности 08.02.05
Строительство и эксплуатация
автомобильных дорог и аэродромов
«08» июня 2022 г.
Председатель:_____/Климова С.Н.

УТВЕРЖДАЮ:
Заместитель директора по УВР
_____/А.П.Ресельс
«09» июня 2022 г.

Разработчик: Фролова Оксана Валентиновна, преподаватель ФГОУ ВО ИрГУПС СКТиС

Содержание

№п/п	Название практической работы	Стр.
1	Практическое занятие. Определение класса и свойств минералов	4
2	Практическое занятие. Определение класса горной породы	13
3	Практическое занятие. Определение плотности минеральной части незасоленных грунтов.	23
4	Практическое занятие. Определение плотности связанных грунтов методом гидростатического взвешивания и режущего кольца	25
5	Практическое занятие. Определение гранулометрического состава грунтов ситовым методом.	27
6	Практическое занятие. Определение гранулометрического состава грунтов полевым методом Рутковского.	29
7	Практическое занятие. Определение числа пластичности и наименование глинистого грунта.	29
8	Практическое занятие. Составления грунтово-геологического разреза	43
9	Практическое занятие. Составление геологического разреза по данным бурового журнала	52
	Список использованных источников	61

Практическое занятие. Определение класса и свойств минералов

1. Породообразующие минералы. Магматические и метаморфические горные породы
Рассматриваемые вопросы:

- определение и описание минералов как составных частей горных пород;
- магматические горные породы, классификация и их важнейшие особенности;
- метаморфические горные породы, классификация и их важнейшие особенности.

1.1. Породообразующие минералы, их физические свойства, классификация

Минералы, входящие в состав горных пород в количестве больше чем 1%, называются породообразующими.

<u>Формы нахождения минералов в природе</u>

1). Кристаллы – правильные многогранники:

кварц – призмы, заостренные к верху;

пирит, галит – кристаллизуются в виде кубов;

слюда, графит – вытянутые в двух направлениях (плоские, листоватые, чешуйчатые).

2). Друзы – (с греческого щетка) – сростки минералов, кристаллы вырастают на какой-либо основе.

3). Землистые массы (глинистые минералы).

Основная масса минералов имеет кристаллическое строение, которое влияет на их форму, прочность. Прочность – зависит от типа структурных связей решетки – ионная, ковалентная, металлическая, водородная, молекулярная.

Физические свойства минералов

Каждый минерал имеет определенные физические свойства. Главнейшими из них являются: внешняя форма, оптические характеристики (цвет, прозрачность, блеск), показатели твердости, спайность, излом, плотность.

Внешняя форма минералов разнообразна. В природных условиях они чаще всего приобретают неправильные очертания.

Цвет для очень многих минералов строго постоянен. Их условно разделяют на светлые (кварц, полевые шпаты, гипс, кальцит и др.) и темные (роговая обманка, авгит и др.).

Прозрачность – способность минералов пропускать свет. Выделяют три группы минералов: прозрачные (кварц, мусковит и др.), полупрозрачные (гипс, халцедон и др.) и непрозрачные (пирит, графит и др.).

Блеск – способность поверхности минералов отражать в различной степени блеск. Блеск может быть металлическим и неметаллическим, который в свою очередь может быть стеклянным (кварц, силикаты), жирным (тальк), шелковистым (селенит, асбест) и т.д.

Твердость – способность минералов противостоять внешним механическим воздействиям. Каждому минералу присуща определенная твердость, которая ориентировочно оценивается по 10-бальной шкале твердости Мооса.

Спайность – способность минералов раскалываться или расщепляться по определенным направлениям с образованием плоскостей раскола.

Излом характеризует поверхность разрыва и раскалывания минералов Различают излом по спайности (кальцит), раковистый (кварц), землистый (каолинит) и др.

Плотность минералов различна и колеблется в пределах от 0,6 до 19 г/см3.

Минералы могут обладать рядом других физических свойств: хрупкостью, плавкостью, магнитностью, вкусом, запахом и т.д.

Классификация минералов основана в основном на их химическом составе:

1). Самородные элементы – элементы находятся в свободном состоянии (сера S, графит C, алмаз C).

2). Сульфиды – соединения металлов с серой – пирит FeS_2.

3). Сульфаты – соли серной кислоты (гипс $CaSO_4 \cdot 2H_2O$, ангидрит $CaSO_4$). При соприкосновении с водой ангидрит переходит в гипс, увеличиваясь в объеме на 30%.

4). Окислы и гидроокислы – кварц SiO_2, опал $SiO_2 \cdot nH_2O$, лимонит $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$.

5). Карбонаты – соли угольной кислоты – кальцит $CaCO_3$, доломит $CaMg(CO_3)_2$, магнезит $MgCO_3$.

6). Галоиды – соли соляной кислоты – галит NaCl– ионный тип решетки.

7). Силикаты – слюды, глинистые минералы (каолинит, монтмориллонит, гидрослюда), полевые шпаты (ортоклаз, плагиоклаз).

Минералы классов фосфатов, вольфрамитов встречаются гораздо реже, чем другие.

Инженерно-геологическая классификация минералов.

С учетом строения кристаллической решетки и прочности:

1). Первичные силикаты – минералы класса силикаты геологической классификации, образующая в глубинах земли и характеризующейся ковалентным типом связи кристаллической решетки.

Минералы этого класса – прочные, нерастворимые в воде, но выветривается. Служит хорошим основанием для инженерных сооружений.

2). Простые соли – минералы классов карбонаты, сульфаты, галоиды – характерен ионный тип кристаллической решетки – прочные и крепкие в сухом состоянии, но растворимые в воде. С минералами этого класса связаны явления карсты.

3). Глинистые минералы – выделяются из класса силикатов по следующим признакам:

а) высокая дисперсность – степень раздробленности, размер частиц <0.001 мм;

б) способность к ионному обмену;

в) гидрофильность – способность минералов вмещать в себя воду и увеличиваться в объеме (набухание);

г) пластичность при увлажнении переходит в пластичную форму (каолинит, монтмориллонит, гидрослюда).

Глинистые минералы – породообразующие и слагают породы – глина, суглинок, супесь.

4). Органическое вещество – гумус и гуминовые кислоты, которые образуются в верхней части земной коры в результате разложения растительности. Изменяют свойства горных пород.

Магматические горные породы, классификация и их важнейшие особенности.

Горные породы - минеральные агрегаты, состоящие из одного или нескольких минералов и слагающие большие участки поверхности Земли.

Породы, состоящие из 1 минерала называются мономинеральными (известняк, мрамор), а из 2 или более – полиминеральными.

Наука, изучающая горные породы – петрография.

Горные породы не имеют химических формул. Они оцениваются химическим анализом:

SiO_2 – 49-52 %, Al_2O_3 – 10-14 %, Fe_2O_3 - 4-14% и т.д.

Установлено около 1000 горных пород.

По происхождению горные породы подразделяются на: магматические, метаморфические и осадочные.

Химический и минеральный состав магматических пород

Магматическими горными породами называют горные породы, которые образовались в результате кристаллизации магмы (силикатный состав) при её остывании в недрах земли или на её поверхности. В зависимости от условий, в которых происходит охлаждение и застывание магмы, горные породы делят на *интрузивные* (глубинные) и *эффузивные* (излившиеся).

В состав магматических пород входят O_2, кремний Si, алюминий Al, железо Fe, магний Mg, кальций Ca, калий K, натрий Na, водород.

Химический состав магматических пород обычно представлен в форме окислов: SiO_2, Al_2O_2, FeO, Fe_2O_3, CaO, MgO, K_2O, Na_2O, H_2O.

Основное значение имеет окись SiO_2 (кремнезем), по которому построена химическая классификация магматических пород.

И все магматические породы по химическому составу делятся на следующие основные группы:

1. кислые – содержание SiO_2 более 65% (липарит, вулканическое стекло, гранит);
2. средние – 65 – 55% (диорит, порфирит, сиенит, трахит);
3. основные – 55 – 45% (габбро, диабаз, базальт);
4. ультраосновные – менее 45% (дунит).

С химическим составом магматических пород тесно связан их минеральный состав.

В кислых породах имеется в свободном состоянии кварц (гранит). В остальных породах кварца нет, на смену ему приходят *Fe* и *Mg*, содержащие минералы – авгит, роговая обманка и оливин.

От кислых пород к ультраосновным, наблюдается потемнение окраски, от светло-серого до черного, а также увеличение удельного веса.

Структуры и текстуры магматических пород

Структура – это строение породы, которое определяется формой и размером зерен, а также степенью кристалличности пород.

По степени кристалличности выделяются следующие структуры:

1. полнокристаллическая;
2. полукристаллическая;
3. некристаллическая.

Полнокристаллическая или зернистая структура – порода целиком состоит из кристаллов (зерен). Структура характерна для глубинных пород (гранит).

Полукристаллическая или порфировая структура – на основном стекловатом фоне выделяются отдельные вкрапления кристаллов (порфирит), характерна для излившихся пород.

Некристаллическая или стекловатая структура характерна для излившихся пород (вулканическое стекло, обсидиан).

По размерам зерен различают структуры крупно-, средне-, мелкозернистые.

Структура является признаком породы, определяющим его прочность, наиболее прочные породы с мелкозернистыми структурами.

Текстура – сложение пород, которое определяется расположением зерен в породе и степенью заполнения пространства. По расположению зерен различают следующие текстуры:

а) однородная;

б) неоднородная.

Однородная или массивная текстура – все зерна в породе располагаются равномерно и без какой-либо видимой закономерности (гранит). Магматические породы в основном имеют массивные текстуры.

По степени заполнения пространства различают плотные и пористые текстуры:

глубинные породы – плотные;

излившиеся породы – пористые.

Формы залегания магматических пород

Глубинные горные породы залегают в виде батолитов – огромных массивов горных пород до нескольких сотен километров, залегающих глубоко от земной поверхности; штоков – ответвлений от батолитов; лакколитов – грибообразных форм, образованных при внедрении магмы между слоями осадочных толщ; жил –возникших при заполнении магмой трещин в земной коре.

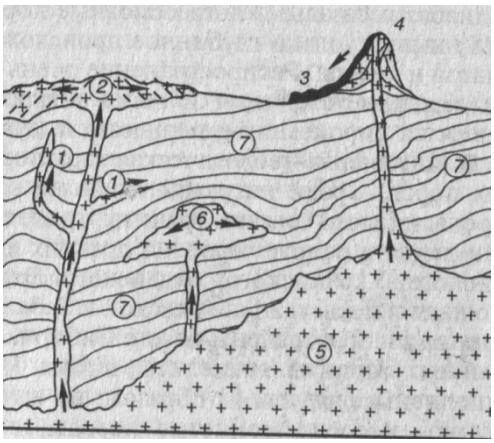


Рис.1.1. **Основные формы залегания магматических пород.**

1-Жилы, 2-покров, 3-поток, 4-вулканический конус, 5-батолит, 6-лакколит, 7-толща осадочных пород

Для излившихся горных пород характерными являются: купола – своеобразные формы; лавровые покровы – образовавшиеся в результате

растекания магмы на поверхности земли; потоки – вытянутые формы, возникшие в результате течения магмы из вулканов.

Метаморфические горные породы, классификация и их важнейшие особенности.

Метаморфические породы – это породы, образующиеся в глубинах Земли из осадочных или магматических пород под влиянием высокой температуры, давления, действия газовых и водных растворов, являются вторичными породами.

Факторы и типы метаморфизма.

– Температура – температурный интервал, в пределах которой происходит этот процесс метаморфизма (300-1000^{0}С).

В процессе влияния температуры создаются полнокристаллические структуры и образуются новые минералы.

– Давление – второй фактор, принято различать общее всестороннее давление и направленное давление, которое называется стресс, в результате которого образуются характерные только для метаморфических пород текстуры. Причиной направленного давления являются тектонические движения земной коры.

– Газовые, водные растворы – они действуют на контакте пород, растворяют их и приводят к образованию новых минералов и сильному изменению породы.

В зависимости от факторов выделяются следующие типы метаморфизма:

- термальный – от действия температуры;

- динамометаморфизм – от действия давления;

- контактовый – от действия газовых и водных растворов;

- региональный – когда два или несколько факторов действует одновременно.

Типы метаморфизма положены в основу классификации метаморфических пород в строительных ГОСТах.

Химический и минеральный состав

Химические превращения в метаморфических породах очень сложны, состав метаморфических пород крайне разнообразен.

Все минералы, входящие в состав пород можно разделить на 2 группы:

1. минералы, сохранившиеся от первичной породы (кварц);
2. минералы, возникшие метаморфическим путем (слюды, гранат).

Метаморфические породы все характеризуются полнокристаллическими структурами.

Для определения пород большое значение имеет текстурный признак.

Выделяются следующие текстуры:

а) сланцеватая – вся порода при расколе делится на плоскости делимости, т.е. порода состоит из параллельно соединенных между собой пластинчатых минералов (слюдистый сланец, глинистый сланец).

б) полосчатая или гнейсовая текстура – порода состоит из полос, образовавшихся в результате дифференциации (разделения) вещества по удельному весу (гнейс).

Для этих текстур характерно свойство анизотропии – изменение свойств с изменением направления.

в) пятнистая – порода состоит из разнообразно окрашенных минералов одного класса (мрамор, яшма).

Все выше названные текстуры являются неоднородные, но для метаморфических пород характерны и однородные текстуры, которые называютмассивные (кварцит, мрамор).

Метаморфические пароды сохраняют формы залегания первичной породы.

Эти породы широко используются в строительстве, либо в виде естественного строительного камня, либо в виде сырья для стройматериалов (щебень).

Магматические и метаморфические породы могут служить хорошим основанием инженерных сооружений – это породы прочные, крепкие, водоустойчивые, морозоустойчивые, способны выдерживать большие нагрузки.

2. Осадочные горные породы. Основные признаки осадочных горных пород

Осадочные породы – образуются на поверхности Земли в результате разрушения метаморфических, магматических и собственно осадочных

пород с последующим их переотложением (известняк, мел, гипс, песок, глина).

Осадочные породы пользуются широким распределением по поверхности Земли, служат основанием инженерных сооружений, и от их прочности зависит устойчивость зданий и сооружений. Применяются в строительстве в качестве строительного камня, в виде сырья для строительных материалов. К осадочным породам приурочены богатейшие запасы полезных ископаемых, а также подземных вод.

2.1. Стадии образования осадочных пород

При образовании осадочные породы приходят 4 стадии:

1. разрушение;
2. перенос и отложение;
3. диагенез;
4. катагенез.

Разрушение или *выветривание* горных пород происходит под влиянием агентов атмосферы, животных и растительных организмов. Разрушаются любые породы, находящиеся на поверхности Земли.

Перенос и *отложение* – разрушенный материал переносится ветром, льдом, организмами, но особенно велика транспортирующая роль водных потоков. В процессе переноса происходит разделение осадочного материала по размерам, по удельному весу и химическому составу. Такое разделение называется дифференциация осадка. Принято различать 3 вида дифференциации:

а) механическая – разделение по размерам обломков и удельному весу;

б) химическая – осаждение материала по химическому составу;

в) органогенная – осаждение материала в результате жизнедеятельности организмов.

В результате дифференциации образуются осадки трех типов:

1) механические;

2) химические;

3) хемобиогенные.

Образовавшийся осадок должен пройти третью стадию – стадию диагенеза, и тогда он превратится в осадочную горную породу.

Диагенез – перерождение осадка в породу. Это процесс происходит под влиянием энергии самого осадка, при этом наблюдается цементация осадка или образование новых минералов.

Катагенез – совокупность процессов, влияющих на породу в процессе ее жизни.

Практическое занятие. **Определение класса горной породы**

2.2. Классификация осадочных пород по месту образования

По месту образования осадочные породы делятся на:

а) континентальные;

б) морские.

Континент является областью, где происходит разрушение пород и их смыв, поэтому континентальные образования имеют сравнительно небольшую мощность и небольшую площадь распространения. Все континентальные осадочные образования делятся на генетические типы.

Генетический тип – это комплекс отложений, образовавшийся в определенном месте под влиянием одного ведущего агента. Генетические типы:

— элювий;

— делювий;

— пролювий;

— аллювий;

— эоловое образование;

— ледниковые отложения;

— озерные отложения;

Элювий – продукт выветривания горных пород, оставшийся на своем месте, он представлен обломочным материалом различной крупности: от больших глыб до глинистого тончайшего материала. Залегает главным образом на

высоких частях рельефа, на водоразделах. Элювий по глубине постепенно переходит в коренные породы.

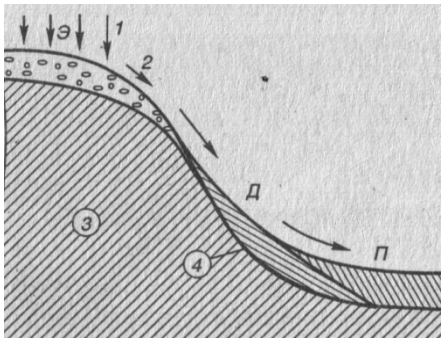


*Рис.2.1.*Схема образования наносов на склоне рельефа

Э – элювий; Д – делювий; П – пролювий; 1-атмосферные осадки; 2-плоскостной смыв; 3-коренные породы; 4-первоначальная поверхность склона.

Делювий – материал, перенесенный и отложенный временными водотоками в основании склонов и их подошвы (в понижениях, примыкающих к склонам – пролювий) – суглинок, супесь и щебень. Мощность отложений измеряется от долей метра до 15-20 метров. В минералогическом отношении делювий связан с породами, расположенными выше по склону. Делювий более отсортированный материал, являются хорошим, надежным основанием для сооружений. Отрицательным свойством является способность к сползанию вниз по склонам. Пролювий – представляет собой комплекс рыхлых образований неоднородного состава особенно по вертикали. В толщах пролювия суглинки и супеси могут переслаиваться с крупнозернистым материалом.

Аллювий – материал, перенесенный и отложенный рекой (галечник, гравий, пески, суглинки, глины, илы). Подразделяется на русловой и пойменный аллювий. Русловый аллювий представлен песками и более грубыми обломками – галечник, гравий и является надежным основанием для сооружений. Пойменный аллювий откладывается в период паводка и представляет собой суглинки различного состава, супеси, глины и мелкозернистые пески. Древний пойменный аллювий в виде суглинков и глин твердой консистенции являются хорошим основанием. Современный пойменный аллювий либо обладает высокой влажностью, либо находится совсем в водонасыщенном состоянии с низкой несущей способностью. Также характерной особенностью аллювиальных отложений является многослойность их толщ с наличием множеств линз.

Эоловые образования – материал, перенесенный и отложенный ветром, при этом образуются песчаные отложения в виде дюн и бархан, а также лёсс.

Ледниковые образования – материал, перенесенный и отложенный ледником, представлен плотным глинистым, суглинистым материалом с обломками горных пород, а также песками.

Озерные образования – материал, образовавшийся в озерах (тонкий песок, глина, суглинок, ил, супесь, торф).

2.3. Классификация осадочных пород по способу образования

По способу образования осадочные породы делятся на:

а) пирокластические;

б) обломочные;

в) глинистые;

г) хемобиогенные.

Пирокластические породы – являются промежуточными между магматическими и осадочными породами. Представляют собой обломочный материал, выброшенный вулканом, но цементация обломков происходила на поверхности земли (вулканический туф, пемза).

В основу классификации *обломочных* пород положены два принципа:

1) размер обломков или зерен;

2) наличие цемента.

Размер зерен или обломков определяется с помощью гранулометрического анализа.

Классификация обломочных пород

Таблица 2.1

Размер зерен или обломков, мм		Наличие цемента			
		Несцементированные		Сцементированные	
		окатанные	неокатанные	окатанные	неокатанные
Крупнообломочные	>200	валун	глыба		
	200-10	галька	щебень	конгломерат	брекчия

	10-2	гравий	дресва	конгломерат	брекчия
Песчаные 2-0,05мм		песок	песок	песчаник	
Пылеватые 0,05-0,005мм		лёсс		алевролит	

Несцементированные породы могут быть либо рыхлыми – зерна не связаны между собой; либо связными.

К рыхлым относятся крупнообломочные и песчаные породы, к связным относятся пылеватые и глинистые.

К *глинистым* породам относятся породы, в которых преобладают частицы размером меньше 0,005 мм.

По наличию цемента глинистые породы делятся на:

1. связные (несцементированные);
2. сцементированные.

Глинистые связные в инженерной геологии и строительстве по содержанию глинистых частиц делятся на:

1) глины – глинистых частиц >30%;

2) суглинки – глинистых частиц 30-10%;

3) супесь – глинистых частиц 10-3%.

Глинистые сцементированные породы называются аргиллиты.

В основу классификации *хемобиогенных* пород положен химический принцип и выделяются основные группы пород:

а) карбонатные – известняк, доломит, мел, мергель;

б) кремнистые – диатомит, опока;

в) сульфатные –гипс, ангидрит;

г) соляные – каменная соль.

2.4. Химический и минеральный состав осадочных пород

Химический состав осадочных пород очень близок к метаморфическим породам.

Минералы, входящие в состав осадочных пород делятся на две группы:

1) минералы, сохранившие от первичной породы – кварц;

2) минералы образованные осадочным путем – гипс, доломит, галит.

Обломочные глинистые породы могут быть как мономинеральными, так и полиминеральными.

Обломочно-сцементированные породы всегда полиминеральны, т.к. кроме состава зерен обломков необходимо учитывать минеральный состав цемента.

По минеральному составу различают следующие цементы:

1. карбонатные;
2. кремнистые;
3. железистые;
4. глинистые.

Хемобиогенные породы мономинеральные.

2.5. Структура, текстура осадочных пород. Формы залегания

Крупнообломочные породы имеют обломочные структуры.

Песчаные породы имеют зернистые структуры.

Пылеватые породы – пылеватые структуры.

Глинистые породы – глинистые структуры.

При определении структуры обломочных пород необходимо учитывать соотношение обломков и цемента, по этому соотношению выделяются следующие типы цемента:

1. <u>базальный</u> – цемента много, зерна погружены в него;
2. <u>пленочный</u> – цемент образует пленку вокруг зерен, и контакт осуществляется через пленку цемента;
3. <u>поровый</u> – цемент заполняет поры между зернами породы;
4. <u>поровопленочные</u>;
5. <u>контактный</u> – цемент расположен на контакте между зернами породы.

Тип цемента определяет прочность породы и водопроницаемость.

Основными текстурами осадочных пород является слоистость и пористость.

а) слоистость – чередование слоев;

Слой – геологическое тело, имеющее более или менее выдержанный состав по простиранию. Границы, разделяющие слои, называются поверхностями напластования. Верхняя поверхность слоя называется кровля. Нижняя – подошва. Кратчайшее расстояние между ними называется мощностью слоя. Если слой быстро выклинивается, то он называется линзой.

Слоистость может выделяться по цвету, по составу пород по структурным признакам.

По форме различают следующие виды слоистости:

1. горизонтальные;
2. волнистые;
3. косые.

Слоистость является основной формой залегания осадочных горных пород.

б) Наличие пор и пустот в породе называется пористость. Принято различать следующие виды пористости:

1) крупная пористость называется кавернозность;

2) макропористость – поры, видимые невооруженным глазом;

3) микропористость – поры, видимые под микроскопом (для пылевато-глинистых пород).

ЗАДАЧИ

1. Дайте характеристику указанных ниже минералов. В состав каких горных пород они могут входить? Приведите примеры.

Варианты	Минералы	Варианты	Минералы
1.1	Анортит, графит	1.11	Тальк, кальцит
1.2	Хлорит, микроклин	1.12	Хальцедон, гранат
1.3	Альбит, гипс	1.13	Лабрадор, доломит
1.4	Глауконит, кварц	1.14	Ортоклаз, монтмориллонит
1.5	Мусковит, сильвин	1.15	Асбест, мусковит

1.6	Лимонит, биотит	1.16	Кремень, ангидрит
1.7	Авгит, каолинит	1.17	Галит, кварцит
1.8	Роговая обманка, галит	1.18	Гематит, ортоклаз
1.9	Опал, оливан	1.19	Сера, лабрадор
1.10	Пирит, ангидрит	1.20	Тальк, монтмориллонит

Пример ответа 1.1:Анортит$Ca[Al_2Si_2O_8]$ (кальциевый основной плагиоклаз) по химическому составу относится к группе полевых шпатов класса силикатов. Преобладают белый, серый, голубоватый, желтоватый и другие светлые тона, зависящие от примесей. Характеризуется твердостью 6..6,5, стеклянным блеском, совершенной или средней спайностью по двум направлениям под углом 87°, отсутствием черты или её белым цветом. Образуется анортит при кристаллизации основной магмы. Встречается в виде мелких кристаллов и зернистых масс в основных магматических породах (габбро, базальт, диабаз).

Графит(С) относится к классу самородных элементов. Характеризуется твердостью 1, стально-серым до черного цветом, металловидным жирным (иногда матовым) блеском, серовато-черной блестящей чертой, совершенной спайностью в одном направлении, мелкозернистым изломом. На ощупь графит жирный, пачкает руки, пишет на бумаге, растирается пальцами в черную пыль. Огнеупорен и кислотоупорен, проводит электричество. Образуется в процессе контактового и регионального метаморфизма осадочных карбонатных и органических отложений. Встречается в метаморфических породах в виде сплошных чешуйчатых, плотных аморфных или землистых масс, а также в виде включений в мраморах, гнейсах, слюдяных и других кристаллических сланцах, гранулитах.

2. В состав каких горных пород входят перечисленные минералы в качестве породообразующих? Дайте сравнительную оценку их устойчивости при выветривании и растворении

Варианты	Минералы	Варианты	Минералы
2.1	Альбит, лимонит	2.6	Мусковит, галит
2.2	Лабрадор, серицит	2.7	Гипс, роговая обманка
2.3	Сильвин, ортоклаз	2.8	Кальцит, биотит
2.4	Хлорит, микроклин	2.9	Глауконит, кварц
2.5	Ангидрит, авгит	2.10	Оливин, доломит

Пример ответа 2.1:Альбит(натровый плагиоклаз) относится к группе полевых шпатов класса силикатов. Образуется при кристаллизации кислой или средней магмы и в процессе гидротермальной метаморфизации силикатных и алюмосиликатных минералов. В воде практически нерастворим. При выветривании относительно устойчив, однако значительно менее чем кварц. Входит как главный породообразующий минерал в состав ряда магматических (граниты, липариты, гранодиориты и др.), осадочных (пески, песчаники) и метаморфических (гнейсы) пород. Встречаются зернистая сахаровидная и листоватая разности.

Лимонит (бурый железняк) относится к классу гидроксидов. Образуется при химическом выветривании других железосодержащих минералов (пирита, гематита, магнетита, сидерита и др.) и в результате отложения водных соединений железа на дне водоемов (болот, озер, мелководных частей морей). В процессах образования лимонита участвуют бактерии. В воде практически нерастворим. Весьма устойчив при выветривании. Встречается в виде оолитов, конкреций. Плотных натечных, землистых и пористых масс в осадочных породах (песчаниках, глинах, суглинках и др.).

3. Какие из перечисленных минералов являются главными породообразующими магматических, осадочных и обоих классов горных пород? Приведите примеры.

Вари-анты	Минералы	Вари-анты	Минералы
3.1	Халцедон, кварц, оливин	3.4	Гипс, роговая обманка, авгит
3.2	Лабрадор, мусковит, кальцит	3.5	Микроклин, опал, авгит
3.3	Ортоклаз, каолинит, биотит	3.6	Лимонит, доломит, плагиоклаз

Пример ответа 3.1: Оливин является главным породообразующим минералом магматических ультраосновных (перидотитов, дунитов), халцедон – осадочных (конгломератов, песчаников и др.), кварц – как магматических кислых (гранитов, липаритов), так и многих осадочных горных пород (песков, суглинков и др).

4. Из числа названных ниже минералов выделите растворимые в воде. Расположите их в порядке возрастания растворимости.

Вари-анты	Минералы	Вари-анты	Минералы

4.1	Кварц, каолинит, галит, кальцит	4.5	Кварц, пирит, галит, кальцит
4.2	Мусковит, гипс, доломит, опал	4.6	Гематит, кальцит, гипс, пирит
4.3	Кремень, лимонит, ангидрит, галит	4.7	Доломит, кальцит, ангидрит, галит
4.4	Биотит, графит, доломит, гипс	4.8	Ортоклаз, галит, асбест, кальцит

5. Назовите магматическую горную породу указанного генетического типа и дайте ее характеристику.

Варианты	Генетический тип горной породы	Варианты	Генетический тип горной породы
5.1	Глубинная кислая	5.6	Вулканическая
5.2	Жильная кислая	5.7	Излившаяся кислая
5.3	Глубинная средняя	5.8	Глубинная ультраосновная
5.4	Излившаяся средняя	5.9	Излившаяся основная
5.5	Глубинная основная		

Пример ответа 5.1: Гранодиорит – магматическая глубинная кислая порода, образовавшаяся в результате медленного остывания и кристаллизации магмы под высоким давлением. Это обусловило полнокристаллическую крупно-, средне- и мелкозернистую структуру и массивную, иногда пятнистую структуру. Минеральный состав (%): полевые шпаты – до 65, кварц – 20-25, темные минералы (биотит, роговая обманка) – 15-20. Гранодиориты занимают промежуточное положение между гранитами и диоритами. Окраска светлая, но темнее, чем у гранитов, что объясняется повышенным содержанием биотита и роговой обманки. Цвет серый, розовый, красный, коричневатый и др. В сохранном состоянии гранодиориты отличаются высокой прочностью и плотностью.

6. Поставьте в соответствие метаморфическим породам те осадочные или магматические, из которых они могли образоваться. Укажите вид метаморфизма, характер происшедших изменений и дайте характеристику одной из метаморфических пород.

Варианты	Горные породы	Варианты	Горные породы
6.1	Талькит, гранит, дунит, слюдистый сланец	6.5	Сиенит, хлоритовый сланец, мрамор, известняк
6.2	Песчаник, филлит, алевролит, кварцит	6.6	Роговик, тальковый сланец, известняк, диорит
6.3	Аргиллит, скарн, слюдяной сланец, доломит	6.7	Доломит, амфиболит, мрамор, габбро
6.4	Гнейс, гранит, кровельный сланец, аргиллит	6.8	Глина, песчаник, гнейс, роговик

Пример ответа 6.1: Слюдистый сланец может быть продуктом среднетемпературного регионального метаморфизма гранитов. В процессе метаморфизации частично изменяется минеральный состав (существенно уменьшается содержание полевых шпатов за счет увеличения содержания слюд – мусковита, биотита), происходит рассланцевание породы, коренным образом меняется текстура (из массивного – сланцеватая) и структура (становится чешуйчатой).

Минеральный состав: биотит, мусковит, роговая обманка. Цвет меняется от серого до зеленовато-серого. Устойчив к химическому выветриванию.

7. Из числа указанных пород выделите магматические, осадочные и метаморфические породы. Дайте характеристику одной из осадочных пород, укажите применимость в строительной деятельности человека.

Варианты	Горные породы
7.1	Гранит, гипс, песок, известняк, мергель, суглинок
7.2	Известняк, аргиллит, базальт, сланец, мрамор, глина
7.3	Доломит, глина, алевролит, гипс, ил, песок
7.4	Глина, ангидрит, трахит, доломит, каменная соль
7.5	Кварцит, сиенит, известняк, каменная соль, супесь
7.6	Гнейс, мрамор, диабаз, ангидрит, глина, гравий
7.7	Известняк, суглинок, порфирит, мергель, гипс, торф
7.8	Опока, известняк, габбро, каменная соль, кварцит, глина

Пример ответа 7.1: Гранит относится к магматическим породам, к осадочным породам относятся– песок, суглинок, гипс, известняк мергель.

Суглинок относится к глинистым (частицы менее 0.005 мм) связным осадочным горным породам, содержит кварц, полевой шпат, глинистые

минералы, гидроокислы железа. Цвет – буровато-коричневый, структура – алевритовая, текстура – массивная, слоистая, пористая. Суглинок прочный в сухом состоянии, но менее чем глина, при увлажнении пластичный. Применяется для изготовления кирпича и в силикатной промышленности. Суглинки, обладающие лессовидностью, являются просадочными грунтами.

8. Из числа названных ниже горных пород выделите растворимые в воде. Расположите их в порядке возрастания растворимости.

Варианты	Горные породы	Варианты	Горные породы
8.1	Гранит, гипс, песок, известняк, мергель, суглинок	8.5	Кварцит, сиенит, известняк, каменная соль, супесь
8.2	Известняк, аргиллит, базальт, сланец, мрамор, глина	8.6	Гнейс, мрамор, диабаз, ангидрит, глина, гравий
8.3	Доломит, глина, алевролит, гипс, ил, песок	8.7	Известняк, суглинок, порфирит, мергель, гипс, торф
8.4	Глина, ангидрит, трахит, доломит, каменная соль	8.8	Опока, известняк, габбро, каменная соль, кварцит, глина

Практическое занятие. Определение плотности минеральной части незасоленных грунтов.

3. Горные породы как грунты. Физические свойства грунтов

Грунтами называются горные породы, почвы, техногенные образования, представляющие многокомпонентную геологическую систему и являющиеся объектом инженерно-хозяйственной деятельности человека. Грунты изучает наука грунтоведение.

Преобладающее значение в грунтоведении имеет изучение свойств рыхлых (крупнообломочных и песчаных) и глинистых пород. Это объясняется тем, что массивные твердые горные породы (скальные грунты) обладают жесткой связью между зернами и с инженерно-строительной точки зрения оказываются в большинстве случаев достаточно прочными, не вызывающими опасений в отношении устойчивости зданий и сооружений. Рыхлые и глинистые горные породы (грунты) характеризуются отсутствием жесткой связи между частицами и обладают непостоянными физико-механическими свойствами

Цель данной работы —ознакомление с методикой лабораторных способов определения физических характеристик грунтов.

Задачи работы:

1. определение основных физических характеристик грунтов;
2. вычисление производных физических характеристик грунтов.

Физические свойства грунтов зависят от соотношения твердых частиц, жидкости (воды) и газа; гранулометрического и минералогического состава.

Следует выделить три основные физические характеристики грунта: плотность грунта ρ; влажность W и плотность частиц грунта ρ_S.

Основными они называются потому, что определяются только экспериментальным путем и служат для расчета других, так называемых производных характеристик. К последним относят: пористость; коэффициент водонасыщения S_r и др.

Основные и производные характеристики применяются для оценки свойств любых грунтов: скальных, полускальных, дисперсных.

Имеются характеристики, применяемые для классификации только глинистых грунтов: влажность на границе текучести W_L, влажность на границе раскатывания W_p, число пластичности I_p и показатель текучести I_L.

Физические характеристики используются для классификации грунтов, для выполнения расчетов, для косвенной оценки прочностных и деформационных свойств.

Методы лабораторного определения физических характеристик определены в ГОСТ 5180-84. Классификация грунтов по физическим характеристикам производится по ГОСТ 251000-95.

Организация исследования

Работу выполняет бригада из 4-5 студентов. 2 человека определяют свойства песчаного грунта, 2-3 человека – глинистого. Исследуются грунты нарушенной структуры. Один студент выполняет все работы, связанные с взвешиванием. Одновременно производятся все расчеты. Результаты сразу же показываются преподавателю. При серьезных ошибках работа переделывается.

Практическое занятие. Определение плотности связанных грунтов методом гидростатического взвешивания и режущего кольца

3.1. Определение плотности грунтов методом режущих колец

Плотность грунта определяется из соотношения:

$$\rho=\frac{m}{V}, г/см^3 \quad (3.1)$$

где m– масса грунта, г; V– объем грунта, $см^3$.

Плотность грунта зависит от пористости, влажности, минералогического состава и может находиться в пределах от 1,3 до 2,2 $г/см^3$.

Для определения плотности чаще всего применяют метод режущего кольца. Суть его заключается в том, что кольцо известного объема Vврезается в грунт, а затем путем взвешивания определяют массуmгрунта, заключенного в кольце.

<u>Порядок работы.</u>

а). Определить массу режущего кольца m_1.

б). Определить объем режущего кольца по формуле:

$$V=\frac{\pi d^2}{4}h \quad (3.2)$$

где d – внутренний диаметр кольца, см; h – высота кольца, см. Размеры кольца замеряют с точностью 0,01 см.

в). Поверхность грунта (монолита) выровнять ножом с прямым лезвием. На поверхность поставить кольцо острым краем вниз. Придерживая кольцо рукой, вырезать столбик грунта под кольцом несколько большего диаметра, чем диаметр кольца. Насадить кольцо на столбик, слегка нажимая на кольцо и не допуская перекосов. Поверхность грунта должна слегка выступать над верхним концом режущего кольца. Грунт ниже кольца подрезать “на конус” и кольцо извлечь из грунта. Избыток грунта, выступающий из кольца, срезать вровень с краями кольца. Кольцо положить на стол, на стекло. Торцы тщательно зачистить, а мелкие раковины зашпаклевать грунтом.

г). Наружную поверхность кольца тщательно очистить от грунта. Определить массу кольца с грунтом и стеклом m_2 . Массу стекла m_3 определить заранее.

д). Определить плотность грунта по формуле:

$$\rho = \frac{m_2 - m_1 - m_3}{V} = \frac{m}{V}$$, г/см^3 (3.3)

е). Результаты измерений занести в таблицу 3.1.

Таблица 3.1

Вид грунта	Объем кольца, V, см^3	Масса, г				Плотность ρ, г/см^3
		Кольца, m_1	Кольца с грунтом и стеклом, m_2	Стекла, m_3		
1	2	3	4	5	6	
Песчаный						
Глинистый						

3.2. Определение влажности грунта

Влажностью W называют отношение массы воды m_W, содержащейся в порах грунта, к массе сухого грунта m_s

$$W = \frac{m_w}{m_s}$$, д.ед (3.4)

или

$$W = \frac{m_w 100}{m_s}$$, % (3.5)

В лаборатории влажность определяют весовым методом путем взвешивания пробы влажного грунта и после его высушивания в сушильном шкафу при температуре 100-105^0 С до постоянной массы.

Влажность определяют для тех же грунтов, для которых определялась плотность.

<u>Порядок работы.</u>

а). Определить массу бюкса (алюминиевый стаканчик) m_1.

б). В бюкс поместить примерно 20-30 г влажного грунта, извлеченного из кольца после определения плотности. Определить массу бюкса с грунтом m_2.

в). Высушить грунт до постоянной массы и определить массу бюкса с грунтом после высушивания m_3.

г). Вычислить влажность грунта по формуле:

$W = \frac{m_2 - m_3}{m_3 - m_1}$, д. ед. (3.6)

Работа выполняется одинаково для песчаного и глинистого грунтов.

д). Результаты измерений занести в таблицу 3.2.

Таблица 3.2

Вид грунта	№ бюкса	Масса, г.			Влажность W, д.ед
		Бюкса, m_1	Бюкса с влажным грунтом,m_2	Бюкса с сухим грунтом, m_3	
Песчаный					
Глинистый					

Практическое занятие. Определение гранулометрического состава грунтов ситовым методом.

Оборудование. Для определения гранулометрического (зернового) состава грунтов ситовым методом необходимы следующая аппаратура и оборудование: сита размером отверстий 10; 5; 2; 1; 0,5; 0,25; 0,1 мм; весы лабораторные; весы технические с относительной погрешностью взвешивания не более 0.1 %; ступка фарфоровая; пестик с резиновым наконечником; чашка фарфоровая; груша резиновая; кисточка; песчаная баня; шкаф сушильный. Стандартный комплект сит должен состоять из семи сит: с круглыми штамповыми отверстиями диаметром 10; 5; 2; 1 мм и трех сит из медной или латунной сетки простого плетения с отверстиями квадратной формы размером 0,5; 0,25; 0,1 мм.

Подготовка к испытанию Среднюю пробу для анализа следует отбирать методом квартования. При выделении частиц крупностью от 10 до 0,5 мм гранулометрический состав определяется ситовым методом без промывки водой; при выделении частиц крупностью от 10 до 0,1 мм – с промывкой водой (обычно для глинистых песков). Проведение испытания Разделение грунта на фракции без промывки водой: доводя грунт до воздушно-сухого состояния, растирают комки в фарфоровой ступке пестиком с резиновым наконечником. Отбирают среднюю пробу грунта m1 методом квартования и взвешивают на весах в соответствии с табл. 2.2. Сита монтируют в колонку, размещая их от поддона в порядке увеличения размера отверстий. На верхнее сито надевают крышку. Отобранную пробу переносят на верхнее сито первого набора (диаметром отверстий от 10 до 0,5 мм), закрывают крышкой

и просеивают с помощью легких боковых ударов ладонями рук до полной сортировки грунта. При просеивании пробы массой более 1000 г грунт следует высыпать в верхнее сито в два приема. Фракции грунта, задержавшиеся на ситах, высыпают, начиная с верхнего сита, в ступку и дополнительно растирают пестиком с резиновым наконечником, после чего вновь просеивают на тех же ситах. Полноту просеивания фракций грунта проверяют встряхиванием каждого сита над листом бумаги. Если при этом на пист выпадают частицы, то их высыпают на следующее сито; просев продолжают до тех пор, пока частицы не перестанут выпадать на бумагу. Если в образце нет крупных частиц, просеивание сквозь сито с размером отверстий 2 мм и более не проводят.28 Фракции грунта, задержавшиеся после просеивания на каждом сите и прошедшие в поддон, необходимо взвесить (mф) суммируют веса всех фракций грунта. Если полученная сумма веса всех фракций грунта превышает более чем на 1 % вес взятой для анализа пробы, то анализ следует повторить. Потерю грунта при просеивании разносят по всем фракциям пропорционально их массе. Разделение грунта на фракции с промывкой водой: подготовляют, отбирают и взвешивают пробу грунта. Навеску помещают в фарфоровую ступку, смачивают водой и тщательно растирают пестиком с резиновым наконечником. Навеску частями переносят на сито диаметром отверстий 0,1 мм и отмучивают под струей воды. Отмучивание продолжается до тех пор. пока из сита не будет вытекать прозрачная вода. Оставшиеся на сите промытые частицы количественно переносят в заранее взвешенную фарфоровую чашку, выпаривают на песчаной бане и высушивают в сушильном шкафу при (105 ± 5) °С. Если грунт органо-минеральный, сушку проводят при температуре (70 ± 5) °С. Взвешивают чашку с грунтом. Массу частиц грунта размером менее 0,1 мм следует определить по разности между весом средней пробы, взятой для анализа, и весом высушенной пробы грунта после промывки. Грунт следует просеять сквозь набор сит. Полноту просеивания фракций грунта сквозь каждое сито следует проверять над листом бумаги. Каждую фракцию грунта, задержавшуюся на ситах, следует взвесить отдельно (дф). Потерю грунта при просеивании разносят по фракциям пропорционально их массе.

Обработка результатов. Содержание.

В грунте каждой фракции А в % надлежит вычислять по формуле:

$A= (m_ф/ m_1) *100$

где $m_ф$ – масса данной фракции грунта, г; m_1 – масса средней пробы грунта, взятой для анализа, г. Результаты анализа регистрируют в журнале, в котором указывают процентное содержание в грунте фракций: а) размером более 10; 10–5; 5–2; 2–1; 1–0,5 и менее 0,5 мм – при разделении грунта без промывки водой; б) размером более 10; 10–5; 5–2; 2–1; 1–0,5; 0,5–0,25; 0,25–0,1 и менее 0,1 мм – при разделении грунта с промывкой водой.

Практическое занятие. Определение гранулометрического состава грунтов полевым методом Рутковского.

Полевой метод Рутковского, который дает приближенное представление о гранулометрическом составе грунтов.
В основу метода положены: различная скорость падения частиц в воде в зависимости от их размера и способность глинистых частиц набухать в воде. С помощью метода Рутковского выделяют основные фракции: глинистую, песчаную и пылеватую. В полевых условиях на практике этот метод целесообразно применять для определения песков пылеватых и супесей.

Практическое занятие. Определение числа пластичности и наименование глинистого грунта.

3. Определение характерных влажностей, числа пластичности и показателя текучести глинистого грунта

При изменении влажности свойства глинистых грунтов существенно меняются. В зависимости от содержания воды, количества и минералогического состава глинистых частиц грунт может иметь твердую, пластичную или текучую консистенцию.

Для классификации глинистых грунтов и оценки их состояния по консистенции необходимо знать те характерные влажности W_p и W_L, при которых грунт переходит из твердого состояния в пластичное, а из пластичного состояния в текучее. Характерные влажности W_p и W_L называют также границами пластичности: W_p – нижний предел пластичности, W_L – верхний предел пластичности. Кроме того, часто используют термины: W_P – граница раскатывания, W_L – граница текучести.

Введение границ между консистенциями достаточно условно. Поэтому для определения W_p и W_L ГОСТ 5180-84 предусматривает стандартные испытания, условия которых следует тщательно исполнять.

3.3.1.Определение нижнего предела пластичности wp – границы раскатывания

Границей раскатывания считают такую влажность, при которой грунт, раскатываемый в жгут диаметром 3 мм, начинает распадаться на кусочки длиной 3-8 мм.

Определение границы раскатывания состоит в подборе (путем подсушивания) такой влажности, при которой из грунта удается получить требуемый жгут.

Работа производится в следующей последовательности.

а). Из грунта, растертого после просушивания и просеянного через сито с ячейками 1 мм, и воды приготавливают в фарфоровой чашке густое грунтовое тесто.

б). Приготавливаемое тесто тщательно перемешивают, берут из него небольшой комочек и раскатывают пальцами на стеклянной пластинке, глянцевой бумаге или ладони до образования жгута диаметром около 3 мм. Раскатывание ведут, слегка нажимая на жгут. Длина жгута не должна превышать ширины ладони. Если при этой толщине жгут сохраняет пластичность и связность, его собирают в комочки и вновь раскатывают до диаметра 3 мм. Операцию повторяют до тех пор, пока жгут диаметром 3 мм, не покроется сетью трещин и начнет распадаться на кусочки длиной до 8-10 мм.

в). Кусочки жгута помещают в заранее взвешенный стаканчик. Во время работы для предохранения кусочков жгута от высыхания стаканчик следует держать закрытым. Необходимо набрать не менее 10 г кусочков грунта. Далее определяют влажность в соответствии с п.2. Результаты заносят в таблицу (см. ниже).

3.3.2. Определение верхнего предела пластичности wl – границы текучести

Под границей текучести подразумевают такую влажность, при которой стандартный конус весом 76 г с углом при вершине 30° погружается в грунтовое тесто на 10 мм за 5 с.

<u>Работа производится в следующей последовательности.</u>

а). Грунтовое тесто с помощью шпателя переносят (“вмазывают”) в стандартный металлический стаканчик, не допуская наличия воздушных полостей. Поверхность грунта заглаживают вровень с краями стаканчика.

б). Стаканчик устанавливают на подставку.

К поверхности грунта подносят острие конуса, смазанного тонким слоем вазелина, так, чтобы острие его коснулось поверхности грунта. Отпускают конус, включая одновременно секундомер, и следят в течении 5 с за погружением конуса под влиянием собственного веса.

в). Погружение на 10 мм (до риски) в течение 5 с показывает, что влажность грунтового теста соответствует влажности на границе текучести. В этом случае из стаканчика берут пробу 10-15 г и определяют ее влажность в соответствии с п.2.

г). Погружение конуса на глубину менее 10 мм за 5 с служит показателем того, что влажность грунта ниже влажности на границе текучести. В этом случае грунтовое тесто перекладывается в чашку, и после добавления воды и тщательного перемешивания опыт повторяют.

д). Если конус погрузится в грунт более чем на 10 мм, то следует добавить сухого грунта, смесь тщательно перемешать и повторить опыт.

Результаты испытаний заносят в таблицу 3.3.

Таблица 3.3

Пределы пластичности	№ бюкса	Масса, г				Влажность
		Бюкса, m_1	Бюкса с влажным грунтом, m_2	Бюкса с сухим грунтом, m_3		
Нижний W_p						
Верхний W_L						

3.4. Определение производных физических характеристик грунтов

На основании трех основных физических характеристик расчетным путем следует определить производные характеристики грунтов.

Ниже использованы обозначения: V – объем всего грунта; V_3 – объем частиц грунта; V_n – объем пор; V_W– объем воды; m – масса всего грунта, равная

$m = m_W + m_s$, где m_W – масса воды в грунте; m_s – масса частиц в грунте. При расчетах плотность частиц грунта ρ_s – задается преподавателем.

3.4.1. ПЛОТНОСТЬ СУХОГО ГРУНТА

Плотностью сухого грунта ρ_d называют отношение массы сухого грунта (частиц грунта) к объему всего грунта при ненарушенной структуре

$$\rho_d = \frac{m_s}{V} \quad (3.7)$$

Величина ρ_d характеризует плотность сложения грунта и особенно широко используется для оценки качества уплотнения грунтов в подушках, насыпях и других земляных сооружениях.

Плотность сухого грунта вычисляют по формуле:

$$\rho_d = \frac{\rho}{1+W}, \text{ г/см}^3 \quad (3.8)$$

3.4.2. ПОРИСТОСТЬ ГРУНТА

Пористостью n называют отношение объема пор ко всему объему грунта

$$n = \frac{V_n}{V}, \text{ д. ед. или } n = \frac{V_n}{V} 100, \% \quad (3.9)$$

Пористость часто выражают в процентах.

Пористость вычисляют по формулам:

$$n = 1 - \frac{\rho}{\rho_s(1+W)}; \text{ или } n = 1 - \frac{\rho_d}{\rho_S}, \text{ д. ед. } (3.10)$$

3.4.3. КОЭФФИЦИЕНТ ПОРИСТОСТИ

Коэффициентом пористости е называют отношение объема пор к объему частиц грунта:

$$e = \frac{V_n}{V_s}, \text{ д. ед. } (3.11)$$

Понятие коэффициента пористости используется чрезвычайно широко, так как при воздействиях на грунт объем частиц остается постоянным, а изменение объема пор наглядно характеризуется изменением е.

Коэффициент пористости определяют по формулам

$$e = \frac{\rho_S(1+W)}{\rho} - 1 \text{ или } e = \frac{\rho_S}{\rho_d} - 1, \text{ д.ед. } (3.12)$$

3.4.4. КОЭФФИЦИЕНТ ВОДОНАСЫЩЕНИЯ

Коэффициентом водонасыщения S_r называют степень заполнения объема пор водой.

$$S_r = \frac{V_W}{V_n}, \text{ д. ед. } (3.13)$$

Коэффициент водонасыщения вычисляют по формуле:

$$S_r = \frac{W\rho_S}{e\rho_W}, \text{ д. ед., } (3.14)$$

где ρ_W – плотность воды, равная 1 г/см^3.

3.4.5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧИСЛА ПЛАСТИЧНОСТИ ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ

Числом пластичности I_p называют разность влажностей, соответствующих двум состояниям грунта: на границе текучести W_L и на границе раскатывания W_p.

$$I_p = W_L - W_p \text{ , \% (3.15)}$$

По ГОСТ 25100-95 W_L и W_p выражаются в процентах.

Число пластичности характеризует величину интервала влажности, в пределах которого глинистый грунт сохраняет пластичное состояние.

3.4.6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ ТЕКУЧЕСТИ ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ

Показателем текучести I_L называют отношение разностей влажностей, соответствующих двум состояниям грунта, естественному W и на границе раскатывания W_p , к числу пластичности I_p,

$$I_L = \frac{W - W_p}{I_p} \text{ , д. ед (3.16)}$$

Показатель текучести I_L используется для численной оценки консистенции грунта. Поэтому нередко его еще называют и показателем консистенции.

Контрольные вопросы:

1. Какие физические характеристики называют основными, а какие производными и почему?
2. От каких факторов зависит плотность грунта, и каким методом можно её определить?
3. Что называют влажностью грунта и как она определяется?
4. Что характеризует степень водонасыщения грунта, и в каких пределах она изменяется?
5. Как определяется влажность на границе раскатывания?

6. Как определяется влажность на границе текучести?
7. Что называют плотностью сухого грунта?
8. Что называют пористостью грунта?
9. Что называют коэффициентом пористости грунта?
10. Что называют числом пластичности и для чего он используется?
11. Что называют показателем текучести и для чего он используется?

4. Классификация грунтов согласно гост 25100-95. Грунты. Классификация.

Для оценки строительных свойств грунтов производится их классификация по ГОСТ 25100-95 и нормирование по СНиП 2.02.01-83*. ГОСТ 25100-95 «ГРУНТЫ. Классификация» распространяется на все грунты и устанавливает их классификацию, применяемую при производстве инженерно-геологических изысканий, проектировании и строительстве.

<u>Для несвязных грунтов определяются</u>:

- разновидность по гранулометрическому составу (табл. Б.10 [6] или табл. 1.6 прил. 1 настоящих методических указаний);
- разновидность по плотности сложения (табл. Б.17 [6] или табл. 1.5 прил. 1 настоящих методических указаний)**;**
- разновидность по степени водонасыщения (по Sr) (табл. Б.10 [6] или табл. 1.4 прил. 1 настоящих методических указаний);
- расчетное сопротивление грунта R_0 (прил. 3 [6] или табл. 2.1 прил. 2 настоящих методических указаний);
- модуль деформаций грунта E (прил. 1 [6] или табл. 2.2 прил. 2 настоящих методических указаний);

Для глинистых грунтов определяются:

- разновидность по числу пластичности Ip (табл. Б.11 [6] или табл. 1.1 прил. 1 настоящих методических указаний);
- разновидность по гранулометрическому составу и числу пластичности Ip (табл. Б.12 [6] или табл. 1.2 прил. 1 настоящих методических указаний);
- разновидность по показателю текучести I_I (табл. Б.13 [6] или табл. 1.3 прил. 1 настоящих методических указаний);

- расчетное сопротивление грунта R_0 (прил. 3 [6] или табл. 2.3 прил. 2 настоящих методических указаний);
- модуль деформаций грунта E (прил. 1 [6] или табл. 2.4 прил. 2 настоящих методических указаний).

<u>Пример:</u>

Дано:

Содержание песчаных частиц (размер фракции грунта от 2 до 0,5 мм) ≥50.

Число пластичности I_p=2.

Показатель текучести I_L= 0,5.

Коэффициент пористости e=0,7.

Требуется: Произвести классификацию грунта по ГОСТ 25100-95 и нормирование по СНиП 2.02.01-83*.

Ответ: данный грунт – супесь песчанистая, пластичная, с расчетным сопротивлением R_0 =225кПа и модулем деформации E =13 МПа.

4 ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВЛАЖНОСТИ И КОНСИСТЕНЦИИ ГЛИНИСТЫХ ГОРНЫХ ПОРОД

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Под **влажностью** породы понимают содержание в её порах того или иного количества воды, удаляемой при температуре (105 ± 2)ºС. Показателями влажности являются: влажность
породы, полная влагоёмкость, коэффициент водонасыщения и др.

1.1.1. **Влажность породы W** – это количество воды, содержащейся в данный момент в породе, выраженное в долях единицы относительно массы абсолютно сухой породы. Численно она
равна отношению массы воды в порах (mв) к массе абсолютно сухой породы (mт):

$$w = \frac{m_{\text{в}}}{m_{\text{т}}}, \quad (1)$$

1.1.2. **Природная (естественная) влажность породы** – это влажность породы, определённая по природным (естественным) образцам породы. Величина природной влажности является важной характеристикой физического состояния породы, определяющей её прочность и поведение под

сооружениями. Особое значение влажность имеет для глинистых пород, резко изменяющих свои
свойства в зависимости от степени увлажнения. В меньшей степени это относится к тонкозернистым пескам. Природная влажность является косвенным показателем, необходимым для расчёта плотности породы, пористости, степени влажности и др.
Природная влажность породы – величина переменная.
Если ниже уровня грунтовых вод (в зоне насыщения) она почти не меняется, то выше уровня грунтовых вод (в зоне аэрации) природная влажность изменяется во времени. Наблюдаются суточные, сезонные и годовые колебания, обусловленные погодными и климатическими факторами. На природную влажность оказывают влияние и искусственные факторы – орошение, водозабор и др.
У скальных пород влажность мала и изменяется от долей процента до первых процентов. У полускальных пород природная влажность может достигать 15–20 %, иногда более. Влажность пес-
чаных и глинистых пород в условиях естественного залегания может изменяться в очень широких пределах: от 40 % в песках и глинах до 80–90% и более.
1.1.3. **Полная влагоёмкость** W0 – это предельная влажность породы, возможная при данной пористости породы:

$$W_0 = \frac{P_s}{ep_w}, \ (2)$$

где e – коэффициент пористости;
ρs – плотность частиц породы, г/см3;
ρw – плотность воды, принимаемая ρw = 1 г/см3.

1.1.4. Для более полной характеристики физического состояния породы необходимо ещё знать степень заполнения пор в породе водой, т.е. насколько полно поры породы заполнены водой. Для этого и определяется коэффициент водонасыщения породы (ранее применялись термины – относительная влажность, степень влажности, коэффициент влажности).
Коэффициент водонасыщения Sr – представляет собой отношение природной влажности (W) к полной влагоёмкости породы (W0):

$$S_r = \frac{W}{W_0},$$

Путём математических преобразований формулы (3) коэффициент водонасыщения можно определить как отношение объёма воды в порах (Vв) к общему объёму пор в породе (Vп):

$$S_r = \frac{V_в}{V_п},$$

Величина Sr изменяется от Sr = 0 для абсолютно сухих пород до Sr =1, когда все поры в породе полностью заняты водой.

При Sr < 1 в порах породы кроме воды присутствует также некоторое количество воздуха.

1.2. При изменении влажности глинистой породы изменяется её консистенция. **Консистенция** – это степень подвижности породы (частиц породы) или сопротивляемость породы внешним механическим воздействиям при различной влажности. Консистенция пород проявляется только при их деформации. В зависимости от влажности глинистые породы имеют три основные

формы консистенции: твердую, пластическую и текучую, а также ряд промежуточных форм (см. табл. 2). Границам разных форм консистенции соответствуют характерные значения влажности,

определяющие момент перехода породы из одного состояния (консистенции) в другое.

Пластичность породы – это способность породы изменять под воздействием внешних сил свою форму (деформироваться) без разрыва сплошности и сохранять полученную форму после прекращения действия внешних сил. Проявление пластичности горных пород связано с изменением температуры, давления и влажности. При определённом изменении влажности в условиях обычных температур и давлений пластичность приобретают лишь глины, лёссы, мергели, мел, почвы и некоторые искусственные породы. Наиболее ярко пластичность проявляется в глинистых породах. Пластичность глинистых пород характеризуется тремя показателями: влажностью на границе текучести, влажностью на границе раскатывания и числом пластичности.

1.2.1. **Влажность на границе текучести W_l** – это пограничное значение влажности, между текучей консистенцией породы и пластичной.

1.2.2. **Влажность на границе раскатывания** Wp – это пограничное значение влажности, между пластичной консистенцией породы и твёрдой.

1.2.3. **Число пластичности** Jp **–** разность влажностей, консистентных переходов глинистой породы:

$$Jp = WL - Wp . \qquad (5)$$

Число пластичности характеризует интервал влажности, в котором глинистые породы находятся в пластическом состоянии. Число пластичности возрастает в породах с большим содержанием глинистых частиц, поэтому все глинистые породы согласно классификации по ГОСТ 25100–95 (ГРУНТЫ) подразделяются на следующие разновидности (табл. 1).

Таблица 1

Классификация глинистых пород по числу пластичности (Jp **)**

Разновидность глинистых грунтов	
глина суглинок супесь песок	Jp > 0,17 0,17 >Jp > 0,07 0,07 >Jp > 0,01 0

1.2.4. Состояние (консистенция) глинистых пород в условиях естественного залегания ориентировочно оценивается по показателю текучести (ранее применялся термин – показатель консистенции).

Показатель текучести J_L – это природная влажность породы, выраженная относительно влажности границы текучести и влажности границы раскатывания. Её находят как отношение разности природной влажности и влажности на границе раскатывания к числу пластичности.

$$J_{L=\frac{w-w_p}{w_{l-w_p}}}=\frac{W-W_p}{J_L},$$

Показатель текучести указывает степень приближения природной влажности породы к влажности на границе раскатывании или к влажности на границе текучести. По величине J_L все глинистые породы согласно классификации по ГОСТ 25100–95 (ГРУНТЫ) подразделяются на следующие разновидности
(табл. 2).

Таблица 2

Классификация глинистых пород по показателю текучести (J_L)

Разновидность глинистых грунтов	Показатель текучести J_L , д.е.
Супесь: – твёрдая – пластичная – текучая	 < 0 0 – 1 > 1
Суглинки и глины: – твёрдые – полутвёрдые	 < 0 0 – 0,25

– тугопластичные	0,25 – 0,50
– мягкопластичные	0,50 – 0,75
– текучепластичные	0,75 – 1,00
– текучие	> 1,00

Из табл. 2 и формулы (5) видно, что глинистая порода относится к твёрдым при $J_L < 0$, т.е. когда естественная влажность породы меньше влажности на границе раскатывания Wp , к пластичным – при $0 < J_L < 1$ и к текучим – при $J_L > 1$.

1.3. Пластичность глинистых пород в определённом интервале влажности обусловлена наличием вокруг минеральных глинистых частиц породы очень тонких гидратных (водных) оболочек. Чем толще эта оболочка, тем пластичнее порода. К основным факторам, определяющим степень пластичности глинистых пород, т.е. влияющим на толщину гидратной оболочки, относятся:

1) гранулометрический состав (по мере уменьшения размера частиц пластичность породы увеличивается);

2) минеральный состав (различные минералы при одинаковой дисперсности обладают различной пластичностью, наибольшей пластичностью обладают глинистые минералы);

3) химический состав глинистых минералов;

4) форма частиц породы (наибольшей пластичностью обладают минералы, имеющие пластинчатую, чешуйчатую форму);

5) химический состав и концентрация солей в воде (присутствие солей и повышение их концентрации в воде снижает пластичность пород);

6) сложение пород – нарушенное или ненарушенное (в естественном залегании глины обладают гораздо меньшей пластичностью).

1.4. Изучение консистенции пород имеет большое практическое значение при:

а) оценке их устойчивости в стенках строительных котлованов, выемках и т.п;

б) определении нормативных давлений на глинистые породы, при проектировании фундаментов сооружений на них;

в) оценке устойчивости бортов карьеров и стенок подземных горных выработок.

1.5. В данной лабораторной работе влажность глинистой породы (W), влажность на границе раскатывания (Wp) и влажность на границе текучести (WL) находятся путём проведения

лабораторных испытаний глинистой породы; другие показатели - коэффициент водонасыщения (Sr), число пластичности (Jp), показатель текучести (JL), и полная влагоёмкость породы (W0) –
находятся расчётным путём.

2. ПРИБОРЫ И МАТЕРИАЛЫ

Технические весы с разновесами или электоронные, бюксы с крышкой, сушильный шкаф, балансирный конус с подставкой и чашечкой, эксикатор, дистиллированная вода, образцы глинистой породы, нож для перемешивания образца глинистой породы.

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛАЖНОСТИ (W) ГЛИНИСТОЙ ПОРОДЫ

3.1. Подготовка и последовательность выполнения работ

3.1.1. Бюкс взвешивается и результат записывается в табл. 3.

3.1.2. В предварительно взвешенный бюкс помещается образец породы массой 15–20 г.

3.1.3. Взвешивается образец породы вместе с бюксом и результат заносится в табл. 3.

3.1.4. Бюкс с образцом помещается в сушильный шкаф, где образец сушится до полного удаления влаги при температуре
(105 ± 2)ºС.

3.1.5. Бюкс с высушенным грунтом помещается в эксикатор и охлаждается до комнатной температуры.

3.1.6. Охлаждённый бюкс с высушенным грунтом взвешивается и результат заносится в табл. 3.

3.2. Обработка результатов

3.2.1. Расчёт влажности осуществляется по формуле:

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_2 - m_0}$$

где m_0 – масса пустого бюкса;
m_1– масса бюкса с влажным грунтом;
m_2– масса бюкса с сухим грунтом.
Результат расчёта влажности в долях единицы заносится в табл. 3.

4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЦЫ ТЕКУЧЕСТИ (WL)

Границу текучести следует определять как влажность изготовленной из исследуемой глинистой породы пасты, при которой балансирный конус погружается под действием собственного веса за 5 с на глубину 10 мм.

4.1. Подготовка и последовательность выполнения

4.1.1. Проба глинистой породы переносится в чашечку, куда добавляется небольшое количество воды. Проба тщательно перемешивается с водой, выравнивается, и чашечка ставится на подставку.

4.1.2. Поверхность балансирного конуса смазывается вазелином и конус осторожно опускается на выровненную поверхность пробы, позволяя ему погружаться в пробу под действием
собственного веса.

4.1.3. Погружение конуса в пробу в течение 5 с на глубину 10 мм показывает, что грунт имеет влажность, соответствующую границе текучести.

4.1.4. Если конус погружается быстрее 5 с, то пробу надо немного подсушить, тщательно перемешивая, а если конус погружается медленнее 5 с, то в пробу добавляется немного воды,
проба тщательно перемешивается и опыт с погружением конуса повторяется.

4.1.5. После окончания опыта отбирается проба породы в заранее взвешенный бюкс и проводится определение влажности.

4.1.6. Результаты заносятся в табл. 3.

4.2. Обработка результатов

4.2.1. Расчёт влажности производится по формуле (6), указанной в п. 3.2.

4.2.2. Результаты расчёта заносятся в табл. 3.

5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЦЫ РАСКАТЫВАНИЯ (WP)

Границу раскатывания (пластичности) следует определять как влажность приготовленной из исследуемой глинистой породы пасты, при которой паста, раскатываемая в жгут диаметром 3
мм, начинает распадаться на кусочки длиной 3–10 мм.

5.1. Подготовка и последовательность выполнения

5.1.1. Образец породы массой примерно 20–25 г разминается, расщепляется и раскатывается ладонью в жгутики диаметром около 3 мм.

5.1.2. Если при этой толщине жгутики сохраняют связанность и пластичность, их собирают в комок и вновь раскатывают в жгутики диаметром 3 мм. Раскатывание продолжают до тех пор, пока
жгутики не начнут распадаться на кусочки длиной 3–10 мм.

5.1.3. Распавшиеся жгутики собираются в заранее взвешенный бюкс и проводится определение влажности согласно п. 3.1

5.1.4. Результаты взвешивания заносятся в (табл. 3).

5.2. Обработка результатов

5.2.1. Расчёт влажности проводится по формуле (6), указанной в п. 3.2.

5.2.2. Результаты расчёта заносятся в табл. 3.

Таблица 3

Результаты определения влажности, границы текучести и границы раскатывания

Наименование	Обозначение	Единицы измерения	Численное значение
№ бюкса Влажность Масса пустого бюкса Масса бюкса с влажной породой Масса бюкса с сухой породой Влажность пробы	№ m0 m1 m2 W	 г г г доли ед.	
Граница текучести № бюкса Масса пустого бюкса Масса бюкса с влажной породой Масса бюкса с сухой породой Влажность на границе текучести	 № m0 m1 m2 WL	 г г г доли ед.	
Граница раскатывания № бюкса Масса пустого бюкса Масса бюкса с влажной породой Масса бюкса с сухой породой Влажность на границе раскатывания	 № m0 m1 m2 Wp	 r r r Доли ед.	

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое консистенция и какими показателями она оценивается?
2. Влажность на границе текучести, способ её определения.
3. Влажность на границе раскатывания и способ её определения.
4. Основные факторы, определяющие консистенцию глинистых пород.

5. Что такое пластичность? Могут ли быть пластичными песок, гранит, оконное стекло?
6. Почему число пластичности глинистых пород используется для классификации глинистых пород?
7. Что такое показатель текучести глинистых пород? На какие разновидности подразделяются глинистые породы по величине показателя текучести?
8. Что такое влажность породы и какими показателями она оценивается?

Практическое занятие. Составления грунтово-геологического разреза

5. Геологические карты и разрезы

Геологическая карта представляет собой проекцию на горизонтальную плоскость выходов различных по возрасту и составу пластов. Соответствующие геологические комплексы наносятся на обычные топографические карты и выделяют определенными условными обозначениями.

Карты по характеру отражаемых комплексов делятся на следующие типы:

– *геологические*, на которые наносят выходы пластов различного возраста;

– *литологические*, отражающие выход на поверхность пластов разного петрографического типа (песков, глин, гранитов и т.д.);

– *геолого-литологические*, дающие представление о возрасте и составе пород, слагающих поверхность.

При построении геологических карт четвертичные отложения, как правило, не наносятся, так как они маскируют коренные породы. Четвертичные осадки сохраняются лишь в речных долинах и на некоторых участках.

Четвертичные породы, слагающие поверхность, наносятся на *карты четвертичных отложений*.

Помимо перечисленных типов карт для различных целей составляются так называемые специальные карты:

– *карты строительных материалов*, дающие представления о распространении на поверхности горных пород, пригодных для использования в качестве естественных строительных материалов и сырья для промышленности стройматериалов;

– *инженерно-геологические карты*, отражающие геологические условия возведения сооружений;

– *гидрогеологические карты*, дающие представление о характере залегания подземных вод.

Каждая инженерно-геологическая карта – понятие собирательное и состоит из собственно карты, условных обозначений, геологических разрезов и пояснительной записки. Инженерно-геологические карты бывают трех видов: 1) инженерно-геологических условий, 2) инженерно-геологического районирования и 3) инженерно-геологические карты специального назначения.

Карта инженерно-геологических условий содержит информацию с расчетом на удовлетворение всех видов наземного строительства. Ее используют для общей оценки природных условий местности, где будет осуществлено строительство.

Карта инженерно-геологического районирования отражает разделение территории на части (регионы, области, районы и т.д.) в зависимости от общности их инженерно-геологических явлений.

Карты специального назначения составляют применительно к конкретным видам строительства или сооружения. Они содержат оценку инженерно-геологических условий территории строительства и прогноз инженерно-геологических явлений.

При составлении геологической карты главная задача – проведение на карте граничных линий выходов пластов на горизонтальную поверхность. При их построении используют полевые данные о характере залегания пластов в обнажениях, анализ общих геологических условий района, а также определенные правила построения проекций. Если пласты залегают горизонтально, то на карте их граничные линии параллельны горизонталям (рис. 5.1а). Граничные линии пластов, имеющих угол падения 90° (т.е. вертикально падающих), будут представлены прямыми линиями, пересекающими карту в направлении простирания пластов (рис. 5.1б). Если на поверхность земли выходят наклонно падающие пласты, то их выходы будут образовывать криволинейные линии, находящиеся под разными углами к горизонталям (рис. 5.1в). Получающиеся граничные линии будут пересекать горизонтали. На участках положений рельефа они будут отклоняться в направлении падения пород, а на возвышениях – в направлении, противоположном падению. Чем больше угол падения пород, тем меньше граничные линии отклоняются от прямой.

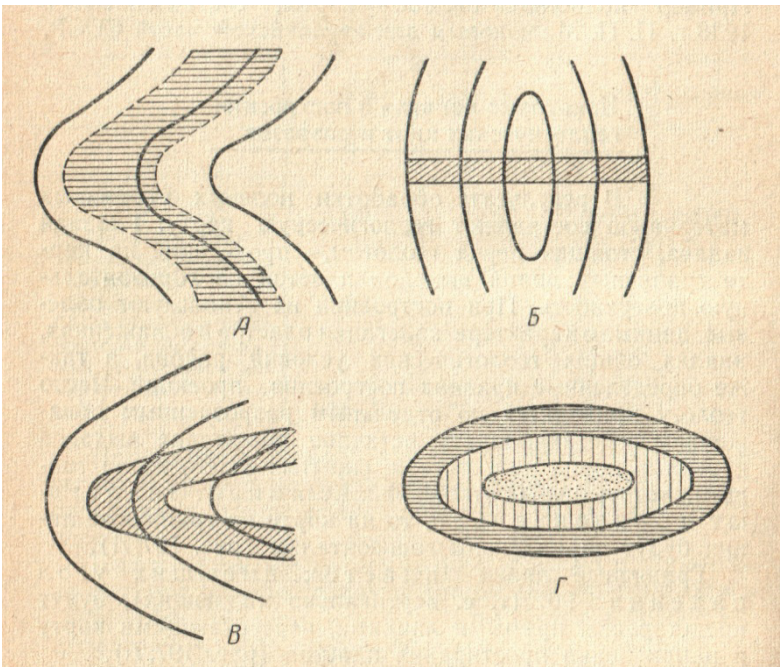


Рис. 5.1. Изображение на картах выходов пластов:

а – горизонтальных, б – вертикальных, в – наклонных, г – выход на поверхность синклинали.

По геологической карте с горизонталями можно легко определить элементы залегания наклонно падающих пластов, их мощность и рассчитать глубину залегания в любой точке местности.

Складчатые дислокации пластов на карте образуют сложный рисунок, зависящий от степени расчлененности рельефа. Возможно образование нескольких изолированных участков либо одного сложного зигзагообразного выхода. Синклинали и антиклинали образуют на плоской поверхности замкнутые эллипсовидные выходы (рис.5.1г).

Геологические разрезы представляют собой проекцию геологических структур на вертикальную плоскость. Они позволяют выявить геологическое строение местности на глубине. На геологическом разрезе показывают возраст, состав, свойства, мощность слоев, условия залегания и взаимоотношения пород, рельеф, гидрогеологические условия и проявления физико-геологических процессов (оползни, карст и т.д.)

Геологические разрезы строятся по определенным линиям на основании использования следующих данных:

1. На материале послойного описания естественных обнажений горных пород, например, в оврагах, бортах речных долин;
2. На материале послойного описания горных пород, вскрытых расчистками, колодцами, скважинами (в задании приведены исходные данные, построить разрез по ним);

3. На основании геологической карты.

Порядок построения геологического профиля на основании послойного описания горных пород в скважинах таков: на миллиметровой бумаге, с учетом заданного в варианте масштаба, с левой стороны листа строится вертикальная шкала абсолютных отметок. Предел колебаний их значений определяется в каждом конкретном случае исходя из заданных в варианте величин абсолютных отметок устья скважин. Наносится на шкалу округленная до краткой 5 или 10, наивысшая отметка, вниз от нее в масштабе откладываются последовательно другие, с меньшими значениями через 5 или 10 м. После построения шкалы абсолютных отметок наносят альтитуды устья скважин (абсолютные отметки точек пересечения скважин с земной поверхностью), которые при соединении их плавной линией дают рельеф поверхности земли на рассматриваемом участке. Первая скважина наносится произвольно на любом расстоянии от шкалы абсолютных отметок, остальные располагаются от нее в соответствии с заданным горизонтальным масштабом (при масштабе 1:1000 и расстоянии между скважинами 50 м через 5 см). Отложив абсолютные отметки устья скважин и получив рельеф поверхности земли, приступают к построению геологического разреза. Последовательно в каждой из скважин от абсолютной отметки ее устья, которая принимается за 0, откладывают мощности слоев вскрытых скважиной. Каждый последующий слой откладывается от предыдущего и зарисовывается условным знаком, данным в приложении. Слои одинакового или близкого состава и одного возраста соединяются от скважины к скважине плавными линиями. Возраст слоев дан в индексах общепринятой номенклатуры. (Q_4 – современные, Q_3 - верхнечетвертичные, Q_2 - среднечетвертичные, Q_1 - древнечетвертичные, N – неогеновые, I – юрские, P_2 – казанские отложения перми, C – каменноугольные, $Д$ – девонские, P_{2z} – протерозойские). Слои, имеющиеся не во всех скважинах, выклинивают, сводят на нет на половине расстояния между скважинами. Слои одного возраста и близкие по составу, но несколько отличающиеся (скажем, песок глинистый и супесь), вырисовываются как один слой, но на средине расстояния между скважинами, где наблюдаются изменения, показывается замещение одних пород другими «гармошкой». После отложения слоев сбоку у вертикальной шкалы или при достаточной мощности (толще) слоев, внутри их индексами показывается их возраст. Уровень поверхности грунтовых вод (УГВ) или уровень вечной мерзлоты (УВМ) даются в задании в абсолютных отметках. Эти толщи по вертикальной шкале, откладываются в каждой скважине и соединяются плавной линией, для контраста желательно другого цвета, и получают линию поверхности, которая будет проходить внутри горных пород. Также в абсолютных отметках могут быть даны линзы льда, карстовые воронки и др., которые соответственно и наносят на геологический разрез.

Следующим этапом работы является оформление надписей.

Сверху над чертежом пишут «Инженерно-геологический разрез по скважинам» и указываются масштабы горизонтальный и вертикальный. Непосредственно под чертежом указывают №№ скважин, расстояние между ними и абсолютные отметки их устья. Внизу под разрезом или сбоку приводятся условные обозначения пород. В правом нижнем углу листа указываются фамилия, инициалы исполнителя и № группы.

На обратной стороне листа дается краткое заключение о возможностях строительства, исходя из рельефа местности, состава и мощностей пород, гидрогеологических условий и наличия физико-геологических процессов.

В частности, при наличии вечной мерзлоты предлагается один из вариантов строительства зданий и сооружения или с сохранением вечно-мерзлотного состояния грунтов (использование свай, вентиляционных устройств и т.д.), или с предварительным искусственным протаиванием грунтов, или, в случае прочных скальных пород, строительство рекомендуется вести как на немерзлых грунтах и т.д.

Таким образом, работа над инженерно-геологическим профилем сводится вкратце к следующим операциям:

1. Строят слева на листе миллиметровой бумаги шкалу абсолютных отметок.
2. Наносят в масштабе по шкале в горизонтальной плоскости абсолютные отметки устья скважин.
3. Соединяя их, получают рельеф местности.
4. Принимая за абсолютную отметку абсолютную отметку скважины, от этой точки вниз откладывают мощности (толщину) слоев.
5. Одинаковые слои в разных скважинах соединяются плавными линиями, слои, присутствующие в одной скважине и отсутствующие в другой, сводятся на нет на половине расстояния между скважинами.
6. Наносятся в а.о. уровень грунтовых вод или уровень вечной мерзлоты.
7. Разрез оформляется надписями.
8. Пишется краткое заключение об условиях строительства на конкретной рассматриваемой площадке.

Геологические карты представляют собой проекцию геологических структур на горизонтальную плоскость. По этим картам можно судить о площади распространения тех или иных пород, условиях залегания, дислокациях и т.д. Главная задача – проведение на карте граничных линий выходов пластов на горизонтальную поверхность. При их построении используют полевые данные о характере и форме залегания пластов в обнажениях, анализ общих геологических условий района, а также определенные правила построения проекций.

Задачи

1. Схематически покажите указанные ниже формы залегания горных пород. Для каких генетических типов пород эти формы характерны. Объясните почему?

   Батолит, лавовый покров, слой.

2. Схематически покажите указанные ниже формы залегания горных пород. Для каких генетических типов пород эти формы характерны. Объясните почему?

   Линза, пласт, дайка.

3. Схематически покажите указанные ниже формы залегания горных пород. Для каких генетических типов пород эти формы характерны. Объясните почему?

   Жила, купол, прослой.

4. Покажите на схематическом разрезе первичные формы залегания осадочных горных пород: слой, линзу, прослой, выклинивание и пережим слоя, фациальный переход одних пород в другие. Для слоя укажите его кровлю, подошву и мощность.

5. Покажите на пространственной схеме элементы моноклинально залегающего слоя (пласта): линию падения, линию простирания, угол и азимут падения, кровлю, подошву, мощность, видимую мощность.

6. Покажите схематически на разрезе синклинальную и антиклинальную складки. На схеме укажите элементы складки: крылья, замок, ядро, угол складки (при вершине), осевую плоскость.

7. Схематически изобразите названные ниже дислокации. Чем они принципиально отличаются друг от друга?

   Флексура, сдвиг.

8. Схематически изобразите названные ниже дислокации. Чем они принципиально отличаются друг от друга?

   Моноклиналь, сброс.

9. Схематически изобразите названные ниже дислокации. Чем они принципиально отличаются друг от друга?

Грабен, синклиналь.

10. Схематически изобразите названные ниже дислокации. Чем они принципиально отличаются друг от друга?

Антиклиналь, горст.

11. В процессе проведения геологической съемки получены данные и литологическом составе, возрасте, мощности, форме залегания, несущей способности пород, слагающих изучаемую территорию, об уровнях залегания подземных вод и выходах их в виде источников. Ответьте на вопрос: какой из признаков принимается для проведения границ на геологической карте?

12. В процессе проведения геологической съемки получены данные и литологическом составе, возрасте, мощности, форме залегания, несущей способности пород, слагающих изучаемую территорию, об уровнях залегания подземных вод и выходах их в виде источников. Ответьте на вопрос: какие из признаков отражаются на геологической карте и каким образом?

13. В процессе проведения геологической съемки получены данные и литологическом составе, возрасте, мощности, форме залегания, несущей способности пород, слагающих изучаемую территорию, об уровнях залегания подземных вод и выходах их в виде источников. Ответьте на вопрос: какие из признаков отражаются на геологическом разрезе и каким образом?

14. В процессе проведения геологической съемки получены данные и литологическом составе, возрасте, мощности, форме залегания, несущей способности пород, слагающих изучаемую территорию, об уровнях залегания подземных вод и выходах их в виде источников. Ответьте на вопрос: какие из признаков отражаются только в пояснительной записке к карте?

15. В процессе проведения геологической съемки получены данные и литологическом составе, возрасте, происхождении, мощности, водоносности четвертичных отложений, слагающих изучаемую территорию, об уровнях залегания подземных вод. Ответьте на вопрос: какие признаки являются основой для проведения границ на карте четвертичных отложений?

16. В процессе проведения геологической съемки получены данные и литологическом составе, возрасте, происхождении, мощности, водоносности четвертичных отложений, слагающих изучаемую территорию, об уровнях залегания подземных вод. Ответьте на вопрос: какие признаки показываются только на разрезе четвертичных отложений и каким образом?

17. В процессе проведения геологической съемки получены данные и литологическом составе, возрасте, происхождении, мощности, водоносности четвертичных отложений, слагающих изучаемую территорию, об уровнях залегания подземных вод. Ответьте на вопрос: какие признаки показываются на карте и разрезе?

18. Как изображается перечисленный ниже признаки горных пород – цветом, буквенными индексами, штриховкой или каким-либо другим способом.

Происхождение четвертичных отложений на карте четвертичных отложений.

19. Как изображается перечисленный ниже признаки горных пород – цветом, буквенными индексами, штриховкой или каким-либо другим способом.

Возраст горных пород на геологических картах.

20. Как изображается перечисленный ниже признаки горных пород – цветом, буквенными индексами, штриховкой или каким-либо другим способом.

Возраст четвертичных отложений карте четвертичных отложений.

21. Как изображается перечисленный ниже признаки горных пород – цветом, буквенными индексами, штриховкой или каким-либо другим способом.

Литологический состав пород на геологических картах.

22. Как изображается перечисленный ниже признаки горных пород – цветом, буквенными индексами, штриховкой или каким-либо другим способом.

Литологический состав горных пород на картах четвертичных отложений.

23. Как изображается перечисленный ниже признаки горных пород – цветом, буквенными индексами, штриховкой или каким-либо другим способом.

Литологический состав горных пород на геологических разрезах.

24. Как изображается перечисленный ниже признаки горных пород – цветом, буквенными индексами, штриховкой или каким-либо другим способом.

Литологический состав горных пород на геологических разрезах.

25. Как изображается перечисленный ниже признаки горных пород – цветом, буквенными индексами, штриховкой или каким-либо другим способом?

Элементы залегания слоев и разрывные нарушения на геологических картах.

26. Как изображается перечисленный ниже признаки горных пород – цветом, буквенными индексами, штриховкой или каким-либо другим способом?

Разрывные нарушения на геологических разрезах.

27. Как изображается перечисленный ниже признаки горных пород – цветом, буквенными индексами, штриховкой или каким-либо другим способом?

Литологический состав толщи на стратиграфической колонке.

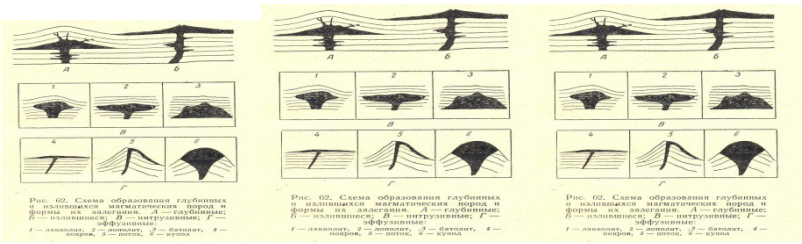
Пример решения задач 1-27.

Схематически покажите указанные ниже формы залегания горных пород. Для каких генетических типов пород эти формы характерны. Объясните почему?

Лакколит, шток, поток.

Пример ответа:

а) б) в)



Такие формы залегания характерны для магматических горных пород.

Лакколит (а) – грибообразные формы глубинных магматических пород, образованные при внедрении магмы между слоями осадочных толщ.

Шток (б)– это ответвления от батолитов, которые представляют собой огромные массивы горных пород до нескольких сотен километров, залегающих глубоко от земной поверхности.

Поток (в)– вытянутые формы залегания излившихся магматических пород, возникшие в результате течения магмы из вулканов.

Практическое занятие. Составление геологического разреза по данным бурового журнала

6. Геологические и инженерно-геологические процессы и явления.

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

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

Движение масс горных пород на склонах рельефа

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

Осыпи образуются в горных районах, где развиты скальные породы, которые под влиянием процессов выветривания разрушаются и скатываются к основанию склонов. Движение осыпей происходит по мере накопления обломков, при обильном увлажнении и других причин. При малых осыпях

прибегают к расчисткам от них дорог, сооружений, при больших применяют улавливающие и подпорные стенки.

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

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

Для предупреждения обвалов на скальных склонах, при разработке карьеров строительных материалов, в строительных котлованах, практикуются искусственное обрушение, забивка трещин цементом, подпорные стенки, уполаживание склонов и т.д.

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

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

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

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

Геологическая деятельность подземных вод

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

Карст – процесс растворения и выщелачивания растворимых горных пород (карбонаты, сульфаты, галоиды) поверхностными и подземными водами и

явления вследствие этого возникающие (карстовые пустоты, пещеры, воронки, кары и т.д.).

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

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

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

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

Суффозия (подкапывание) – процесс вымывания мелких частиц из горных пород потоком фильтрующейся воды.

*Рис. 6.1.*Суффозионная полость (1) в лессовых породах, залегающих на склоне рельефа, сложенном известняками-ракушечниками (2), 3-здания

Возникновению суффозии благоприятствуют следующие условия:

а). $D/d>20$, где D и d – диаметра двух смежных фракций грунта;

б). Наличие турбулентного движения воды, которые в песках возникает при градиентах напора $I>5$, при этом критическая величина гидравлического

градиента, определяющая возможность возникновения механической суффозии по формуле:

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

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

в). Если отношение коэффициента фильтрации двух контактирующих слоев будет равно 2;

г). Суффозия протекает в недоуплотненных до максимальных значений грунтах;

д). Возникновение значительных сил гидродинамического давления

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

где γ_w- плотность воды.

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

Основой всех мероприятий является прекращение различными путями фильтрации воды.

<u>Плывуны</u> – водонасыщенные пески, супеси и другие рыхлые скопления, способные переходить в текучее состояние при движении воды или механических воздействиях (вскрытии выработками, канавами, скважинами, котлованами и др.). Переход пород в плывунное состояние обусловлен отсутствием в них структурных связей или таким их ослаблением, что они не способны противостоять напряжениям, вызывающим их движение. Основной причиной плывунных свойств является гидродинамическое давление поровой воды, которая создается в результате давления при вскрытии

котлована. Давление воды обуславливает движение частиц песка в сторону разгрузки, т.е. котлована, частицы песка временно переходят во взвешенное состояние.

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

Просадочные процессы

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

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

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

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

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

- тип просадочности;

- мощность просадочных толщ и величина относительной просадки;

- конструктивные особенности зданий и сооружений.

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

Задачи

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

В процессе строительства подземного перехода на соседней территории был понижен уровень грунтовых вод (УГВ), что привело к образованию провала на площадке застройки. С целью выяснения причин провала были пробурены три скважины на расстоянии 25 м друг от друга. Описание буровых скважин даны ниже. Площадка горизонтальная, ровная, абсолютная отметка 106,5 м.

1.Постройте геологический разрез. Опишите все породы, объясните причину обрушения. Дайте рекомендации по её устранению. Оцените возможность дальнейшего строительства.

Описание скважин

№ скв.	№ слоя	Возраст породы	Наименование породы	Мощность слоя, м	Глубина залегания УГВ, м	
					статического	динамического
1	2	3	4	5	6	7
1	1 2 3	aQ_2 C_3 C_2	Песок мелкозернистый средней плотности. Глина черная плотная Известняк трещиноватый закарстованный	3.0 2.0 15,0	2.0 2.0	2.5 10.0
2	1	aQ_2 C_2	Песок мелкозернистый Известняк трещиноватый закарстованный	6 12	1.8 1.8	9.5
3	1 2	aQ_2 C_3	Песок мелкозернистый Глина черная плотная	3.0 2.0	1.7 1.7	2.3 10.5

	3	C_2	Известняк закарстованный	12.0		

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

Описание буровых скважин

№ скважин, абс. отм. устья, м	Геологический возраст	Мощность слоя, м	Описание горных пород	Глубина залегания уровня воды, м	
				появив-ося	Устан-ося
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*
$\frac{1}{550}$	lQ_4 T	3,0 3,0	Суглинок со щебнем диабаза Диабаз сильно выветрелый трещиноватый	4,0	4,0
$\frac{2}{550}$	lQ_4 T	3,5 1,5	Суглинок со щебнем и с валунами диабаза Диабаз сильно выветрелый трещиноватый	4,1	4,1
$\frac{3}{550}$	lQ_4 T	3,5 0,3	Суглинок со щебнем и с валунами диабаза Диабаз сильно выветрелый		
$\frac{4}{550}$	deQ_4 T	10,0 5,0	Суглинок со щебнем диабаза Диабаз		

3.

3. На рисунке проведен топографический профиль площадки, отведенной под строительство промышленного здания с очистными сооружениями. Используя данные бурения скважин, топографический профиль,

постройте геологический разрез. С учетом геологических условий площадки и охраны геологической среды разместите здание размером 50х50 м. По карте сейсмического районирования сейсмичность территории оценивается в 8 баллов. Есть ли в пределах разреза участки с интенсивностью 9 баллов? Дайте характеристику горным породам разреза и назовите процессы, сформировавшие в четвертичный и дочетвертичный периоды геологическую и геоморфологическую обстановки.

Описание скважин.

№ скважин, абс. отм. устья, м	Геологический возраст	Мощность слоя, м	Описание горных пород	Глубина залегания уровня воды, м	
				появив-ося	устан-ося
1	2	3	4	5	6
$\frac{1}{120,0}$	dQ N_2	1,5 15,0	Суглинок со щебнем Глина плотная	1,0	1,0
$\frac{2}{119,0}$	dQ N_1	3,1 15,0	Суглинок со щебнем Глина плотная	0,5	0,5
$\frac{3}{117,0}$	N_1 N_1	15,4 2,6	Известняк Песчаник	11,3	11,3
$\frac{4}{110,0}$	aQ_3 N_1	15,7 2,0	Песчано-гравийные отложения, хорошо водопроницаемые Песчаник	3,3	3,3

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

Описание скважин.

№ скв., абс. отм. устья, м	№ слоя	Геологич. возраст	Описание горных пород	Мощность слоя, м	Глубина залегания УГВ, м	
					статического	динам ическо го
1	2	3	4	5	6	7

$\frac{1}{125,2}$	1 2 3	dQ_4 fgQ_2 C_1	Суглинок плотный коричневый Песок мелкий Известняк серый трещиноватый	1,5 5,0 3,0	3,0	9,5
$\frac{2}{123,1}$	1 2 3 4	dQ_4 fgQ_2 p_2^{kaz} p_2^{kaz}	Суглинок плотный коричневый Песок мелкий Известняк трещиноватый Пустое пространство, вода Известняк серый	2,5 3,6 3,0 5,0 0,5	1,0	8,0
$\frac{3}{124,2}$	1 2 3 4	dQ_4 fgQ_2 p_2^{kaz} p_2^{kaz}	Суглинок плотный коричневый Песок мелкий Известняк трещиноватый Пустое пространство, вода Известняк серый	0,5 0,8 10,0 0,3 2,0	3,0	11,0

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

Описание скважин

№ скв.	№ слоя	Возраст породы	Наименование породы	Мощность слоя, м	Глубина залегания УГВ, м	
					статического	динамического
1	2	3	4	5	6	7
1	1 2 3	dQ I_2 C_3	Песок мелкий Глина плотная Известняк сильно трещиноватый закарстованный	5,0 3,5 10,0	2,5 2,5	4,0 15,0
2	1	dQ C_3	Песок мелкий Известняк трещиноватый закарстованный	11,0 5,0	2,6 2,6	14,6
3	1 2 3	dQ I_2 C_3	Песок мелкий Глина плотная Известняк закарстованный	7,0 8,0 3,0	2,7 2,7	4,0 15,0

№ скважин, абс. отм. устья, м	Геологический возраст	Мощность слоя, м	Описание горных пород	Глубина залегания уровня воды, м	
				появив-ося	уста нов-ося
1	2	3	4	5	6
$\frac{1}{45,4}$	tQ_4 mQ_1 N_2	3,2 4,1 10,0	Супесь со щебнем кирпича и древесными обломками Песок мелкий Известняк - ракушечник	9,1	9,1
$\frac{2}{45,3}$	tQ_4 tQ_4 mQ_1 N_2	2,0 0,5 3,6 10,0	Глыбы известняка - ракушечника Суглинок со щебнем Песок мелкий Известняк - ракушечник	9,3	9,3

Список использованных источников

1. С.Н. Чернышев, А.Н. Чумаченко, И.Л. Ревелис. «Задачи и упражнения по инженерной геологии». 2021, С. 140-142.
2. Сергеев Е.М. Инженерная геология - М.: Изд-во МГУ, 2013 г.
3. Хаин В.Е., Ломизе М.Г. Тектоника с основами геодинамики. - М.: Изд-во МГСУ, 2020.