

Министерство образования и науки
Российской Федерации
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова

В.Ф. Карякин, П.С. Ашихмин

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ

*Утверждено ученым советом университета в качестве учебного
пособия для студентов дневной и заочной форм обучения
специальности «Городской кадастр» и строительных специальностей*

Белгород
2011

УДК 624.131.1 (075)
ББК 26.3я7
К27

Рецензенты:

Д-р техн. наук, проф. Белгородского государственного
университета *С.В. Сергеев*

Д-р геол.-мин. наук, проф. Белгородского государственного
университета *В.А. Дунаев*

Карякин В.Ф.

К27 Инженерная геология: учеб. пособие/В.Ф.Карякин, П.С.
Ашихмин. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2011 – 120 с.

Учебное пособие освещает ряд тем, отвечающих требованиям образовательного стандарта ГОС 653500 «Строительство». В частности, приведены основные сведения по внутреннему строению планеты Земля, о гипотезах ее происхождения, о структуре земной коры, о геологических процессах, происходящих внутри и на ее поверхности, рассмотрены основы гидрогеологии, гидрографии и грунтоведения, выделены строительные свойства грунтов, методы и объемы инженерно-геологических изысканий для оценки строительных площадок.

Учебное пособие по дисциплине «Инженерная геология» предназначено для студентов очной и заочной форм обучения специальности «Городской кадастр» и строительных специальностей.

УДК 624.131.1 (075)
ББК 26.3я7

© Белгородский государственный
технологический университет
(БГТУ) им. В.Г. Шухова, 2011

Содержание

Введение.....	4
Тема 1. Общие сведения о Земле.....	4
Тема 2. Состав литосферы (земной коры).....	12
Тема 3. Геологические процессы.....	17
Тема 4. Основы гидрогеологии.....	26
Тема 5. Грунтоведение.....	32
Тема 6. Инженерно-геологические процессы.....	52
Тема 7. Инженерно-геологические изыскания для строительства.....	61
Тема 8. Строительные свойства грунтов.....	69
Тема 9. Особенности инженерно-геологических изысканий при обследовании зданий и сооружений.....	74
Тема 10. Основы гидрографии.....	75
Заключение.....	85
Приложение 1. Контрольные вопросы.....	85
Приложение 2. Классификация природных дисперсных грунтов (по ГОСТ 25100-95).....	89
Приложение 3. Тесты на самостоятельную проверку освоения дисциплины «Инженерная геология».....	96
Библиографический список.....	120

Введение

Инженерная геология – отрасль геологии, изучающая верхние горизонты земной коры и её динамику в связи с задачами промышленного и гражданского строительства. Основная задача инженерно-геологических исследований – изучение геологических условий строительства с целью оценки и наиболее рационального размещения сооружений, обоснования выбора надёжных конструкций, обеспечения их устойчивости и нормальной эксплуатации.

Инженерная геология изучает физико-механические свойства горных пород, которые являются основанием сооружений, исследует геологические процессы, оказывающие вредное влияние на сооружения, разрабатывает мероприятия по борьбе с этими процессами.

Тема 1. Общие сведения о Земле

Земля как планета, её происхождение, форма и размеры. Физические свойства и поля земли. Состав и строение литосферы. Возраст и геологическая история Земли. Геохронологическая и стратиграфическая шкала.

В этой теме основное внимание необходимо уделить условиям формирования, строению и составу земной коры (литосферы), которая является ареной деятельности инженера-строителя.

Проблемы происхождения Земли и солнечной системы интересовали человека ещё с глубокой древности. У древних греков за 2-3 столетия до н.э. по этому вопросу существовали 2 различные гипотезы.

Согласное первой, которую высказал Птолемей, солнечная система построена геоцентрично. В центре мироздания располагается Земля, которая неподвижна, а все остальные планеты, солнце и др. звёзды обращаются вокруг Земли.

Другая гипотеза получила название гелиоцентризма. Её сторонники центром мироздания считали Солнце. В середине XVI века великий

польский астроном Николай Коперник математически обосновал гелиоцентрическую гипотезу. Первая научная гипотеза о происхождении солнечной системы и всей Вселенной принадлежит философу И. Канту. Она высказана им в 1755 году, когда в естественных науках господствовала метафизика.

Лаплас, независимо от Канта высказал гипотезу о происхождении солнечной системы из первичного хаоса. Кант и Лаплас утверждали, что солнечная система развилась под воздействием центробежных природных сил из рассеянного газо-пылевого облака. Исходный материал, из которого сформировались планеты, находился в разряженном состоянии в виде газа (Лаплас) или в виде определённых «частиц» (Кант).

В XX веке появились гипотезы Джеффриса, Джинса, Кайпера, Юри и др. Большой интерес представляют гипотезы русских учёных О.Ю.Шмидта и В.Г.Фисенкова.

О.Ю. Шмидт предполагает образование Земли и других планет из межзвёздной холодной метеоритной пыли, захваченной полем тяготения Солнца. Солнце старше планет и Земли. Земля возникла постепенно, путём «сбора» твёрдых частиц – метеоритов.

В.Г.Фисенков склоняется к мысли о том, что поскольку возраст Солнца близок к астрономическому возрасту Земли, допустимо считать, что Солнце и окружающие его планеты образовались одновременно и что это единый процесс происхождения звёздной системы из одной и той же исходной среды – некоторой газовой пылевой туманности. Внутренние части уплотнения послужили материалом для образования Солнца, вмещения планет. Земля образовалась сразу во всей массе, а не собиралась из отдельных частиц. Радиус земного шара – 6300км.

В строении Земли выделяют геосферы, которые представляют концентрические, сплошные или прерывистые оболочки Земли, различные по составу, физическому состоянию и свойствам. Внутри выделяют земное ядро, состоящее из жидкого внешнего и внутреннего твёрдого ядра. Масса земного ядра составляет 32% всей массы Земли. Плотность вещества во внешнем ядре $9,5-12,3 \text{ г/см}^3$. Химический состав близок химическому составу метеоритов. Мантия Земли – силикатная оболочка между ядром и подошвой литосферы. Из-за химического состава её называют каменной оболочкой. Это зона вулканических явлений.

Литосфера характеризуется тем, что в неё входят породы в твёрдом кристаллическом состоянии, она обладает прочностью. Отличительная черта от других геосфер – повышенное содержание радиоактивных

изотопов.

Гидросфера – водная оболочка Земли. Её образование обусловлено процессом отделения воды из вещества мантии. По отношению к объёму земного шара общий объём гидросферы – 0,13%.

Основная часть гидросферы – мировой океан – 94%. Химический состав разнообразен: от пресных вод до рассолов.

Атмосфера по распределённой в ней температуре делится на тропосферу, стратосферу, мезосферу, термосферу и экзосферу. В состав атмосферы входят: азот (75,51%), кислород (23,31%), аргон (12,8%), углекислота (0,4%), водяной пар и другие газы. С удалением от Земли температура резко понижается.

Литосфера – каменная оболочка Земли, объединяющая земную кору, подкорковую часть верхней мантии и подстилаемая астеносферой. Характерным признаком литосферы является то, что в неё входят породы в твёрдом кристаллическом состоянии и она обладает жёсткостью и прочностью. Вниз по разрезу от поверхности Земли наблюдается рост температуры. Расположенная под литосферой пластичная оболочка мантии – астеносфера. В ней при высоких температурах вещество частично расплавлено, и вследствие этого, в отличие от литосферы, астеносфера не обладает прочностью и может пластично деформироваться вплоть до способности течь даже под действием очень малых избыточных давлений. В свете современных представлений, согласно теории тектоники литосферных плит, установлено, что литосферные плиты, которые слагают внешнюю оболочку Земли, образуются за счёт остывания и полной кристаллизации, подобно тому, как это происходит, например, на реке при замерзании воды и образовании льда в морозный день. Мощность литосферы меняется от нескольких километров под рифтовыми долинами срединных океанических хребтов, до 30 км под периферией океанов, а под древними щитами мощность литосферы – 60-70км.

Земная кора разделена на 7 отдельных плит. Россия расположена на Евразийской плите. Каждая плита разделена на платформы. Вулканы и землетрясения случаются на границе разделения плит и платформ. Европейская часть России расположена на Русской платформе. Каждая платформа разделена на геологические области (например, Среднерусская возвышенность). Плиты медленно перемещаются.

Если плиты сближаются, происходит горообразование. Процесс сдвижения плит называется конвергенция. При расхождении плит (дивергенция) формируется провал, впадина, которые называются рифтами. Их глубины достигают до 1,5км, а ширина – до 500км.

В литосфере выделяют следующие слои (сверху вниз):

- 1) осадочный;
- 2) гранитный;
- 3) базальтовый.

Земля обладает физическими полями: магнитным, гравитационным и тепловым.

Земля имеет сложное тепловое поле, обусловленное несколькими факторами. По направлению и области приложения их можно разделить на поверхностные и глубинные.

К группе поверхностных факторов теплового поля относится излучение Солнца. 1/3 солнечной энергии отражается от атмосферы и рассеивается. Участок поверхности Земли 1 см^2 , перпендикулярный к лучам Солнца, получает в одну минуту $8,173 \text{ Дж}$ (это солнечная постоянная). В целом радиационный баланс Земли положителен и составляет $3,01 \cdot 10^5 \text{ Дж/см}^2$ в год. Другим поверхностным источником тепла является трение приливных «горбов» в гидросфере Земли. Но количество выделяемого тепла в этом случае ничтожно мало. Таким образом, солнечная радиация является основным источником тепла на поверхности Земли.

Из глубины на поверхность Земли поступает всего около $4 \cdot 10^{-4} \text{ (Дж/см}^2\text{)/мин}$. В виду такого различия интенсивности поверхностных и глубинных источников тепла, можно считать, что температура на поверхности Земли практически целиком определяется излучением Солнца.

Излучение теплового поля Земли очень важно, т.к. распределение тепла во многом определяет энергетический уровень и характер геологических процессов на поверхности Земли и в её недрах. Очень важно изучение глубинных источников теплового поля Земли, т.к. глубинное тепло связано с источниками её внутренней энергии, проявляющейся в виде извержений вулканов, землетрясений и движения земной коры. Основным фактором, определяющим глубинное тепловое поле Земли, является радиоактивный распад. Имеются, так называемые, дополнительные источники глубинного тепла: гравитационное адиабатическое сжатие Земли, экзотермические химические реакции, однако, в общем балансе глубинного теплового поля их роль невелика.

Можно выделить три зоны теплового поля: I – переменных температур; II – постоянных температур; в пределах III зоны температура с глубиной возрастает. Закономерное возрастание температуры справедливо лишь для некоторой глубины. Параметрами третьей зоны является: геотермическая ступень – расстояние, на котором по мере углубления температура повышается на 1°C ;

геотермический градиент – повышение температуры в градусах через каждые 100 метров по мере углубления в литосферу.

Магнитное поле Земли обусловлено действием источников, расположенных внутри планеты, а также внешних источников, расположенных в литосфере и ионосфере. Происхождение магнитного поля объясняется гипотезой о гидромагнитном динамо, согласно которой в электропроводящем ядре Земли происходят сложные и интенсивные движения, приводящие к самовозбуждению магнитного поля.

Практическое применение явления магнитного поля заключается в использовании магнитной стрелки, которая располагается в плоскости магнитного меридиана – компас, используемый с древних времен. Кроме того, исследование локальных магнитных аномалий магнитометрами (геофизический метод) позволяет обнаружить, в частности, магнитные руды. Постоянство геомагнитного поля до высоты в несколько радиусов Земли используется для ориентации и маневра космических аппаратов.

Гравитационное поле Земли – это поле силы тяжести, обусловленное притяжением (тяготением) Земли и центробежной силой, вызванной ее суточным вращением. Оно зависит также и от притяжения Луны, Солнца и других небесных тел.

Потенциал силы тяжести используется при изучении фигуры Земли, при изучении движения искусственных спутников, при решении геологоразведочных и геодезических задач, например, гравиметрами и маятниковыми приборами.

Все горные породы литосферы имеют возраст, который определяется по радиоактивному распаду изотопа U_{238} , имеющему период полураспада около 4,5 млрд. лет. По соотношению масс оставшегося урана и образовавшегося свинца и гелия с определённой точностью определяют возраст.

Всё геологическое время разделили на отрезки. Так была создана геохронологическая шкала. Для слоёв пород, которые образовались в эти отрезки времени, были положены свои названия, что позволило создать стратиграфическую шкалу.

Геохронологическая шкала включает отрезки времени: эры – архейская (AR), протерозойская (PR), палеозойская (PZ), мезозойская (MZ), и кайнозойская (KZ) – современная. Эры, начиная с PZ, подразделяются на периоды, у которых выделяют эпохи, в эпохах – века.

Для слоёв горных пород, соответствующих этим подразделениям времени, выделяют, соответственно, группы, системы, отделы, ярусы

(стратиграфическая шкала).

Таким образом, вся история развития Земли делится на эры – длительные отрезки времени (от 70 млн лет до 2 млрд лет), каждый из которых получил свое название.

Архейская – древнейшая эра в истории развития Земли, когда еще не существовало жизни.

Протерозойская – эра возникновения первичной жизни (простейших организмов).

Палеозойская – эра древней жизни в геологической истории Земли, характеризующаяся формированием всех типов растений и животных.

Мезозойская – эра средней жизни в геологической истории Земли, характеризующаяся развитием пресмыкающихся, птиц и первых млекопитающих.

Кайнозойская – эра новой жизни в геологической истории Земли, эра формирования всех современных форм растений и животных. Она продолжается и в настоящее время.

Архейская эра ведет свое начало со времени, когда Земля сформировалась как планета – около 4,5 млрд лет назад. Ее продолжительность составляет 2 млрд лет.

Первичная кора, образовавшаяся в результате охлаждения Земли, беспрерывно разрушалась паром и газом, которое выделяло раскаленное вещество. Извергаемая миллионами вулканов лава застывала на поверхности, образуя первичные горы и плоскогорья, материки и океанические впадины.

Мощная, плотная атмосфера также охлаждалась, в результате чего выпадали обильные дожди. На горячей земной поверхности они мгновенно превращались в пар. Сплошные облака обволакивали Землю, препятствуя прохождению солнечных лучей, согревающих ее поверхность. Твердая кора охладилась, океанические впадины заполнились водой.

Первичный океан, реки, атмосфера разрушали первичные горы и материки, образуя первые осадочные породы. На протяжении многих миллионов лет истории Земли эти породы, неоднократно подвергаясь воздействию раскаленного вещества, громадного давления и высокой температуры, сильно изменились. Ныне они твердые и плотные. С ними связано образование многих полезных ископаемых: строительного камня, слюды, никелевой руды, каолина, золота, молибдена, меди, кобальта, радиоактивных материалов, железа.

В архейскую эру в теплых водах первичного океана протекали различные химические реакции между солями, щелочами и кислотами. Им благоприятствовали солнечная радиация, плотная атмосфера,

ионизация воды, вызываемая разрядами огромных молний.

В конце архейской эры в морях появляются комочки белкового вещества, положившие начало всему живому на Земле. Основой синтеза первичных белковых веществ, несомненно, являлись аминокислоты.

Результаты радиоастрономических исследований убедительно свидетельствуют о том, что в космосе имеется множество химических веществ, в состав которых входят элементы – органогены (водород, углерод, азот, сера, фосфор), производные мочевины и других органических соединений. Таким образом, сложные и разнообразные соединения углерода Земля, по определению академика А.И. Опарина, «получила в наследство от космоса».

Абиогенные органические соединения характерны также для земной коры. Они образуют карбосферу, существующую и в современных условиях (например, в жерлах вулканов).

Битумы и многие другие органические вещества были обнаружены в газожидкостных включениях древних минералов магматического происхождения.

Существование карбосферы земной коры, органические соединения космоса, солнечные лучи, радиация в конце концов послужили причиной образования первичных аминокислот.

Чрезвычайно благоприятствовала возникновению и развитию жизни на Земле относительно постоянная на протяжении последних 3 млрд лет температура ее поверхности.

У первых живых существ не было ни раковин, ни панциря, ни твердого скелета. Поэтому в породах архейской эры не встречаются их отпечатки. Однако отложения известняка архейской эры, которые могли образоваться лишь в результате деятельности живых организмов, свидетельствуют об их существовании в то время.

В отложениях конца протерозойской эры находят следы ползания червей, отпечатки кишечнополостных, иглы губок, раковины простейших – существ довольно сложных в биологическом отношении. Эволюционный процесс проходит от простых к сложным организмам. Следовательно, возникновение протерозойских существ было невозможно без длительного эволюционного процесса, который ведет свое начало от комочков цитоплазмы, появившихся в архейских морях.

В породах протерозоя найдены морские, речные, озерные и ледниковые отложения. Следовательно, климат протерозоя был довольно разнообразен. Морские отложения покрыты отложениями вулканов, на которых также залегают морские отложения. Из этого

можно заключить, что периоды спокойного развития земной коры протерозоя сменялись бурными горообразовательными процессами.

С протерозойскими отложениями связано множество полезных ископаемых: железные руды, мрамор, графит, драгоценные камни, золото, слюда, тальк, молибден, медь, висмут, вольфрам, кобальт.

Тема 2. Состав литосферы (земной коры)

Породообразующие минералы, их физические свойства и классификация. Горные породы: магматические (изверженные), осадочные и метаморфические; условия их образования. Классификация осадочных пород по происхождению. Особенности залегания осадочных пород. Элементы залегания пластов осадочных пород. Нарушение сплошности залегания пород (дислокация).

Работая над этой темой, необходимо выяснить, из каких химических элементов состоит литосфера. Из химических элементов образуются минералы, а из минералов – горные породы. Необходимо разобраться в классификации горных пород, исходя из их происхождения. Особое внимание необходимо обратить на осадочные горные породы, особенно на формы их залегания. Нарушение нормального залегания слоёв, возникающее в результате тектонических движений (дислокации), влияет на строительство. Поэтому целесообразно проанализировать, как ведёт себя здание, построенное на горизонтальных слоях и на дислокациях.

Химические элементы, находящиеся в литосфере, при окислении и восстановлении видоизменяются за счёт потери или увеличения количества электронов. Совокупность химических элементов находящихся в определённом количестве, соотношении и связях, формирует минералы.

Большинство минералов твёрдые, но встречаются в жидком и газообразном состоянии.

Основой классификации минералов является химический состав. Все минералы делятся на 10 классов: силикаты, карбонаты, оксиды, гидроксиды, сульфаты, сульфиды, галоиды, фосфаты, самородные.

Геохронологическая шкала

Эон (эонотема)	Эра (эратема)	Период (система)		Возраст, млн лет	Типичные организмы	Цвет на геологической карте
Фанерозой	Кайнозойская KZ	Четвертичный Q (антропогенный)	Голоцен (современный) Q ₄ Плейстоцен Q ₁ -Q ₃	1,6	Человек	Голубовато- и желтовато-серый
		Неогеновый N	Плиоцен N ₂ Миоцен N ₁	24-1,6	Млекопитающие, цветковые растения	Светло-желтый
		Палеогеновый P	Олигоцен P ₃ Эоцен P ₂ Палеоцен P ₁	65-24		Темно-желтый
	Мезозойская MZ	Меловой K Юрский J Триасовый T		150-65 200-150 250-200	Цветковые растения, динозавры, птицы	Зеленый Синий Фиолетовый
	Палеозойская PZ	Пермский P Каменноугольный C Девонский D		295-250 355-295 410-355	Амфибии, споровые, рыбы, насекомые	Оранжевый Серый Коричневый
		Силурийский S Ордовикский O Кембрийский C		435-410 500-435 570-500	Первые беспозвоночные	Серо-зеленый Оливковый Сине-зеленый
Криптозой (докембрий)	Протерозойская PR			570-2300	Примитивные одноклеточные организмы	Розовый
	Архейская AR			2300-4600	Образование земной коры (литосферы)	Темно-розовый

Силикаты – наиболее многочисленный класс, включающий до 800 минералов. Среди силикатов выделяются подгруппы минералов, характеризующиеся некоторой общностью состава и строения – полевые шпаты, пироксены, амфиболы, слюды, тальк, хлориты и глинистые минералы.

Оксиды и гидроксиды объединяют около 200 минералов. Наиболее распространёнными являются кварц, опал и лимонит.

К **карбонатам** относятся более 800 минералов. Наиболее распространены кальцит, магнезит и доломит.

Класс **сульфатов** объединяет до 260 минералов, происхождение которых связано с водными растворами: характеризуются малым удельным весом, небольшой твёрдостью и светлой окраской. Наиболее распространены гипс и ангидрит.

Сульфиды насчитывают до 200 минералов. Типичные представители – пирит, киноварь, галенит.

Галоиды содержат около 100 минералов, происхождение которых связано, в основном, с водными растворами. Наиболее распространённым является галит (поваренная соль).

В **самородном состоянии** в природе встречаются 30 химических элементов. Самые распространённые из них сера, алмаз, золото, графит, платина.

Золото (Au). Образуется из горячих водных растворов. В природе встречается в виде мелких неправильных зёрен, фендриллов, реже самородков массой до нескольких десятков килограммов. Обычно содержит примеси, цвет золотисто-жёлтый, блеск металлический.

Алмаз (C). Добывается из пород вулканического происхождения. Встречается в природе в виде мелких кристаллов изометрического очертания. Алмазы обычно бесцветны, прозрачны, иногда окрашены примесями в буровато-чёрный и другие цвета. Блеск сильный, алмазный. Крупные, искусственно огранённые алмазы (бриллианты) – драгоценные камни. Самая высокая твёрдость.

Графит (C). Отличается от алмаза кристаллической решёткой, поэтому – мягкий.

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

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

Цвет для многих минералов строго постоянен. Их условно

разделяют на светлые (кварц, гипс) и тёмные (цинковая обманка).

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

Блеск – способность поверхности минералов отражать в различной степени свет (стеклянный, алмазный, металлический и др.).

Твёрдость – способность минералов противостоять внешним механическим воздействиям. Каждому минералу присуща определённая твёрдость, которая оценивается по 10-бальной шкале Мооса, представляющей набор минералов: 1 – тальк, 2 – гипс, 3 – кальцит, 4 – флюорит, 5 – апатит, 6 – полевой шпат, 7 – кварц, 8 – топаз, 9 – корунд, 10 – алмаз. При этом каждый последующий минерал может оставить царапину на всех предыдущих.

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

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

Плотность 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 др.

Совокупность минералов на уровне кристаллизационных, или цементационных, либо водноколлоидных связей образует горную породу. В породообразовании участвуют, в основном, около 50 минералов, которые называют породообразующими. Например, широко распространённая горная порода – гранит, состоит из минералов: кварц, полевой шпат и слюда.

Гранит и гранитоподобные горные породы выкристаллизовались из расплавленной магмы и называются первично-магматическими.

Магматические породы, образовавшиеся в недрах литосферы, называют интрузивными, излившиеся на поверхность – эффузивными. Интрузивные представляют кристаллическую массу, а эффузивные – пористую (туфы). Под действием внешних факторов: солнечный нагрев, остывание, влияние смены времён года, воды, ветра, химического воздействия, биологического и т.п., горные породы разрушаются, дробятся, измельчаются, а затем уносятся ветром и водой, подвергаясь механическому и химическому изменению. Этот процесс называется выветривание.

В реках, озёрах, морях и океанах измельчённые минеральные частицы оседают на дно, формируя слои осадочных пород,

называемые вторичными породами.

Осадочные породы слагают самые верхние слои земной коры, покрывая своеобразным чехлом породы магматического и метаморфического происхождения.

Несмотря на то, что осадочные породы составляют всего 5% земной коры, земная поверхность на 75% своей площади покрыта именно этими породами, в связи с чем строительство, в основном, и производится на осадочных породах.

Осадочные породы принято разделять на три группы:

- 1) обломочные;
- 2) химического происхождения (хемогенные);
- 3) органогенные, возникшие в результате деятельности живых организмов.

Это деление несколько условно, т.к. многие породы имеют смешанное происхождение. Например, отдельные известняки содержат в своём составе материал химического, обломочного, органогенного характера.

Для осадочных пород характерна слоистость, являющаяся весьма важным признаком. По слоям осадочных пород можно прочитать историю их происхождения, а также перемещения береговой линии моря – трансгрессии и регрессии, т.е. смену на материках морских и континентальных эпох (рис. 1).

Все осадочные породы первоначально залегают горизонтальными слоями. Слой с постоянной толщиной (мощностью) и с одинаковыми физическими характеристиками называется пласт. У пласта выделяют кровлю и подошву.

Нарушение горизонтального залегания пластов называется дислокацией. Без нарушения сплошности пласта: вогнутые – синклиналь, выпуклые – антиклиналь. С нарушением сплошности – сдвинутые по вертикали: вниз – сброс, вверх – взброс (рис. 2).

Пачка пластов, опущенная посередине между двумя сбросами, называется грабен. Характерным примером является оз. Байкал: длина – 636 км, ширина – 810 км, глубина – до 1600 м. Подъём пачки пластов между двумя взбросами – горст. Пример горста – плоскогорье Тянь-Шань.

Параллельное залегание пластов называется согласное. Непараллельное – несогласное. При этом пласты могут выклиниваться, залегают линзообразно.

За счёт движения континентальных плит горные породы оказываются на больших глубинах литосферы, т.е. в зонах с высокой температурой и давлением. В этих условиях формируется

метаморфический процесс – изменение горных пород.



Рис. 1. Слоистость песка на откосе и осыпь у подножия



Рис. 2. Сброс пропластка песка по тектонической трещине

Метаморфические породы являются продуктами переработки магматических и осадочных пород под воздействием давления, температуры, водяных паров и газов (пневматологических процессов). Различают региональный метаморфизм, охватывающий широкие пространства на поверхности Земли и в её недрах, а также контактовый метаморфизм, связанный с изменением пород в зонах термальных или динамических воздействий. Метаморфические породы часто сохраняют структуру первичных пород и приобретают свою типичную метаморфическую структуру. Для этих пород характерна и своя текстура – массивная, гнейсовидная, сланцевая. К метаморфическим породам относятся гнейсы, сланцы, мрамор, кварциты, скарны. С некоторой условностью к ним можно отнести песчаники – прочно сцементированные прослойки песка железистыми или силикатными растворами (рис. 3).



Рис. 3. Выходы слоя песчаника в откосе песчаного карьера

Тема 3. Геологические процессы

Подразделение геологических процессов на эндогенные и экзогенные. Эндогенные процессы: вулканизм и сейсмические явления. Сейсмические явления: причины и основные параметры

землетрясений. Сейсмическое районирование для строительства. Экзогенные геологические процессы: выветривание, деятельность ветра, деятельность поверхностных текущих вод, деятельность морей и океанов, деятельность ледников, мерзлотные процессы. Деятельность человека, как геологический фактор: добыча полезных ископаемых, строительство (городское, дорожное, гидротехническое).

Изучая сейсмические явления, необходимо разобраться в механизме землетрясений, в понятиях «гипоцентр» и «эпицентр», знать основные виды волн и классификацию землетрясений по глубине и силе. Экзогенные процессы проявляются в сглаживании земной поверхности перемещением горных пород с выпуклых форм рельефа в вогнутые. При этом породы подвергаются тройному воздействию:

- 1) разрушению;
- 2) переносу;
- 3) отложению, накоплению и уплотнению.

Студенту необходимо разобраться в сущности протекания каждого из экзогенных геологических процессов. Особое внимание следует уделять таким понятиям, как эрозия, элювий, делювий, пролювий, аллювий, морена.

Землетрясение – это особый вид движения плит земной коры литосферы. Это выражается в волновых, упругих колебаниях, вызывающих устойчивые деформации земной коры. По своей природе землетрясения могут быть денудационными, вулканическими, тектоническими и техногенными. Денудационные землетрясения возникают в результате толчка из-за обрушения массива горной породы. Вулканические землетрясения могут возникать при извержении вулкана. Тектонические землетрясения являются следствием тектонических процессов, происходящих в толще земной коры. Техногенные – вызываются массовыми взрывами.

Сейсмические явления в геологии относятся к внутренним эндогенным процессам. Это колебания упругих волн в земной коре. Точку зарождения землетрясений, находящуюся на глубине от поверхности, называют очагом землетрясений или гипоцентром, а точку, лежащую над ним – эпицентром. Наиболее разрушительны очаги землетрясений, залегающие неглубоко (0-10км). Разрушения связаны с распространением сейсмических волн. От гипоцентра распространяются продольные волны со скоростью до 4-5 км/с,

перпендикулярно к ним идут поперечные волны. Их скорость составляет около 2 км/с. А на поверхности возникают поверхностные волны – до 500 м/с. Комплекс этих волн вызывает сейсмодетформации – трещины в земной коре, ступенчатые оседания, вспучивания и смещения грунтов: обвалы, осыпи, оползни. В районах застройки – разрушения зданий и сооружений. Сила землетрясений характеризуется баллами по шкале Рихтера (12-балльная).

Районы, где ожидаются землетрясения силой в 6 баллов и более, называются сейсмоопасными. Строительство в этих районах ведётся с учётом сейсмичности, т.е. учитывается рельеф местности, наличие дислокаций слоёв, наличие грунтовых вод и их близость к поверхности, возможность оползней, обвалов, осыпей и т.п. При этом учитываются жёсткость конструкций, этажность, массивность зданий и сооружений.

К эндогенным процессам также относятся вулканизм. Проявление вулканизма представляет собой один из наиболее важных геологических процессов, имеющих огромное значение в истории развития земной коры. Ни одна область на земле не формировалась без участия вулканизма.

Вулканизм проявляется в выбросе гигантских объемов магмы в виде лавы, пепла, «вулканических бомб» и газов.

К экзогенным процессам относятся геологические процессы:

1. Выветривание – изменение и разрушение горных пород на поверхности земли под влиянием резких колебаний температуры воздуха, замерзающей в пустотах и трещинах горных пород воды, от химического и биологического воздействия. При этом совершаются процессы физического, химического и биологического характера.

В результате процесса выветривания формируется совершенно особое минеральное образование: кора выветривания – верхняя (подпочвенная) часть литосферы в пределах континентов.

2. Технологическая деятельность ветра на континентах складывается из разрушения горных пород, переноса и отложения (аккумуляции) продуктов разрушения энергией ветра.

Разрушительная деятельность ветра складывается из дефляции – выдувания и развеивания тонких частиц породы, и корразии – механической обработки поверхностей обнажённых пород при помощи переносимых им твёрдых частиц.

3. Геологическая деятельность морей, равнинных и горных рек, озёр и болот.

4. Деятельность ледников.

5. Деятельность человека, как геологический фактор.

Виды выветривания. Процесс выветривания протекает при одновременном участии многих агентов, но роль их при этом далеко неодинакова. По интенсивности воздействия тех или иных агентов выветривания и характеру изменений горных пород принято выделять три вида выветривания: *физическое, химическое и биологическое (органическое).*

Физическое выветривание выражается преимущественно в механическом дроблении пород без существенного изменения их минерального состава. Породы дробятся в результате колебания температур, замерзания воды, механической силы ветра и ударов песчинок, переносимых ветром, кристаллизации солей в капиллярах, давления, которые возникает в процессе роста корней растений и т.д. Большую роль в этом разрушении играют температурные явления. В условиях земной поверхности, особенно в пустынях, суточные колебания температур довольно значительны. Так, летом в дневное время породы нагреваются до $+80^{\circ}\text{C}$, а ночью их температуры снижается до $+20^{\circ}\text{C}$. Кроме попеременного нагревания и охлаждения разрушительное действие оказывает также неравномерное нагревание пород, что связано с различными тепловыми свойствами, окраской и размером минералов, которые составляют горные породы. На контактах отдельных минералов образуются микротрещины и порода постепенно распадается на отдельные блоки и обломки различной формы (рис. 4).

Химическое выветривание выражается в разрушении пород путем растворения и изменения их состава. Наиболее активными химическими реагентами в этом процессе являются вода, кислород, углекислота и органические кислоты.

Простейшим видом химического выветривания является растворение в воде. Легко растворяются каменная соль, гипс. Разрушительное действие оказывает процесс гидратации. Примером может служить переход ангидрита в гипс. Этот процесс сопровождается резким увеличением объема (до 50 - 60%), что вызывает разрушительное давление гипса на окружающие породы. В присутствии воды происходит также окисление. Например, минерал пирит, который часто присутствует в различных породах, превращается в гидрат оксида железа с одновременным образованием серной кислоты, которая, в свою очередь, весьма разрушительно действует на минералы.

При химическом выветривании значительное воздействие на породы оказывает вода, содержащая в своем составе углекислоту. В резуль-

тате этого полевые шпаты превращаются в глинистые образования.



Рис. 4. Выветривание выхода мела на поверхность.

Интенсивность химического выветривания зависит от площади воздействия воды и растворов, их температуры, а также степени устойчивости минералов в отношении агентов выветривания; Наиболее устойчивыми являются минералы кварц, мусковит (слюда), корунд; менее устойчивы - кальцит, доломит и др. Интенсивности химического выветривания способствует дробление пород в результате механического выветривания.

Наибольшее значение химическое выветривание имеет в условиях тёплого и влажного климата.

Биологическое (органическое) выветривание проявляется в разрушении горных пород в процессе жизнедеятельности живых организмов и растений. Породы дробятся и в значительной мере подвергаются воздействию органических кислот. Механическое разрушение производят растения своей корневой системой. Корни деревьев способны расщеплять даже прочные скальные породы. Известны случаи, когда растение «верблюжья колючка» прорастало сквозь 20-сантиметровые железобетонные плиты. Корни травянистой растительности легко преодолевают слой асфальта на улицах города. Многие живые организмы, особенно из числа землероев, активно

разрушают горные породы. В коре выветривания ими создаются многочисленные ходы, пустоты, просверливаются даже твердые породы. На выветривание горных пород большое влияние оказывают многочисленные бактерии. В процессе своей жизнедеятельности они поглощают одни вещества и выделяют другие. Их воздействие особенно сильно сказывается в зоне почв. Отдельные виды бактерий извлекают углерод из карбонатов, разрушают силикаты, создают скопление железных руд и т.д. Растения и животные, особенно микроорганизмы (бактерии, микробы и др.) и низшие растения (водоросли, мхи, лишайники), выделяют различные кислоты и соки, которые, в свою очередь, весьма активно взаимодействуют с минералами горных пород, разрушают их, формируют минеральные новообразования.

Отложения выветривания остаются на месте. Их образования называются элювиальными, обозначаются индексом «е».

Все процессы, связанные с геологической работой ветра, носят название эоловых. Перенос частиц ветром совершается во взвешенном состоянии или путем перекачивания в зависимости от скорости ветра и размера частиц.

При уменьшении скорости ветра и других благоприятных условиях происходит отложение переносимого материала. Так образуются ветровые (эоловые) отложения песков (пустыни) и лёссов.

Для строительства имеет большое значение закрепленность песков. По этому признаку песчаные накопления делят на подвижные (дюны и барханы) и закрепленные (грядовые, бугристые) пески.

Лёссовые отложения характеризуются пылеватыми глинистыми частицами, сложенными в слои с высокой пористостью. В связи с этим при замачивании такие грунты деформируются по вертикали даже от собственного веса, тем более под нагрузкой от зданий и сооружений. Эти грунты называют просадочными. Строительство ведется с предварительным уплотнением этих грунтов различными методами.

Ветровые отложения - эоловые, обозначаются индексом «L».

Водные потоки от дождей и таяния снега смывают элювиальные отложения, переносят их по уклонам к склонам, в частности, к склонам долин рек и откладывают их у подножий этих склонов. Как правило, такие отложения по возрасту молодые, неуплотненные, высокопористые, чаще всего представленные суглинками. Такие суглинки называют лёссовидными из-за их пористости и способности при замачивании резко деформироваться по вертикали.

Отложения называют делювиальными и обозначают индексом «d».

Сносимый водными потоками грунт, попадая в реки, переносится энергией движущейся воды. При этом частицы грунта переносятся во

взвешенном состоянии, в растворенном, волочением по дну. Процесс выпадения из воды переносимых ею частиц называется седиментацией, а накопление их - аккумуляцией. Образованные при этом отложения называются аллювием - речные отложения (обозначаются индексом "а"). Пойменный аллювий отлагается во время паводков на заливаемых пойменных террасах. Так как на поймах скорость течения воды меньше, чем в руслах, обычно в пойменных водах содержатся более мелкие частицы породы, чем в русловых (рис. 5).



Рис. 5. Аллювиальные отложения в разрезе поймы.

Пойменный аллювий характеризуется тонкой, почти горизонтальной слоистостью, неоднородностью гранулометрического состава и малой мощностью слоев с характерным линзообразным выклиниванием. В накоплении пойменного аллювия могут быть перерывы и на поймах образуются гумусосодержащие почвы. Русловый аллювий откладывается в руслах рек после спада паводковых вод. Наиболее крупные частицы пород, увлеченные в русло реки во время паводка, после спада вод осаждаются. Для руслового аллювия так же как и для пойменного, характерны горизонтальная или наклонная слоистость, малая мощность слоев и хорошая отсортированность материала. В строении аккумулярующих и цокольных террас участвует аллювий террас. В его состав входят

русловые и пойменные отложения.

В пределах стариц, развитых в поймах старых рек, накапливается старичный аллювий, состоящий из мягких органических илов, смешанных с пойменными песчанно-суглистыми осадками. В заболоченных старицах накапливаются отложения торфа. Старичный аллювий залегают в виде линз среди пойменного аллювия.

Большое площадное распространение имеет дельтовый аллювий. Мощность его значительна, у некоторых рек до сотен метров. В строении дельтового аллювия принимают участие осадки обломочные, химические и органические. Дельтовый аллювий откладывается в устьях рек при их впадении в моря и озера. Впадая в водный бассейн, не имеющий течения, вода реки теряет скорость, и весь принесенный обломочный материал оседает на дно. Он отлагается на прибрежном откосе дна слегка наклонными слоями, постепенно утончающимися в сторону бассейна. В отложениях дельтового аллювия встречаются все песчаные и глинистые фракции.

Приведенные характеристики пойменного, руслового и дельтового аллювия и условия его образования характерны для равнинных рек. Образование отложений горных рек связано с разрушением скальных грунтов в процессе движения воды и формированием конусов выноса на горизонтальных участках – пролювиальные отложения «р».

Большинство рек доносит породный разрушенный материал до моря или океана, где происходит грандиозное накопление осадочных пород на шельфе океана и на дне. Помимо этого море и океан в прибрежной зоне осуществляют разрушительную работу энергией волн, переносят разрушенный материал, сегрегируют его по крупности и затем откладывают на различных глубинах. Индекс отложений - «т» (морские).

В геологических процессах внешней геодинамики существенную роль играют также ледники.

Геологические данные говорят о том, что в древние времена оледенение земли было периодическим и значительным.

В настоящее время льды занимают 10% поверхности суши, 98,5% ледниковой поверхности приходится на полярные области и лишь 1,5% -на высокие горы. Различают три типа ледников: горные, плоскогорий и материковые.

Горные ледники образуются высоко в горах и располагаются либо на вершинах, либо в ущельях, впадинах, различных углублениях. Такие ледники есть на Кавказе, Урале и т.д.

Лед образуется за счет перекристаллизации снега. Он обладает способностью к пластическому течению, образуя потоки в форме языков. Движение ледников по склонам ограничивается высотой, где солнечного

тепла оказывается достаточно для полного таяния льда.

Ледники плоскогорий образуются в горах с плоскими вершинами. Лед залегают неразделенной сплошной массой. От него по ущельям спускаются ледники в виде языков. Такого типа ледник, в частности, располагается сейчас на Скандинавском полуострове.

Материковые ледники распространены в Гренландии, Шпицбергене, Антарктиде и др. местах, где сейчас завершается современная эпоха оледенения. Льды залегают сплошным покровом, мощностью в тысячи метров.

Геологическая деятельность льда велика и обусловлена главным образом его движением, несмотря на то, что скорость течения льда примерно в 10000 раз медленнее, чем воды в реках при тех же условиях.

При своем движении лед истирает и вспахивает поверхность земли, создавая котловины, рытвины, борозды. Эта разрушительная работа совершается под действием тяжести льда.

Двигаясь по ущельям или другой какой-либо наклонной плоскости, ледники захватывают породы путем вмораживания их в лед. Наличие трещин благоприятствует проникновению обломков внутрь и в нижнюю часть ледников. Таким образом, обломочный материал передвигается вместе с ледником. При таянии льда весь обломочный материал отлагается и образуется значительные по мощности ледниковые отложения. Обломочный материал, который находится в движении или уже отложился, называется «морены». Ледниковые отложения иногда образуют друмлины-холмы эллипсоидальной формы в несколько десятков метров высоты, состоящие из отложений донной морены. В их состав входят, главным образом, моренные глины с валунами. Отложения называют гляциальными и обозначают индексом «g».

При таянии ледника образуется постоянные потоки талых вод, которые размывают донную и конечную морены. Вода подхватывает материал размываемых морен, выносит за пределы ледника и откладывает в определенной последовательности. Такие водно-ледниковые отложения получили название флювиогляциальных - индекс «fg».

Флювиогляциальные отложения отличаются сравнительной отсортированностью и слоистостью. Они обычно представлены толщами песка, гравия, галечника, а также глинами и покровными суглинками, мощность которых достигает многих метров. Флювиогляциальные отложения создают характерные формы рельефа:

1) озы - накопление обломочного материала (песка, гравия) в виде высоких узких валов, длина которых колеблется от сотни метров до десятков километров, высота 5-10 метров;

2) камы - беспорядочно разбросанные холмы, состоящие из слоистых отсортированных песков, супесей с примесью гравия и прослоев глины;

3) зандровые поля - широкие пологоволнистые равнины, расположенные за краем конечных морен, в состав которых входят слоистые пески, гравий и галька.

На месте растаявшего ледника остаются углубления, которые становятся ложем озер и болот. Геологическая деятельность озер заключается в накоплении отложений из твердых частиц, чаще мелких фракций, принесенных ручьями, и отложений совместно с органикой. Такие отложения называют озерными и обозначают индексом «/».

Мерзлотные геологические процессы заключаются в сезонном замораживании верхних слоев грунтов в зимний период и оттаивании - в летний. Это вызывает пучение и осадку грунта. В строительстве учитывают нормативную глубину промерзания, которая вычисляется как средняя величина за последние 10 лет. В связи с этим закладка фундаментов осуществляется ниже глубины промерзания.

В условиях, где средняя годовая температура отрицательна, в грунтах сформирована вечная мерзлота. В районах вечной мерзлоты деформация зданий и сооружений связана с оттаиванием грунтов, так как нарушается физическое его состояние, связанное с вскрытием котлованами. Поэтому на вечномерзлых грунтах строительство ведут по трем принципам:

- без учета мерзлого состояния (при скальном основании);
- при сохранении мерзлого состояния, за счет теплоизоляции;
- с оттаиванием мерзлых грунтов и последующим их укреплением или заменой на другие, например, щебеночные.

Тема 4. Основы гидрогеологии

Виды воды в горных породах. Происхождение и классификация подземных вод. Воды грунтовые, межпластовые, карстовые. Движение подземных вод. Режим подземных вод. Дренаж. Понятие о депрессионной воронке и радиусе влияния. Закон Дарси. Коэффициент фильтрации и методы его определения. Расчет притока подземных вод в строительные котлованы.

Гидрогеология - наука о подземных водах. Необходимо подчеркнуть, что подземные воды находятся в круговороте вод, который происходит

в природе. Но они отличаются от поверхностных тем, что наряду со «свободной» (гравитационной) водой в грунтах бывает и «связная» вода. Необходимо знать классификацию подземных вод по происхождению и условиям залегания в слоях грунтов. Что касается динамики подземных вод, необходимо, прежде всего, усвоить закон Дарси для ламинарного движения подземных вод. На основании этого закона разработаны методы расчета водопритока в строительные котлованы.

Подземные воды тесно связаны с водой атмосферы и наземной (с океанами, морями, озерами, реками). В природных условиях происходит непрерывное взаимодействие этих вод, так называемый гидрологический круговорот. Воды встречаются в осадочных горных породах. Таким образом, распределение выпадающих атмосферных осадков может быть представлено следующей схемой: испарение, выпадение осадков, поверхностный сток, инфильтрация или просачивание, подземный сток. Соотношение между указанными составляющими изменяется в зависимости от конкретных природных условий: рельефа, температуры воздуха, растительности, водопроницаемости горных пород и др. В пределах большого круговорота на материках выделяются внутренний, или внутриконтинентальный круговорот, повторяющийся неоднократно, существенно увеличивая количество атмосферных осадков, выпадающих на сушу и пополняющих подземные воды (рис. 6).

Грунтовыми называют постоянные во времени и значительные по площади распространения горизонты подземных вод, замыкающиеся на первом от поверхности водоупоре. Они характеризуются рядом признаков:

1) грунтовые воды имеют свободную поверхность, т.е. сверху они не перекрыты водоупорными слоями. Свободная поверхность грунтовых вод называется зеркалом. Его положение в какой-то мере отвечает рельефу данной местности. Глубина залегания уровня от поверхности различна - от 1м до 50м и более, положение по ряду причин непостоянно. Водоупор, на котором лежит водоносный слой, называют ложем, а расстояние от водоупора до уровня подземных вод - мощностью водоносного слоя;

2) питание грунтовых вод происходит главным образом за счет атмосферных осадков, а также поступления воды из поверхностных водоемов и рек;

3) грунтовые воды находятся в непрерывном движении и, как правило, образуют потоки, которые направлены в сторону общего

уклона водоупора. В отдельных случаях их залегание имеет форму грунтовых бассейнов, т.е. вода находится в неподвижном состоянии. Грунтовые потоки нередко выходят на поверхность, образуя родники или создавая локальную по площади заболоченность;

4) количество и глубина залегания грунтовых вод зависят от геологических условий местности и климатических факторов. По степени минерализации воды преимущественно пресные, реже - солоноватые и соленые.

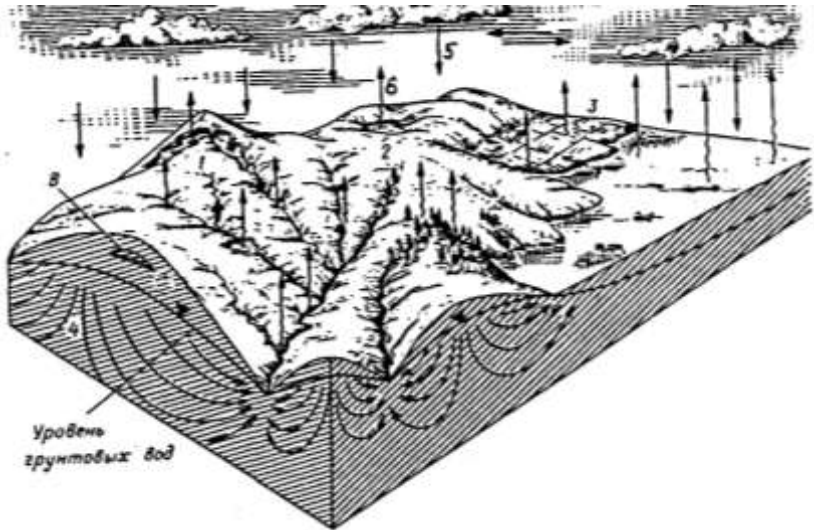


Рис. 6. Круговорот воды в природе (по А.Д. Говарду):

1 – ледники; 2 – озера; 3 – орошение; 4 – грунтовые воды; 5 – атмосферные осадки; 6 – испарение; B – верховодка

В практике строительства чаще всего приходится встречаться именно с грунтовыми водами. Они создают большие трудности при производстве строительных работ (заливают котлованы, траншеи и т.д.) и мешают нормально эксплуатировать здания и сооружения.

Подземные воды по происхождению разделяют на 5 групп и по условию залегания на 4 группы.

По происхождению подземные воды подразделяются на:

1) инфильтрационные воды: образуются в результате просачивания (инфильтрации) атмосферных осадков или вод рек, озёр по порам и трещинам горных пород;

2) конденсационные воды: образуются конденсацией атмосферной

влаги в порах и трещинах пород в условиях резких суточных колебаний температуры пустынь;

3) седиментационные (реликтовые) воды: образуются за счёт захоронения вод древних бассейнов с накопившимися в них осадками;

4) магматогенные (ювенильные) воды: поступают из глубинных недр земной коры, их происхождение связано с конденсацией воды из расплавленной магмы при её остывании;

5) подземные воды смешанного происхождения: перечисленные типы вод могут образовываться в одних и тех же участках земной коры, но на разных уровнях, естественно, что на сложных путях миграции, они обычно смешиваются и дают начало подземным водам смешанного происхождения.

По условиям залегания выделяют следующие типы вод:

1) почвенные воды - вода, расположенная у поверхности и заполняющая пустоты в почве. Она находится в гигроскопической плёночной и капиллярной формах;

2) воды верховодки - вода, залегающая на небольшой глубине, на водоупоре, в зоне аэрации - зоне свободного проникновения воздуха (образуют небольшие линзы). Здесь вода находится уже в гравитационной форме;

3) грунтовые воды. Осадки проникают вглубь земной коры, пока вода не достигнет кровли первого водоупорного пласта. Грунтовые воды характеризуются наличием свободной водной поверхности уровня, наличием одного подстилающего водоупора и отсутствием напора;

4) межпластовые (пластовые) воды. Они заключены между двумя водоупорами, ограничены ими сверху и снизу. Они характеризуются обширной площадью распространения и могут быть напорными.

По степени минерализации: пресные, солоноватые, солёные, рассолы.

Напорные (артезианские) воды связаны с залеганием водоносных слоев в виде синклиналей или моноклиналей. Они встречаются не только в слоях, залегающих между двумя водоупорами, но и в массивах скальных трещиноватых пород (трещинные воды), а также в карстовых пустотах (карстовые воды) и в вечной мерзлоте. Артезианские воды обычно залегают на большой глубине и приурочены к синклинальным геологическим структурам. При синклинальном залегании пластов создаются наиболее благоприятные условия для образования гидростатического напора. Напорные воды встречаются и при односклоновом залегании водоносных пластов, если последние резко изменяют свою водопроницаемость.

Они могут быть приурочены также и к зонам тектонических нарушений и разломов.

При использовании артезианских вод для водоснабжения наиболее перспективным считается верхний напорный горизонт, где обычно залегают слабоминерализованные (пресные) воды. Химический состав и минерализация артезианских вод изменяется с глубиной.

Движение воды в грунтах называется фильтрацией. Оно возможно только в том случае, когда имеется разность столбов воды (напора) на определенном участке. При одинаковых абсолютных уровнях воды в скважинах фильтрации воды не наблюдается.

Передвижение воды в грунтах зависит, в основном, от водных свойств грунта и полного заполнения пор водой. Почти во все формулы, используемые в гидрогеологии, входит коэффициент фильтрации. Характер фильтрации зависит от скорости движения грунтового потока, площади поперечного сечения потока воды, расхода воды или количества воды, фильтрующейся в единицу времени, длины пути фильтрации.

Движение грунтового потока в водоносных слоях (галечнике, песке, супеси, суглинке) имеет параллельно-струйчатый ламинарный характер. Такой же характер наблюдается в трещиноватых породах, но при скорости движения не более 300-400 метров в сутки.

При наличии крупных пустот и трещин движение воды в породах может носить турбулентный характер, но это наблюдается редко.

Изучая фильтрацию воды в песках, французский ученый Дарси установил, что расход воды, протекающей через сечение прямо пропорционален коэффициенту фильтрации, площади сечения потока и гидравлическому (напорному) градиенту:

$$Q = K_{\phi} F i,$$

если разделить обе составляющие на F - площадь сечения, то

выражение $\frac{Q}{F}$ можно представить, как V - скорость. Приняв напорный градиент $i = 1$, видим, что K_{ϕ} - это скорость фильтрации воды. Обычно он измеряется в м/сут.

Ненапорные подземные воды, в условиях полного насыщения передвигаются при наличии разности гидравлических напоров от мест с более высоким напором к местам с низким. Скорость движения воды зависит от разности напора (чем больше разность, тем больше скорость) и длины пути фильтрации. Отношение разности напора ΔH к длине пути фильтрации L называется гидравлическим градиентом (гидравлическим уклоном):

$$i = \frac{\Delta H}{L}.$$

В песчаных грунтах вода находится в свободном виде. При этом выделяют гравитационную и капиллярную. Движение начинается сразу же при наличии гидравлического градиента.

Глина является водоупорной породой и коэффициент фильтрации у нее $K_f < 0,001$ м/сут, потому что вода в глинистых грунтах находится в прочно связанном состоянии. Так как что каждая твердая частица отрицательна, а молекула воды – диполь, т.е. имеет «+» и «-». В результате формируется:

- прочно связанная вода;
- рыхло связанная вода.

Поэтому фильтрация воды в глинистых грунтах, где мало свободной воды, а вода только связанная, происходит только при наличии внешнего давления (гидравлического градиента). Причем в глинистых грунтах она происходит за счет движения молекул воды от одной глинистой частицы к другой. Согласно исследованиям, фильтрация воды в вязких (тугопластичных) глинистых грунтах начинается только лишь при достижении некоторого начального значения градиента напора, преодолевающего внутреннее сопротивление движению, оказываемое водно-коллоидными пленками.

Коэффициент фильтрации для песка приближенно можно определить по формуле профессора Маслова:

$$K_f = 1000d_{10}^2 \text{ м/сут,}$$

где d_{10} - диаметр частиц песка, меньше которого в совокупности исследуемой массы содержится 10%.

Более точно определяется в лаборатории на приборе по зависимости:

$$K_f = \frac{864Q}{FTir}, \text{ м/сут,}$$

где Q - количество воды, протекающей через грунт, см^3 ; F - сечение фильтрующей трубки (потока), см^2 ; T - время протекания объема воды Q , с; i - гидравлический градиент; r - температурная поправка $r = 0,7 + 0,03t$ (t - температура воды, град).

В полевых условиях K_f определяют методом налива воды в скважину, если нет в ней воды, или методом откачки, если в скважине есть уровень.

При откачке воды из скважины понижается статический уровень до динамического. В результате вокруг скважины формируется

депрессивная воронка, по параметрам которой для совершенной скважины (пробуренной до водоупора), рассчитывают способность скважины обеспечить производительность по воде Q по зависимости:

$$Q = \frac{\pi K_{\phi} (H^2 - h^2)}{\ln \frac{R}{r}}, \text{ м}^3/\text{ч},$$

где H - высота статического уровня, м; h - высота динамического уровня, м; R - радиус депрессивной воронки, м; r - радиус скважины, м.

$$R = 1,95(H - h)\sqrt{HK_{\phi}}, \text{ м}.$$

Приведенные расчеты можно использовать для откачки водопритоков в строительные котлованы, а также для водопонижения уровня грунтовых вод при сооружении строительных конструкций ниже этого уровня (подземные переходы, колодцы очистных сооружений, проходка траншей и т.п.) (рис. 7).

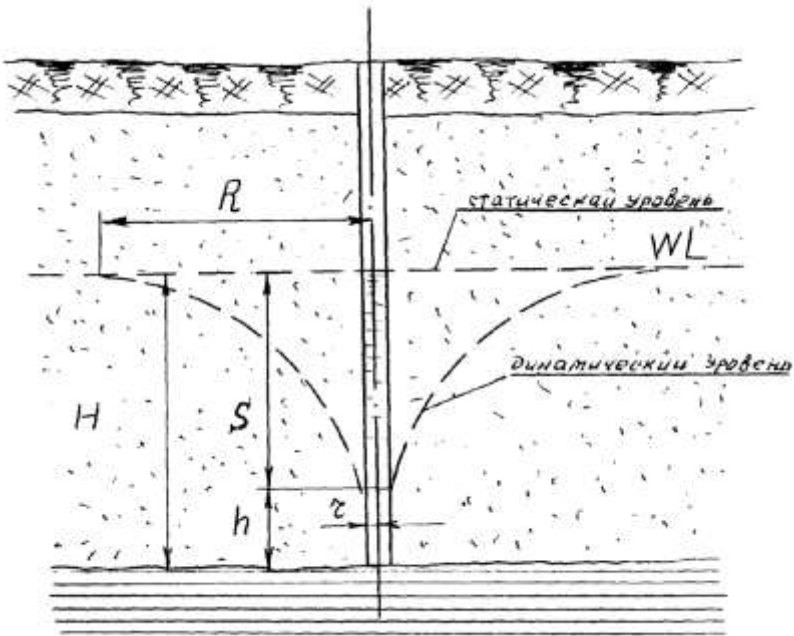


Рис. 7. Схема формирования депрессивной воронки.

Тема 5. Грунтоведение

Понятие о грунтах и их функциях. Грунты как многофазная система. Основные физические свойства грунтов и методы их определения. Производные характеристики грунтов. Строительная классификация грунтов. Механические характеристики (деформативные и прочностные) и методы их определения. Структурно-неустойчивые грунты и их характеристики. Особенности строительства на таких грунтах.

Грунты - горные породы в верхней части литосферы, используемые в инженерной деятельности человека. Грунтоведение - наука о физико-механических свойствах грунтов. Грунты необходимо рассматривать как многофазную систему, состоящую из твердых частиц, газов, воды, органических веществ, льда. Основные физические свойства: естественная плотность ρ , естественная влажность W , влажность на верхней и нижней границах пластичности W_L и W_P и гранулометрический состав определяются только опытным путем. Студенту необходимо знать физический смысл и методы определения каждого параметра. На основании основных параметров рассчитываются производные: плотность скелета грунта ρ_d , коэффициент пористости e , число пластичности I_p , показатель текучести I_L , степень влажности S_r . Классификация грунтов (определение типа, вида, разновидности) производится по производным характеристикам.

Необходимо обратить внимание на отличие механических свойств скальных грунтов от дисперсных. Например, прочностные характеристики скальных грунтов – это пределы прочности на сжатие, растяжение и изгиб; а дисперсных - угол внутреннего трения и удельное сцепление. Также нужно выяснить связь между физическими и механическими характеристиками грунтов.

Структурно-неустойчивые грунты - это грунты, которые при внешнем воздействии (например, при увлажнении) изменяют свою структуру (характер связи твердых частиц между собой). Необходимо определить перечень таких грунтов и выявить особенности деформирования каждого из них.

Основные физические характеристики дисперсных грунтов.

Грунт можно представить в виде трехфазной системы:

- твердая фаза, имеющая массу m_1 и объем V_1 ;

- жидкая фаза с m_2 и V_2 ;

- газообразная фаза с m_3 и V_3 .

Отсюда можно определить физические характеристики грунта:

ρ – естественная плотность

$$\rho = \frac{m_1 + m_2 + m_3}{V_1 + V_2 + V_3} \text{ или } \rho = \frac{m}{V}, \text{ г/см}^3 \text{ (т/м}^3\text{)};$$

ρ_s - плотность твёрдых частиц

$$\rho_s = \frac{m_1}{V_1}, \text{ г/см}^3 \text{ (т/м}^3\text{)};$$

W – влажность природная – отношение массы воды к массе твёрдых частиц

$$W = \frac{m_2}{m_1};$$

γ_{II} - удельный вес

$$\gamma_{II} = \rho g, \text{ кН/м}^3,$$

где g – линейное ускорение силы тяжести (9,81 м/с²);

ρ_d – плотность сухого грунта (скелета)

$$\rho_d = \frac{m_1}{V_1 + V_2 + V_3} \text{ или } \rho_d = \frac{\rho}{1 + W}, \text{ г/см}^3 \text{ (т/м}^3\text{)};$$

n – пористость, отношение объёма пор к общему объёму грунта

$$n = \frac{V_2 + V_3}{V_1 + V_2 + V_3};$$

e – коэффициент пористости, отношение объёма пор к объёму твёрдых частиц

$$e = \frac{V_2 + V_3}{V_1}; \quad e = \frac{n}{1 - n}; \quad e = \frac{\rho_s - \rho_d}{\rho_d};$$

γ_{SB} – удельный вес грунта с учётом взвешивающего действия воды

$$\gamma_{SB} = \left(\frac{\rho_s - \rho_w}{1 + e} \right) g, \text{ кН/м}^3,$$

где ρ_w - плотность воды ($\rho_w = 1 \text{ т/м}^3$);

S_r - коэффициент водонасыщения, представляет степень заполнения пор водой.

$$S_r = \frac{V_2}{V_2 + V_3}$$

$$S_r = \frac{W \rho_s}{e \rho_w} \text{ (изменяется от 0 до 1);}$$

W_p - влажность на границе раскатывания, характеризует верхний предел пластичности (граница перехода из твёрдого состояния в пластичное).

W_L - влажность на границе текучести, характеризует нижний предел пластичности (граница перехода из пластичного состояния в текучее).

I_p - число пластичности,

$$I_p = W_L - W_p.$$

По числу пластичности определяют наименование разновидности глинистого грунта:

$I_p = 0,01 - 0,07$ – супесь;

$I_p = 0,07 - 0,17$ – суглинок;

$I_p > 0,17$ - глина (по ГОСТ 25100-95 значения I_p увеличены на 100).

I_L - показатель текучести, определяет консистенцию грунта.

$$I_L = \frac{W - W_p}{I_p} \text{ – изменяется от } <0 \text{ до } >1.$$

При этом: $I_L < 0$ – грунт твердый;

$I_L = 0 - 0,25$ – полутвердый;

$I_L = 0,25 - 0,5$ – тугопластичный;

$I_L = 0,5 - 0,75$ – мягкопластичный;

$I_L = 0,75 - 1,0$ – текучепластичный;

$I_L > 1$ – текучий.

Основные физические характеристики грунтов определяют в лабораторных или полевых условиях экспериментально на базе проб грунта, отобранных пробоотборниками непосредственно из того или иного напластования.

Естественную плотность ρ определяют для дисперсных грунтов (глинистые и песок) методом режущего кольца - вырезается образец из пробы стандартным цилиндрическим кольцом, определяется масса и вычисляется объем кольца по внутреннему диаметру и высоте.

Для грунта негеометрической формы применяют метод парафинирования - образец взвешивают, парафинируют, затем определяют его объем по объему вытесненной воды.

Влажность грунта определяют отбором пробы грунта в бюкс (металлический стакан с крышкой), который взвешивают без грунта, взвешивают с грунтом, затем сушат в сушильном шкафу при температуре 105°C в течение 4 -5 часов до постоянного веса пробы. Далее, бюкс с сухим грунтом взвешивают. Разница между первым и вторым взвешиванием дает величину массы воды, а разница между массой бюкса и бюкса с сухим грунтом, дает массу сухого грунта (массу

твердых частиц).

Песчаные грунты характеризуют по крупности при определении гранулометрического состава.

Гранулометрический состав - это весовое содержание в нем зерен различной крупности, выраженное в процентах по отношению к массе сухой пробы, взятой для анализа. Определение выполняют следующим образом:

- 1) взвешивают на весах 100 г песка;
- 2) собирают сита с диаметром отверстий 2 мм, 0,5 мм, 0,25 мм и 0,1 мм в колонку. Высыпают навеску грунта на верхнее сито и закрывают его;
- 3) пробу грунта просеивают ручным способом;
- 4) фракции, оставшиеся на ситах, взвешивают с точностью до 0,1 г. (табл. 2). Расчет процентного содержания фракций X производится по формуле:

$$X = \frac{a}{a_0} 100\% , \text{ где } a - \text{масса фракции, г; } a_0 - \text{полная навеска, г.}$$

Таблица 2

Журнал гранулометрического анализа

Масса грунта до опыта		Весовое и процентное содержание фракций (пример)										Масса после рассава	
		Св. 2,00		2,00-0,50		0,50-0,25		0,25-0,10		менее 0,1			
г	%	г	%	г	%	г	%	г	%	г	%	г	%
100	100	10,5	10,5	10,85	10,85	4,15	4,15	59,4	59,4	14,9	14,9	99,8	99,8

Таблица 3

Обработка результатов анализа

Отдельные фракции		Совокупность фракций	
Диаметр фракций, мм	Выход, %	Диаметр фракций, мм	Содержание, %
Менее 0,10	14,9	0,10	14,9
0,10-0,25	59,4	0,25	74,3
0,25-0,50	4,15	0,50	78,45
0,50-2,00	10,85	2,00	89,3
Более 2,00	10,5	Более 2,00	99,8

По данным табл. 3 строят график (рис. 8). По оси абсцисс откладывают размеры фракций, а по оси ординат - суммарное содержание фракций. По таблице, учитывая диаметр фракций и выход их в процентах можно, используя таблицу ГОСТ 25100-95, определить градацию песка по крупности. В данном случае песок мелкий, т.к.

выход фракций свыше 0,1 мм составляет 84,9%, т.е. более 75%.

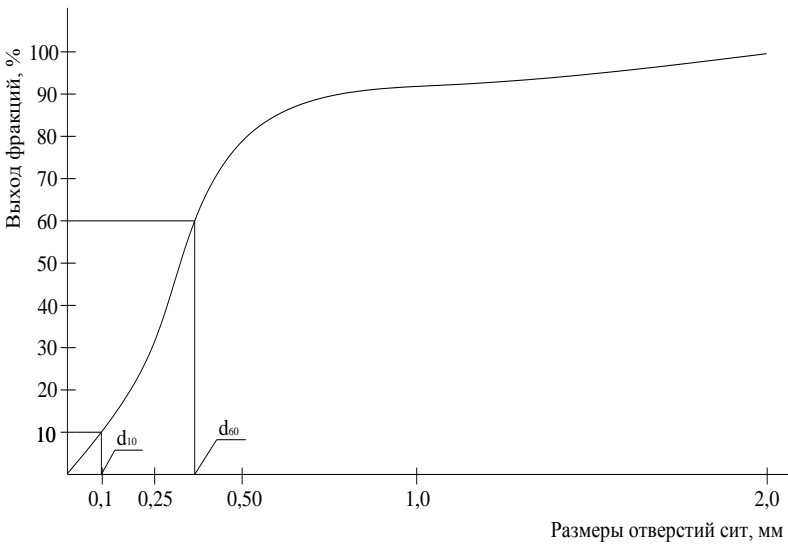


Рис. 8. График неоднородности

Для определения неоднородности песка находят на графике:

$$d_{60} = 0,38 \text{ мм}$$

$$d_{10} = 0,10 \text{ мм}$$

$$C_U = \frac{d_{60}}{d_{10}} = 3,8 - \text{коэффициент неоднородности.}$$

При $C_U > 3$ песок неоднородный, $C_U \leq 3$ – песок однородный.

Вывод: песок неоднородный, мелкий.

Вывод произведён по ГОСТ 25100-95.

Механические свойства грунтов. Деформируемость - способность грунтов изменять свою форму и объем под нагрузкой за счет изменения объема пор, т.е. при снижении пористости и коэффициента пористости.

У скального грунта под нагрузкой изменяются межатомные расстояния в кристаллической решетке. Поэтому при снятии нагрузки форма восстанавливается. Деформация определяется модулем упругости:

$$E_{\text{упр}} = \frac{\sigma}{\varepsilon},$$

где σ - напряжение от нагрузки, кПа; ε - относительная деформация, отношение Δh - изменение высоты образца к первоначальной его высоте h , т.е.

$$\varepsilon = \frac{\Delta h}{h}.$$

У дисперсных грунтов деформативные характеристики определяют уплотнением образца грунта в приборе - одометре, куда закладывается образец грунта, вырезанный кольцом, с природными характеристиками (рис. 9).

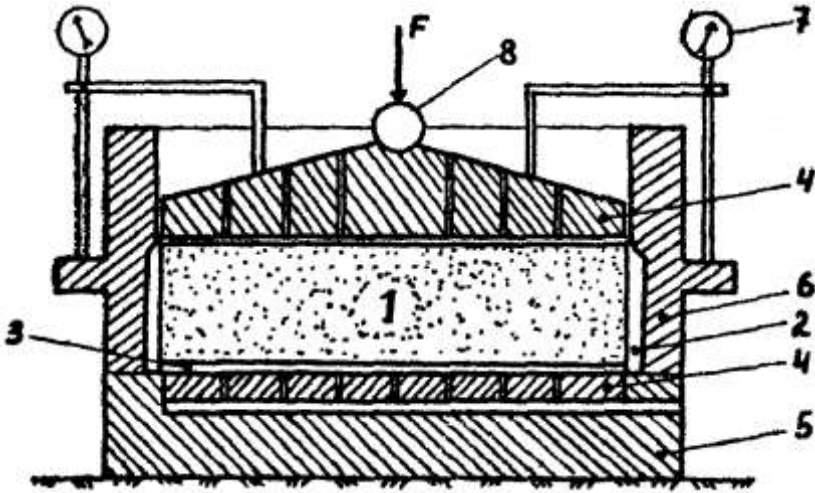


Рис. 9. Схема одометра:

1 - образец грунта; 2 - кольцо; 3 - фильтровальная бумага; 4 - штамп с отверстиями; 5 - поддон; 6 - жесткая обойма; 7 - индикаторы часового типа; 8 - центрирующий шарик.

На его поверхность через штамп прикладывается нагрузка ступенями: P_1, P_2, P_3 . Отношение нагрузки P к площади штампа A дает напряжение σ , т.е. $\frac{P_1}{A} = \sigma_1$; $\frac{P_2}{A} = \sigma_2$; $\frac{P_3}{A} = \sigma_3$, кПа.

При этом индикатором часового типа с точностью до 0,01 мм измеряется стабилизированная осадка при каждом нагружении: $\Delta h_1,$

$\Delta h_2, \Delta h_3$.

Вычисляется относительная деформация грунта:

$$\frac{\Delta h_1}{h} = \varepsilon_1; \quad \frac{\Delta h_2}{h} = \varepsilon_2; \quad \frac{\Delta h_3}{h} = \varepsilon_3.$$

Через полученные относительные деформации вычисляют изменения коэффициента пористости:

$$\Delta e_1 = \varepsilon_1(1 + e_0); \quad \Delta e_2; \quad \Delta e_3.$$

Соответственно определяют, коэффициент пористости при каждой нагрузке:

$$e_1 = e_0 - \Delta e_1; \quad e_2; \quad e_3.$$

Зная напряжения и измененные коэффициенты пористости, вычисляют деформативную характеристику – коэффициент уплотнения (сжимаемости), например, в пределах нагрузок σ_2 и σ_3 .

$$m_0 = \frac{e_2 - e_3}{\sigma_3 - \sigma_2}, \text{ кПа}^{-1}.$$

Определяют относительный коэффициент уплотнения:

$$m_v = \frac{m_0}{1 + e_0}, \text{ кПа}^{-1}.$$

И модуль деформации:

$$E_0 = \frac{\beta}{m_v}, \text{ кПа(МПа)}$$

Модуль деформации E_0 – коэффициент пропорциональности между нагрузкой и деформацией.

β – коэффициент, учитывающий невозможность бокового расширения грунта в одометре, который зависит от разновидности грунта:

Для песка и супеси $\beta = 0,74$;

Для суглинка $\beta = 0,62$;

Для глины $\beta = 0,40$.

E_0 - модуль деформации. Определяет величину осадки здания или сооружения, которая нормирована СНиП.

Сжимаемость грунтов характеризует их способность деформироваться под влиянием внешней нагрузки, например, давления от возведенных сооружений, не подвергаясь разрушению. Деформационные свойства грунтов характеризуются модулем общей деформации, коэффициентом Пуассона, коэффициентами сжимаемости и консолидации, модулями сдвига и объемного сжатия. Деформационные свойства дисперсных грунтов определяются их сжимаемостью под нагрузкой, обусловленной смещением

минеральных частиц. При нагрузке на грунт возникают деформации, протекающие во времени.

К числу факторов, определяющих способность грунтов деформироваться, относится и морфология их частиц, формирующих в некоторой степени размер и форму порового пространства, их фильтрационную способность. Угловатые частицы с шероховатой поверхностью по сравнению с окатанными полированными обладают не только повышенной способностью адсорбировать на себе водные пленки, но и пленки вторичных образований различного кинетического состава, тем самым способствуя развитию структурных связей различного характера.

Установлено также, что на формирование и размер водных пленок и развитие структурных связей влияет и состав обменных катионов грунтов. Естественно, это в определенной степени сказывается и на деформационных свойствах грунтов.

Прочностные характеристики грунтов. Для скальных грунтов прочностной характеристикой является прочность на одноосное сжатие образца:

$$R_c = \frac{P}{A}, \text{ кПа},$$

где P – разрушающая нагрузка, кН; A – площадь образца, м^2 .

Для дисперсных грунтов прочностные характеристики определяют по сопротивлению грунтов сдвигу на сдвиговом приборе (рис. 10).

В прибор укладывается цилиндрический образец грунта, вырезанный кольцом из пробы. Верхняя часть прибора подвижна по отношению к нижней и обеспечивает горизонтальный сдвиг части грунта, преодолевая сопротивление сил сцепления между частицами грунта.

Испытания грунта ведут при трех осевых нагрузках на образец:

$$\frac{P_1}{A} = \sigma_1; \quad \frac{P_2}{A} = \sigma_2; \quad \frac{P_3}{A} = \sigma_3.$$

Одновременно прикладывают срезающую нагрузку τ , составляющую $0,1\sigma$: τ_1 , τ_2 , τ_3 , ступенями до величины среза образца или до горизонтальной деформации $>5\text{мм}$.

По данным испытаний строят график зависимости τ от σ (рис. 11).

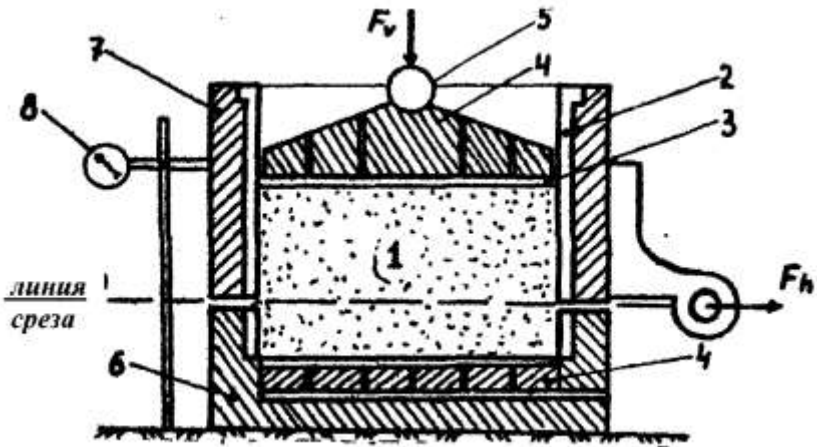


Рис. 10. Схема срезной коробки:

1 – образец грунта; 2 – кольцо; 3 – фильтровальная бумага; 4 – штамп с отверстиями; 5 – центрирующий шарик; 6 – нижняя неподвижная обойма; 7 – верхняя подвижная обойма; 8 – индикатор часового типа

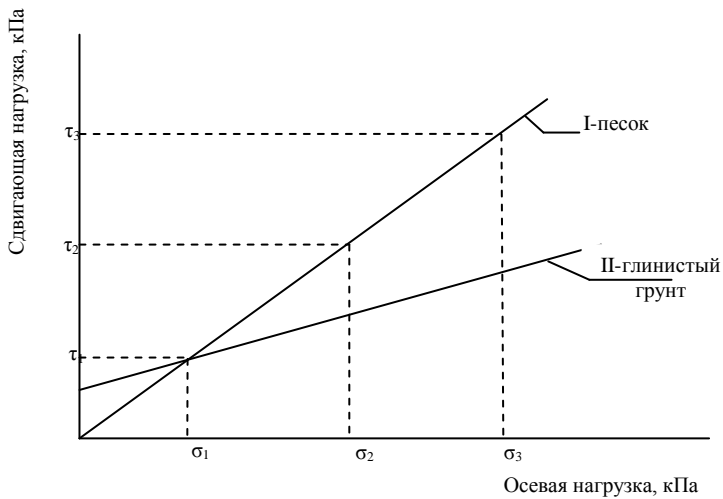


Рис. 11. Диаграмма сдвига

Зависимость сдвигающей нагрузки τ от осевой σ носит название закона Кулона и выражается уравнением прямой:

$$\tau = \sigma \operatorname{tg} \phi + C, \text{ кПа},$$

где ϕ - угол внутреннего трения, град. C - удельное сцепление, кПа. Для сухого песка, где сцепление между частицами ничтожно мало

$$\tau = \sigma \operatorname{tg} \phi, \text{ кПа}.$$

Для песчаного грунта – прямая I;

Для глинистого грунта – прямая II.

Угол внутреннего трения и удельное сцепление являются прочностными характеристиками грунта и являются определяющими при расчете сопротивления грунта нагрузкам.

Угол внутреннего трения ϕ отличается от угла естественного откоса « a », который формируется при искусственной или естественной укладке песка насыпным методом. У сухого песка $a = \phi$.

Прочность грунтов относят к числу наиболее важных физико-механических свойств грунтов. Прочностные характеристики грунтов являются определяющими при решении инженерно-геологических задач, возникающих при оценке оснований, проектировании в строительстве и эксплуатации фундаментов сооружений. Сопротивление грунтов сдвигу является их важнейшим прочностным свойством. Под действием некоторой внешней нагрузки в определенных зонах грунта связи между частицами разрушаются, и происходит смещение (сдвиг) одних частиц относительно других - грунт приобретает способность неограниченно деформироваться под данной нагрузкой. Разрушение грунта происходит в виде перемещения одной части грунтового массива или слоистой толщи относительно другой.

Полевые методы определения механических характеристик грунтов. Так как лабораторные испытания на керновом материале не обеспечивают полноты достоверности данных, то для ответственных сооружений используют специальные методы и оборудование.

Одним из таких методов является зондирование (пенетрация), которое объединяет ряд способов. Суть зондирования заключается во внедрении в грунт механического устройства и измерения при этом сопротивлений, а по ним определяют механические характеристики – E_0 , ϕ и c . При этом используют статический, динамический, вращательный способы и испытания штампами и прессиометрами.

А. Статический метод зондирования

Метод широко используется в практике, особенно, на участках, где предполагают использование свайных фундаментов.

Устройство для статического зондирования включает мощный домкрат, которым вдавливают с постоянной скоростью ($1 \pm 0,3$ м/мин) штангу со стандартным наконечником в виде конуса: угол при вершине конуса 60° , площадь основания конуса зонда должна составлять 10 см^2 .

При статическом зондировании основными показателями свойств грунтов являются:

- 1) общее сопротивление зондированию, $R_{\text{общ}}$, кгс;
- 2) сопротивление погружению конуса, $R_{\text{кон}}$, кгс/см²;
- 3) удельное сопротивление погружению конуса $R_{\text{уд. кон}}$, кгс/см²;
- 4) сопротивление трению по боковой поверхности зонда, $R_{\text{тр}}$, кгс/см².

Общее сопротивление грунтов – это то сопротивление, которое они оказывают проникновению зонда. Оно равно тому усилию, которое передается зонду домкратом. Оно определяется, как

$$R_{\text{общ}} = pF_u,$$

где p – показания манометра, отражающее давление в цилиндре гидравлического домкрата, кгс/см²; F_u – площадь поршня гидравлического домкрата, см².

Часть усилий, расходуемых на вдавливание зонда, расходуется на преодоление сил трения между зондом и грунтом. Если исключить эти сопротивления, получим сопротивление грунтов, оказываемое непосредственно проникновению конуса. Оно определяется, как

$$R_{\text{кон}} = R_{\text{общ}} - R_{\text{тр}}.$$

Измерение общего сопротивления производится по манометру домкрата, сопротивление проникновению конуса – по показанию динамометра и индикаторов часового типа.

Удельное сопротивление погружению конуса равно

$$R_{\text{уд}} = \frac{R_{\text{кон}}}{F_k},$$

где F_k – площадь поперечного сечения конуса, см².

Сопротивление грунтов трению по боковой поверхности зонда равно

$$R_{\text{тр}} = R_{\text{общ}} - R_{\text{кон}}.$$

По тем сопротивлениям, которые оказывают грунты проникновению в них зонда, судят об их плотности, прочности и

другим свойствам.

Б. Динамический способ зондирования

При динамическом зондировании в грунт забивают штангу диаметром 42 мм с конусом на конце, угол, при вершине которого 60° , а диаметр основания 74 мм. Зонд забивают станком, где предусмотрен падающий молот. В зависимости от плотности грунта применяют молоты весом 30, 60 и 120 кг, высота падения соответствует весу молота – 40, 80 и 100 см.

При испытаниях измеряют глубину погружения зонда от от одного залого (серия ударов), который подбирается из расчета, чтобы зонд погружался на глубину 10-15 см.

При динамическом зондировании грунты характеризуют величиной условного динамического сопротивления:

$$p_d = \frac{AK\Phi n}{h},$$

где А – удельная энергия зондирования, определяемая в зависимости от типа применяемой установки, кгс/см; К – коэффициент учета потерь энергии при ударе молота и на другие деформации штанг, определяемый в зависимости от типа установки и глубины зондирования; Φ – коэффициент для учета потерь энергии на трение штанг о грунт; n – количество ударов в залеге; h – глубина погружения зонда за залог, см.

По результатам динамического зондирования можно определить плотность сложения песчаных грунтов, например: $p_d < 35$ кгс/см² – рыхлый; $p_d = 35 - 125$ кгс/см² – песок средней плотности; $p_d > 125$ кгс/см² – плотный (для крупных и средней крупности песков).

Можно также получить оценочное значение модуля деформации для суглинков и глин:

$$E_0 = 6p_d, \text{ кгс/см}^2,$$

Или расчетное условное сопротивление грунта нагрузкам R_0 для глинистых грунтов:

Таблица 4

p_d , МПа	1,0	3,0	5,0	7,0
R_0 , МПа	0,10	0,25	0,40	0,55

Для песков можно определить угол внутреннего трения ϕ и модуль деформации E_0 :

Таблица 5

р _д , МПа	Пески крупные и средней крупности		Пески мелкие		Пески пылеватые	
	ϕ , град	E_0 , МПа	ϕ , град	E_0 , МПа	ϕ , град	E_0 , МПа
2	30	20-16	28	13	26	8
3,5	33	26-21	30	19	28	13
7	36	39-34	33	29	30	22

В. Вращательный способ зондирования

Вращательный способ зондирования основан на принципе среза грунта в скважине крыльчаткой.

Здесь мы имеем дело с конструкцией, связанной с буровым станком, где к штангам через вращатель подсоединяются стандартные крестообразные крыльчатки трех типов в зависимости от высоты и диаметра:

- малая – $h = 120$ мм, $d = 60$ мм;
- средняя – $h = 150$ мм, $d = 75$ мм;
- большая – $h = 200$ мм, $d = 100$ мм;

Испытания вращательным срезом относят к типу испытаний на сдвиг или срез, т.е. к изучению сопротивления сдвигу пород или грунта естественного сложения (а иногда и техногенного происхождения – т.е. нарушенного сложения).

При этом определяются показатели структурной прочности массива грунта.

По данным испытаний строят графики изменения по глубине сопротивления сдвигу: τ_{\max} – грунты естественного сложения; $\tau_{\text{уст}}$ – нарушенного.

Определяются показания следующим образом:

Штанги крыльчатки связаны с указателем поворота штанг, где есть лимб с делениями от 0. Устанавливают скорость вращения 0,2-0,3 град/сек.

Крыльчатка передает усилие вращения через штанги на манометр. Показания манометра снимают через каждые 5^0 до угла поворота 90^0 . Затем увеличивают скорость вращения до 2-3 град/сек и фиксируют показания манометра через 10^0 до угла поворота 360^0 с записью в журнале.

При этом после остановки вращения учитывают и величину закручивания самих штанг.

Далее пересчитывают показания манометра в значение крутящего момента M :

$$M = (P - P_0)K_T,$$

где P и P_0 – показания манометра в делениях шкалы при испытании и на холостом ходу; K_T – тарифовый коэффициент.

Строят график зависимости M от угла поворота α (Рис. 12):

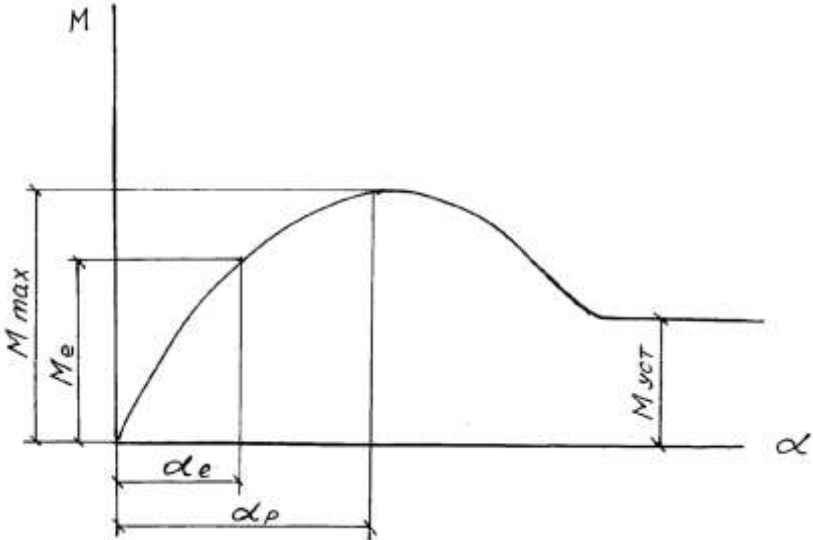


Рис. 12. График зависимости M от угла поворота α :

$M_{уст}$ – установившееся вращение; M_e и α_e – величины на пределах пропорциональных деформаций грунта; α_p – угол поворота, при котором имеем срез грунта

Расчет сопротивления грунта срезу. Максимальное сопротивление грунта срезу τ_{max} и установившееся сопротивление грунта срезу $\tau_{уст}$ в МПа ($\text{кгс}/\text{см}^2$) вычисляют по формулам:

$$\tau_{max} = \frac{M_{max} - M_0}{B};$$

$$\tau_{уст} = \frac{M_{уст} - M_0}{B},$$

где M_{max} – максимальный крутящий момент, кН-см; $M_{уст}$ – установившийся крутящий момент, кН-см; M_0 – крутящий момент за счет трения штанг, кН-см; B – постоянная крыльчатки, принимаемая в зависимости от типа используемого устройства, см^3 .

Удельное сцепление грунта:

$$c = \tau_{\max} - \tau_{\text{уст}}$$

Для глинистых грунтов при $I_L > 1$ $c = \tau_{\max}$ при $\varphi=0$.

Для прочих грунтов есть формула

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\tau_{\text{уст}}}{P_{\text{стр}} \tau_{\max} + c},$$

где $P_{\text{стр}}$ – показатель структурной прочности грунта при срезе:

$$P_{\text{стр}} = \frac{\tau_{\max}}{\tau_{\text{уст}}}.$$

Модуль общей деформации E_0 равен:

$$E_0 = \frac{K_e M_e}{\alpha_e} (1 - \mu^2),$$

где K_e – коэффициент, зависящий от параметров крыльчатки; α_e – угол поворота, град; μ – коэффициент Пуассона грунта.

Г. Испытания пород штамповыми испытаниями

Применяются для определения деформационных свойств грунтов (E_0 – модуль деформации, МПа). Используемая конструкция подобна компрессионному прибору: штамп, система нагружения, устройства для фиксации величины нагрузки (манометр, динамометр), приборы для измерения осадки штампа (индикаторы). В зависимости от вида горных пород используют различные штампы. Например, при испытаниях песчаных и глинистых пород плотного сложения – штампы площадью 2500 см^2 ($d = 56,2 \text{ см}$); при испытаниях сильно сжимаемых и неоднородных горных пород – площадью 10000 см^2 ($d = 112,6 \text{ см}$); при испытаниях в скважинах – 600 см^2 ($d = 27,7 \text{ см}$) во всех случаях.

Одновременно с подготовкой оборудования к испытанию производят проходку шурфа, котлована, реже скважины. На тщательно выровненную площадку дна выработки устанавливают штамп и производят монтаж требуемого оборудования. Нагрузки прикладывают ступенями, причем каждая последующая прикладывается после стабилизации осадки штампа от предыдущей.

По результатам испытаний строят графики $S=f(P)$ и $S=f(t)$. Модуль деформации горных пород вычисляют по формуле:

$$E_0 = (1 - \mu^2) W d \frac{\Delta P}{\Delta S},$$

где μ – коэффициент Пуассона; W – безразмерный коэффициент, зависящий от формы и размера штампа, принимаемый равным 0,8; d – диаметр штампа, см; ΔP – приращение нагрузки, МПа; ΔS –

приращение осадки штампа, соответствующее интервалу приращения ΔR , см.

Д. Определение механических характеристик с помощью прессиометров

Прессиометр состоит из пригрузочных резиновых камер – 1, заполняемых водой, когда он помещен в скважину – 2, через трубы – 3 под давлением, определяемым по манометру – 4, связанным с прибором для измерения объема воды – 5, поступающей в испытательную рабочую камеру – 6 (рис. 13).

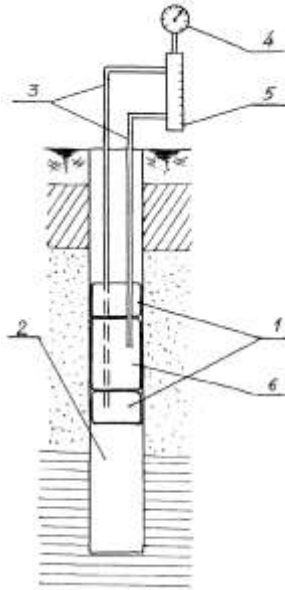


Рис. 13. Схема прессиометра.

Деформацию грунтового массива измеряют по изменению объема жидкости в рабочей камере в начале и конце опыта (иногда используют сжатый воздух).

Испытания заключаются в приложении к стенкам скважины ступенями возрастающих нагрузок и измерении деформации грунта (диаметра скважины).

Модуль деформации определяют, используя формулу Ляме:

$$\delta_r = \frac{\Delta R}{R} = \frac{1 + \mu}{E} \sigma_r,$$

где δ_r – относительная деформация расширения скважины; R – радиус скважины; ΔR – величина деформации скважины; μ – коэффициент Пуассона; σ_r – давление в прессиометре.

$$E = \frac{1 + \mu}{\delta_r} \sigma_r.$$

Кроме того используют прессиометры поступательного сдвига – обжатый цилиндр перемещается вдоль оси скважины, при этом фиксируются срезающие усилия τ .

По результатам испытаний строится график зависимости сопротивления срезу τ от нормального давления σ .

Сопротивление срезу определяется по формуле:

$$\tau = \frac{0,95Q_{\max}}{F},$$

где Q_{\max} – максимальное сопротивление срезу, кН; F – площадь поверхности среза, см².

Лопастные прессиометры позволяют получить несколько данных E , s , φ . Но они более сложны в устройстве и обслуживании, но применяются и дают хорошие результаты даже на глубинах 60-70 м.

Строительная классификация грунтов. Существует строительная классификация грунтов (ГОСТ 25100-95), где грунты подразделяют:

- на классы - по структурным связям общего характера;
- на группы - по характеру структурных связей с учетом их прочности;
- на подгруппы - по происхождению и условиям образования;
- на типы - по вещественному составу;
- на виды - по наименованию;
- на разновидности - по количественным показателям вещественного состава, свойств и структуры (табл. 8, 9, 10, 11 прил. 2).

Грунты, которые при внешнем воздействии меняют свою структуру, сопровождающуюся изменением объема или частичного разрушения, называются структурно-неустойчивыми. При этом выделяют следующие виды: объемные деформации сжатия и деформации сдвига, что вызывает целый ряд перемещений составляющих грунта:

- взаимные смещения структурных агрегатов и отдельных грунтовых частиц с разрушением связей;
- обжатие и разрушение структурных агрегатов, связанное с уплотнением, когда сами частицы не деформируются;
- выжимание свободной воды и воздуха из пор грунта, сопровождающее

более плотную укладку структурных агрегатов и частиц с уменьшением пористости;

-сжатие и выжимание рыхлосвязанных пленок воды а точках соприкасания глинистых и пылеватых частиц;

-сжатие, выдавливание и частичное растворение пузырьков воздуха, защемленных в порах грунта с разрушением защемления.

Некоторые из вышеупомянутых деформаций для структурно-неустойчивых грунтов являются необратимыми. К таким грунтам относят просадочные (типа лёссов и лёссовидных), набухающие, насыпные, заторфованные и т.п. (рис. 14).



Рис. 14. Лёссовидный суглинок.

Структура, текстура грунта. Основными видами структурных связей в грунтах являются: водно-коллоидные (коагуляционные и конденсационные) вязкопластичные, мягкие, обратимые и кристаллизационные - хрупкие (жесткие), необратимые; последние могут быть водостойкими и неводостойкими (размягчаемыми и растворимыми). Водноколлоидные связи обуславливаются электромолекулярными частицами, включая коллоидные частицы. Чем тоньше пленки воды (меньше влажность), тем эти силы больше, и

наоборот. Обратимость водно-коллоидных связей заключается в том, что при увлажнении они ослабляются, а при повторном подсушивании опять возрастают.

Кристаллизационные связи, образовавшиеся в результате отложения поликристаллических соединений в точках контактов минеральных частиц грунта, обладают достаточно высокой прочностью. Их прочность зависит от состава минералов цементирующего вещества. Выделяют: раздельно-зернистую, зернисто-пленочную, агрегативную и слитную структуры.

Текстурой грунтов называется их сложение, т.е. пространственное размещение и взаимное расположение частиц грунтов и их агрегатов, зависящее от условий накопления осадков. Различают слоистую, слитную и сыпучую текстуру:

- слоистая - наиболее распространенный вид сложения грунтов, характерный для морских, озерных и других отложений (рис. 15);
- слитная - присуща морским отложениям, имеющим однородное сложение в различных точках массива.
- сыпучая текстура присуща пескам.



Рис. 15. Слоистая текстура.

Выделяют также сложную текстуру. Это порфировая, ячеистая, макропористая и др. текстура, которая характерна для вечномерзлых грунтов, имеющих вертикальные и горизонтальные полости, заполненные льдом. Выделяют некоторые специфические свойства грунтов:

- 1) тиксотропность;
- 2) липкость;
- 3) набухаемость;
- 4) размокаемость.

1. Тиксотропность - способность грунта изменять свои свойства при внешних динамических воздействиях.

У песков: при насыщении водой твердые частицы переходят во взвешенное состояние, при котором меняется удельный вес

$$\gamma_{SB} = \left(\frac{\rho_s - \rho_w}{1 + e} \right) g, \text{ кН/м}^3$$

При динамическом нагружении эта структура разрушается, грунт оседает. При осушении - структура сохраняется, а динамика приводит также к проседанию поверхности - вызывается зыбучесть.

У глинистых грунтов связь между частицами водноколлоидная. Динамические воздействия приводят к их разрушению с отдачей воды. Например: при забивке свай забитую сваю нагружать сразу нельзя. Связи восстанавливаются, но не сразу. Поэтому выдерживают определенное время - "отдых свай".

2. Липкость - способность прилипать к поверхностям. Определяется - усилием отрыва от специальных пластинок,

3. Набухаемость - способность грунта увеличиваться в объеме при увлажнении водой. При этом относительная деформация набухания должна быть $\varepsilon_{sw} \geq 0,04$.

4. Размокаемость - способность грунта разделяться на отдельные части при увлажнении.

Определяется в приборах по скорости разделения во времени.

Специфические свойства необходимо учитывать в определенных видах строительства: дамбы, котлованы, плотины грунтовые и т.п.

Тема 6. Инженерно-геологические процессы

Гравитационные процессы на склонах: обвалы, осыпи, основы борьбы с ними. Оползни: типы, причины, меры борьбы. Карстовые процессы: причины и характер развития, опасность для инженерных сооружений. Плывуны и борьба с ними. Суффозия и условия ее

возникновения. Мерзлотные процессы: глубина промерзания и глубина оттаивания. Особенности строительства на вечной мерзлоте.

Любой геологический процесс оказывает влияние на строительство и эксплуатацию инженерных сооружений и должен приниматься строителями в расчет. Особое внимание необходимо уделить оползневым процессам, так как более 60% оползней, происходящих на городских территориях, вызваны инженерной деятельностью человека.

Инженерно-геологические процессы относят к геологическим процессам внешней геодинамики. Сюда включают гравитационные процессы и явления и гидродинамические.

Гравитационные процессы. Обвалы - разрушение горных пород выветриванием с потерей сцепления на крутых склонах и падение в связи с подработкой, землетрясением, взрывами и т.п.

Осыпь - накопление щебенистого кристаллического материала у подножия или на склоне за счет скатывания разрушенного материала (диаметр 2-10 см) с заполнением эрозионных канав на склонах. Длина достигает 300 - 400м. Укладывается под углом естественного откоса (рис. 16).



Рис. 16. Осыпь грунтов под углом естественного откоса уступов карьера

Осова - практически то же самое, что осыпь, только материал представлен мелкоизмельченным глинистым грунтом в твердом состоянии. При замачивании грунт ползет под малым углом.

Оплывины - сползание со склонов разжиженных глинисто-земляных масс после водонасыщения (снеготаяния). Образуются при замачивании лёссов и лёссоподобных грунтов.

Плывуны - образуются за счет водонасыщения песков, особенно с коллоидными частицами (измельченными до микронов и образующих текучую массу).

Сель - это грязекаменный поток на горных склонах.

Оползень - это отрыв и сдвигание больших масс грунта за счет сил гравитации (рис. 17).



Рис. 17. Оползень при насыщении рыхлого грунта водой.

Исходя из вышесказанного, обвалы, осыпи и оползни под влиянием гравитации начинают смещаться вниз по склонам рельефа, поэтому они объединяются в единую категорию процессов.

Оползень - наиболее часто встречающийся геологический процесс,

весьма разрушительный для зданий и сооружений. Возникает при увеличении удельного веса грунтов на склонах за счет водонасыщения от продолжительных дождей, или при механическом нагружении склона. При этом возрастают сдвигающие усилия, а силы сцепления уменьшаются.

Борьба с оползнями во многих случаях оказывается чрезвычайно сложной, дорогостоящей и зачастую неэффективной. Для успешного применения противооползневых мероприятий необходимо высококачественное выполнение инженерно-геологических изысканий для оценки фактической степени устойчивости склона. Противооползневые мероприятия подразделяют на 2 вида:

Активные - способные воздействовать на основную причину оползня путем полного пресечения или некоторого ослабления ее действия, в частности, снятие перенапряжений грунтовой толщи за счет разгрузки любого вида.

Пассивные - направленные на повышение значимости факторов сопротивления, влияющих положительно образом на степень устойчивости, например, пригрузка, закрепление любыми способами.

Мероприятия по обеспечению охранной обстановки касаются в основном ограничений деятельности человека в районе склона:

- по земному поясу (запрещение рубки леса, корчевание и разработки участков под огороды, уничтожение кустарников, травянистого покрова);

- по строительству (установление границы предельной застройки, типа и веса сооружения, замедление темпов строительства);

- по земляным работам (запрещение любых разработок грунта в пассивной зоне - у подножья склона, загрузки склона в активной зоне - у бровки, увеличение крутизны откоса, вскрытие неустойчивых грунтов);

- в области водного хозяйства (запрещение спуска поверхностных вод и поливов, содержание в порядке водоотводящих и осушительных устройств, водопроводно-канализационной систем, разделки ям, трещин, установление уровней и темпов сработки вод, омывающих откос);

- по динамическим воздействиям (запрещение применения взрывных работ, забивки свай, работы транспортных средств).

Оползни негативно влияют на многие компоненты геологической среды. (нарушение почвенного покрова, поверхностного стока, образование заболоченных участков и др.)

Мероприятия по снижению влияния гравитационных процессов приведены в табл. 6.

Таблица 6

Мероприятия по снижению влияния гравитационных процессов при строительстве зданий и сооружений.

Тип защиты	Вид сооружений (мероприятий)	Наименование сооружений (мероприятий)	Основные условия и сферы применения сооружений (мероприятий)
1	2	3	4
Активный	Агролесо-мелиорация	Посадка деревьев, кустарника, травы	Закрепление склонов (откосов) крутизной не более 45° легковыветриваемыми грунтами
	Защитные покрытия	Пневмонабрызг	Защита склонов (откосов) от выветривания и разрушения при общей их устойчивости и относительно ровной поверхности, при высоте 5-20 м
		Одевающие (облицовочные) стены Покровные сетки	То же – при неровной поверхности и высоте склона (откоса) 5-10 м. Защита от обрушения и вывалов грунта в объеме до 0,01 м
	Укрепительные сооружения	Поддерживающие и подпорные стены	Укрепление нависающих скальных карнизов и удержание слоев грунта, подсеченных откосом выемки
		Контрфорсы, опояски	Подпирание отдельных неустойчивых участков грунта
		Заделка вывалов (пломбы)	Заделка углублений с целью предотвращения выветривания
		Анкеры, сваи или шпоны, тросовые обвязки	Закрепление неустойчивых участков склона (откоса) и крупных глыб к прочному скальному массиву
Активный	Укрепительные сооружения	Инъекция	Укрепление скальных откосов при наличии сквозной системы трещиноватости
	Профилактические мероприятия по предупреждению обвалов	Очистка склонов от неустойчивого грунта	Удалению подлежат отдельные неустойчивые обломки грунта в объеме до 1 м
		Обрушение неустойчивых массивов	Удалению подлежат неустойчивые крупные массивы
	Улавливающие сооружения	Улавливающие стены и сетки	Защита объектов от воздействий осыпей, вывалов, падения отдельных обломков и обвалов

Окончание табл. 6

1	2	3	4
Пассивный		Оградительные стены	У подошвы крутых, относительно невысоких склонов для улавливания мелких обломков (до 0,01 м) или осыпающегося грунта
		Улавливающие траншеи, полки	Защита объектов от вывалов отдельных обломков грунта до 1 м
		Улавливающие траншеи и валы	Защита от вывалов отдельных обломков объемом до нескольких тыс. м ³
		Надолбы	На затяжных склонах в комплексе с другими улавливающими сооружениями для погашения скорости обломков грунта объемом до 0,25 м ³
Пассивный	Защита кровельного типа	Галереи	Осуществляется для защиты от обломков в объеме до нескольких тыс. м ³ . Очаги обвала находятся на расстоянии, исключающем возможность прямого попадания на кровлю

Геологические процессы подземных вод. В процессе фильтрации подземные воды совершают разрушительную работу. Причиной таких явлений считается возникновение в подземных водах значительных сил гидродинамического давления и превышение величины некоторой критической скорости воды.

Процесс выноса частиц породы на поверхность вызывает оседание поверхности после образования подземных полостей и называется суффозией. Горные породы, подверженные суффозии, водонасыщены и возможность выноса отдельных частиц определяется их размерами, минералогическим составом, скоростью фильтрации движущейся воды и величиной гидродинамического давления. Так как процесс суффозии заключается в переносе мелких частиц породы через поры между крупными частицами, то большое значение имеет размер пор. Суффозия может происходить в глубине массива горных пород или вблизи поверхности (рис. 18).

Другое явление, связанное с выщелачиванием горных пород и образованием при этом пустот, сопровождающихся различными провалами земной поверхности, получило название карстовый процесс или карст.

Для карстового процесса главным является растворение пород и вынос из них веществ в растворенном виде. Возникновение и развитие карста обусловлено способностью пород к полному растворению, наличием проточной воды и степенью ее минерализации, геологическим строением участка, рельефом местности, трещиноватостью пород, характером растительности, климатом и т.д.

Из всех пород наиболее растворимыми водой являются соли, гипсы с ангидритами и известняки.

Одним из главных факторов карстообразования является действие воды, если она не обладает повышенной минерализацией. Наиболее, сильно растворяет породы слабоминерализованная вода, а так же водные растворы, содержащие свободную углекислоту. В этом случае растворяющее действие воды увеличивается во много раз. Растворению способствует повышенная температура и движение воды.



Рис. 18. Суффозионная пещера в откосе песка.

К поверхностным карстовым формам относят:

- карры, небольшие углубления в виде борозд до 1 -2м (рис. 19);
- поноры - вертикальные или наклонные отверстия, уходящие в глубину и поглощающие поверхностные воды;

-карстовые воронки, колодцы, шахты.

К подземным карстам относят каналы и пещеры. Большое разнообразие карстовых форм наблюдается в горных районах известкового плато Крыма, Кавказа, Карпат, Альп и др.

При оценке степени закарстованности массива важно знать историко-геологическое развитие района. Формирование крупных карстовых форм начинается с поступления воды в трещины массивных или слоистых пород, где движение воды размывает породы и вырабатывает свободные полости. После этого процессы растворения сменяются процессами эрозии.

В результате размыва и эрозии образуются провалы в форме шахт крупного сечения и пропастей.

Строительство в карстовых районах связано со значительными трудностями, так как карстовые породы являются ненадежным основанием. Размытие карстовых форм может вызвать недопустимые осадки или даже полное разрушение конструкций. В карстовых районах предусматривают строительство зданий малочувствительных к неравномерным осадкам.



Рис. 19. Поверхностное эрозионно-карстовое проявление на выходах мела (карры)

Вечная мерзлота и мерзлотные процессы. Зоны вечной мерзлоты занимают около 40 % площади нашей страны.

Вечная мерзлота - область, в которой почва постоянно находится в промерзлом состоянии. Глубина промерзания почвы достигает 1,5 км.

Зоны вечной мерзлоты в России сформировались во время последнего ледникового периода, 10-15 тыс. лет назад.

В России территорию вечномерзлых грунтов делят на три зоны:

1) сплошная - занимает крайний север Сибири, мощность толщи мерзлоты составляет сотни метров, t° грунта $-7-12^{\circ} \text{C}$;

2) зона с таликами - располагается южнее. Отдельные участки зоны представляют собой талые грунты; мощность мерзлых толщ - 20-60 м, t° грунта $-0,2-2^{\circ} \text{C}$;

3) зона островной мерзлоты занимает территорию юга Сибири; мерзлые грунты встречаются в виде отдельных участков; мощность толщи - 10-30 м, t° грунта от 0 до $-0,3^{\circ} \text{C}$.

В летнее время года почва прогревается на глубину до 1 м 20 см, но никогда полностью.

Влияние вечной мерзлоты. Для вечной мерзлоты характерно образование пучин - это вздутие на поверхности на высоту 20 см. Образуются также наледи. Бугры пучения образуются у подножия склонов и долинных рек.

Строительство и эксплуатация объектов на территории вечной мерзлоты представляет собой сложную работу и осуществляется по трем принципам:

- без учета мерзлого состояния мерзлых грунтов, например, при наличии скального основания;

- при сохранении мерзлого состояния грунтов на весь период эксплуатации объектов;

- с предварительным (до строительства) оттаиванием мерзлых грунтов и последующим их укреплением или заменой на другие грунты, например, глинистые грунты на щебеночные.

Выбор варианта или их комплексное применение зависит от геологии строительной площадки, состава и состояния мерзлых грунтов, технических возможностей строительной организации. Эксплуатация зданий и сооружений в районах вечной мерзлоты требует непрерывного контроля за состоянием грунтов оснований, постоянных профилактических и ремонтно-восстановительных работ.

Мерзлотные процессы также связаны с сезонными замораживаниями и оттаиваниями. Зимнее промерзание глинистых грунтов приводит

к их пучению, т.е. увеличению их объема. При этом развивается давление до 100-200 кПа, Если давление пучения превышает давление от собственного веса грунтов и веса зданий (сооружений), происходит подъем поверхности грунта вместе со зданиями и сооружениями. Наиболее подвержены зимнему пучению пылеватые суглинки и супеси. В грунтах вида галечник, гравий и крупный песок, морозное пучение не наступает. Влияние зимнего пучения на устойчивость зданий предотвращают закладкой фундамента на глубину, превышающую зимнее промерзание грунта, которое принимается в расчетах, как среднее значение за последние 10 лет.

Антропогенные геологические процессы. К антропогенным процессам относятся; формирование и проходка горных выработок, заборы подземных вод скважинами, прокладка линий метро и железных дорог, проведение взрывных работ. Такие процессы приводят к просадке почвы, вибрациям, обвалам и т.п.

Кроме того, антропогенные отложения образуются при открытых разработках в виде отвалов горных пород, в виде гидроотвалов при очистке речных русел для углубления реки, за счет накопления различного мусора в пределах городских территорий на специально отведенных площадках под свалки твердых отходов и строительного мусора, на полях фильтрации жидких отходов, за счет накоплений отходов золы на ТЭЦ и шлаков металлургических заводов.

В связи с этим, по способу накопления антропогенные отложения подразделяют на насыпные, намывные, уплотненные и химико-физически преобразованные.

Строительные свойства антропогенных отложений неоднозначны и зависят от способов образования, в результате которых произошло коренное изменение состава, структуры и текстуры природного минерального или органического сырья.

Тема 7. Инженерно-геологические изыскания для строительства

Задачи инженерно-геологических изысканий, их стадийность и объем. Категория сложности инженерно-геологических условий строительства. Содержание инженерно-геологических исследований на отдельных этапах (подготовительные, полевые, камеральные, лабораторные). Инженерно-геологическая рекогносцировка, съемка и разведка. Опытные полевые работы. Виды бурения. Отбор

монолитов, их транспортировка. Инженерно-геологические изыскания при реконструкции зданий.

Инженерно-геологическим изысканиям предшествуют инженерно-геодезические. Инженерно-геологические изыскания носят исследовательский характер. Их объем и содержание зависят от класса проектируемого сооружения, от стадии проектирования и от категории сложности участка строительства. На эти моменты необходимо обратить особое внимание. Изучая данную тему, студент должен разобраться, какая геологическая информация необходима для оценки участка строительства и эксплуатации зданий.

Инженерно-геологические изыскания предшествуют началу любого строительства. Они проводятся для составления проекта планировки участка и плана размещения первоочередного этапа строительства с целью оценки возможности использования участка (территории) для строительства. Проводятся исследования для проекта детальной планировки района, для формирования микрорайонов, кварталов, улиц и т.п.

Инженерно-геологические изыскания проводят также при реконструкции зданий и сооружений.

Основные этапы инженерно-геологических изысканий:

- 1) инженерно-геологическая рекогносцировка;
- 2) инженерно-геологическая съемка;
- 3) инженерно-геологическая разведка.

Рекогносцировка производится с целью визуальной оценки района строительства. При этом геоморфологические особенности, определение типов и видов грунтов, их происхождение, наличие грунтовых вод и т.п. производится визуально.

Инженерно геологическая съемка представляет собой комплексное изучение геологии, гидрологии, геоморфологии и других естественно-исторических условий района строительства. Эта работа дает возможность оценить территорию со строительной точки зрения. Масштаб инженерно-геологической съемки в виде карты определяется детальностью инженерно-геологических исследований и колеблется от 1:200000 до 1:10000 и крупнее. Основой для проведения съемок служит геологическая карта данной территории. При инженерно-геологической съемке изучают гидрогеологические условия для выяснения обводненности пород, глубины залегания подземных вод, их режим и химический состав. Выявляют геологические явления и процессы, которые могут вредно отражаться на устойчивости и нормальной экс-

плуатации зданий и сооружений, изучают опыт строительства на данной территории.

Задача инженерно-геологической съемки:

- 1) сбор, систематизация и анализ материалов изысканий прежних лет;
- 2) дешифрирование аэрофотоснимков;
- 3) составление предварительных инженерно- геологических карт на основе изученных материалов;
- 4) разбивка маршрутов и описание местности по маршрутам;
- 5) геодезические работы.

Инженерно-геологическая разведка дополняет и детализирует материалы рекогносцировки и съемки, включая:

- 1) буровые и горнопроходческие работы;
- 2) полевые опытные работы (статистическое и динамическое зондирование, вращательный срез, откачки, наливов, нагнетание и др.);
- 3) лабораторные исследования грунтов, отобранных в процессе бурения скважин;
- 4) стационарные наблюдения за гидрогеологическими скважинами;
- 5) обследование состояния зданий и сооружений, находящихся на территории съемки;
- 6) специальные виды исследования, предусмотренные программой;
- 7) камеральная обработка материалов и составление отчета с графическим и текстовым приложениями.

Для инженерно-геологических работ обязательен отбор монолитов грунта, т.е. образцов с сохранением их структуры. Особенно это важно при отборе образцов из слоев связных дисперсных пород (глины, суглинки), в которых кроме структуры необходимо сохранить природную влажность. В шурфах и обнажениях отбирают монолиты в форме, близкой к кубу, с размерами от 10х10х10 см до 30х30х30 см. Из буровых скважин с помощью грунтоносов отбирают цилиндрические монолиты высотой 20-30 см. Монолиты немедленно парафинируют для сохранения их естественной влажности, т.е. обматывают слоем марли, пропитанной парафиногудронной смесью, подогретой до 60-65°С. Монолиты предохраняют от сотрясения и промерзания, и хранят не более 1,5 месяцев.

Объемы инженерно геологической разведки зависят от категории сложности инженерно-геологических условий (табл. 7):

Таблица 7

I-простая	II - средняя	III - сложная
1)рельеф - спокойный; 2)в основании 2 слоя, структурно-устойчивые 3)агрессивные или напорные грунтовые воды отсутствуют; 4)WL - глубоко св. 12м	1)рельеф-холмистый; 2)в основании 2-3 слоя, причем один из них структурно-неустойчивый; 3)встречаются агрессивные и напорные воды	1)рельеф- гористый; 2)слои несогласные, с геологическими нарушениями (дислокации); 3)WL – близко от поверхности

Определение объемов инженерно-геологических изысканий

А. Расстояние между скважинами и их число

Для каждой категории сложности инженерно-геологических условий большие расстояния между выработками и меньшее их число принимают для сооружений, малочувствительных к неравномерным осадкам, а меньшее расстояние между выработками и большее их число - для сооружений, чувствительных к нормальным осадкам, или при реконструкции и надстройке существующих сооружений (табл. 8).

Таблица 8

Категории сложности инженерно-геологических выработок	Максимальное расстояние между выработками		Минимальное число выработок
	I - уровень ответственности	II-III	
I	75-50	100-75	2-3
II	40-30	50-40	2-4
III	25-20	30-25	2-5

Учитывают уровень ответственности зданий.

I - здания, связанные с массовым пребыванием людей; (школы, вокзалы, вуз, театры, и т.д.) с повышенной экологической опасностью; (атомные станции, гидроузлы, и т. д.)

III - одноэтажные промышленные и гражданские здания, подсобные помещения.

II - не вошедшие в I и III уровни ответственности.

Б. Глубины проходки скважин и отбора проб грунтов

Таблица 9

Тип фундамента	Нагрузка на фундамент, кН/м	Этажность	Глубина ниже подошвы фундамента, м
Ленточный	До 100	(1)	4-6
	200	(2-3)	6-8
	500	(4-6)	9-12
	700	(7-10)	12-15
	1000	(11-16)	15-20
	2000	(>16)	18-20
Отдельный	До 500		4-6
	1000		5-7
	2500		7-9
	5000		9-13
	10000		11-15
	15000		12-19
	50000		18-26

Расстояние между скважинами и их количество определяется в зависимости от факторов по табл. 10.

Таблица 10

1	Категория сложности инженерно-геологических условий		
	2	3	4
	I	II	III
Здание до 10 этажей. Нагрузка от несущих стен на фундамент не более 500 кН/м	$\frac{70}{2}$	$\frac{50}{2}$	$\frac{30}{3}$
До 16 этажей Не более 3000кН/м	$\frac{50}{2}$	$\frac{40}{3}$	$\frac{30}{4}$
Высотное жесткое здание и сооружение (16-28 этажей) Доменная печь, труба, здание с нагрузкой на колонну каркаса >20000кН/м	$\frac{40}{3}$	$\frac{30}{4}$	$\frac{20}{5}$
Примечание: числитель – расстояния между выработками; знаменатель – минимальное число выработок (скважин)			

Для свайных фундаментов глубины скважин должны назначаться не менее чем на 5 метров ниже проектируемой глубины погружения свай.

Для автодорог при предпроектных изысканиях принимают ширину полосы трассы разведки до 300 м. При этом расстояние между выработками (скважинами) по трассе - 250 м их глубина – 3 м (на 2-3 метра ниже нормальной глубины промерзания).

При возведении насыпей или выемок высотой или глубиной до 12 м скважины бурят по оси через 100-300м в местах перехода выемок в насыпи, а на поперечниках – до 25м. Глубина скважины при этом 3 – 5 м в слабосжимаемых, 10 -15м в сильносжимаемых грунтах.

Бурение разведочных скважин производится различными способами в зависимости от назначения.

Существует несколько способов бурения скважин:

1) бурение вибрационное – способ бурения с применением вибратора, вызывающего колебания бурового инструмента. Вибрационное бурение осуществляют до глубины 20-30 метров в рыхлых породах, без вращения инструмента, в твердых – с вращением;

2) колонковое бурение – бурение, осуществляемое вращением колонковой трубы с буровой коронкой на конце. При колонковом бурении гипсометрическая поверхность разрушается только по кольцу под буровой колонкой, а ее внутренняя часть, сохраняющаяся в трубе, периодически заклинивается, отрывается от забоя и поднимается на поверхность в виде керна. Частицы разрушенной породы удаляются из забоя промывочным раствором или сжатым воздухом (основной способ);

3) ударно-канатное бурение – способ бурения, при котором разрушение горных пород на забое осуществляется породоразрушающим инструментом (массой 0,5-3 тонны), удерживаемым на канате и падающим с частотой 40-60 ударов в минуту;

4) шнековое бурение – способ вращательного бурения, при котором выбуриваемая порода транспортируется от забоя к устью скважины с помощью шнека (винтового транспортера). На нижнем конце шнека устанавливается на конце буровой наконечник, вид которого зависит от свойств разбуриваемой породы. Шнековое бурение применяется при проходке песчано-глинистых пород до глубины 30 метров, при этом структура пород поступивших на поверхность, нарушается. Для взятия монолитов грунта ненарушенной структуры используются грунтоносы, вдавливаемые в забой после подъема шнека.

После окончания работ инженерно-геологической съемки и проходки буровых скважин и горнопроходческих выработок создается геологическая карта и разрез, которые являются важнейшей и обязательной геологической документацией при решении вопросов

строительства. Геологические разрезы представляют собой проекцию геологических структур на вертикальную плоскость и являются важным дополнением геологических карт. Они позволяют выявить геологическое строение местности по глубине.

На геологическом разрезе показывают возраст, состав, мощность, условия залегания пород, гидрогеологические условия. В тех случаях, когда разрез отражает физико-геологические явления и свойства пород, его называют инженерно-геологическим разрезом (рис. 20).

Разрезы строятся по геологическим колонкам или по данным разведочных выработок (шурфов, буровых скважин). Вертикальный масштаб разрезов обычно принимается в 10 и более раз крупнее горизонтального. Геологические разрезы имеют большое значение при общей инженерно-геологической оценке района строительства и отдельных участков, выборе слоев в качестве несущих оснований, изучения режима грунтовых вод т.д. Любая инженерно-геологическая работа должна заканчиваться построением геологического разреза. Исходные материалы для построения разреза – это план расположения скважин и значение каждой скважины (рис. 21).

На геологическом разрезе выделяют инженерно-геологические элементы. Это часть массива (слоя), однородная по возрасту, литологическому составу, показателям состояния и физико-механическим свойствам. Объем инженерно-геологического элемента зависит от того, какой показатель физико-механических свойств пород положен в основу его выделения в процессе инженерно-геологических исследований. Выделение инженерно-геологических элементов позволяет целенаправленно размещать здания на территории, выделенной под строительство и дает возможность решать вопрос выбора модели работы с основаниями фундаментов.

Результаты инженерно-геологических исследований в виде отчета поступают в строительную проектную организацию. Отчеты должны иметь для инженера-проектировщика материалы по семи основным позициям результатов инженерно-геологических изысканий:

- оценка пригодности площадки для строительства данного объекта;
- геологический материал, позволяющий решать все вопросы по основаниям и фундаментам;
- оценка грунтового основания на восприимчивость возможных динамических воздействий от объекта;
- наличие геологических процессов и их влияние на устойчивость будущего объекта;
- полную характеристику по подземным водам;

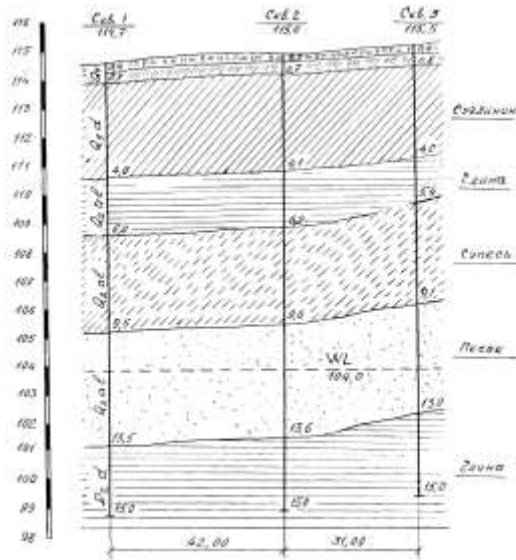


Рис. 20. Геологический разрез по скважинам.

Скв 1 114,70							Скв 2 115,00						
1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
Q_{10}	114,3	-0,4	-0,4		III	Нас. грунт	Q_{10}	114,7	-0,3	-0,3		III	Нас. грунт
$Q_{10}^{\text{с}}$	114,0	-0,7	-0,3		III	Кувал. слой	$Q_{10}^{\text{с}}$	114,3	-0,7	-0,4		III	Кувал. слой
Q_{1d}			3,3		III	Суглин. желто-бурая	Q_{1d}			3,4		III	Суглин. желто-бурая
$Q_{1\text{II}}$			2,0		III	Глина бурая			2,1		III	Глина бурая	
		6,0			III	Супесь желто-бурая		6,2			III	Супесь желто-бурая	
			3,5		III	Песок серо-бурых мелк. ср. пл.			3,4		III	Песок серо-бурых мелк. ср. пл.	
	105,2	9,5			III	Глина светло-бурая	105,4	9,6			III	Глина светло-бурая	
WL		10,7			III			11,0			III		
			4,0		III				4,0		III		
	104,0	13,5			III		104,0	13,6			III		
$Q_{20}^{\text{с}}$			1,5		III		$Q_{20}^{\text{с}}$			1,4		III	
$Q_{20}^{\text{д}}$	99,7	15,0			III		$Q_{20}^{\text{д}}$	100,0	15,0			III	

Рис. 21. Геологические колонки по скважинам:

1 – возраст и происхождение пород; 2 – абсолютная отметка подошвы слоя; 3 – глубины до подошвы каждого слоя; 4 – мощность слоя; 5 – скважина; 6 – условное обозначение грунта; 7 – описание грунта.

- все сведения по грунтам, как для выбора несущего основания, так и для производства земляных работ;
- по влиянию будущего объекта на природную среду.

Результаты инженерно-геологических исследований в виде отчета поступают в строительную проектную организацию. Отчеты должны иметь для инженера-проектировщика материалы по семи основным позициям результатов инженерно-геологических изысканий:

- оценка пригодности площадки для строительства данного объекта;
- геологический материал, позволяющий решать все вопросы по основаниям и фундаментам;
- оценка грунтового основания на восприимчивость возможных динамических воздействий от объекта;
- наличие геологических процессов и их влияние на устойчивость будущего объекта;
- полную характеристику по подземным водам;
- все сведения по грунтам, как для выбора несущего основания, так и для производства земляных работ;
- по влиянию будущего объекта на природную среду.

Проектирование крупных объектов осуществляется по стадиям:

- технико-экономическое обоснование (ТЭО);
- технический проект и рабочие чертежи;

Название стадий инженерно-геологических изысканий соответствует стадиям проектных работ, за исключением стадий ТЭО, где геологические работы получили название рекогносцировочных инженерно-геологических изысканий. Следует отметить, что в практике строительства последовательность стадий проектирования не всегда соблюдается. Проектирование крупных объектов может быть проведено в две стадии, проектирование жилого дома в одну стадию.

В соответствии с этими стадиями проводятся инженерно-геологические изыскания.

Тема 8. Строительные свойства грунтов

Строительные свойства скальных и полускальных грунтов; дисперсных грунтов различного происхождения; элювиальных, эоловых, делювиальных, аллювиальных, морских, ледниковых; органогенных и химического происхождения.

Разнообразие грунтов с различными физико-механическими характеристиками формируют их строительные свойства для различных зданий и сооружений, которые необходимо учитывать на базе инженерной геологии.

По внешнему виду горные породы визуалью легко разделять на породы скальные и рыхлые (песок, глинистые породы). Так как у них уже по внешним признакам разные свойства, то у них проявляется и различное поведение от давления зданий и сооружений. Ниже рассматриваются строительные свойства этих грунтов, т.е. горных пород, почв, техногенных образований, которые представляют собой многокомпонентную и многообразную геологическую систему, являющуюся объектом инженерно хозяйственной деятельности человека. Это – материал оснований зданий и сооружений; среда для размещения в них сооружений; материал самого сооружения.

А. Строительные свойства скальных и полускальных грунтов

Классификация грунтов (по ГОСТ 25100-95) характеризует скальный грунт, как грунт, состоящий из кристаллов одного или нескольких минералов, имеющих жесткие структурные связи кристаллизационного типа; полускальные – имеет жесткие структурные связи цементационного типа. Условная граница между ними принимается по прочности на одно одноосное сжатие ($R_c \geq 5$ МПа – скальные грунты, $R_c < 5$ МПа – полускальные).

При их оценке нельзя считать, что их надежность в качестве оснований сооружений безусловна. Например, гранит в качестве составной части содержит полевой шпат, на поверхности он способен быстро разрушаться и превращаться в каолинит, что приводит к общему разрушению грунта. Поэтому оценку производят не только по прочности образцов строительной площадки, но и по устойчивости всего массива. При этом учитывают также и систему трещин, их размеры, направленность и т.п., так как устойчивость массива может резко снижаться и делать невозможным его использовать в качестве основания ответственных сооружений. Хотя давление от сооружений в промышленном и гражданском строительстве не превышает 250-300 кПа, тогда как прочность образца скального грунта измеряется мегапаскалями.

Б. Строительные свойства дисперсных грунтов

Дисперсный грунт – грунт, состоящий из отдельных минеральных частиц (зерен) разного размера, слабо связанных друг с другом (с

механическими и водноколлоидными структурными связями). Грунт образуется в результате выветривания водным или эоловым путем и формирования отложений.

Элювиальные отложения – продукты выветривания, остаются на месте, но как видоизмененные первичные породы за счет физического, химического и биологического выветривания. У поверхности они имеют глинистый состав, по мере углубления появляется угловатые обломки гранита, количество которых и величина возрастает постепенно, переходя в материнскую породу.

В целом, скальные породы обладают гораздо большей прочностью, чем покрывающий их элювий, что предпочтительно при выборе оснований под ответственные сооружения. Но элювий скальных пород в ряде случаев на глубине заложения фундаментов может иметь вполне достаточную несущую способность. Кроме того, земляные работы будут дешевле, чем в скальных породах.

Эоловые отложения проявляются в виде песка и лёссов.

Ветер вызывает перемещение зерен и масс песка как во взвешенном состоянии, так и волочением по земной поверхности. Эти перемещения в пределах пустынь, долин рек и морского побережья истирают выходы скальных пород, бетонные столбы и сооружения, так же могут разрушать выдуванием песчаные насыпи до полного их разрушения.

Перемещение пустынных барханов и дюн по господствующему направлению ветра необходимо учитывать, так как на их пути пахотные земли, оазисы, отдельные здания, а иногда и целые населенные пункты, дороги и т.п. могут оказаться погребенными в толще песка. При освоении таких территорий под строительство недопустимо уничтожать растительность, дерновый покров или иные защитные мероприятия.

Лёссы также относят к эоловым отложениям. Они представляют собой тонкозернистую связную породу палево-желтой и желто-бурой окраски. В состав лёссов входит до 70-75% пыли (0,05 – 0,005 мм), немного глины 10-12%. Частицы лёсса – это кварц, полевой шпат и слюда. Есть включения карбонатов и сульфата кальция. Характерной особенностью лёссов является наличие крупных пор (макропоры). Пористость достигает 50-52% , а коэффициент пористости превышает единицу, достигая до 2.

При малой влажности лёссы довольно устойчивы, однако их увлажнение приводит к резкому оседанию поверхности под нагрузкой, (а иногда и без нагрузки), называемая просадкой. Строительство на лёссах требует качественной технологии прокладки трубопроводов,

связанных с водой, а также выполнение мероприятий исключающих замачивания лёссов под фундаментами.

В отдельных случаях, чтобы избежать просадки лёссов, их обрабатывают специальными растворами, например, раствором силиката натрия.

После обработки такие лёссы становятся непросадочными даже при воздействии воды.

Делювиальные отложения образуются при плоскостном смыве грунтовых частиц, переносе их водой по склону и укладке у основания. Они представляют собой суглинки и супеси. Делювиальные отложения распространены довольно широко и охватывают почти всю равнинную территорию России, где повсеместно встречаются склоны долин рек, балок и других неровностей рельефа местности.

Делювиальные суглинки в зонах сухого климата зачастую обладают просадочными свойствами, поэтому, если суглинок имеет коэффициент пористости в пределах от 1 и более, необходимо выполнять анализы грунта на просадочность. В связи с их особенностями, характерными для истинных лёссов, суглинки называют лёссовидными.

При строительстве на лёссовидных суглинках, несмотря на достаточную их несущую способность, применяют для ответственных сооружений фундаменты глубокого заложения (свайные) с опорой на плотные непросадочные, подстилающие суглинок, грунты (глины, пески, известняки, песчаники т.п.). В других случаях расчеты фундаментов ведут при нагрузках, соответствующих начальному просадочному давлению.

Аллювиальные отложения различают по месту их образования: русловые, пойменные, старичные и в надпойменных террасах. Представлены они на крупных равнинных реках - глинистыми грунтами. Пойменные отложения, образовавшиеся во время паводков, представлены глинами, суглинками и мелкозернистыми песками, причем для них характерно наличие органических веществ. Старичные отложения образуются в старицах (рукавах равнинных рек). По составу это супеси и илы, также содержащие органику.

В основании толщ аллювия, как правило, залегают крупнозернистые пески, галька, гравий, галечник.

Крупнозернистые аллювиальные отложения являются хорошими основаниями для сооружений. Мелкозернистые пески и пылеватые, содержащие некоторое количество тонких глинистых и органических коллоидных частиц, образуют при насыщении водой пески-плывуны.

Их наличие осложняет работы по строительству котлованов, колодцев, подземных тоннелей. Единственным специальным способом для производства строительных земляных работ в плывунах является их замораживание, например, жидким азотом.

Глины и суглинки твердой и полутвердой консистенции вполне могут служить хорошим основанием фундаментов, но обязательно, необходимо предотвращать поступление воды в их поровое пространство, как технической, так и от поднятия уровня грунтовых вод (подтопление застроенных территорий).

Морские отложения в виде древних глин, как основание сооружений заслуживают достаточно высокой оценки, однако, при залегании на склонах и откосах выемок подвержены оползанию.

Современные морские отложения нередко представлены илами. В его состав наряду с минеральными частицами входит некоторое количество органических веществ. Пористость ила высока и достигает 80%, а иногда и более. Вследствие этого прочность ила невелика и их использование в качестве оснований проблематично.

Ледниковые отложения в виде крупнозернистых флювиогляциальных песков или галечников, а также покровные суглинки по строительным свойствам не отличаются от аллювиальных отложений.

Разнозернистость ледниковых отложений способствует заполнению мелкими частицами промежутки между крупными, понижая их пористость. Так пористость валунных суглинков не превышает 25-30%, снижаясь в отдельных суглинках до 8-12%. Поэтому эти суглинки служат хорошими основаниями сооружений.

В. Строительные свойства пород химического происхождения

Сами по себе породы химического происхождения, а именно, например оолитовые известняки, известковистый туф, доломит, ангидрид, гипс и другие, обладают достаточной и даже избыточной прочностью, требующейся в строительной практике для оснований зданий и сооружений. Однако, при проектировании, необходимо иметь инженерно-геологические данные о наличии пустот и крупных каверн в этих породах, которые образуются при их растворении, особенно, движущейся водой.

Кроме того, необходимо знать интенсивность растворения пород химического происхождения на конкретных строительных площадках. Необходимо также прогнозировать развитие пустот в породах при строительстве вблизи химических заводов, где в сбрасываемых водах может быть растворены серная и другие кислоты, с которыми активно взаимодействуют ангидрит и гипс.

Если при изысканиях установлено, что породы химического происхождения прикрыты сверху толщей непроницаемых для воды пород, то возможность растворения за счет проникновения атмосферных осадков резко снижается. И, действительно, каменные соли сохраняются в нерастворенном виде, так как прикрыты чехлами глинистых пород. С учетом этого, а также мероприятий, препятствующих сбросу воды в поровое пространство, строительство на таких породах не будет иметь негативных последствий. При этом обращают внимание на трещиноватость вышележащих пород, которая увеличивает возможность контакта воды с растворимыми породами.

В органогенных породах-известняках, мелах также возможно их растворение с образованием карстовых пустот (пещер, воронок, провалов и т.п.).

При использовании стройплощадок на таких грунтах необходимы изыскания по выявлению пустот, их размеров, распространенности по длине и высоте. В отдельных случаях эти пустоты заполняют глинистым раствором с песком, цементом или битумом.

Технический отчет по инженерно-геологическим изысканиям используют для оценки земельного участка под строительство.

Тема 9. Особенности инженерно-геологических изысканий при обследовании зданий и сооружений

Капитальный ремонт и реконструкция зданий и сооружений. Изменение параметров, характера и объемов инженерно-геологических изысканий.

Ознакомление с дополнительными нормативными документами (СП 11-105-97, ВСН 53-88). Требования по количеству и глубине разведочных выработок. Обследование фундаментов. Дополнительные инженерно-геологические исследования.

При наметившейся тенденции роста капитальных вложений в реконструкцию и строительство зданий и сооружений в условиях плотной городской застройки возникает необходимость строгого определения объемов инженерно-геологических изысканий, которые должны обеспечить надежность объекта реконструкции и окружающего застроенного пространства. В этом случае строители проводят обследование состояния здания или сооружения (наличие

наружных и внутренних трещин, особенно в несущих конструкциях, их связь с фундаментом и т.п.), а геологи изучают геологические условия застроенного участка, характеристики грунтов, гидрогеологические условия, в соответствии с нормативными документами: СП 11-105-97 «Свод правил по инженерным изысканиям для строительства»; ВСН 53-88 (р) «Положение по технологии обследования жилых зданий», «Пособие по оценке физического износа жилых и общественных зданий» к ВСН 53-88.

Количество разведочных выработок (скважин) и их глубина определяются размерами здания, а также категорией сложности инженерно-геологических условий (I; II; III).

В частности, глубину скважин (h) определяют по формуле:

$$h = h_1 + kb + c, \text{ м}$$

где, h_1 – глубина заложения фундамента, м; k – глубина активной зоны основания, м; b – максимальная ширина подошвы фундамента, м; c – постоянная величина, принимаемая в зависимости от этажности:

- до трех этажей – $c=2$;
- более трех этажей – $c=3$.

Скважины располагают в пределах периметра здания или сооружения (вокруг) или по характерным точкам рельефа.

Чтобы выявить параметры фундамента (ленточного) закладывают и проходят вдоль него шурфы под основными несущими конструкциями (иногда в зонах интенсивного трещинообразования) глубина шурфов должна быть ниже подошвы фундамента на 0,5 м.

Шурфы закладывают не только снаружи, но и внутри здания (из подвала или после вскрытия пола), особенно, при наличии деформаций в стенах и фундаментах или на границах слабых грунтов или участков фундамента, находящихся в неудовлетворительном состоянии. Если под фундаментами обнаружены насыпные, торфяные, рыхлые или слабые грунты, то со дна шурфа бурят инженерно-геологические скважины.

Непосредственно под фундаментом из шурфа отбирают образцы грунта по нормативным документам, а также из скважин пробуренных ниже подошвы фундамента. Образцы исследуют в лабораторных условиях с определением всех физико-механических характеристик, с соответствующим заключением или техническим отчетом. Если имеется прежняя инженерно-геологическая документация, то производят сравнение и делают соответствующие выводы. При этом, в открытых шурфах определяют тип фундамента, его форму, размеры, глубину заложения; выявляют выполненные ранее подводки, усиления, исследуется материал фундамента механическими и

неразрушающими методами.

Ширину подошвы фундамента и глубину его заложения определяют натуральными обмерами. В наиболее нагруженных участках ширину подошвы определяют в двухсторонних шурфах, а в менее нагруженных допускается симметричное развитие фундамента по размерам, установленным в одностороннем шурфе.

При наличии свайного фундамента в каждом шурфе замеряют диаметр свай, шаг, их расположение и среднее количество на один погонный метр фундамента. Визуальная оценка состояния фундамента содержит характеристику камня и раствора (состояние бетона), наличие пустых швов, местных разрушений и т.п.

На базе полученных инженерно-геологических данных выполняют проектную документацию по реконструкции здания или сооружения.

Тема 10. Основы гидрографии

Реки, озера, болота, водохранилища – сфера гидрографии (изучение их влияния на характер геологических процессов). Выделяют водоемы, типы рек, речную сеть, параметры, водный баланс, водные режимы. Типовой гидрограф. Эрозионная деятельность геологических объектов.

Изучая основы гидрографии необходимо представлять геологическую деятельность водных объектов, а также основные параметры водных бассейнов, в частности, речного бассейна, и структурные особенности рек, построение типового гидрографа реки. Иметь представление о характере изменения донного рельефа от скорости течения и других факторов.

Гидрография является разделом общей гидрологии, изучающей распространение и режимы природных вод на Земле (гидросфера), общие закономерности гидрологических процессов и явлений, в частности, гидрологию подземных вод – гидрогеологию.

Гидрография занимается изучением и описанием конкретных водных объектов (иногда ее называют региональная гидрология). В сферу изучения входят: реки, озера, болота, водохранилища и т.д. Наиболее активные гидрологические процессы развиваются на реках в зависимости от скорости течения, объемов протекающей воды, глубины реки и других параметров.

Выделяют типы рек:

а) по размеру:

- большие (площадь бассейна реки более 50000 км²);
- средние (площадь бассейна от 2000 до 50000 км²);
- малые (менее 2000 км²);

б) по условиям протекания:

- равнинные;
- полугорные;
- горные.

В зависимости от скорости течения тип реки определяют по числу Фруда – F_r :

$$F_r = \frac{V^2}{gh},$$

по которому выделяют состояние поверхности водного потока – спокойное или бурное, где V – скорость течения, м/с; g – ускорение свободного падения, 9,81 м/с²; h – глубина потока, м.

Если число Фруда – $F_r > 1$ – течение бурное (характерно для бурных рек); $F_r = 1 - 10$ – полугорное; $F_r < 1$ – спокойное (равнинное течение);

в) по источникам питания:

- снеговой;
- дождевой;
- ледниковый;
- подземный;

г) по водному режиму – с весенним половодьем; с половодьем в теплое время года, в период дождей и т.п.;

д) по устойчивости русла:

- устойчивое;
- неустойчивое;

е) по ледовому режиму:

- замерзающие;
- незамерзающие.

Морфология реки объединяет составляющие ее элементы и включает:

а) водосбор реки – часть земной поверхности, а также толщу почв и грунтов, откуда река получает питание;

б) бассейн реки – часть суши с речной системой, ограниченной водоразделом. Водоразделом считается возвышенная местность между бассейнами двух или нескольких рек (рис. 22).

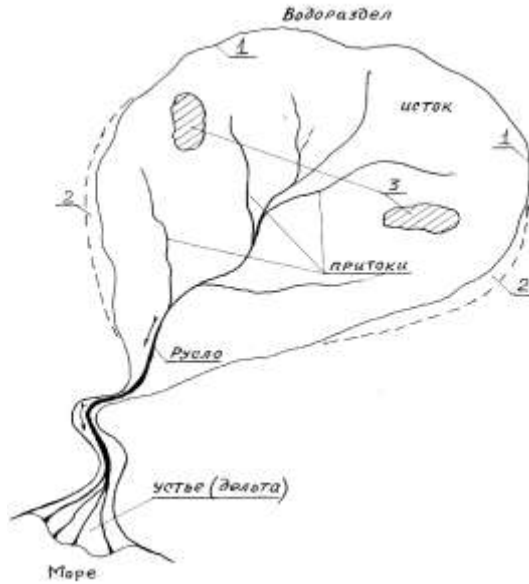


Рис. 22. Схема бассейна реки:

1 – граница бассейна и поверхностного водораздела; 2 – граница подземного водосбора; 3 – бессточные области.

Совокупность водотоков (рек, ручьев, временных водотоков, каналов), водоемов (озер, водохранилищ) и особых водных объектов (болот, ледников) в пределах речного бассейна составляет гидрографическую сеть бассейна. В нее входит речная сеть – главная река и ее притоки. Параметры реки, в частности, ее длину L измеряют от истока до устья (место впадения в озеро, море, океан), определяя по карте или по аэрофотоснимкам по фарватеру либо геометрической оси. На участках реки определяют коэффициент извилистости $K_{изв}$:

$$K_{изв} = \frac{L_i}{l_i},$$

где l_i – количество извилин на этой длине.

Длина реки L и площадь бассейна F взаимосвязаны:

$$L \cong \sqrt{F}.$$

В протяженность речной сети ΣL_i входят все ее источники. Густота речной сети d представляет собой отношение протяженности речной сети ΣL_i к площади бассейна F :

$$d = \frac{\sum L_i}{F}, \text{ км/км}^2.$$

Речная сеть формируется в результате тектонических, эрозивно-аккумулятивных и других процессов (движение ледников, колебания уровня моря и т.д.)

В структуре реки выделяют долину и русло, у долины – склоны и дно, у дна – русло и пойму. Русло формирует излучины (меандры), в нем выделяют осередки (затапливаемые возвышения, острова). Глубокие места русла называют – плесы, мелкие – перекаты. Судосходная часть реки является фарватером. Линии одинаковых глубин русла называют изобаты. Средняя глубина русла h_{cp} определяется в поперечном сечении, как отношение площади поперечного сечения – ω к ширине русла B между его урезами при определенном заполнении:

$$h_{cp} = \frac{\omega}{B}, \text{ м.}$$

По типам речные русла подразделяются на прямолинейные, извилистые, разделенные на рукава, разбросанные. Русло имеет длину смоченного периметра P , который представляет собой линию контакта воды с дном реки и берегами, а зимой по контакту со льдом. Кроме того, выделяют продольный профиль реки, который строится в виде графика изменения отметок дна и водной поверхности вдоль русла. На отдельном участке реки это называется падение – ΔH . Полное падение реки измеряется от истока до устья. В зависимости от падения измеряют уклон реки:

$$I = \frac{\Delta H_i}{L_i},$$

т.е. синус угла наклона русла к горизонту. На перекатах I – уклон реки может быть отрицательным.

Для бассейна реки составляют водный баланс реки в виде уравнения:

$$\begin{array}{l} \text{Приходная часть воды} \quad \text{Расходная часть воды} \\ X_1 + Y_1 + \omega_1 + Z_1 = Y_2 + \omega_2 + Z_2 \pm \Delta U \end{array}$$

где X_1 – атмосферные осадки на бассейн; Y_1 – поверхностный приток из-за его пределов; ω_1 – подземный приток; Z_1 – конденсат водяного пара; Y_2 – поверхностный отток за пределы бассейна; ω_2 – подземный отток; Z_2 – испарения; $\pm \Delta U$ – изменение запасов воды в бассейне (+ увеличение, - уменьшение).

Выделяют фазы водного режима реки:

- половодье – ежегодно повторяющаяся фаза в один и тот же сезон, которая характеризуется наибольшей водностью, высоким подъемом уровня воды (продолжительным);

- паводок – фаза многократного повторения кратковременного увеличения расходов и уровней воды от дождей или снеготаяния в оттепель, а летом в горах;

- межень – ежегодно повторяющаяся фаза водного режима в один и тот же сезон с малой водностью, длительным стоянием низкого уровня при уменьшении питания реки. В этой фазе питание реки осуществляется, в основном, за счет подземных вод.

На базе фаз водного режима строят типовой гидрограф реки, т.е. количественную оценку общей доли видов питания в формировании стока реки путем расчленения. По их видам определяются доли питания пропорционально соответствующим площадям на гидрографе (рис. 23).

На рис. 24 представлена схема расчленения гидрографа реки по видам питания.

Масса водного потока по руслу реки представляет речной сток. Он включает сток воды, сток наносов, сток растворенных веществ и сток тепла.

Сток воды – процесс стекания воды в речных системах и количественная характеристика стекающей воды: расход в $\text{м}^3/\text{с}$ (скорость потока V_w через сечение потока S в единицу времени).

Сток наносов – перемещение наносов (грунтов) во взвешенном состоянии и волочением по дну, их количественная характеристика.

Сток растворенных веществ – процесс переноса и количественная характеристика: ионы солей, биогенные и органические вещества, газы и т.п.

Сток тепла – процесс переноса тепла и количественная характеристика.

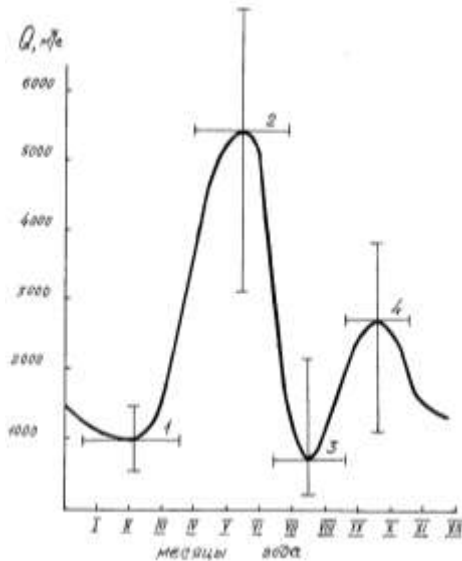


Рис. 23. Типовой гидрограф реки:

1 – зимняя межень; 2 – весеннее половодье; 3 – летняя межень; 4 – летне-осенний паводок

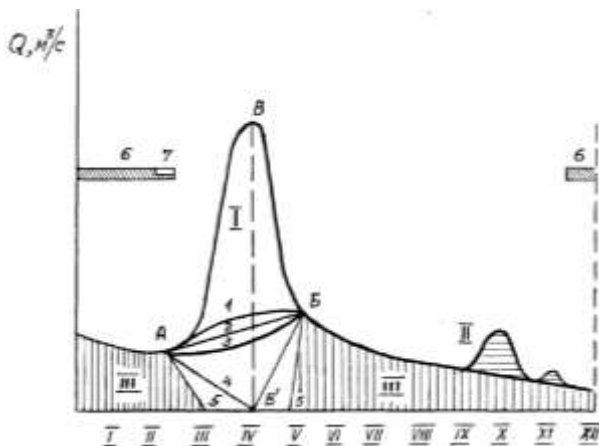


Рис. 24. Схема расчленения гидрографа реки по видам питания:

I – снеговое питание; II – дождевое; III – подземное; А, Б, В – начало, конец и пик половодья; 1 – 5 – линии, разделяющие снеговое и подземное питание в период половодья при различном характере взаимодействия речных и грунтовых вод; 6 – ледостав; 7 – ледоход; 3 → 4 – подземное питание снижается к пику до 0 (на малых реках трудно выделить минимум и тогда проводят просто прямую – 2)

Поскольку поток в реке характеризует движение воды, в речном потоке происходит перераспределение скоростей течения. Для рек характерно турбулентное движение. Скорость потока воды фиксируют, как продольную составляющую, осредненную за интервал времени (1-1,5 мин). Выявлено, что наибольшая скорость приурочена к поверхности над глубиной (стрежень), наименьшая – у дна реки или у берега. Линии, соединяющие одинаковые скорости называются – изотахи. Средняя скорость V_{CP} вычисляется через отношение объема потока Q к сечению ω :

$$V_{CP} = \frac{Q}{\omega}, \text{ м/с.}$$

В речном потоке распределение скоростей по вертикали сечения весьма различно, можно выделить (рис. 25):

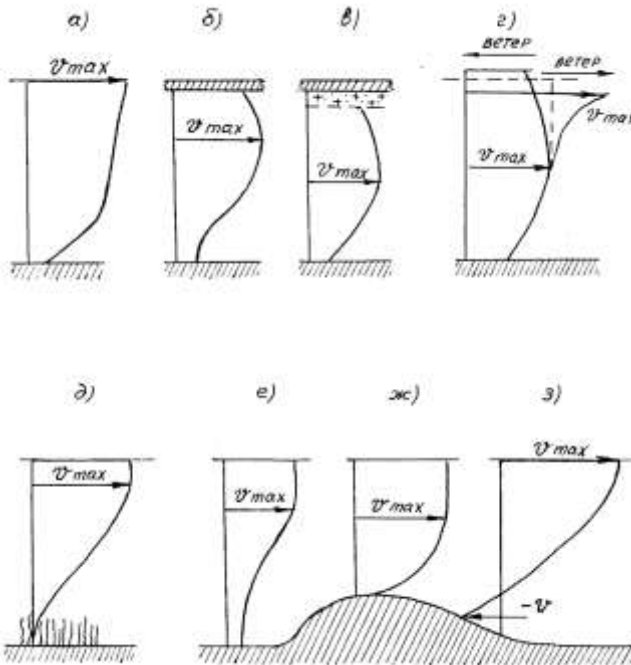


Рис. 25. Вертикальное распределение скоростей течения в речном потоке: а – типичное; б – подо льдом; в – под слоем шуги; г – при попутном ветре – V_1 ; при встречном – V_2 ; д – под влиянием растительности, под влиянием неровностей дна; е – перед перекатом; ж – на перекате; з – после переката.

Эрозия поверхности приводит к перемещению части грунтов водными потоками от осадков в реку и формированию взвешенных в воде наносов. В свете этого определяют мутность воды:

$$S = \frac{m}{V},$$

где m – масса твердых частиц в пробе; V – объем воды.

Наносы перемещаются по дну (влекомость) при определенной скорости движения потока, в частности, песок перемещается при скорости 0,1 – 0,15 м/с; гравий – 0,15 – 0,5 м/с; галька – 0,5 – 1,6 м/с; валуны – 1,6 – 5 м/с. Доля влекомых наносов составляет 5-10%, остальные взвешенные, доля растворенных – незначительна.

Водный поток реки создает русловые процессы, то есть изменение морфологического строения русла, что приводит к русловым деформациям в виде:

А) микроформы – турбулентность формирует движущиеся донные гряды – рифели; при увеличении скорости их высота увеличивается, образуются донные дюны; если скорость еще больше – дюны разрушаются, наступает гладкая фаза; дальнейшее увеличение скорости течения приводит к образованию антидюн (перемещение дюн вверх по течению);

Б) мезоформы – формирования в виде крупных русловых гряд – перекатов, понижения между которыми образуют плесы. Они могут перемещаться в зависимости от скорости течения и сезона (от 25 м до 1000 м в год). При этом образуются отмели, их подвижные формы – осередки.

В) макроформы – деформация русла в плане, с образованием извилин – меандр, которые в случае размыва спрямляют русло, оставляя на месте замкнутый полумесяцем водоем – старицу.

В связи с сезонными метеорологическими изменениями температуры выделяют термический режим рек (рис. 26).

Борьба с эрозионной деятельностью рек. Интенсивность эрозии рек проявляется во время паводков, когда берега размываются до 4-5 м в год, а это угрожает прибрежным зданиям и сооружениям, поэтому в соответствии со СНиП 11-02-96 «Инженерные изыскания для строительства» рекомендуется проводить инженерно-гидрометеорологические изыскания.

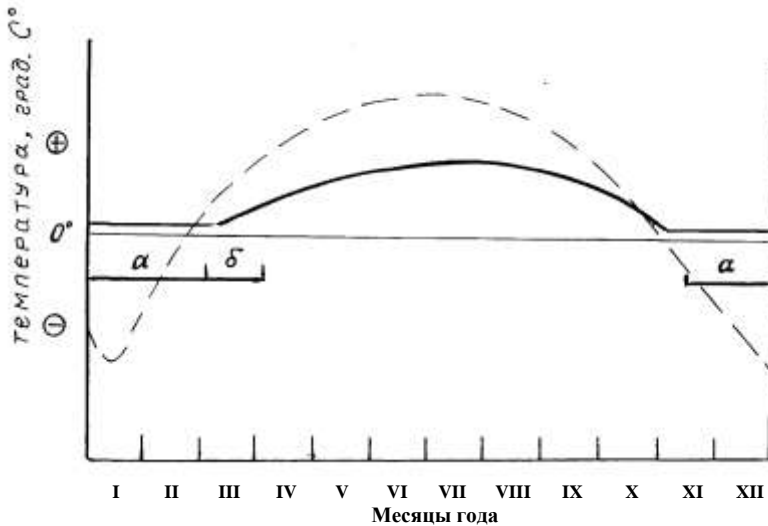


Рис. 26. Термический режим реки:

- — — — — температура воздуха;
- - - - - температура воды;
- а — ледостав;
- б — ледоход

Меры борьбы с эрозией рек подразделяют на профилактические (пассивные) и инженерные (активные). Профилактические включают: установление запретной полосы для строительства, запрещение добычи песка и гравия из русел, проведение постоянных наблюдений за интенсивностью речной эрозии и т.д.

Инженерные меры обеспечиваются строительством сооружений, укрепляющих берег: каменная отсыпка, устройство бетонных набережных, подпорных стенок, укладка бетонных плит и т.п. Для регулирования паводков устраивают водохранилища с управляемым водосбросом.

Заключение

После изучения теоретической базы дисциплины “Инженерная геология” и прохождения учебной инженерно-геологической практики студенты, как будущие специалисты, строительного производства должны уметь:

- правильно читать и анализировать инженерно геологические карты и разрезы, геолого-литологические колонки по скважинам, результаты физико-механических свойств грунтов по инженерно-геологическим элементам (ИГЭ), изложенные в технических отчетах по инженерно-геологическим изысканиям;

- принимать обоснованные проектные и иные решения на основе понимания специфики состояния и свойств грунтов с учетом особенностей (высокая влажность, пористость, просадочность, набухание, мерзлота и др.), природу опасных геологических процессов (оползней, карста, суффозий, абразии и др.), законов движения грунтовых вод в зонах строительных котлованов, эксплуатируемых зданий и сооружений и др;

- визуально определять наиболее распространенные горные породы (грунты) в строительных котлованах, откосах, карьерах;

- составлять техническое задание на производство инженерно-геологических изысканий и согласовывать программу с геологами-изыскателями на выполнение работ;

- профессионально воспринимать и правильно использовать в своей работе инженерно-геологическую информацию в действующих нормативных документах (СНиП, ГОСТ, СП и др.) и справочных руководствах.

Приложения

Приложение 1

Контрольные вопросы

Тема 1

1. Какие существуют гипотезы о происхождении Земли?
2. Какие геосферы различают в строении Земли?
3. Из каких частей состоит и какие формы имеет литосфера?
4. Как формируется тепловое поле Земли?
5. По какому принципу составлены геохронологическая и стратиграфическая шкалы?

Тема 2

1. По каким физическим свойствам определяются минералы?
2. Как классифицируются минералы?
3. Какие минералы называются самородными?
4. Какие минералы называются породообразующими?
5. Какие горные породы являются первичными и какие вторичными?
6. В каких условиях образуются метаморфические горные породы?
7. На какие типы подразделяются осадочные горные породы по происхождению?
8. Каковы особенности залегания осадочных горных пород?

Тема 3

1. Чем отличается характер распространения продольных, поперечных и поверхностных волн при землетрясении?
2. Что такое сейсмическое районирование и как оно учитывается при строительстве?
3. Общие отличия эндогенных процессов от экзогенных.
4. Виды выветривания.
5. Что такое дефляция?
6. Какие грунты образовались в результате геологической деятельности ветра?
7. Какие типы аллювия бывают?
8. Чем геологическая деятельность моря отличается от геологической деятельности реки?
9. Как происходит движение ледников и в чем заключается их геологическая деятельность?
10. Типы морен.
11. Какие антропогенные процессы наиболее опасны при строительстве?

12. В чем разница между мерзлотными процессами и вечной мерзлотой?

Тема 4

1. В каких видах горных пород встречается вода?
2. Как классифицируются подземные воды?
3. Как образуется верховодка?
4. Какие воды называются грунтовыми, как они образуются и как влияют на строительство?
5. Какие воды называются артезианскими и чем они характеризуются?
6. В каких горных породах вода находится в физически связанном виде и почему?
7. От каких факторов зависит характер фильтрации?
8. Что такое гидравлический градиент?
9. Почему коэффициент фильтрации имеет единицу скорости?
10. При каких условиях возможна фильтрация воды в глинах?

Тема 5

1. Как представить грунт в виде многофазной системы?
2. Что такое влажность?
3. Какие методы определения плотности существуют?
4. Как определяют супесь, суглинок и глину?
5. По каким признакам проводят классификацию песчаных грунтов?
6. В чем различие деформации твердых тел и несвязных грунтов?
7. На основании каких испытаний строят компрессионную кривую?
8. Перечислите не менее трех деформативных характеристик грунтов.
9. Что такое «угол внутреннего трения» и «удельное сцепление»?
10. С какой целью проводится гранулометрический анализ песчаных грунтов?

Тема 6

1. Почему обвалы, осыпи и оползни объединяются в единую категорию процессов?
2. В чем смысл активных и пассивных способов борьбы с оползнями?
3. Поясните схему действия сил на оползневых склонах.
4. В каких грунтах наблюдается карст и в чем его опасность?
5. При каких условиях возникает суффозия?

6. Что такое деятельный слой и культурный слой?

7. Почему глубина заложения фундаментов должна быть ниже глубины промерзания?

8. Какие принципы применяют при строительстве на вечной мерзлоте?

Тема 7

1. Как охарактеризовать состав инженерно-геологических изысканий?

2. По каким признакам производится разделение инженерно-геологических условий строительной площадки на категории?

3. Какие задачи решают инженерно-геологическая съемка и разведка?

4. Способы бурения скважин.

5. Что такое монолит грунта?

6. На основании каких факторов определяются число и глубина скважин при разведке?

7. Что такое инженерно-геологический элемент?

8. На основании каких данных строится геологический разрез?

Тема 8

1. Что является объектом инженерно-геологической деятельности человека?

2. Строительные свойства скальных и полускальных грунтов.

3. Строительные свойства дисперсных грунтов.

4. Строительные свойства пород химического происхождения.

Тема 9

1. Чем определяется количество разведочных скважин и их глубина?

2. Где закладывают шурфы и для чего?

3. Как отбирают образцы грунта из шурфов и скважин?

4. Что определяют в шурфах, кроме отбора образцов грунта?

5. Что выявляют в шурфах при наличии свайного фундамента?

Тема 10

1. Что изучает гидрография?

2. Какие выделяют типы рек?

3. Что такое морфология реки?

4. Что выделяют в структуре рек?

5. Фазы водного режима и типовой гидрограф.

Классификация природных дисперсных грунтов (по ГОСТ 25100-95)

1. По гранулометрическому составу крупнообломочные грунты и пески подразделяют согласно табл. 1.

Таблица 1

Разновидность грунтов	Размер зерен, частиц, мм	Содержание зерен, частиц, % по массе
Крупнообломочные: валунный галечниковый гравийный	Свыше 200 >> 10 >> 2	Свыше 50 св.50 св.50
Пески: гравелистый крупный средней крупности мелкий пылеватый	Свыше 2,00 >> 0,50 >> 0,25 >> 0,10 >> 0,10	Свыше 25 >> 50 >> 50 75 и более менее 75

2. По степени неоднородности гранулометрического состава C_U :

- однородный грунт $C_U < 3$;
- неоднородный грунт $C_U > 3$.

3. По числу пластичности грунты подразделяют согласно табл. 2.

Таблица 2

Разновидность глинистых грунтов	Число пластичности, I_p
Супесь	От 1 до 7 включительно
Суглинок	От 7 до 17 включительно
Глина	Свыше 17

4. По гранулометрическому составу и числу пластичности I_p глинистые грунты подразделяют согласно табл. 3.

Таблица 3

Разновидность глинистых грунтов	Число пластичности I_p	Содержание песчаных частиц (2—0,5 мм), % по массе
1	2	3
Супесь:		
— песчанистая	1—7	Свыше 50
— пылеватая	1—7	Менее 50
Суглинок:		
— легкий песчанистый	7—12	Свыше 40

Продолжение прил. 2
Окончание табл. 3

1	2	3
— легкий пылеватый	7—12	Менее 40
— тяжелый песчанистый	12—17	Свыше 40
— тяжелый пылеватый	12—17	Менее 40
Глина:		
— легкая песчанистая	17—27	Свыше 40
— легкая пылеватая	17—27	Менее 40
— тяжелая	> 27	Не регламентируется

5. По наличию включений глинистые грунты подразделяют согласно табл. 4.

Таблица 4

Разновидность глинистых грунтов	Содержание частиц крупнее 2мм, % по массе
Супесь, суглинок, глина с галькой (щебнем)	От 15 до 25 включительно
Супесь, суглинок, глина, галечниковые (щебенистые) или гравелистые (дресвяные)	Св. 25 до 50 включительно

6. По показателю текучести I_L глинистые грунты подразделяют согласно табл. 5.

Таблица 5

Разновидность глинистых грунтов	Показатель текучести, I_L
Супесь: твердая пластичная текучая	Менее 0 От 0 до 1 включительно Свыше 1
Суглинки и глины: твердые полутвердые тугопластичные мягкопластичные текучепластичные текучие	Менее 0 От 0 до 0,25 включительно Свыше 0,25 до 0,50 включительно >> 0,50 >> 0,75 >> >> 0,75 >> 1 >> Свыше 1

7. По коэффициенту водонасыщения S_r крупнообломочные грунты и пески подразделяют согласно табл. 6.

Продолжение прил. 2
Таблица 6

Разновидность грунтов	Коэффициент водонасыщения, S_r
Малой степени водонасыщения Средней степени водонасыщения Насыщенные водой	от 0 до 0,50 включительно св. 0,50 до 0,80 включительно св. 0,80 до 1

8. По коэффициенту пористости e пески подразделяют согласно табл.7.

Таблица 7

Разновидность песков	Коэффициент пористости, e		
	Пески гравелистые крупные и средней крупности	Пески мелкие	Пески пылеватые
Плотный Средней плотности Рыхлый	менее 0,55 от 0,55 до 0,70 св. 0,70	менее 0,60 от 0,60 до 0,75 св. 0,75	менее 0,60 0,60 - 0,80 св. 0,80

Таблица 8

I. Класс природных скальных грунтов.

Класс	Группы	Подгруппа		Тип		Вид	Разновидности
		3	4	5	6		
1	2	3	4	5	6	7	8
Скальные (с жесткими связями – кристаллизационными и цементационными)	Скальные	Магматические	Интрузивные	Силикатные	Ультраосновного состава	Перидотиты, дуниты, пироксениты	Выделяются по: 1) пределу прочности на одноосное сжатие; 2) плотности скелета грунта; 3) коэффициенту выветрелости; 4) степени размягчаемости; 5) степени растворимости; 6) степени водопроницаемости; 7) степени засоленности;
					Основного состава	Габбро, нориты, анортозиты, диабазы, диабазовые порфириты, долериты	
					Среднего состава	Диориты, сиениты, порфириты, ортоклазовые порфиры	

Продолжение прил. 2
Продолжение табл. 8

1	2	3	4	5	6	7	8
Скальные (с жесткими структурными связями – кристаллизационными и цементационными)	Скальные	Магматические	Интрузивные	Силикатные	Кислого состава	Граниты, гранодиориты кварцевые, сиениты, диориты, кварцевые порфиры, кварцевые порфириты	8) структуре и текстуре; 9) температуре
					Основного состава	Базальты, долериты	
					Среднего состава	Андезиты, вулканогенно-обломочные грунты, обсидианы, трахиты	
			Кислого состава		Липариты, дациты, риолиты		
			Метаморфические		Силикатные	Гнейсы, сланцы, кварциты	
					Карбонатные	Мраморы, роговики, скарны	
		Железистые		Железные руды			
		Осадочные	Силикатные	Песчаники, конгломераты, брекчии, туффиты			
			Карбонатные	Известняки, доломиты			

Продолжение прил. 2
Окончание табл. 8

1	2	3	4	5	6	7	8		
Скальные (с жесткими структурными связями – кристаллизационными и цементационными)	Полускальные	Магматические	Эффузивные	Силикатные		Вулкано-геннообломочные грунты			
								Осадочные	Силикатные
		Кремнистые	Опоки, трепела, диатомиты						
	Карбонатные	Мела, мергели, известняки							
	Сульфатные	Гипсы, ангидриты							
	Галоидные	Галиты, карнолиты							

Таблица 9

II. Класс природных дисперсных грунтов.

Класс	Группа	Подгруппа	Тип	Вид	Разновидности
1	2	3	4	5	6
Дисперсные (с механическими и водно-коллоидными структурными связями)	Связные	Осадочные	Минеральные: Силикатные Карбонатные Железистые Полиминеральные	Глинистые грунты	Выделяются по: 1)гранулометрическому составу (крупнообломочные грунты и пески); 2) числу пластичности и гранулометрическому составу (глинистые грунты и илы);

Продолжение прил. 2
Окончание табл. 9

1	2	3	4	5	6
Дисперсные (с механическими и водно-коллоидными структурными связями)	Связные	Осадочные	Органо-минеральные	Илы Сапрпели Заторфованные грунты	3)степени неоднородности (пески); 4)показателю текучести (глинистые грунты); 5)относительной деформации набухания (глинистые грунты); 6)относительной деформации просадочности (глинистые грунты); 7)коэффициенту водонасыщения (крупнообломочные грунты и пески);
			Органические	Торфы и др.	
	Несвязные		Минеральные: Силикатные Карбонатные Полиминеральные	Пески Крупнообломочные грунты	8)коэффициенту пористости (пески); 9)коэффициенту выветренности (крупнообломочные) 10)коэффициенту истираемости (крупнообломочные); 11)относительному содержанию органического вещества; 12)относительной деформации пучения; 13)степени засоленности; 14)степени разложения (торфы); 15)степени зольности (торфы); 16. температуре

III. Класс природных мерзлых грунтов.

Класс	Группа	Подгруппа		Тип	Вид	Разновидности
1	2	3	4	5	6	7
Мерзлые (с криогенными структурными связями)	Скальные	Промерзшие	Интрузивные	Ледяные минеральные	Те же, что и для скальных грунтов	Выделяются по: 1) льдистости за счет видимых ледяных включений; 2) температурно-прочностным свойствам; 3) степени засоленности; 4) криогенной текстуре
			Эффузивные			
	Метаморфические		Ледяные минеральные	Те же, что и для дисперсных грунтов		
	Осадочные					
	Полускальные		Осадочные	Эффузивные	Ледяные органо-минеральные	
				Осадочные		
	Связные	Конституционные (внутригрунтовые)	Льды	Ледяные минеральные	Льды— сегрегационные, инъекционные, ледниковые	
				Ледяные органо-минеральные		Льды— наледные, речные, озерные, морские, донные, инфильтрационные (снежные)
				Ледяные органические		
	Ледяные	Погребенные	Льды	Льды— наледные, речные, озерные, морские, донные, инфильтрационные (снежные)		
Пещерно-жильные					Льды — жильные, повторно-жильные, пещерные	

Таблица 11

IV. Класс техногенных грунтов.

Класс	Группа	Подгруппа		Тип	Вид	Разновидности
1	2	3	4	5	6	7
Скальные	Скальные Полу-скальные	Природные образования, измененные в условиях естественного залегания	Измененные физическим воздействием	Те же, что и для природных скальных грунтов	Те же, что и для природных скальных грунтов	Выделяются как соответствующие разновидности классов природных
			Измененные физ.-хим. воздействием			

Продолжение прил. 2
Продолжение табл.11

1	2	3	4	5	6	7
Дисперсные	Связные Несвязные	Природные образования, измененные в условиях естественно-го залегания	Измененные физическим воздействием	Те же, что и для природных дисперсных и скальных грунтов (раздробленных)	Те же, что и для дисперсных и скальных грунтов (раздробленных)	грунтов с учетом специфических особенностей и свойств техногенных грунтов
			Измененные физико-химическим воздействием			
		Природные перемещенные образования	Насыпные			
			Намывные			
Антропогенные образования	Насыпные	Отходы производственной и хозяйственной деятельности	Бытовые отходы Промышленные отходы: строительные отходы, шлаки, шламы, золы и др.			
	Намывные					
Мерзлые	Скальные Полускальные	Природные образования, измененные в условиях естественно-го залегания	Измененные физическим (тепловым) воздействием	Те же, что и для природных мерзлых грунтов	Все виды природных скальных грунтов	Выделяются как соответствующие классы природных грунтов с учетом специфических особенностей и свойств техногенных грунтов
			Измененные химико-физическим воздействием			
	Связные Несвязные Ледяные	Природные образования, измененные в условиях естественно-го залегания	Измененные физическим (тепловым) воздействием	Те же, что и для природных мерзлых грунтов	Все виды природных дисперсных грунтов	
			Измененный химико-физ. воздействием			
Природные перемещенные образования	Насыпные Намывные	Измен. физич. (тепловым) или хим.-физ.				

*Продолжение прил. 2
Окончание табл.11*

1	2	3	4		5	6	7
Мерзлые	Связные Несвязные Ледяные	Антропогенные образования	Насыпные Намывные Намороженные	воздействием		Бытовые отходы. Промышл. отходы. Искусств. льды	

Вариант 1

1. Что такое литосфера?

а) земная кора	в) газовая оболочка Земли
б) слой мантии пониженной прочности	г) сфера жизнедеятельности организмов

2. Какие породы относятся к осадочным химического происхождения?

а) песок	в) каменная соль
б) гранит	г) глина

3. Какой период обозначается индексом К?

а) Каменноугольный	в) Кембрийский
б) Меловой	г) Девонский

4. Как определить содержание фракций в грунте?

а) методом высушивания	в) методом "режущего кольца"
б) гранулометрическим анализом	г) методом "парафинирования образца"

5. Увеличение объема грунта при замачивании - это:

а) размокание	в) морозное пучение
б) усадка	г) набухание

6. Как обозначается модуль деформации грунта?

а) c	в) φ
б) R_0	г) E_0

7. Основные параметры водоносного горизонта подземных вод, необходимые для расчета коэффициента фильтрации (K_{ϕ}):

а) W, W_b, W_p, W_n	в) общая пористость, коэффициент пористости
б) гидравлический градиент i , расход Q , площадь поперечного сечения F	г) естественная плотность и грансостав грунта

8. Для определения силы землетрясения используют:

а) шкала Мооса	в) метод Казагранде
б) шкала Рихтера	г) формула Дарси

9. Основное отличие глинистых грунтов от песчаных

а) плотность	в) пластичность
б) пористость	г) влажность

10. Назовите правильное неравенство

а) $\rho_s < \rho < \rho_d$	в) $\rho_s < \rho > \rho_d$
б) $\rho_s > \rho < \rho_d$	г) $\rho_s > \rho > \rho_d$

Вариант 2

1. Какая наука занимается изучением форм земной поверхности и рельефа?

а) геоморфология	в) минералогия
б) палеонтология	г) петрография

2. Какие горные породы растворимы в воде?

а) кварцит, сиенит, мрамор	в) ангидрит, гипс, каменная соль
б) опока, базальт, гранит	г) гнейс, торф, диабаз

3. В каком периоде мы живем?

а) Четвертичный	в) Неогеновый
б) Меловой	г) Пермский

4. Виды воды в грунтах:

а) W_L, W_P	в) парообразная, связанная, гравитационная
б) консистентная	г) $W, W_{орг}, S_r$

5. К какому классу по строительной классификации относят техногенные грунты?

а) I	в) III
б) II	г) IV

6. Способность грунта увеличиваться в объеме при замораживании?

а) усадка	в) набухание
б) просадка	г) пучинистость

7. Как обозначается удельное сцепление грунта?

а) c	в) ϕ
б) R_0	г) S

8. Основной закон фильтрации грунта (закон Дарси) выражается формулой:

Ответы: а) $Q = K_{\phi} J F$;

$$б) J = \frac{(H_1 - H_2)}{l};$$

$$в) T = P \operatorname{tg} \phi + C;$$

$$г) J_L = \frac{W - W_P}{J_P}.$$

9. Что такое сель?

а) обрушение больших грунтовых масс с опрокидыванием	в) бурный грязекаменный поток движущийся по склонам
б) скатывание и накопление у подножья склона дробленных частиц горной породы	г) вынос движущейся водой мелких частиц из слоя пород на склоне

10. Естественная плотность грунта 2,0 г/см³. Сколько составит масса 3 м³ грунта?

а) 9 т	в) 1,5 т
б) 1,5 т	г) 6 т

Вариант 3

1. Какая наука занимается изучением древнего животного и растительного мира?

а) петрография	в) кристаллография
б) палеонтология	г) историческая геология

2. Какие породы относятся к классу метаморфических горных пород?

а) доломит	в) базальт
б) гранит	г) мрамор

3. Как изображается возраст горных пород на геологической карте?

а) рисунками	в) жирными линиями черного или зеленого цвета
б) цветом и буквенными индексами	г) не обозначается

4. Классификационные показатели грунтов:

а) плотность грунта	в) число пластичности
б) пористость грунта	г) коэффициент водопроницаемости

5. К какому классу по строительной классификации относят мерзлые грунты?

а) I	в) III
б) II	г) IV

6. При каких условиях происходят просадки лёссовых толщ?

а) при подрезке склона	в) при ветровой эрозии
б) при замачивании основания и действии нагрузок	г) при растворении карбонатных пород подземными водами

7. Как обозначается угол внутреннего трения грунта?

а) с	в) φ
б) τ	г) γ

8. По происхождению подземные воды подразделяются на несколько видов. Какой из них представляет наибольшую значимость для инженерной геологии?

а) конденсационные	в) инфильтрационные
б) седиментационные	г) ювенильные

9. Как называется скатывание и накопление у подножья склона дробленных частиц горной породы?

а) осыпь	в) лавина
б) оползень	г) сель

10. В каком случае глина становится полутвердой?

а) $W > W_L$	в) $W = W_L$
б) $W = W_P$	г) $W < W_P$

Вариант 4

1. Каким методом определяется относительный возраст горных пород?

а) радиоактивным	в) методом «режущего кольца»
б) палеонтологическим	г) пипеточным

2. Какие горные породы относятся к группе осадочных пород?

а) гнейс, сланец	в) дунит, гранит
б) базальт, липарит	г) мел, гравий

3. К какой геологической эре относятся следующие породы: пермский, силурийский, ордовикский?

а) PZ	в) AR
б) PR	г) MZ

4. Укажите основные показатели плотности грунта:

а) общая пористость + коэффициент пористости (e)	в) ρ , ρ_d , ρ_s
б) коэффициент неоднородности (C_U)	г) нижний предел текучести (W_L), верхний предел текучести (W_p)

5. К какому классу по строительной классификации относят дисперсные грунты?

а) I	в) III
б) II	г) IV

6. Какие связи между частицами в мерзлых грунтах?

а) криогенные	в) цементационные
б) водно-коллоидные	г) кристаллические

7. Что такое E_0 ?

а) удельное сцепление	в) расчетное сопротивление
б) угол внутреннего трения	г) модуль деформации

8. Какие типы подземных вод по условиям залегания вы знаете?

а) свободная, капиллярная, физически связанная, гигроскопическая	в) грунтовые, верховодка, межпластовые
б) пресные, солоноватые, соленые, рассолы	г) ювенильные, инфильтрационные, минеральные

9. Как называется сдвигание больших масс грунта под действием силы тяжести на склонах?

а) осыпь	в) осова
б) оползень	г) сель

10. Какой крупности соответствует песок данного гранулометрического состава?

Диаметр частиц, мм	От 2 до 10	От 0,5 до 2	От 0,25 до 0,5	От 0,1 до 0,25	Менее 0,1
%	10	20	15	20	35
а) крупный			в) гравелистый		
б) мелкий			г) пылеватый		

Вариант 5

1. Какие дислокации относятся к разрывным нарушениям?

а) моноклираль, флексура	в) горст, грабен
б) антиклиналь, синклиналь	г) батолит, дайка

2. Из какой горной породы образовалась метаморфическая порода кварцит?

а) гипс	в) песчаник
б) мрамор	г) гранит

3. Какой период обозначается индексом N?

а) Новый	в) Неогеновый
б) Меловой	г) Пермский

4. Составные части грунта в фазной системе:

а) минеральные частицы, вода, воздух, газы, лед	в) минералы: каолинит, монтмориллонит, гидрослоды, оксиды (кварц)
б) различные фракции: гравийные, песчаные, пылеватые, глинистые	г) песок, глина, мел, почва

5. К какому классу по строительной классификации относят скальные грунты?

а) I	в) III
б) II	г) IV

6. Каким грунтам присущи просадочные свойства?

а) ленточные глины	в) мел
б) лессовидные суглинки	г) крупные пески

7. Что такое с?

а) удельное сцепление	в) расчетное сопротивление
б) угол внутреннего трения	г) модуль деформации

8. Какой тип подземных вод описан: «Временное сезонное скопление подземных вод на водоупоре»?

а) межпластовые	в) грунтовые
б) артезианские	г) верховодка

9. Какие отложения называют эоловыми?

а) речные	в) ветровые
б) морские	г) озерные

10. Определите наименование грунта, в котором глинистых частиц 25%?

а) супесь	в) песок
б) суглинок	г) глина

Вариант 6

1. В результате какого процесса происходит горообразование?

а) конвергенция	в) кольматация
б) дивергенция	г) солифлюкция

2. Какая структура характерна для глубинных магматических горных пород?

а) кристаллическая	в) агрегативная
б) раздельнозернистая	г) слитная

3. Расставьте эры по возрасту, начиная с самой древней

а) PZ – MZ – KZ – PR	в) PR – PZ – MZ – KZ
б) PR – MZ – KZ – PZ	г) MZ – PR – KZ – PZ

4. Классификационные показатели грунта:

а) влажность	в) пористость
б) показатель текучести	г) плотность

5. Назовите магматическую горную породу.

а) кварцит	в) песок
б) гранит	г) мел

6. Особенность лёссовых грунтов

а) просадочность	в) низкая пористость
б) набухаемость	г) пучинистость

7. Что такое φ ?

а) удельное сцепление	в) расчетное сопротивление
б) угол внутреннего трения	г) модуль деформации

8. Что обозначают WL?

а) влажность на границе текучести	в) речные отложения
б) уровень грунтовых вод	г) естественная влажность

9. Какие отложения называют гляциальные?

а) речные	в) ледниковые
б) морские	г) озерные

10. В результате каких процессов образуются такие формы рельефа, как барханы, дюны?

а) выветривание	в) флювиогляциальные
б) эоловые	г) эоловые

Вариант 7

1. Чем отличается синклиальная складка от антиклинальной?

а) ничем не отличается	в) это вогнутая складка
б) это двойная складка	г) нарушением сплошности

2. Какие горные породы являются первичными?

а) магматические	в) метаморфические
б) техногенные	г) сланцеватые

3. Каким индексом обозначают меловой период?

а) К	в) Т
б) М	г) Q

4. Что понимать под термином "грунт"?

а) продукты выветривания, образующиеся в континентальных или морских условиях накопления	в) любые горные породы и почвы, изучающиеся как объект инженерной деятельности человека
б) рыхлые горные породы, изучающиеся как основания инженерных сооружений	г) горные породы, измененные в результате деятельности человека

5. Как подразделяются крупнообломочные и песчаные грунты по степени неоднородности гранулометрического состава?

а) однородный, неоднородный	в) зернистый однородный, разнородный неоднородный
б) гравелистый, крупный, мелкий, пылеватый	г) неоднородный, слабооднородный, однородный

6. На каком приборе можно проверить имеет ли грунт просадочные свойства?

а) КФ-00М	в) сдвиговой
б) УВТ	г) одометр

7. Что можно определить по компрессионной кривой?

а) изменение удельного веса в зависимости от плотности	в) изменение плотности в зависимости от температуры
б) изменение коэффициента пористости в зависимости от нагрузки	г) изменение пористости в зависимости от влажности

8. Определите наименование грунта, в котором глинистых частиц 9%?

а) супесь	в) песок
б) суглинок	г) глина

9. Каким индексом обозначают ледниковые отложения?

а) а	в) L
б) g	г) e

10. Как подразделяются песчаные грунты по гранулометрическому составу?

а) Крупный, мелкий, легкий пылеватый, тяжелый песчанистый	в) гравелистый, крупный, средней крупности, мелкий, пылеватый
б) Кварцевый, крупный, мелкий, пылеватый	г) Крупный, мелкий, пылеватый, тонкий пылеватый

Вариант 8

1. Величина нарастания температуры на каждые 100 м по мере углубления в недра Земли

а) геотермический градиент	в) гидравлический градиент
б) геометрическая ступень	г) геотермическая ступень

2. Назовите минерал

а) слюда	в) базальт
б) гранит	г) гнейс

3. Каким индексом обозначают четвертичный период?

а) К	в) Т
б) Ч	г) Q

4. Что называется фракцией?

а) группа частиц с близкими по величине размерами	в) относительное содержание в грунте частиц различной крупности, выраженное в %
б) твердая компонента, входящая в состав рыхлых грунтов	г) вид геологического процесса, происходящего на поверхности Земли

5. Как определить e , зная n ?

а) $e = \frac{n}{1+n}$	в) $e = \frac{1-n}{n}$
б) $e = \frac{n+1}{n}$	г) $e = \frac{n}{1-n}$

6. Способность грунта изменять свойства при динамических нагрузках

а) просадочность	в) тиксотропность
б) набухаемость	г) пучинистость

7. Что такое m_0 ?

а) удельное сцепление	в) коэффициент сжимаемости
б) угол внутреннего трения	г) модуль деформации

8. Наука, изучающая происхождение, движение и состав подземных вод

а) гидрография	в) гидромеханика
б) гидрогеология	г) гидрология

9. Каким индексом обозначают озерные отложения?

а) l	в) а
б) о	г) е

10. Что необходимо знать для построения компрессионной кривой?

а) e и σ	в) s и φ
б) σ и τ	г) m_0 и E_0

Вариант 9

1. Глубина, при которой температура повышается на 1°C

а) геотермический градиент	в) гидравлический градиент
б) геометрическая ступень	г) геотермическая ступень

2. Назовите горную породу

а) алмаз	в) графит
б) кварцит	г) кальцит

3. В какой эре мы живем?

а) Кайнозойской	в) Палеозойской
б) Мезозойской	г) архейской

4. Как определить n , зная e ?

а) $n = \frac{e}{1-e}$	в) $n = \frac{1-e}{e}$
б) $n = \frac{e}{1+e}$	г) $n = \frac{1+e}{e}$

5. Что такое тиксотропность?

а) способность грунта изменять свойства при динамических нагрузках	в) способность грунта изменять свойства при статических нагрузках
б) способность грунтов изменять объем при высыхании	г) способность грунта изменять свойства при замачивании

6. Какие типы подземных вод по происхождению вы знаете?

а) свободная, капиллярная, физически связанная, гигроскопическая	в) грунтовые, напорные, верховодка, межпластовые
б) пресные, солоноватые, соленые, рассолы	г) ювенильные, инфильтрационные, седиментационные, конденсационные

7. Прибор для определения E_0

а) одометр	в) УВТ
б) сдвиговой прибор	г) балансирный конус

8. Определите влажность грунта, используя необходимые данные: плотность $1,65 \text{ г/см}^3$, масса бюкса 13 г, масса бюкса с влажным грунтом 25,1 г, пористость 0,69, масса бюкса с грунтом после высушивания 23,9 г

а) 0,23	в) 0,11
б) 0,32	г) 0,45

9. При каких испытаниях определяют просадочные свойства грунта?

а) прессиометрические	в) сдвиговые
б) компрессионные	г) фильтрационные

10. Какой крупности соответствует песок данного гранулометрического состава?

Диаметр частиц, мм	От 2 до 10	От 0,5 до 2	От 0,25 до 0,5	От 0,1 до 0,25	Менее 0,1
%	5	15	35	25	20
а) крупный	в) средней крупности				
б) мелкий	г) пылеватый				

Вариант 10

1. В чем измеряют геотермический градиент?

а) в $^{\circ}\text{C}$	в) в процентах
б) в метрах	г) безразмерная величина

2. Как называются горные породы, излившиеся на поверхность литосферы?

а) эндогенные	в) интрузивные
б) экзогенные	г) эффузивные

3. К какой эре относится период Q?

а) Кайнозойской	в) Палеозойской
б) Мезозойской	г) архейской

4. Основной показатель, характеризующий консистенцию грунта:

а) коэффициент пористости (e)	в) коэффициент водонасыщения (S_r)
б) модуль деформации грунта	г) показатель текучести

5. Известны коэффициент пористости и плотность сухого грунта. Что можно определить?

а) плотность твердых частиц	в) пористость
б) естественную плотность	г) влажность

6. Что происходит с коэффициентом пористости песчаных грунтов при воздействии статической нагрузки?

а) увеличивается	в) остается без изменений
б) уменьшается	г) увеличивается по экспоненте

7. Что является деформативной характеристикой дисперсных грунтов?

а) c	в) φ
б) R_0	г) E_0

8. Единица измерения K_{ϕ}

а) $\text{г}/\text{см}^3$	в) МПа
б) %	г) м/сут

9. Что такое карст?

а) разрушение морских берегов в полосе прибоа	в) движение горных пород по склону под действием силы тяжести
б) растворение горных пород подземными водами	г) разрушение горных пород при комплексном воздействии климатических, химических, биологических факторов

10. Найдите примерный удельный вес грунта, если его плотность $\rho = 1,86 \text{ г}/\text{см}^3$

а) $18 \text{ кН}/\text{м}^3$	в) $20 \text{ т}/\text{м}^3$
б) $18,6 \text{ кН}/\text{м}^3$	г) $18,6 \text{ т}/\text{м}^3$

Вариант 11

1. Единица измерения геотермической ступени

а) в $^{\circ}\text{C}$	в) в процентах
б) в метрах	г) безразмерная величина

2. Как называются горные породы, застывшие в литосфере?

а) эндогенные	в) интрузивные
б) экзогенные	г) эффузивные

3. Назовите древнейшую эру

а) PZ	в) AR
б) PR	г) MZ

4. Как определить коэффициент пористости грунта?

а) по числу пластичности	в) взвешиванием
б) расчетом	г) методом компрессионных испытаний

5. Какая из характеристик является постоянной для данного вида грунта?

а) ρ	в) I_p
б) W	г) e

6. Какие связи между частицами в скальных грунтах?

а) криогенные	в) цементационные
б) водно-коллоидные	г) кристаллические

7. Прибор для определения ϕ

а) одометр	в) балансирный конус
б) КФ-00М	г) сдвиговой

8. Грунт имеет следующие характеристики : $W_L = 0,25$; $W_p = 0,10$; $W = 0,16$. Какой это грунт и в каком он находится состоянии?

а) супесь пластичная	в) суглинок тугопластичный
б) суглинок полутвёрдый	г) глина твёрдая

9. Что такое суффозия?

а) растворение горных пород водой	в) вынос движущейся водой частиц из пласта
б) потеря структурной прочности грунта при вибрации	г) смещение пород на склоне при его замачивании

10. Назовите органогенную горную породу

а) мел	в) полевой шпат
б) гранит	г) базальт

Вариант 12

1. Верхний слой литосферы

а) осадочная толща	в) базальтовый слой
б) гранитный слой	г) астеносфера

2. Как называются минералы, образовавшиеся при остывании магмы в литосфере?

а) эндогенные	в) интрузивные
б) экзогенные	г) эффузивные

3. К какой эре относится неогеновый период?

а) Кайнозойской	в) Палеозойской
б) Мезозойской	г) архейской

4. Какие горные породы имеют агрегативную структуру?

а) глины	в) пески
б) супеси	г) суглинки

5. $I_r=20$. Классифицируйте данный грунт по грансоставу?

Диаметр частиц, мм	От 2 до 10	От 0,5 до 2	От 0,25 до 0,5	От 0,1 до 0,25	От 0,05 до 0,1	Менее 0,05
%	10	20	15	10	10	35
а) легкий пылеватый				в) тяжелый пылеватый		
б) легкий песчанистый				г) тяжелый песчанистый		

6. Какие связи между частицами в полускальных грунтах?

а) криогенные	в) цементационные
б) водно-коллоидные	г) кристаллические

7. Как можно определить влажность грунта?

а) Набуханием	в) Весовым методом
б) Пипеточным методом	г) С помощью балансирного конуса

8. Грунт имеет следующие характеристики: $W_L = 0,39$; $W_p = 0,14$; $W = 0,1$. Какой это грунт и в каком он находится состоянии?

а) супесь пластичная	в) суглинок тугопластичный
б) суглинок полутвёрдый	г) глина твёрдая

9. Как формируются аллювиальные отложения?

а) при геологической деятельности болот	в) при геологической деятельности рек
б) при геологической деятельности ледников	г) при геологической деятельности морей

10. Выделите эффузивную горную породу

а) мрамор	в) базальт
б) гранит	г) мел

Вариант 13

1. Самый распространенный химический элемент в литосфере

а) кислород	в) кальций
б) водород	г) кремний

2. Как называются минералы, образовавшиеся на поверхности литосферы?

а) эндогенные	в) интрузивные
б) экзогенные	г) эффузивные

3. Каким соотношением связаны между собой плотность грунта ρ и удельный вес γ ?

а) $\rho = \gamma g$	в) $\rho = g/\gamma$
б) $\gamma = \rho g$	г) $\gamma = \rho/g$

4. Что понимать под плотностью грунта?

а) суммарный объем пор в единице объема грунта	в) масса воды, отнесенная к массе сухого грунта
б) масса единицы объема грунта	г) степень заполнения пор водой

5. $I_p = 14$. Классифицируйте данный грунт по грансоставу?

Диаметр частиц, мм	От 2 до 10	От 0,5 до 2	От 0,25 до 0,5	От 0,1 до 0,25	От 0,05 до 0,1	Менее 0,05
%	10	20	15	10	10	35
а) легкий пылеватый				в) тяжелый пылеватый		
б) легкий песчанистый				г) тяжелый песчанистый		

6. Какие связи между частицами в глинистых дисперсных грунтах?

а) криогенные	в) цементационные
б) водно-коллоидные	г) кристаллические

7. Что можно определить по компрессионной кривой?

а) c	в) ϕ
б) R_0	г) E_0

8. В какой эре мы живем?

а) AR	в) KZ
б) PZ	г) MZ

9. Какие формы рельефа слагают аллювиальные отложения?

а) камы, озы	в) воронки, карры
б) поймы, надпойменные террасы	г) барханы, дюны

10. Определите влажность грунта, используя необходимые данные: плотность грунта $1,87 \text{ г/см}^3$, масса бюкса 15 г, масса бюкса с влажным грунтом 26,8 г, пористость 0,42, масса бюкса с грунтом после высушивания 24,1 г

а) 0,29	в) 0,18
б) 0,37	г) 0,49

Вариант 14

1. Верхний слой мантии пониженной прочности и вязкости

а) литосфера	в) гидросфера
б) атмосфера	г) астеносфера

2. Чем измеряют твердость минералов?

а) шкала Мооса	в) метод Казагранде
б) шкала Рихтера	г) формула Дарси

3. В каком состоянии находится суглинок, если его природная влажность $W > W_L$?

а) Тугопластичном	в) Текучем
б) Твердом	г) Мягкопластичном

4. По каким классификационным показателям определяется наименование глинистого грунта?

а) по числу пластичности	в) по плотности сложения
б) по коэффициенту неоднородности	г) по коэффициенту водонасыщения

5. Что можно определить по кривой грансостава?

а) плотность	в) пластичность
б) влажность	г) однородность

6. По какой характеристике определяют класс грунта?

а) по структурным связям	в) по минеральному составу
б) по наименованию	г) по происхождению

7. В чем измеряют ϕ ?

а) градусы	в) проценты
б) килопаскали	г) безразмерная величина

8. Основной закон движения воды в грунтах

а) закон Кулона	в) закон Дарси
б) закон Ома	г) закон Ньютона

9. Как называются процессы образования полостей в грунте?

а) конвергенция и дивергенция	в) карст и суффозия
б) делювиальные	г) горст и грабен

10. Сколько периодов выделяют в кайнозойской эре?

а) 6	в) 9
б) 3	г) 2

Вариант 15

1. Слой земной коры, подстилающий осадочную толщу

а) мантия	в) базальтовый слой
б) гранитный слой	г) астеносфера

2. Назовите I группу горных пород по происхождению.

а) магматические	в) метаморфические
б) техногенные	г) осадочные

3. При каких условиях возникает депрессионная воронка?

а) нагнетание воды в скважину	в) при изменении влажности грунта
б) откачка воды из скважины	г) при бурении скважины

4. Какой из показателей характеризует отношение объема пор к объему твердых частиц грунта, выраженный в долях единицы?

а) пористость (n)	в) плотность сухого грунта (p_d)
б) коэффициент пористости (e)	г) плотность частиц грунта (p_s)

5. По какой характеристике выделяют разновидности песчаного грунта?

а) грансостав	в) пластичность
б) влажность	г) удельный вес

6. Способность грунтов уменьшать свой объем при высыхании это:

а) просадка	в) набухание
б) осадка	г) усадка

7. Выделите из нижеперечисленных характеристик грунта – механическую.

а) I_p	в) e
б) ρ	г) c

8. Что характеризует отношение разности напоров к длине фильтрации?

а) гидравлический градиент	в) фильтрационный поток
б) дебит	г) коэффициент фильтрации

9. Как называется бурный грязекаменный поток, движущийся по склонам?

а) оползень	в) пльвун
б) осова	г) сель

10. При каком значении показателя текучести грунт прочнее?

а) $I_L > 1$	в) $I_L > 0$
б) $I_L < 1$	г) $I_L < 0$

Вариант 16

1. Водная оболочка Земли

а) литосфера	в) гидросфера
б) атмосфера	г) астеносфера

2. Назовите II группу горных пород по происхождению.

а) магматические	в) метаморфические
б) техногенные	г) осадочные

3. Какой период обозначается индексом Q?

а) Четвертичный	в) Неогеновый
б) Кембрийский	г) Четвертой

4. Основные показатели физических свойств грунтов:

а) коэффициент пористости (e)	в) плотность грунта (ρ)
б) число пластичности (J_p)	г) коэффициент водонасыщения (S_r)

5. Плотность грунта $1,74 \text{ г/см}^3$. Какова масса в килограммах 1 м^3 ?

а) 17400	в) 1740
б) 17,4	г) 174

6. Выделите из нижеперечисленных характеристик грунта – прочностную.

а) E_0	в) e
б) ρ	г) c

7. Какие отложения формируются в результате поверхностного смыва грунта?

а) аллювиальные	в) делювиальные
б) элювиальные	г) гляциальные

8. Как называется структура грунта, если отсутствуют связи между частицами?

а) слитная	в) агрегативная
б) зернисто-пленочная	г) раздельно-зернистая

9. Как определяют W_p глинистого грунта?

а) метод режущего кольца	в) раскатыванием в жгутики
б) ситовой метод	г) погружением конуса

10. При каком значении показателя текучести грунт наименее прочный?

а) $I_L > 1$	в) $I_L > 0$
б) $I_L < 1$	г) $I_L < 0$

Вариант 17

1. Складка, обращенная выпуклостью вверх

а) синклиналь	в) взброс
б) антиклиналь	г) флексура

2. Назовите III группу горных пород по происхождению.

а) магматические	в) метаморфические
б) техногенные	г) осадочные

3. Какой из классификационных показателей состава обломочных пород служит для оценки степени неоднородности грунта?

а) минеральный состав	в) число пластичности (J_p)
б) химический состав	г) гранулометрический состав

4. Определите число пластичности грунта при следующих условиях:
 $W_L=0,40$; $W_p=0,20$; $W = 0,25$; $e = 0,5$; $\gamma = 20 \text{ кН/м}^3$?

а) 10%	в) 20%
б) 15%	г) 25%

5. Прибор для определения прочностных характеристик грунта

а) одометр	в) КФ-00М
б) сдвиговой прибор	г) балансирный конус

6. $d_{10}=0,18 \text{ мм}$. Чему равен коэффициент фильтрации песка?

а) 32,4 м/сут	в) 180 м/сут
б) 18 м/сут	г) 3,24 м/сут

7. Какие отложения обозначают индексом L?

а) аллювиальные	в) ледниковые
б) озерные	г) эоловые

8. Что можно определить, зная e и ρ_s ?

а) ρ_d	в) γ_{II}
б) W	г) ρ

9. Назовите I класс грунтов по строительной классификации?

а) скальные	в) мерзлые
б) дисперсные	г) техногенные

10. Выделите горную породу, подверженную карсту:

а) базальт	в) гранит
б) известняк	г) мрамор

Вариант 18

1. Складка, обращенная выпуклостью вниз

а) синклиналь	в) сброс
б) антиклиналь	г) грабен

2. Назовите горную породу, образовавшуюся в результате накопления отмерших организмов

а) мел	в) слюда
б) гранит	г) кварцит

3. Как определить консистенцию грунта?

а) методом режущего кольца	в) ситовым методом
б) расчетом	г) методом сдвиговых испытаний

4. Что можно определить методом насыщения?

а) грансостав песчаного грунта	в) пластичность глинистого грунта
б) влажность глинистого грунта	г) пористость песчаного грунта

5. Прибор для определения деформативных характеристик грунта

а) одометр	в) КФ-00М
б) сдвиговой прибор	г) балансирный конус

6. Что определяет величина S при откачке воды?

а) изменение коэффициента водонасыщения	в) изменение коэффициента фильтрации
б) изменение уровня грунтовых вод	г) изменение дебита источника

7. Как называют отложения, сформировавшиеся в результате таяния ледников?

а) гляциальные	в) аллювиальные
б) флювиогляциальные	г) ледниковые

8. Сколько составит плотность грунта, если плотность скелета грунта $1,5 \text{ г/см}^3$, а влажность $0,2$

а) $1,8 \text{ г/см}^3$	в) $0,75 \text{ г/см}^3$
б) 3 г/см^3	г) $1,3 \text{ г/см}^3$

9. Какую структуру имеет суглинок?

а) слитную	в) агрегативную
б) зернисто-пленочную	г) раздельно-зернистую

10. В каком случае глина становится текучей?

а) $W > W_L$	в) $W = W_P$
б) $W < W_P$	г) $W < W_L$

Вариант 19

1. Метод определения возраста горных пород по окаменелостям остатков животного и растительного мира

а) абсолютный	в) изометрический
б) палеонтологический	г) стратиграфический

2. Особенности метаморфических горных пород, образованных из осадочных:

а) прочность выше, чем у исходных осадочных	в) увеличение содержания глинистых примесей
б) прочность ниже, чем у исходных осадочных	г) уменьшение содержания глинистых примесей

3. Производные характеристики физических свойств грунтов:

а) плотность грунта	в) влажность
б) плотность частиц грунта	г) коэффициент пористости

4. Что определяют методом режущего кольца?

а) плотность	в) пластичность
б) влажность	г) пористость

5. Как обозначается коэффициент сжимаемости грунта?

а) c	в) φ
б) m_0	г) E_0

6. Как называют отложения, обозначаемые индексом e ?

а) эоловые	в) делювиальные
б) элювиальные	г) пролювиальные

7. Какие горные породы имеют слитную структуру?

а) глины	в) пески
б) супеси	г) суглинки

8. Назовите нижний предел пластичности

а) W_L	в) W
б) W_P	г) I_P

9. Какой метод применяют для сохранения свойств грунта при транспортировке?

а) метод режущего кольца	в) метод высушивания при $t = 105^\circ \text{C}$
б) метод парафинирования	г) ситовой метод

10. Какой крупности соответствует песок данного гранулометрического состава?

Диаметр частиц, мм	От 2 до 10	От 0,5 до 2	От 0,25 до 0,5	От 0,1 до 0,25	Менее 0,1
%	10	20	15	45	10
а) крупный				в) гравелистый	
б) мелкий				г) пылеватый	

Вариант 20

1. Какой из этих методов определения возраста горных пород является абсолютным?

а) по радиоактивному распаду элементов	в) изометрический
б) палеонтологический	г) стратиграфический

2. Особенности метаморфических горных пород, образованных из магматических:

а) прочность выше, чем у исходных магматических	в) увеличение содержания глинистых примесей
б) прочность ниже, чем у исходных магматических	г) уменьшение содержания глинистых примесей

3. Степень неоднородности грунта по гранулометрическому составу оценивается по:

$$\text{Ответы: а) } \rho = \frac{m}{V};$$

$$\text{б) } S_r = \frac{W \rho_s}{e \rho_{\text{воды}}};$$

$$\text{в) } C = \frac{d_{60}}{d_{10}};$$

$$\text{г) } J_p = W_L - W_p.$$

4. Естественная плотность грунта 1,85 г/см³. Сколько составит масса 5 м³ грунта?

а) 9,25 т	в) 1,85 т
б) 0,37 т	г) 5 т

5. В каких осях строят компрессионную кривую?

а) е и σ	в) с и φ
б) σ и τ	г) m ₀ и E ₀

6. За счет чего происходит инфильтрация?

а) сил земного притяжения	в) формирование депрессионной воронки
б) откачки воды из скважины	г) за счет напорного градиента

7. Как называют отложения, образованные в результате процесса выветривания?

а) эоловые	в) делювиальные
б) элювиальные	г) пролювиальные

8. Назовите обломочную осадочную горную породу

а) глина	в) мрамор
б) мел	г) известняк

9. Какую структуру имеет глина?

а) слитную	в) агрегативную
б) зернисто-пленочную	г) раздельно-зернистую

10. Как называют отложения, обозначаемые индексом а?

а) ледниковые	в) речные
б) ветровые	г) морские

Вариант 21

1. В результате какого процесса происходит образование рифтов и каньонов?

а) конвергенция	в) кольматация
б) дивергенция	г) солифлюкция

2. Особенности залегания осадочных горных пород:

а) слоистость	в) дислокация
б) простиране	г) угол падения

3. Классификационные показатели грунтов:

а) плотность грунта	в) удельный вес грунта
б) гранулометрический состав	г) пористость грунта

4. Для определения какой характеристики используют плотность воды?

а) S_r	в) γ_{II}
б) W	г) ρ

5. Что происходит при понижении W_L в грунте при откачке воды из скважины?

а) изменение влажности на границе текучести	в) изменение коэффициента фильтрации грунта
б) формирование депрессионной воронки	г) формирование дебита источника

6. Как называют отложения, обозначаемые индексом g ?

а) ледниковые	в) речные
б) ветровые	г) морские

7. Назовите III класс грунтов по строительной классификации?

а) скальные	в) мерзлые
б) дисперсные	г) техногенные

8. Какой крупности соответствует песок данного гранулометрического состава?

Диаметр частиц, мм	От 2 до 10	От 0,5 до 2	От 0,25 до 0,5	От 0,1 до 0,25	Менее 0,1
%	10	20	15	20	35
а) крупный					в) гравелистый
б) мелкий					г) пылеватый

9. $I_p=12$. Какой грунт представлен?

а) песчаный	в) крупнообломочный
б) глинистый	г) полупесчаный

10. Какую консистенцию имеет грунт, если $W < W_p$?

а) текучую	в) полутвердую
б) твердую	г) пластичную

Вариант 22

1. Структурные зоны планеты Земля

а) ядро, мантия, литосфера	в) астеносфера, литосфера
б) базальты, осадочная толща, граниты	г) атмосфера, гидросфера, биосфера

2. Назовите самородный минерал

а) каменная соль	в) гипс
б) кварц	г) графит

3. Как определить влажность грунта?

а) методом парафинирования	в) по коэффициенту неоднородности
б) ситовым методом	г) методом высушивания при $t = 105^\circ \text{C}$

4. Что можно определить по удельному весу грунта?

а) плотность	в) разновидность
б) влажность	г) грансостав

5. Как называют речные отложения?

а) аллювиальные	в) делювиальные
б) элювиальные	г) пролювиальные

6. Какой характеристикой является естественная влажность?

а) постоянной	в) классификационной
б) переменной	г) производной

7. Как определяют W_L глинистого грунта?

а) метод режущего кольца	в) раскатыванием в жгутики
б) ситовой метод	г) погружением конуса

8. Известно I_L . Что можно определить?

а) консистенцию глинистого грунта	в) разновидность песчаного грунта
б) разновидность глинистого грунта	г) крупность песчаного грунта

9. Назовите IV класс грунтов по строительной классификации?

а) скальные	в) мерзлые
б) дисперсные	г) техногенные

10. От чего зависит разновидность глинистых грунтов?

а) от количества воды, содержащейся в порах грунта	в) от содержания глинистых частиц и их минералогического состава
б) от консистенции	г) от плотности грунта

Вариант 23

1. В результате какого процесса происходит образование грабена?

а) взброс	в) сброс
б) дивергенция	г) сдвиг

2. Породы, подвергшиеся воздействию давления и температуры

а) осадочные	в) метаморфические
б) техногенные	г) магматические

3. Что определяют по шкале Рихтера?

а) силу землетрясения	в) твердость минерала
б) разновидность глинистого грунта	г) крупность песчаного грунта

4. Какие формы рельефа слагают эоловые отложения?

а) овраги, промоины	в) воронки, карры
б) поймы, надпойменные террасы	г) барханы, дюны

5. Какую структуру имеет песок?

а) слитную	в) агрегативную
б) зернисто-пленочную	г) раздельно-зернистую

6. Что можно определить, зная пределы пластичности?

а) консистенцию глинистого грунта	в) разновидность песчаного грунта
б) разновидность глинистого грунта	г) крупность песчаного грунта

7. Какой из показателей характеризует отношение объема пор к объему грунта, выраженный в долях единицы?

а) пористость (n)	в) коэффициент пористости (e)
б) плотность частиц грунта (p_s)	г) плотность сухого грунта (p_d)

8. Известен объем воды в порах и объем пор грунта. Что можно найти?

а) S_r	в) φ
б) W	г) e

9. Как определить плотность сложения песчаного грунта?

а) по e и грансоставу	в) по влажности
б) по плотности	г) по грансоставу

10. В каком случае глина становится твердой?

а) $W > W_L$	в) $W = W_L$
б) $W < W_p$	г) $W = I_p$

Вариант 24

1. горные породы, слагающие литосферу в порядке их расположения

а) базальты, граниты, осадочные породы	в) граниты, базальты, осадочная толща
б) базальты, осадочная толща, граниты	г) ядро, мантия, земная кора

2. К какой группе пород по происхождению относится мел?

а) осадочные	в) метаморфические
б) техногенные	г) магматические

3. Какой из показателей плотности определяется методом режущего кольца?

а) плотность сухого грунта (ρ_d)	в) плотность частиц грунта (ρ_s)
б) коэффициент пористости (e)	г) плотность грунта (ρ)

4. Какие горные породы имеют зернисто-пленочную структуру?

а) глины	в) пески
б) супеси	г) суглинки

5. Назовите верхний предел пластичности

а) W_L	в) W
б) W_P	г) I_p

6. Какие отложения формируются в результате геологической деятельности ветра?

а) аллювиальные	в) гляциальные
б) эоловые	г) пролювиальные

7. Какой крупности соответствует песок данного гранулометрического состава?

Диаметр частиц, мм	От 2 до 10	От 0,5 до 2	От 0,25 до 0,5	От 0,1 до 0,25	Менее 0,1
%	23	32	15	20	10
а) крупный				в) гравелистый	
б) мелкий				г) пылеватый	

8. Назовите II класс грунтов по строительной классификации?

а) скальные	в) мерзлые
б) дисперсные	г) техногенные

9. Что такое S_v ?

а) масса воды, отнесенная к массе сухого грунта	в) масса единицы объема грунта с его порами, но без воды
б) объем воды в порах, отнесенный к объему пор	г) объем пор, отнесенный к объему грунта

10. К какой группе относятся породы, излившиеся на поверхность литосферы?

а) I	в) III
б) II	г) IV

Библиографический список

1. *Ананьев, В.П.* Инженерная геология: учебник / В.П. Ананьев, Л.В. Потапов. – М.: Высшая школа, 2002.
2. *Передельский Л.В.* Инженерная геология: учебник / Л.В. Передельский, О.Е. Приходченко. – Ростов-на-Дону.: «Феникс», 2006.
3. СП 11-105-97. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. – М., 1997.
4. ГОСТ 25100-95. Грунты. Классификация. – М., 1995.
5. Инженерная геология: методические указания к выполнению лабораторных работ / сост: В.Ф. Карякин, Н.Н. Оноприенко. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.г.Шухова, 2006.

Учебное издание

Карякин Виктор Федорович
Ашихмин Павел Сергеевич

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ

Учебное пособие

Подписано в печать	Формат 60x84/16	Усл. печ. л.	Уч. изд. л.
Тираж экз.	Заказ	Цена	
Отпечатано в Белгородском государственном технологическом университете им. В.г. Шухова			
308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46			