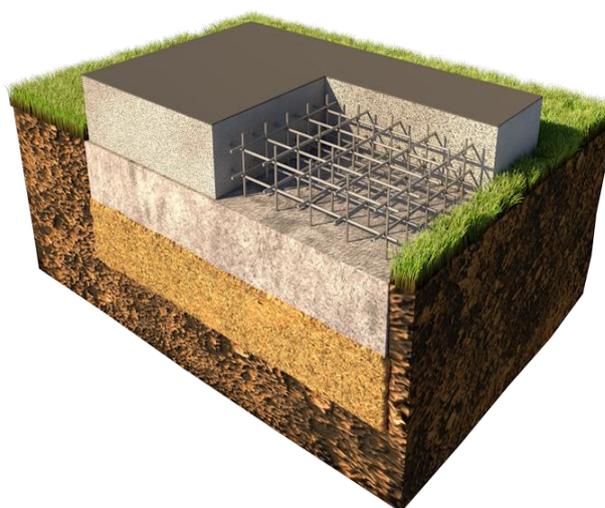
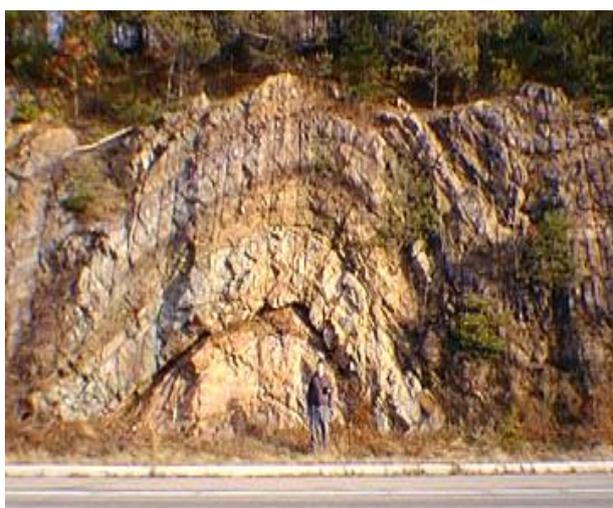


РЕСПУБЛИКА УЗБЕКИСТАН  
МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ  
ТЕРМИЗСКИЙ ФИЛИАЛ  
ТАШКЕНТСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО  
УНИВЕРСИТЕТА



**Кафедра «Транспортные сооружения и  
технологический машины» Учебно-методический  
комплекс по дисциплине  
«ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ. МЕХАНИКА ГРУНТОВ. ОСНОВАНИЯ И  
ФУНДАМЕНТЫ»**



**РЕСПУБЛИКА УЗБЕКИСТАН**  
**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО**  
**ОБРАЗОВАНИЯ**  
**ТЕРМИЗСКИЙ ФИЛИАЛ**  
**ТАШКЕНТСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО**  
**УНИВЕРСИТЕТА имени И.КАРИМОВА**

Принят по списки

№ “-----“ -----

« \_ » \_\_\_\_\_ 2020 г.

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

\_\_\_\_\_ доцент Ф.Ж. Носиров

« \_ » \_\_\_\_\_ 2020 г.



**Кафедра «Транспортные сооружения и  
технологический машины» Учебно-методический  
комплекс по дисциплине**  
**« ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ. МЕХАНИКА ГРУНТОВ. ОСНОВАНИЯ И  
ФУНДАМЕНТЫ»**

Сфера знания: 300 000 - Производство и техническая отрасль

Сфера образования: 340 000 - Архитектура и строительство зданий

Образовательная Направление: 5340600 – Эксплуатация транспортных сооружений.

5340800 – Автомобильные дороги и аэродромы

УМК разработан на основе учебной программы, утвержденной Министерством высшего и среднего специального образования Республики Узбекистан в 20\_\_ г

Составитель:

**Н.С.Файзудинов**                      Ассистент кафедры «Эксплуатация транспортных сооружений и Автомобильные дороги» Термезского филиала ТГТУ

**Л.Ш.Каюмова.**                      Ассистент кафедры «Эксплуатация транспортных сооружений и Автомобильные дороги» Термезского филиала ТГТУ

**З.Ч.Аманов**                      «Эксплуатация транспортных сооружений и Автомобильные дороги» Термезского филиала ТГТУ

Рецензенты:

**Ашуров Э.Т**                      Старший преподаватель кафедры «Архитектура и строительство зданий» Термезского государственного университета

**Ж.Д.Авазов**                      Начальник учебно-методического отдела Термезского филиала ТГТУ

УМК утверждена на основе приказа №\_\_\_\_\_ от «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ года Министерства высшего и среднего специального образования Республики Узбекистан в соответствии с учебной программой по курсу «Инженерная геология. Механика грунтов. Основания и фундаменты»

Рабочая учебная программа была обсуждена на заседании кафедры «Транспортные средства и технологические машины» и рекомендована к утверждению на Совет факультета “\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2020 г. протоколом № 1.

**Зав.кафедры:**

**М.каримов**

Рабочая программа обсуждена и рекомендована к утверждению на учебно-методическом Совете факультета “\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2020 г. протоколом № 1.

**Председатель Совета:**

**Б.Х.Хушбоков.**

Рабочая программа обсуждена и рекомендована к утверждению на учебно-методическом Совете факультета “\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2020 г. протоколом № 1

**Руководител учебно методичекой отдела**

**Ж.Авазов.**

**РЕСПУБЛИКА УЗБЕКИСТАН**  
**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ**  
**ТЕРМИЗСКИЙ ФИЛИАЛ**  
**ТАШКЕНТСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА**

Принят по списки

№ “-----“ -----

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г.

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

\_\_\_\_\_ дотцент Ф.Ж. Носиров

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г.

**ЛЕКЦИИ ПО**  
**« Инженерная геология. Механика грунтов.**  
**Основания и фундаменты»**

для специальности  
«Строительство и эксплуатация зданий и сооружений»  
(базовая подготовка)

Сфера знания: 300 000 - Производство и техническая отрасль

Сфера образования: 340 000 - Архитектура и строительство зданий

Образовательная Направление: 5340600 – Эксплуатация транспортных сооружений.

5340800 – Автомобильные дороги и аэродромы

Дисциплина «Инженерная Геология» является базовой для изучения последующих в учебной программе дисциплин: «Механика грунтов», «Основания и фундаменты», «Технология строительного производства», «Строительные материалы». Ее можно считать кирпичиком в основании знаний, позволяющих принимать правильные решения при строительстве зданий, сооружений и освоении подземного пространства.

**Целью дисциплины** является формирование у студентов представления об условиях и закономерностях образования и состава грунтов, формировании и перемещении подземных вод, геологических процессах, научить их различать основные породообразующие минералы, горные породы, понимать геологическую графику.

**Задачи дисциплины:**

-Научить студента умению распознавать состав грунтов, условия обводнения на строительной площадке, закономерности геологических процессов, а также принципам наиболее рационального размещения сооружений.

-Рассмотреть и объяснить наиболее распространенные геологические процессы и явления, дать анализ мер защиты от геологических явлений и процессов.

**Основными вопросами, изучаемыми в курсе геологии, являются:**

-Задачи инженерной геологии на строительной площадке. Земля в мировом пространстве, ее происхождение и строение. Основные геологические процессы в минералообразовании.

-Горные породы, их происхождение и отличительные признаки. Общие законы в образовании горных пород. Возраст горных пород. Составляющие элементы и структурные связи грунтов. Физические характеристики грунтов и их классификация.

-Общие понятия о геологических и инженерно-геологических процессах.

-Закон фильтрации, дебиты совершенного и несовершенного колодцев, траншей, котлованов, взаимодействие водозаборов

-Инженерно-геологические изыскания.

**Предусмотренные программой лабораторные работы будут посвящены:**

-приобретению студентами навыков и умений распознавать магматические, осадочные и метаморфические породы;

□приобретению умения составлять карты гидроизогипс по заданным условиям;

-приобретению умения строить геологический разрез по заданным условиям.

Конспект лекций составлен таким образом, что без усвоения каждой предыдущей лекции практически невозможно изучить материал, изложенный в последующей. Для повышения эффективности усвоения материала основные термины и определения в лекциях выделены жирным шрифтом или курсивом.

В конце каждой лекции приведены вопросы для самопроверки. Все это направлено на одну цель – эффективное усвоение материала и подготовку к сдаче тестового зачета.

## Содержание

<b>№</b>	<b>Название главы</b>	<b>страницы</b>
<b>Глава</b>	<b>Учебные материалы</b>	
1.1	Материалы лекции	
1.2	Практическое занятие	
1.3	Лабораторные материалы	
<b>Глава</b>	<b>Самостоятельная работа</b>	
<b>Глава</b>	<b>Глосарий</b>	
	Приложения	
	Рабочая программа по дисциплине	
	Рабочая учебная программа	
	Тесты	
	Электронная форма раздаточного материала	
	Электронная форма дополнительных учебных материалов	
	Электронная форма учебно-методического комплекса	

# 1-модуль: «Основы инженерной геологии»

## ЛЕКЦИЯ 1

### Тема №.1: Общественно-политическое значение науки инженерная геология и механики грунтов.

#### План:

- 1) Важнейшие проблемы и методы исследования «Инженерная геология и механика грунтов», историческая и общая информация о науке.
- 2) Роль инженерной геологии и механики грунту в проектировании, строительстве и эксплуатации зданий.
- 3) Региональные проблемы в строительстве транспортных средств и достижения в науке, технике и технологии. Основные задачи науки.

**Ключевые слова:** инженерная геология и механика грунтов, инженерные геологические условия, инженерная деятельность, основные задачи, почвоведение, гидрогеология, инженерная геодинамика, геоморфология.

*1.1 Актуальные проблемы и методы исследования «Инженерная геология и механика грунтов», историческая и общая информация о науке.*

С независимостью республики ее экономическое развитие заставляет проектировщиков в транспортном и строительном секторах проектировать доступные и надежные структуры. Инженерно-геологические условия означают изучение распределения горных пород, их особенностей, а также процессов и явлений, распределения подземных и поверхностных вод.

Инженерная геология - это геологический предмет, который учит человеческой инженерии в самой верхней части Земли, в процессах и событиях, которые в ней происходят. Основными задачами инженерной геологии и механики грунтов являются:

Задача 1: Изучить состав и свойства горных пород;

Задача 2: Разработать меры по улучшению, если эти функции плохие;

Задача 3: Предвидеть, какие геологические изменения произойдут после завершения строительства в подстилающих породах участка.

Задача 4: Предвидеть причины геологических процессов и явлений и разрабатывать меры по их устранению.

**Наука инженерная геологии представляет собой другое науки:**



- 1) Грунтоведение - наука, которая учит составу, структуре и свойствам камней или грунта (относится к любому камню, который служит фундаментом здания и используется в качестве строительного материала).
- 2) Гидрология - наука о подземных водах, которая изучает образование, распределение и распределение подземных вод.
- 3) Механика грунта - это предмет, который изучает прочность и устойчивость грунта.
- 4) Инженерная геология - наука о процессах и явлениях в земной коре.
- 5) Региональная инженерная геология - это дисциплина, которая учит области по регионам, районам и частям в зависимости от их геологических условий.
- 6) Ликология - это наука, которая учит составу, структуре и свойствам рыхлых и известняковых пород. Отношение инженерной геологии к другим дисциплинам.

Инженерная геология тесно связана с естественными и геологическими науками.

- 1) Минералогия - это наука о минералах, которая изучает состав и свойства минералов.
- 2) Петрография - это наука, которая изучает горную породу, ее формирование и характер.
- 3) Литология - это наука, которая изучает распределение и типы пород.
- 4) Тектоника - наука о движении Земли.
- 5) Почвоведение.

(Почва является самой верхней частью земли и называется корнем растения.)

- 6) Историческая геология - это наука об истории Земли.
- 7) Геоморфология - это наука, которая изучает образование земли, морф - форму, то есть форму земли.
- 8) Геофизика - это дисциплина, которая обучает методам сокращения инженерных и геологических работ на месте с использованием физических инструментов.

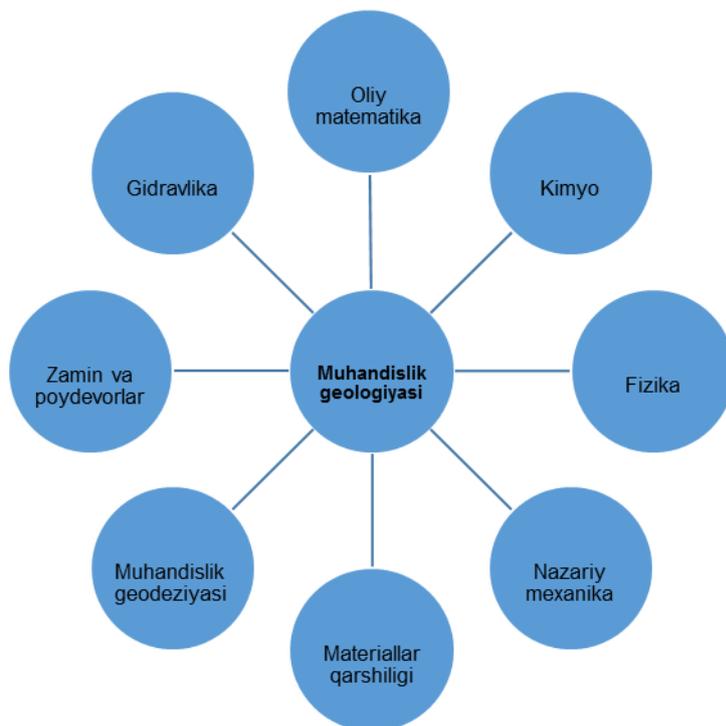
кластер

Кластер - это набор, способ отображения информации, сбора идей вокруг некоторого ключевого фактора для централизации и определения сути всей структуры. Это помогает свободно и открыто рисовать воображение.

Таблица классификации

Диаграмма классификации - это (общий) признак, который указывает на важность типа и взаимосвязи и обеспечивает агрегирование данных на основе отдельных симптомов.

Развивает системное мышление, структуру данных, систематизацию.



## 1.2. Задачи инженерной геологии на строительной площадке

Каждое здание и сооружение возводится и эксплуатируется в соответствующих природных условиях и непосредственно связано своим фундаментом с верхним слоем литосферы Земли. Горные породы принимают нагрузку от зданий и сооружений, при этом их называют грунтами. От их прочности и деформируемости зависит обеспечение нормальных условий эксплуатации жилых

и гражданских домов, промышленных зданий, линейных сооружений и т. д. На территориях, где происходит строительство, действуют геологические процессы (движение поверхностных и подземных вод, землетрясения и т. д.), которые в свою очередь могут нарушать нормальные условия эксплуатации объектов и даже разрушить их. В свою очередь, строительство и дальнейшая эксплуатация зданий и сооружений влияют на геологические процессы, усиливают их, приводят в действие новые, так называемые техногенные процессы (подтопление территорий, деформацию крепи туннелей метро, оползни и т. д.). Таким образом, не только от конструктивных особенностей зданий и сооружений зависит их эксплуатационное качество. Большое значение в этом плане имеет обеспечение надежного основания каждого здания и сооружения.

Необходимо обратить внимание еще и на то, что все эти факторы необходимо рассматривать с экономической точки зрения. Чем сложнее условия строительства, тем больше его стоимость. Так, для обычных инженерно-геологических условий стоимость затрат на приспособление к ним зданий и сооружений составляет 10 – 15 % от общей стоимости строительно-монтажных работ. В сложных условиях эта часть может составлять **80%** и более.

В соответствии с мировой статистикой **80%** всех нарушений нормальных условий эксплуатации зданий и сооружений случается вследствие недостатков

и ошибок при *проектировании, строительстве, эксплуатации оснований и фундаментов*. Затраты на устранение этих негативных явлений можно сравнить лишь с начальной стоимостью строительства. Исходя из приведенных фактов, можно утверждать, что в процессе фундаментостроения необходимо искать решения между двумя противоречиями: *с одной стороны, основания и фундаменты должны быть надежными*, то есть обеспечивать нормальные условия эксплуатации зданий и сооружений весь нормативный срок их существования; а с другой – *необходимо снизить их стоимость и материалоемкость* на основе современных теоретических и технических достижений.

**Ученые, проектировщики, производственники – все они должны:**

- владеть знаниями и навыками по оценке основания сооружений;
- уметь предвидеть те изменения, которые могут с ним произойти в процессе строительства и эксплуатации объектов;
- создавать для них такие конструкции фундаментов и искусственных оснований, которые бы обеспечили их нормативный срок эксплуатации.

Таким образом, **инженерная геология изучает и оценивает геологические факторы (геологическое строение, рельеф и геоморфологию, гидрогеологические условия, состав и свойства грунтов), влияющие на инженерные сооружения, выбор места их расположения, конструкцию, способы выполнения работ**. Инженерное сооружение, в свою очередь, может изменить существующие природные геологические условия и процессы (осадка, просадка, опускание поверхности земли в результате подработки, разработка берегов водохранилищ, подтопление и т. д.).

Начало использования данных геологических наблюдений и исследований при строительстве инженерных сооружений относится к XVIII в. По мнению Н.Н. Маслова, первой работой в этой области следует считать «Мемориальную записку о заводском производстве», составленную Григорием Махотиным. В этой «Записке» содержатся ценные указания по обоснованию возведения плотин и заводских сооружений.

На необходимость проведения геологических наблюдений и исследований для строительства указывал еще М.В. Ломоносов, который в своей работе «О слоях земных» писал: «...строитель внимает твердости земли во рвах для оснований». Интересно отметить, что вначале геологические исследования для строительства вели сами строители. Русский инженер путей сообщения М.С. Волков в работах «Записка об исследовании грунтов земли, производимом

в строительном искусстве» (1835) и «Об основаниях каменных зданий» (1840) привел в систему геологические исследования для строительства и составил продуманную классификацию грунтов как оснований сооружений.

Английский землемер, строитель дорог и каналов В. Смит (1769 – 1839) не только производил наблюдения для непосредственного использования при строительстве, но, обобщая полученные данные, открыл возможность сопоставления осадочных пород по заключенным в них окаменевшим остаткам животных и растений. Так было положено начало палеонтологическому методу

визучения последовательности напластований осадочных толщ.

Изучая горные породы как грунты оснований зданий и сооружений, инженеры-строители в первую очередь стремились определить величину сопротивления грунтов передаваемым на них нагрузкам. Чрезвычайно плодотворными были исследования русских инженеров Г.Е. Паукера и В.И. Курдюмова, положивших начало теории прочности и устойчивости грунтов как оснований сооружений. В дальнейшем эти труды стали той основой, на которой возникла новая наука – механика грунтов.

Получив дальнейшее развитие в трудах советских и зарубежных ученых, механика грунтов прочно заняла свое место в комплексе инженерно-строительных знаний. Однако, будучи дисциплиной физико-математического цикла, механика грунтов устанавливает математически выраженные закономерности взаимодействия между сооружениями и грунтами оснований только в той мере,

в какой процессы, происходящие при этом в них, являются механическими. В действительности, в горных породах возникают, кроме механических, еще и химические, электрофизические и даже, в отдельных случаях, биологические процессы. Уже в силу одного этого обстоятельства механика грунтов не может подменить собой инженерно-геологические исследования, однако математический аппарат этой дисциплины может быть широко использован в инженерной геологии.

Кроме того, в механике грунтов рассматривается только так называемая «напряженная зона», т. е. сравнительно ограниченный массив, в котором развиваются практически ощутимые дополнительные напряжения и деформации от нагрузки, передаваемой строящимся сооружением.

Задача инженерной геологии шире – она призвана выявить все условия, в которых происходит взаимодействие строящихся и законченных сооружений с окружающей их природной средой на всем пространстве, охваченном этим взаимодействием. Например, постройка даже небольшой плотины может вызвать подъем уровня грунтовых вод на большом пространстве и, следовательно, вызвать изменения в условиях существования зданий и сооружений, у которых фундаменты и подвальные этажи первоначально находились выше уровня грунтовых вод. По этой причине **главной целью инженерной геологии**

***является изучение обстановки на местности до начала строительства, а также прогнозирование тех изменений, которые произойдут в геологической среде, прежде всего в породах, в процессе строительства и при эксплуатации сооружений.***

**Современная инженерная геология как наука ставит перед собой три основные задачи:**

1. Изучение состава, структуры, состояния, свойств и условий распространения горных пород (грунтов), определяющих их поведение при взаимодействии с инженерным сооружением.

2. Изучение геологических процессов как природных, так и возникающих в связи с возведением и эксплуатацией зданий, сооружений; освоение подземного пространства с целью установления характера этих процессов, их влияния на существование зданий и сооружений, а также разработка рекомендаций по регулированию этого влияния.

3. Определение закономерностей распространения инженерно-геологических элементов.

Поскольку в строительной практике горные породы принято называть грунтами, начальный раздел инженерной геологии, решающий первую из перечисленных задач, получил название ***грунтоведения***. Раздел, в котором решается вторая задача, называется ***динамической инженерной геологией*** или собственно ***инженерной геологией***. Третий раздел называется ***региональной инженерной геологией***.

На основе многочисленных инженерно-геологических исследований русских и советских инженеров и геологов Ф.П. Саваренский в 30-х гг. XX в. создал первый в этой области капитальный труд, названный им «Инженерная геология». В дальнейшем инженерная геология получила развитие в трудах советских ученых Н.В. Коломенского, И.В. Попова, В.А. Приклонского и многих других. Инженерная геология самым тесным образом связана с учением о подземных водах – гидрогеологией.

## 1.2. Земля в мировом пространстве, ее происхождение и строение

Наша планета Земля близка по форме к эллипсоиду вращения, средний диаметр которого – **12742 км**, а разница экваториального и полярного диаметров – **43 км**. Площадь поверхности Земли составляет **510 млн км<sup>2</sup>**, а ее объем – **1083204 млн км<sup>3</sup>**. Средняя плотность вещества Земли – **5,52 т/м<sup>3</sup>**.

Земля, а также планеты Меркурий, Венера, Марс, Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун и Плутон вращаются вокруг Солнца почти по круговым концентрическим орбитам и образуют вместе с ним Солнечную систему. Земля находится от Солнца на расстоянии **149,5 млн км**. Теплота и свет Солнца делают возможной жизнь на Земле. В то же время Солнце порождает целый ряд процессов на Земле, которые приводят к изменению ее поверхности.

Следует принимать во внимание влияние на Землю и ее спутника – Луны. Находясь от Земли на расстоянии **384,4 тыс. км**, Луна является причиной возникновения прилива и отлива в океанах и морях. На материках возникают деформации, аналогичные приливам и отливам, но довольно небольшие. Влияние Луны вызывает периодические изменения наклона земной оси к плоскости ее орбиты, которые приводят к изменению климата Земли.

Солнечная система вращается вокруг центральной части гигантского скопления звезд, которое называется Галактикой. В Галактике насчитывается свыше 100 млрд звезд, которые образуют дискообразную систему. В состав Галактики входят отдельные звезды, звездные скопления и ассоциации, а также планетарные и диффузные туманности, которые являются облаками разреженных газов и пыли. Размеры Галактики очень большие. Свет проходит с одного её конца в другой за 100 тыс. лет. Но Галактика это лишь остров материи в мировом пространстве. Кроме нашей Галактики, насчитывается больше миллиарда подобных образований, которые находятся от нас на расстоянии от одного миллиона до нескольких миллиардов световых лет. Световой год – это расстояние, которое проходит луч света на протяжении года, он равняется **9500 млрд км**. Такое положение Земли в мировом пространстве, материя которого, постоянно изменяет свою форму, находится в вечном движении.

Знание о происхождении Земли имеет огромное значение как для изучения ее строения, так и для объяснения тех глубинных процессов, которые влияют на её поверхностные части. Однако и в настоящее время с полной достоверностью не установлено, как и из чего образовалась Земля, другие планеты, Солнечная система в целом. Поэтому наши знания в данном вопросе имеют характер научно обоснованных предположений – гипотез. Ученые давно стремятся открыть тайну происхождения Земли.

Исследования этой проблемы содержатся в работах немецкого философа И. Канта (1755), французского астронома и математика П. Лапласа (1796), советского ученого О.Ю. Шмидта (1944), Е.В. Саботовича (1973).

Необходимость изучения строения Земли и в особенности ее поверхностных пластов объясняется тем, что именно из них люди добывают полезные ископаемые, в том числе и сырье для строительных материалов. Одновременно они являются основаниями зданий и сооружений.

Согласно современным представлениям Земля состоит из нескольких концентрических оболочек. Различают **внешние** и **внутренние оболочки**.

К **внешним** оболочкам принадлежат: **атмосфера, гидросфера и биосфера**.

**Атмосфера** – это воздушная оболочка толщиной *приблизительно 1000 км*. В состав атмосферы входят **азот – 78,1, кислород – 21,0 и прочие газы – 0,9 %**. Нижняя часть атмосферы (до высоты 8 – 10 км над полюсами и 16 – 18 км над экватором)

называется *тропосферой*. Тропосфера содержит пары воды и пыль, в ней происходит непрерывное перемещение воздушных масс, то есть дуют ветры. Над тропосферой до высоты **80 км** находится

*стратосфера*, а еще выше – *ионосфера*.

*Гидросфера* – несплошная водная оболочка, которая включает воду океанов, морей, озер, рек и подземную воду. Движение воды в гидросфере имеет характер течений и волнений.

*Биосфера* – особая оболочка, куда входит растительный и животный мир Земли. Она расположена в атмосфере, гидросфере и в земной коре.

К **внутренним** оболочкам Земли принадлежат: **ядро, мантия и кора**. Ядро имеет радиус **3470 км**. Оно делится на *внешнее* и *внутреннее*.

Плотность вещества в нем очень высокая и достигает в центральной части **9–11 т/м<sup>3</sup>** при давлении **0,30 – 0,35 млн МПа** и температуре не выше **4000 °С**. Данные о составе этого вещества очень приблизительны. Считают, что вещество во внешнем ядре находится в расплавленном состоянии, а внутреннее ядро твердое. Это подтверждается расчетами возможности плавления вещества при определенных значениях давления и температуры, а также тем, что поперечные упругие волны, которые могут распространяться лишь в твердых телах, сквозь ядро не проходят.

*Мантия* – это оболочка, которая окружает ядро; ее толщина около **2900 км**. Выделяют нижнюю и верхнюю мантии. Плотность вещества мантии колеблется от **3,3 т/м<sup>3</sup>** на границе с земной корой до **5,6 т/м<sup>3</sup>** на границе с ядром. Температура в этих границах повышается от **1000** до **2300 °С**. Вещество мантии находится в твердом состоянии, но в верхней ее части на глубинах **100 – 200 км** под материками и **50 – 100 км** под океанами находится размягченный пласт, в котором возникают очаги расплавов. Расплавленное вещество поднимается к поверхности, оказывая непосредственное влияние на земную кору. Вещество верхней мантии богато *железом* и *магнием*.

*Кора* – поверхностная оболочка Земли, которая имеет среднюю плотность **2,7 т/м<sup>3</sup>**. Толщина ее под дном океанов составляет **5 – 6 км**, а в пределах материков она равняется в среднем **35 км**. В горных районах толщина земной коры достигает **70 км**. **71%** земной коры покрыто водой, **29%** занимает суша. Температура в земной коре колеблется от **100 °С** на глубине **5 – 6 км** до **1000 °С** на границе с мантией.

Земная кора отделяется от мантии так называемой *поверхностью Мохоровичича*. На этой поверхности плотность вещества при переходе от земной коры к мантии увеличивается скачкообразно. В земной коре выделяют три пласта: *осадочный, гранитный* и *базальтовый*. Строение земной коры неодинаково под океанами и в пределах материков. Под океанами гранитного пласта в составе земной коры нет. Пласты земной коры образованы из горных пород, составными частями которых являются различные минералы.

Процесс формирования земной коры, связанный с образованием горных пород, происходил на протяжении всей геологической истории планеты.

Земная кора образована из *магматических, осадочных* и *метаморфических* горных пород.

*Магматические породы* возникли в результате твердения в толще земной коры или на ее поверхности магмы, которая поднималась из очагов расплавов в верхней мантии. *Осадочные породы* образовались в результате накопления продуктов разрушения всех пород, которые раньше существовали. *Метаморфические породы* являются продуктами видоизменения магматических и осадочных пород под влиянием высокой температуры и давления.

На материках выделяют такие значительные площади земной коры, как платформы, складчатые системы и пояса.

Платформы имеют складчатый фундамент метаморфических и магматических пород, которые перекрываются относительно молодыми осадочными породами. Главными структурными элементами платформы являются щиты и плиты. **Щиты** – это участки, где породы, которые образуют фундамент, выходят на поверхность или лежат на небольшой глубине. На участках **плит** породы фундамента значительно углублены, а осадочные имеют большую толщину. Складчатые системы и пояса характеризуются тем, что на этих территориях толщи осадочных пород смяты в складки, прорезаны трещинами и содержат внутри и на поверхности массивы магматических пород. Это свойственно горным районам. Складчатые системы и пояса образовались в разное время на месте глубоких морских впадин вследствие сложных и продолжительных процессов накопления осадочных пород, смятия их в складки и общего поднятия.

**Платформы** – это наиболее устойчивые части земной коры, а складчатые системы и пояса – движущиеся. Ученые считают, что под фундаментами платформ, складчатыми системами и поясами на глубине **5–10 км** залегает гранитный пласт, а на глубинах **15–20 км** – базальтовый. В этих массивах сосредоточены основные массы магматических пород. В пределах Русской платформы выделяют Балтийский и Украинский щиты, Московскую, Днепровско-Донецкую, Польско-Литовскую, Прикаспийскую и другие впадины, а также Воронежский, Белорусский и прочие выступы; в пределах Сибирской платформы – Анабарский и Алданский щиты, Тунгусскую, Вилюйскую, Ангаро-Ленскую и прочие впадины. Складчатые системы и пояса – это горные районы (Карпаты, Крым, Кавказ и т. п.).

В решение вопросов, связанных с изучением строения земной коры, внесли большой вклад ученые Д.В. Наливкин, А.Д. Архангельский, М.С. Шатский, М.М. Страхов, В.В. Белоусов и др.

**Температурный режим** земной коры определяется теплотой, которую она получает от Солнца (внешняя) и от мантии (внутренняя). Поступление внутренней теплоты в пределах материков и океанов одинаково. Внешняя теплота оказывает непосредственное влияние на земную кору лишь в пределах материков. На материках в зависимости от распределения температур выделяют три зоны, а именно: **зоны сменных, постоянных температур** и зону, в которой **температура повышается с глубиной**. Зона сменных температур имеет толщину от **6 м** в тропиках до **15–25 м** в средних широтах. До этой глубины в горных породах наблюдаются годовые колебания температур. Возле этой зоны поверхности такие колебания достигают **100 °С**. В средних широтах есть слой этой зоны, который зимой промерзает, толщиной до **2,5 м**. Ниже находится зона постоянной температуры, которая равняется среднегодовой в соответствующих географических пунктах. Например, для Киева она составляет **+7,2 °С**. Зона температур, которая повышается с увеличением глубины, формируется под влиянием внутренней теплоты Земли. Это повышение имеет определенную закономерность. Глубина, на которой температура повышается на **1 °С**, называется **геотермической ступенью**. Среднее её значение составляет **33 м**, но в разных местах она изменяется от **5 до 150 м**. На Северном Кавказе геотермическая ступень равна **12 м**, а в Белоруссии – **86,5 м**.

Особенности распределения температур в земной коре надо учитывать при решении практических задач, связанных со строительством. Выбирая глубину заложения фундаментов, следует принимать во внимание промерзание пород зимой, а также наличие вечномёрзлых пород.

### 1.3. Минералы, их классификация и физические свойства

Все горные породы состоят из минералов. *Минерал* – это самородный элемент или естественное химическое соединение, которое имеет своеобразный комплекс физико-химических свойств. Известно свыше **2000** минералов. По химическому составу их разделяют на **9 классов**. Данные о характерных для каждого класса минералах приведены в табл. 1.1.

Количество большинства минералов в земной коре незначительно, и лишь около **50** из них составляют основную массу горных пород и поэтому называются *породообразующими*.

**Таблица 1.1 Классификация минералов по химическому составу**

Класс	Группа	Минерал	Химический состав
<b>Силикаты</b>	Полевые шпаты	Плагиоклаз	$\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$
		Ортоклаз	$\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$
	Пироксены	Авгит	$\text{Ca} \cdot \text{Al}_2\text{O}_6$
	Амфиболы	Роговая обманка	Сложный
	Слюды	Мусковит	$\text{K}_2\text{O} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
		Биотит	$\text{K}_2\text{O} \cdot 6\text{FeO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
	Хлориты	Оливин	$2\text{Fe} \cdot \text{SiO}_2$
		Тальк	$4\text{SiO}_2 \cdot 3\text{MgO} \cdot \text{H}_2\text{O}$
	Глинистые минералы	Каолинит	$2\text{H}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$
		Монтмориллонит	$\text{AlMg}_2(\text{OH})_2(\text{Si}_4\text{O}_{10}) \cdot n\text{H}_2\text{O}$
<b>Оксиды</b>		Кварц	$\text{SiO}_2$
		Магнетит	$\text{Fe}_3\text{O}_4$
<b>Гидроксиды</b>		Опал	$\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$
		Лимонит	$\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$
<b>Карбонаты</b>		Кальцит	$\text{CaCO}_3$
		Доломит	$\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$
<b>Сульфаты</b>		Гипс	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
		Ангидрит	$\text{CaSO}_4$
<b>Сульфиды</b>		Пирит	$\text{FeS}_2$
<b>Фосфаты</b>		Апатит	$\text{Ca}_5(\text{F}, \text{Cl})[\text{PO}_4]_3$
<b>Галоиды</b>		Галит	$\text{NaCl}$
		Сильвин	$\text{KCl}$
<b>Самородные Элементы</b>		Графит	$\text{C}$
		Алмаз	$\text{C}$
		Сера	$\text{S}$
		Золото	$\text{Au}$

По условиям образования минералы можно поделить на три группы: *первичные* – возникшие при остывании магмы; *вторичные* – сформированные вследствие химического и биогенного разрушения первичных минералов и последующего накопления продуктов разрушения; *видоизмененные* – возникшие в результате преобразования первичных и вторичных минералов под влиянием высокой температуры и давления.

Большинство минералов имеет кристаллическое строение и лишь незначительная часть – аморфное. В кристаллах мельчайшие частицы вещества – атомы, ионы и молекулы – размещаются в определенном порядке, образуя кристаллические решетки. Кристаллы

обычно имеют форму многогранников: кубов, октаэдров, призм и др. Поверхности, которые ограничивают кристалл, называются **гранями**; линии образованные при пересечении граней – **ребрами**; точки пересечения ребер – **вершинами**.

Важным свойством кристаллов одного и того же минерала есть одинаковость углов между соответствующими гранями. Это позволяет различать минералы путем измерения этих углов. При этом форма граней и их размеры могут быть разными. Минералы в виде кристаллов правильной формы находят редко. Чаще они бывают в виде кристаллических зерен или представляют собой сплошные кристаллические массы. Обычно кристаллические зерна минералов образуют полиминеральные породы. Например, гранит состоит из кристаллических зерен кварца, ортоклаза и слюды.

Мономинеральные породы состоят из сплошных кристаллических масс минералов. Так, мрамор образуется из кальцита.

**Главными физическими свойствами минералов** являются **цвет, блеск, прозрачность, излом, спайность, твердость, плотность**.

**Цвет** минералов бывает разный. Выделяют **светлые** и **темные** минералы. Цвет черточки, которую оставляет минерал на неглазированной фарфоровой пластинке, отражает его цвет в виде порошка.

**Блеск** зависит от способности минерала преломлять и отражать лучи света. Он бывает **металлический, стеклянный, перламутровый, шелковистый, жирный** и т. п. Минералы без блеска называются матовыми. **Прозрачность** – это свойство тонкой пластинки минерала пропускать свет. Минералы бывают **прозрачные**, способные **просвечиваться** и **непрозрачные**.

**Излом** получается при раскалывании минералов; он бывает **раковистый, шершавый, неровный, зернистый** и т. п.

**Спайность** – это способность минерала раскалываться при ударе в одном, двух, трех, четырех или шести направлениях с образованием плоских поверхностей. Различают такие градации спайности: **весьма совершенная, совершенная** и **несовершенная**. Например, слюда имеет весьма совершенную спайность в одном направлении, поскольку легко разъединяется на отдельные лепестки. Несовершенную спайность имеют магнетит, кварц и др.

**Твердость** характеризуется сопротивлением минерала давлению или резанию. Существует стандартная шкала твердости, которая состоит из десяти эталонных минералов, размещенных в порядке увеличения их твердости: **талък – 1, гипс – 2, кальцит – 3, флюорит – 4, апатит – 5, ортоклаз – 6, кварц – 7, топаз – 8, корунд – 9, алмаз – 10**. Царапая исследуемый материал эталонным, можно установить относительную твердость первого.

**Плотность** минералов определяют в лабораторных условиях. Минералы плотностью до **3,5 т/м<sup>3</sup>** принадлежат к **группе легких**, от **3,5 до 6 т/м<sup>3</sup>** – к **тяжелым**, **больше 6 т/м<sup>3</sup>** – к **очень тяжелым**.

**Особые свойства**, присущие некоторым минералам, таковы: **двойное преломление лучей, магнитность, запах, вкус, растворимость, горючесть** и т. п.

Рассмотренные свойства дают возможность распознавать минералы в полевых условиях с помощью специальных справочных пособий-определителей. Пользуясь ими, по совокупности свойств определяют название минерала.

**Вопросы для самоконтроля**

1. Дайте определение геологии как учебной дисциплины.
2. Сформулируйте цель и задачи изучения инженерной геологии.

3. Какую форму имеет планета Земля?
4. Какие внешние оболочки окружают Землю?
5. Из каких внутренних оболочек и поверхностей состоит Земля?
6. Какой слой горных пород отсутствует в земной коре под океаном?
7. Содержание какого химического элемента преобладает в атмосфере Земли?
8. Между какими двумя внутренними оболочками Земли расположена поверхность Мохоровичича?
9. Зона каких температур расположена ближе всего к земной поверхности?

## ЛЕКЦИЯ 1.2-1.3

### Тема №.2-Основы общей геологии.

#### 1.1. Строение Земли и земной коры.

#### 1.2. Породообразующие минералы и горные породы

##### 1.2.1 Породообразующие минералы

##### 1.2.2 Горные породы

#### 1.3. Геохронология

#### 1.4. Глобальная геотектоника

### Ключевые слова и фразы:

Строение Земли, концентрированная кора, термический режим Земли, минералы, физические свойства, геотермальная фаза, геотермальный градиент. внутриклеточные магматические породы, эрозионные процессы, осадочные породы, метаморфические породы. Нижняя четвертичная кровать, средняя четвертичная кровать, верхняя четвертичная кровать

### Рекомендуемая литература по теме:

1. С.А. O'Flaherty. Хейвэйс: расположение, проектирование, строительство и обслуживание тротуаров. Великобритания, Баттерворт Хайнеманн, 2005, 553 р
1. Ф.Г. БЕЛЛ ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ, второе издание 2007 г.
3. В. П. Ананьев, А. Д. Потапов «Инженерная геология». Москва, Высшая средняя школа, 2005
8. V. Юнусов З.С. Убайдуллаева "Инженерная геология" -1994.

#### 1.1. Строение Земли и земной коры.

Форма – геоид. Трехосный эллипсоид вращения с полярным сжатием.

$R_3=6378,16$  км,  $R_{\text{п}}=6356,78$  км;  $M=6 \cdot 10^{24}$  кг;  $g=9,8$  м/с<sup>2</sup>.

Магнитное поле Земли – ассиметрично под действием солнечного ветра. Форма его меняется, образуя сферу – защита от жесткого излучения. В течение последних 5 млн. лет произошло  $\approx 30$  инверсий полюсов. Современная намагниченность пород параллельна современному магнитному полю. При инверсии противоположные направления.

Внешние оболочки – атмосфера, гидросфера, биосфера.

Внутренние оболочки – ядро, мантия, земная кора.

**Атмосфера** состоит:

– тропосфера (8–10 км – полюс, 16–18 км – экватор);  $T^{\circ}$  от положительных до ( $-50^{\circ}C$ ); образуются облака и тепловые движения воздуха.

Стратосфера (до 55 км),  $T^{\circ}$  – положительные, у верхней границы – озоновый слой.

Мезосфера (до 80 км),  $T^{\circ}$  – отрицательные ( $-50^{\circ}$ ).

Термосфера (800-1000 км) и *экзосфера* (сфера рассеивания).

Состав атмосферы – N – 75 %, O<sub>2</sub> – 23 %, Ar – 1,25 %.

**Гидросфера** – по площади занимает 71 % поверхности Земли, ее состав: мировой океан, подземные воды, реки, моря, ледники и т.д.; 98 % – соленые воды, 2 % – пресные.

**Биосфера** – область распространения живых организмов – земная кора, атмосфера, гидросфера.

**Внутренние оболочки.**

Ядро состоит из внутреннего (Fe-Ni, R=1216км) твердого (вращается) и внешнего (Fe) жидкого, его радиус ~3400 км,  $t^{\circ}$  – 4000-6000° C, плотность – до 14 т/м<sup>3</sup> в центре, 9,5–12,3 т/м<sup>3</sup> во внешнем ядре.

Мантия занимает основной объем Земли (мощность до 2900 км). Делится на верхнюю (900 км) и нижнюю (~2000 км). Мантия состоит из тяжелых минералов, богатых Fe и Mg. Они образуют соединения с SiO<sub>2</sub>, силикаты (дуниты – породы ультраосновного состава). Плотность их 3,3–5,0 т/м<sup>3</sup>,  $t^{\circ}$  =600–700° C до 1500–1800° C. Мантийное вещество находится в твердом состоянии, но в геологическом времени может обладать пластичностью, способностью к течению. В середине прошлого века были высказаны предположения о конвективных движениях в мантии. Тепло передается от более нагретых частей к менее нагретым частям, т.е. внутри Земли происходит передача тепла от горячего ядра к приповерхностной зоне.

**Передача тепла – движущая сила геологических процессов.** Первый способ – теплопроводность (свеча нагревает стальной стержень, усиливается колебания молекул); второй способ – конвекция. Пример передачи тепла: емкость с водой на огне (1 – нагревание дна кастрюли, 2 – более нагретые слои воды поднимаются вверх, более холодные опускаются вниз). Также происходит конвекция в мантии. Литосферные плиты перемещаются под действием конвективных движений в мантии.

Важным слоем в мантии является слой астеносферы, который подстигает литосферу – жесткую внешнюю оболочку Земли (литосферная мантия плюс земная кора). Физически это переходная зона от охлажденных кристаллических пород к частично расплавленному веществу, находящемуся в пластичном состоянии.

**Земная кора** – внешняя оболочка земли, ее мощность от 5 км под океанами и до 70 км – под континентами. Нижняя граница (по сейсмическим данным здесь наблюдается скачкообразное увеличение скорости распространения упругих волн) называется слой Мохоровичича или Мохо. Существует два типа земной коры океаническая и континентальная (рис.1).

### **Океаническая кора.**

1. Осадочный слой: от 0,5 км (срединная часть океана) до 15 км (материковый склон);
2. 1,5-2,0 км – подушечные лавы базальтов, подстилаемые долеритовыми дайками;
3. Мощность до 5 км – габбро, серпентиниты (основной состав). Плотность средняя 2,9 г/см<sup>3</sup>. Состав океанической коры – const. Образуется за счет выделения базальтовых расплавов из астеносферного слоя на дно океана в зонах срединно-океанического хребта.

**Континентальная кора** – отличается по мощности, от 20 км (островные дуги) – до 70 км (складчатые пояса). Состоит из трех слоев: 1) осадочный (от 0-15 км); 2) гранитный – (породы гранитного состава); 3) базальтовый слой. Наличие повышенного содержания радиоактивных элементов.

Химический состав Земной коры – Al–Si (легкоплавкие соединения). Из химических элементов – O – 46,6 %, Si – 27 %, Al – 8,7 %, Fe, Ca, Na, K, Mg, другие 90 элементов – 1,2 %.

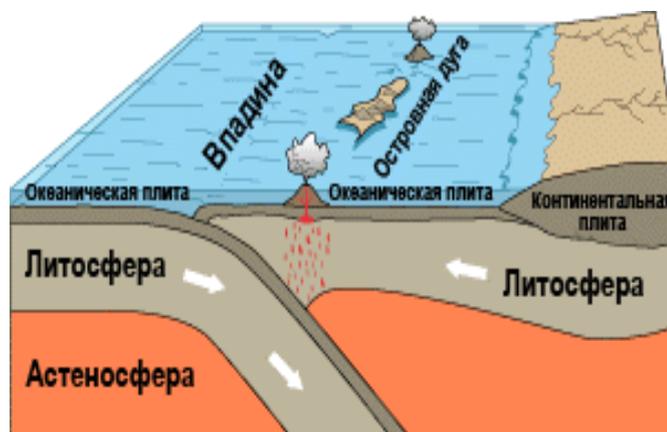


Рис. 1 Литосфера и астеносфера, два типа земной коры.

**Астеносфера** – пластичная оболочка мантии, зона, где отсутствует жесткость (механические свойства отличаются от литосферы), преобладают высокие температуры и появляются первые проценты расплава, в геологическом времени обладает свойствами очень вязкой жидкости (рис.1).

**Литосфера** – жесткая внешняя оболочка земли, которая включает в себя земную кору и литосферную часть мантии (обладающими одинаковыми физическими свойствами), подстилается астеносферой.

Литосфера состоит из нескольких литосферных плит (рис. 2), которые движутся друг относительно друга по астеносфере за счет конвективных течений в мантии. Это перемещение называется тектоникой плит. Тектоника плит отвечает за непрерывное

изменение земной коры – породы непрерывно разрушаются и формируются в результате тектонической активности.

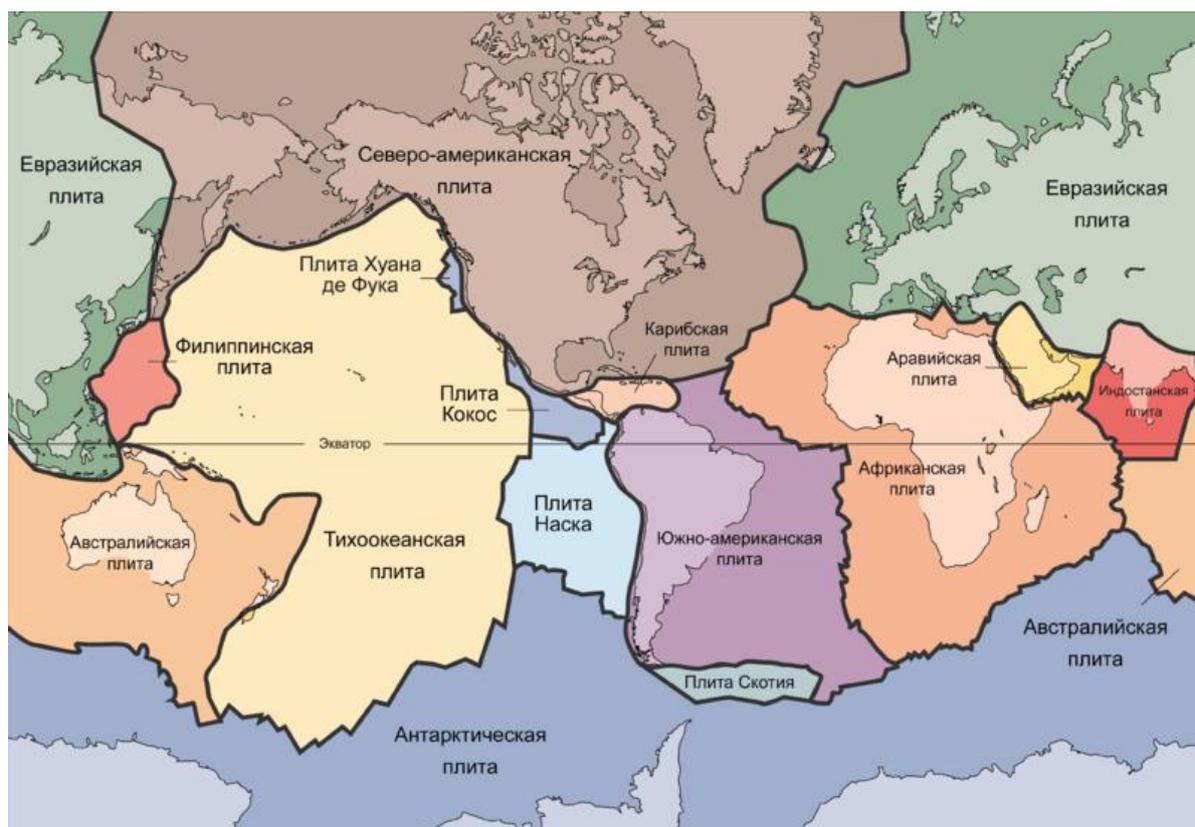


Рис. 2 Литосферные плиты

Тектоника плит.

В 1915 г Альфред Вегенер (немецкий метеоролог) опубликовал теорию дрейфа континентов. Высказал гипотезу, что все ныне существующие материки были единым континентом Пангеей, состоящей их 2 частей: Лавразии (Европа, Азия без Индии, С.Америка) и Гондваны (Ю.Америка, Африка, Индостан, Австралия, Антарктида), разделенных океаном. 1) Очертания берегов Африки и Ю.Америки совпадают как мозаика. 2) Палеонтологические находки (окаменевшие остатки рептилии Т, растений и семян). 3) Оледенение, которое испытали 300 млн. лет назад Гондвана. Не было объяснения, почему движутся.

В 1928 г Артур Холмс и др. предположили наличие конвективных течений.

После войны открыт СОХ (составлена карта океанического дна) – точная линия совмещения континентов. Бурение океанического дна дало возможность изучить образцы базальтов океанической коры и определить возраст осадков. 140 млн. лет назад – литосферные плиты стали удаляться, образовавшиеся базальтовые расплавы в мантии изливались, образуя новую океаническую кору. Возраст пород увеличивается по мере удаления от СОХ.

В 60-е годы – открытие аномалий магнитного поля, от линии СОХ идет в обе стороны чередование положительных и отрицательных аномалий магнитного поля. СОХ – срединно-океанический хребет, цепи подводных гор высотой – 4000 м.

Наличие огненного кольца вулканов окружающее Тихий океан и эпицентры землетрясений – сосредоточены на границах литосферных плит.

Существует 3 типа границ между плитами:

- плиты удаляются друг от друга (обстановка спрединга);
- плиты движутся навстречу друг другу (обстановка коллизии);
- плиты перемещаются друг относительно друга в горизонтальной плоскости.



Рис. 3 Активные континентальные окраины (конвергентные плиты)

Плиты Наска и Ю.Америка – конвергентные (сближающиеся плиты) К – О. Океаническая погружается в мантию в зоне субдукции, т.к. плотность океанической коры больше чем континентальной,  $\rho_o > \rho_k$  (рис. 3).



Рис. 4 Коллизия континентов

При коллизии плотности двух континентальных плит равны, поэтому погружения нет. Индия надвигается на Евразию – Тибет, Гималаи поднимаются до сих пор 1 см в год (рис. 4).

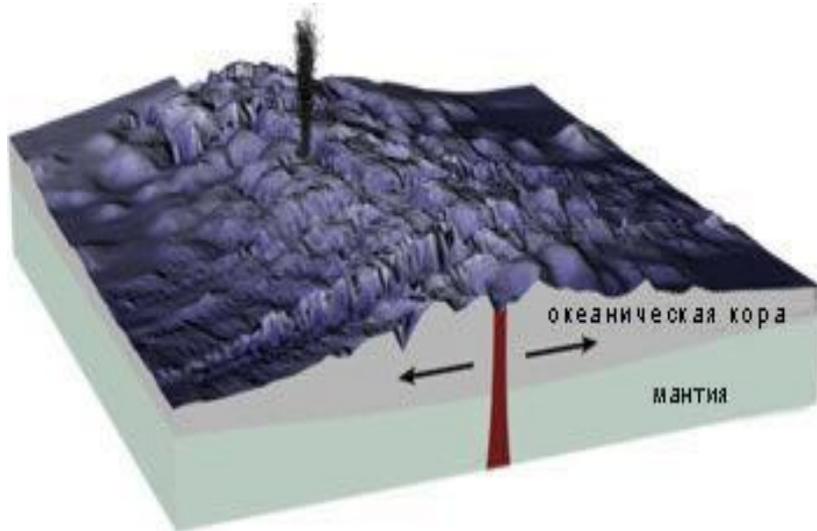


Рис. 5 Дивергентные плиты

Дивергентные – удаляющиеся плиты – СОХ, С.Американская и Евразийская, размер Исландии увеличивается 2см в год (рис.5).

Трансформные разломы – крупные сдвиги, которые пересекают всю литосферу. Разлом Сан – Андреас в Калифорнии является границей между Тихоокеанской и Северо-Американской плитами. Тихоокеанская движется к северо-западу относительно С.Американской со скоростью 5–6 см/год.

Вулканизм горячих точек – Гавайи. Остров Кауай за 5 млн. лет переместился на 600 км, т.е. Тихоокеанская плита перемещается относительно горячей точки со скоростью 11–12 см/год.

Горообразование (орогенез) – Анды, Северо-Американские Кордильеры, Каледониды, Альпы, Урал, Гималаи – складчатые пояса (формируются по границам литосферных плит). Также существуют континентальные щиты и стабильные платформы. Вулканические пояса (Анды) образуются над зонами субдукции. Самые высокие горные пояса возникают при столкновении континентальных плит (Гималаи). Сразу после формирования складчатые пояса начинают разрушаться: 1) эрозия, 2) орогенный коллапс (разрушение за счет гравитационных сил).

### ***Тепловой режим Земли.***

Земная кора имеет 2 источника тепла – Солнце и распад радиоактивных веществ на границе с мантией.

В земной коре выделяют 3 температурные зоны.

1 – зона переменных температур до гл. 30 м, определяется климатом местности;

В зимний период образуется подзона промерзания, которая зависит от климата и типа горной породы и определяется по карте в СНиП, по формулам, по многолетним наблюдениям.

2 – зона постоянных температур до глубины (15-40 м) – среднегодовая  $T^{\circ}$  местности.

3 – зона нарастания температур – возрастает с глубиной в зависимости от геотермического градиента.

Геотермический градиент – величина возрастания  $t$  на каждые 100 м глубины, а глубина, при которой  $t^\circ$  повышается на  $1^\circ \text{C}$  называется геотермическая ступень. Теоретически средняя величина этой ступени составляет 33 м.

## 1.2. Породообразующие минералы и горные породы

### 1.2.1 Породообразующие минералы

Земная кора сложена горными породами, которые состоят из минералов. Изучением минералов занимается наука минералогия. В настоящее время существует два вида минералов: природные и искусственного происхождения, созданные человеком. Мы рассматриваем только природные минералы.

Минерал (лат. «*minera*» – руда) – химическое соединение, образующееся в результате естественных физико-химических и геологических процессов в земной коре или на ее поверхности. В земной коре содержится несколько тысяч минералов и их разновидностей, но только около сотни из них наиболее часто встречаются и в больших количествах входят в состав горных пород. Эти минералы называются *породообразующими*. Минералы, содержание которых в породах незначительно (менее 5 %) называются *акцессорными*.

По способу образования минералы могут быть объединены в две группы:

– *эндогенные*, образующиеся на различных глубинах за счет внутренней энергии Земли в результате кристаллизации магмы и преобразования первичных минералов в условиях высоких давлений и температур;

– *экзогенные*, образующиеся за счет внешней (солнечной) энергии в результате процессов выветривания (воздействие атмосферы, гидросферы, биосферы) разнообразных пород.

В природных условиях минералы находятся преимущественно в твердом состоянии. Жидкие минералы встречаются редко (самородная ртуть, нефть, вода) и совсем редко – газообразные (углекислый газ, газы нефтяных месторождений).

Каждый минерал обладает определенным химическим составом и определенной кристаллической структурой, т.е. закономерным расположением в пространстве элементарных частиц (молекул, атомов, ионов). В зависимости от особенностей химического состава и кристаллической структуры минералы образуют многогранники различной формы, называемые кристаллами (рис.6). Эти характеристики минералов обуславливают все физические свойства, такие как цвет, блеск, твердость и т.д.

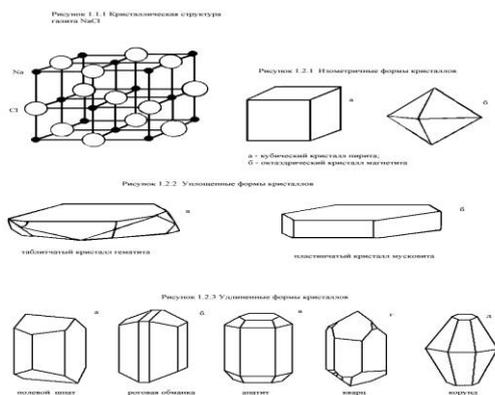


Рис. 6 Кристаллическая решетка минерала галита (NaCl)

Иногда минералы имеют неупорядоченное строение, когда атомы и ионы, их составляющие располагаются беспорядочно, хаотично. Минералы с таким строением называются аморфными.

*Формы нахождения минералов*

Исходя из того, что любое тело в пространстве имеет три измерения можно выделить три основные формы кристаллов:

*Изометрические формы* – формы, имеющие близкие размеры во всех направлениях (рис.7). Кубы пирита, галита .

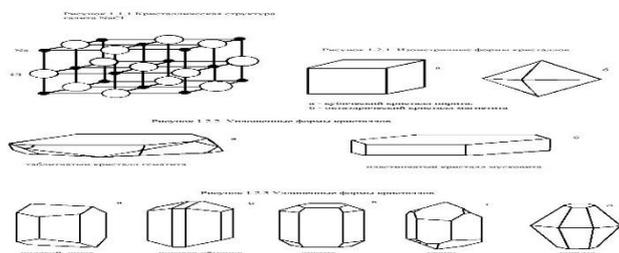


Рис. 7 Изометрические формы кристаллов

а – кубический кристалл пирита, б - октаэдрический кристалл магнетита

*Пластинчатые формы* – формы, развитые в двух направлениях больше, чем в третьем (рис. 8). Сюда относятся таблитчатые, пластинчатые, листоватые и чешуйчатые кристаллы слюды, хлорита, графита.

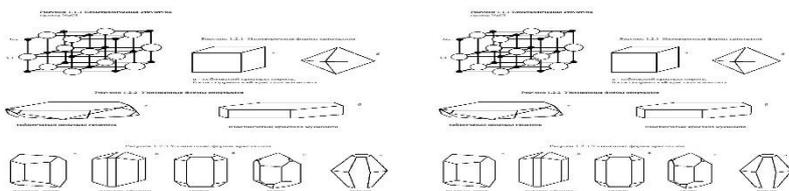


Рис. 8 Пластинчатые формы кристаллов

(таблитчатый кристалл гематита и таблитчатый кристалл мусковита)

*Призматические формы* – формы, развитые в одном измерении больше, чем в двух других (рис. 9). К этой группе относятся призматические кристаллы пироксена, кварца *Шестоватые формы* – гипс (селенит). *Волокнистые формы* – формы, развитые в одном направлении несоизмеримо больше, чем в двух других (асбест).

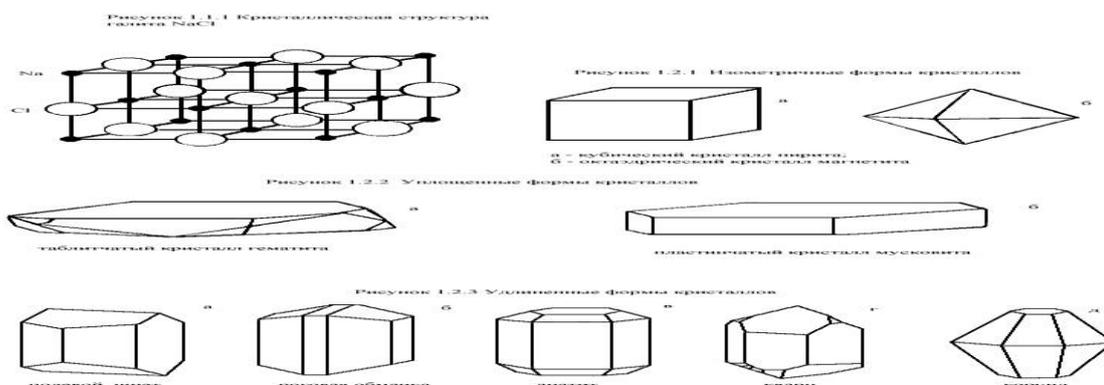


Рис. 9 Призматические формы кристаллов

В результате процесса замещения или растворения с последующим заполнением пустот, кристаллические формы, принадлежащие одному минералу, оказываются иногда представленными другим минералом. Подобные образования называются *псевдоморфозами*.

*Минеральные агрегаты.* В природе чаще встречаются не единичные кристаллы минералов, а скопления или сростания различной формы зерен. Эти скопления называются минеральными агрегатами. Агрегаты бывают мономинеральными, т.е. состоящими из зерен одного минерала, и полиминеральными, сложенными несколькими различными минералами. Выделяют несколько видов минеральных агрегатов:

Зернистые агрегаты обладают наибольшим распространением в земной коре. В зависимости от формы слагающих зерен различают собственно зернистые (состоящие из изометричных зерен), а также пластинчатые, листоватые, чешуйчатые, волокнистые, игольчатые, шестоватые и другие агрегаты. По величине зерен можно выделить агрегаты:

- гигантозернистые – более 10 мм в поперечнике,
- крупнозернистые – 5 мм – 10 мм,
- средние – от 1 – 5 мм,
- мелкозернистые – с зернами менее 1 мм.

*Землистые агрегаты* – порошковатые, рыхлые, мягкие, аморфного или скрытокристаллического строения, обычно пачкают руки, легко распадаются на мелкие комочки, сажистые (черного цвета) или охристые (желтого, бурого и других ярких цветов). Образуются в процессе химического выветривания. Примером является минерал каолинит и лимонит.

*Натечные формы* выделений минералов образуются на стенках пустот при медленном испарении или охлаждении поступающих туда растворов. Эти образования имеют

разнообразную форму: почковидную, гроздевидную, неправильную, цилиндрическую. Натёки, свисающие в виде сосулек со сводов пустот, называются сталактитами, а поднимающиеся им навстречу со дна пустот, называются сталагмитами, срастаясь, они образуют столбы. Характерным примером натечных образований являются лимонит, малахит, кальцит.

*Друзы* – это сростки кристаллов, прикрепленных одним концом к общему основанию. Свободные концы кристаллов обычно хорошо огранены (друзы кварца, гипса). Примером могут служить довольно часто встречающиеся друзы кристаллов пирита или кварца.

*Секреции* – образуются в пустотах изометрической формы путем концентрического наложения минералов на стенках пустот, т.е. рост происходит от периферии к центру. Отличаются концентрически-зональным строением (мелкие секреции в излившихся вулканических породах называют миндалинами, крупные – *жеодами*). Чаще всего жеоды встречаются из халцедона, кварца и кальцита.

*Конкреции* – шарообразные или неправильной формы стяжения и желваки, рост которых происходит от центра к периферии, образующиеся в рыхлых осадочных породах.

*Оолиты* (греч. – яйцо) – мелкие стяжения сферической формы от долей миллиметра до нескольких миллиметров, образующиеся путем наложения коллоидного материала на песчинки.

### ***Физические свойства минералов***

Минералы отличаются друг от друга по многим внешним признакам: цвету, блеску, твердости, форме и другим свойствам. Все физические свойства минералов находятся в прямой зависимости от их химического состава и кристаллической структуры, поэтому каждый минерал характеризуется своим набором физических свойств, позволяющим диагностировать (определять) минералы.

#### *Оптические свойства*

*Прозрачность* – свойство минерала пропускать свет. В зависимости от степени прозрачности минералы подразделяются: прозрачные (горный хрусталь, топаз, исландский шпат), полупрозрачные (флюорит, сильвин) и непрозрачные (пирит, магнетит).

*Цвет.* Минералы по цвету подразделяются на три группы идиохроматическую, аллохроматическую и псевдохроматическую.

Идиохроматическая (от греческих «идиос» – свой, собственный и «хромос» – цвет) окраска обусловлена внутренними свойствами минерала – особенностями строения кристаллической решетки. Для некоторых минералов цвет является важнейшим диагностическим признаком. Например: пирит – латунно желтый, магнетит – черный, малахит – зеленый, родонит – красный, азурит – синий.

Аллохроматическая (от греч. «аллос» - посторонний) окраска связана с присутствием в минералах либо элементов-хромофоров (красителей), либо тонкорассеянных механических примесей. Например, очень сильным красителем является хром. Даже незначительная

примесь  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  (0,1 %) окрашивает бесцветный минерал корунд в густой ярко красный цвет, прозрачная разновидность которого называется рубином.

Псевдохроматическая окраска (от греческого «псевдос» – ложный) связана с различными оптическими эффектами: интерференцией, дифракцией, преломлением (бриллиант).

*Цвет черты.* Это цвет тонкого порошка минерала, который легко получить, если провести испытуемым минералом черту на матовой (неглазурованной) поверхности фарфоровой пластинки, называемой бисквитом. Цвет черты является более надежным признаком по сравнению с окраской минералов.

*Блеск* – это способность минералов отражать от своей поверхности световой поток. Установлено, что блеск зависит от показателя преломления минерала, т.е. величины, характеризующей разницу в скорости света при переходе его из воздушной среды в кристаллическую среду.

### ***Механические свойства***

*Спайность* называется свойство минералов раскалываться или расщепляться по определенным направлениям, обусловленным строением их кристаллических решеток, образуя при этом ровные площадки – плоскости спайности. Это свойство минералов связано исключительно с их внутренним строением и не зависит от внешней формы кристаллов.

Плоскость спайности отличается от естественной грани кристалла тем, что естественную грань можно отбить, и она больше не повторится, а плоскости спайности можно получать многократно. На естественных гранях кристаллов часто наблюдается штриховка или следы растворения, плоскости спайности более гладкие и совершенные.

*Изломом* называют характер поверхности раскола.

Под *твердостью* минерала подразумевается его степень сопротивления внешним механическим воздействиям. В минералогической практике применяется наиболее простой способ определения твердости – царапанье одного минерала другим, т.е. устанавливается относительная твердость минерала.

Для оценки относительной твердости немецким минералогом Ф. Моосом была предложена шкала, состоящая из десяти минералов. Каждый последующий минерал этой шкалы царапает предыдущий, черта, полученная при этом, не стирается и остается в виде царапины. Более мягкие минералы оставляют на твердых минералах черту в виде порошка, которая легко стирается. Твердость минералов-эталонов в шкале условно обозначена целыми числами, несоответствующими их действительной твердости. Шкала Мооса представлена следующими минералами:

Таблица 1

Шкала Мооса

1	Тальк $Mg_3[Si_4O_{10}](OH)_2$	6	Ортоклаз $K[AlSi_3O_8]$
2	Гипс $CaSO_4 \cdot 2H_2O$	7	Кварц $SiO_2$
3	Кальцит $CaCO_3$	8	Топаз $Al_2[SiO_4](F,OH)_2$
4	Флюорит $CaF_2$	9	Корунд $Al_2O_3$
5	Апатит $Ca_5[PO_4]_3(F,Cl,OH)$	10	Алмаз $C$

Под *хрупкостью* понимают свойство минерала крошиться при проведении по нему ножом черты.

*Прочие свойства*

Удельный вес. Все минералы по удельному весу можно разделить на три группы:

- легкие, с удельным весом меньше 3 (галит, гипс, кварц и др.);
- средние, с удельным весом порядка 3–5 (апатит, корунд, пирит и др.);
- тяжелые, с удельным весом больше 5 (магнетит, золото и др.).

*Специфические свойства.* Некоторые минералы обладают особыми, характерными только для них свойствами.

Магнитность. Реакция с соляной кислотой. Двойное лучепреломление.

*Физиологические свойства.* Вкус, запах, степень шероховатости.

*Классификация минералов*

### 1.2.2 Горные породы

Горные породы представляют собой естественные минеральные агрегаты, образовавшиеся в результате остывания расплавленной магмы, накопления осадков, преобразования ранее существующих пород в процессе метаморфизма и залегающие в земной коре в виде самостоятельных геологических тел.

Наука, занимающаяся изучением горных пород, называется петрографией.

Минералы, входящие в состав горной породы и определяющие ее свойства, называются породообразующими. Каждый из породообразующих минералов составляет всегда более 5 % объема породы, а в сумме не менее 95 %; второстепенные минералы слагают в сумме до 5 % объема породы.

Если горные породы состоят из одного минерала (кварцит, известняк, каменная соль), они называются мономинеральными, если же из нескольких минералов полиминеральными (гранит, глина).

Строение горной породы характеризуется структурой и текстурой.

*Структура* – внутреннее строение породы, ее минеральных зерен, связанное со степенью ее кристалличности, абсолютным и относительным размером зерен или обломков, их формой.

*Текстура* – особенность внешнего сложения горной породы, обусловленная характером размещения минеральных зерен в пространстве, их ориентировкой и окраской.

По условиям образования (*генезису*) горные породы условно делятся на три класса:

– *магматические* горные породы, возникающие путем кристаллизации природных силикатных расплавов внутри Земли и на ее поверхности;

– *осадочные* горные породы, образовавшиеся на суше в результате разрушения любых ранее существовавших пород и в результате жизнедеятельности и отмирания организмов или выпадения осадков из пересыщенных растворов;

– *метаморфические* горные породы, образовавшиеся путем коренного преобразования любых ранее существовавших пород под влиянием высоких температур и давления, а также гидротермальных растворов.

***Магматические*** горные породы возникают путем кристаллизации природных силикатных расплавов внутри земной коры или на ее поверхности.

Тип магматических пород устанавливается, прежде всего, по фациальным условиям образования на два класса:

– класс *плутонических (интрузивных)*, т.е. полнокристаллических пород, происхождение которых связано с относительно длительной кристаллизацией магматического расплава в земной коре;

– класс *вулканических (эффузивных)*, т.е. порфировых или афировых пород с микрокристаллической или стекловатой основной массой, являющихся продуктами кристаллизации магмы, вышедшей на земную поверхность по вулканическим каналам и застывшей в течение короткого промежутка времени.

В отдельный класс выделяют *гипабиссальные (жильные)* породы, которые формируются на небольших глубинах и занимают по условиям залегания и структурам промежуточное положение между глубинными (плутоническими) и излившимися (вулканическими) породами. Они проявляются в виде малых интрузий (даек, силлов, штоков).

***Формы залегания магматических тел.***

Батолит – крупный интрузивный массив, гигантская линза глубиной до 15 км и площадью от 100 до десятков тысяч км (рис. 10).

Шток – несогласная интрузия, в вертикальном разрезе имеющее форму колонны. В плане форма неправильная. От батолитов отличаются меньшими размерами.

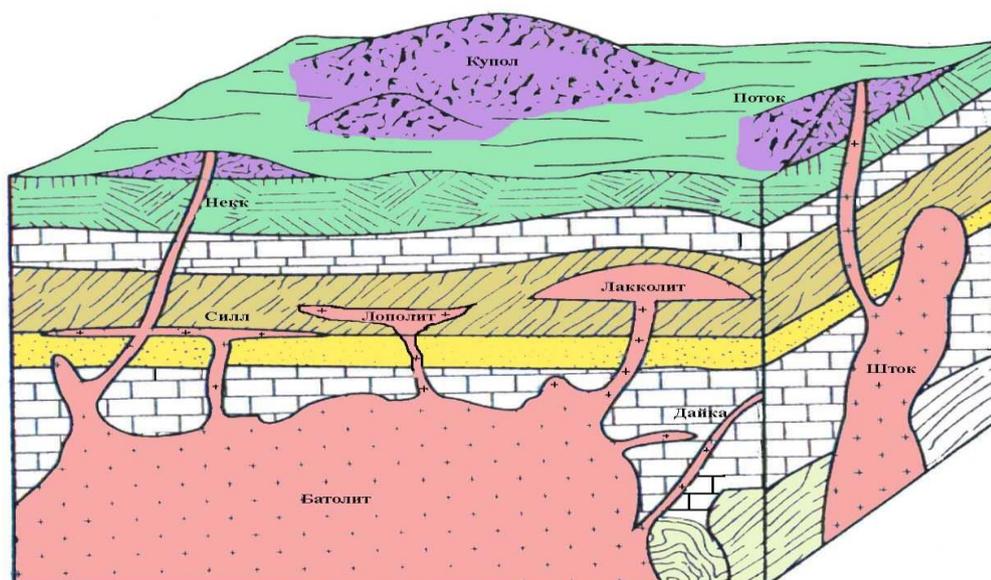
Лополит – согласная, межпластовая интрузия блюдцеобразной формы.

Лакколит – согласная межпластовая интрузия, имеющая в разрезе грибообразную или куполообразную форму кровли и плоскую подошву.

Дайка – несогласная интрузия небольших размеров (имеет секущие контакты с вмещающими породами).

Силлы – пластообразные тела, внедряющиеся между слоями вмещающих пород.

Купол – сводообразные формы вулканических пород.



носятся пироксениты, перидотиты, дуниты.

Рис. 10 Формы залегания магматических тел

Лавовый покров – образуется в результате растекания магмы по поверхности Земли

Потоки – вытянутые формы, возникающие при излиянии магмы из вулканов (рис.10).

### ***Осадочные горные породы***

Осадочные породы представляют собой скопления минерального или органического вещества, которые образуются в результате эндогенных процессов в пределах земной поверхности – на дне водоёмов или на поверхности суши. Они покрывают около 75 % поверхности Земли, при этом, составляя всего 5 % земной коры, в связи, с чем строительство производится в основном на осадочных породах. Многие осадочные горные породы являются полезными ископаемыми (уголь, нефть, газ, вода, железные и

марганцевые руды, бокситы, гипсы и ангидриты, соли, фосфориты, известняки, пески, глины).

Образование осадочных пород (литогенез) представляет собой совокупность ряда последовательных стадий:

– *выветривание* (физическое разрушение, дробление пород и последующее химическое разложение до состояния глин), которое приводит к разрушению верхней части всей континентальной коры;

– *перенос* преимущественно речными потоками, а также ветром, ледниками, временными водотоками. Продукты выветривания при этом продолжают измельчаться, истираться, сортироваться;

– *отложение* или *седиментация* рыхлых осадков в водных бассейнах с проявлением процессов *дифференциации*;

– *диагенез* включает в себя процессы уплотнения осадка, его цементацию и дегидратацию (удаление воды) вследствие постепенного погружения на большие глубины, увеличения лито- и гидростатической нагрузки, а также повышения температур за счет геотермического градиента. Вследствие диагенеза песок превращается в песчаник, глина в аргиллит, дресва и щебень в брекчию.

Осадочные породы принято подразделять на три основные группы: обломочные (терригенные), химического происхождения (хемогенные) и органогенные, которые возникли в результате жизнедеятельности организмов. Деление это весьма условно, так как многие породы имеют смешанное происхождение, примером могут служить мергели, известковистые песчаники и т.д.

К осадочным горным породам также относят: пирокластические породы (продукты извержения вулканов – пепел и песок), осевшие на поверхности земли, и со временем преобразовавшиеся в туфы и туфобрекчии.

Классификация обломочных (терригенных) пород основана на различии пород по крупности зерен, по степени окатанности, по степени сцементированности.

*Хемогенные* породы образуются при химическом разрушении и растворении минералов материнских пород и последующим выпадением новых минералов в осадок из пересыщенных растворов.

*Органогенные* образования представляют собой продукты жизнедеятельности и отмирания живых организмов. Сюда относятся известняки – продукты отмирания организмов, извлекающих из среды обитания  $\text{CaCO}_3$ , опоки, имеющие состав  $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  и угли, представляющие собой различные углеродистые соединения. При классификации органогенных и хемогенных пород определяющим является их химический состав.

Важнейшим признаком, характеризующим строение осадочных пород, является их *слоистая текстура*. Образование слоистости связано с условиями накопления осадков (рис. 11).



Рис. 11 Фотография тонкой слоистости, характерной для речных и озерных отложений

Слои представляют собой более или менее плоские тела, горизонтальные размеры которых во много раз больше их толщины (мощности), и отделяющиеся друг от друга поверхностями напластования. Слоистая текстура обусловлена чередованием слоев нескольких разновидностей осадочных пород и может быть вызвана резким изменением размеров обломочных частиц и вещественного состава пород, либо ориентировкой осадочного материала.

**Метаморфизм** – процесс преобразования любых исходных пород под воздействием изменившихся физико-химических условий среды путем перекристаллизации породы без существенного расплавления. Факторами метаморфизма или причинами преобразования пород являются давление, температура, а также растворы и газы (флюиды), проникающие в толщину исходных пород.

**Давление.** При метаморфических преобразованиях давление может быть обусловлено несколькими причинами:

- литостатическое давление – нагрузка вышележащих толщ;
- давление движущейся магмы и давление гидротермальных растворов;
- давление тектонического движения.

Главным среди них следует считать тектоническое (стрессовое) давление, которое может достигать десятки тысяч атмосфер, и воздействовать на огромные территории. Проявление литостатического и магматического давления на этом фоне может оказаться незаметным и обычно влияет на характер минеральных преобразований лишь на локальных участках.

**Температура.** На метаморфические преобразования могут повлиять следующие температурные изменения:

- геотермический градиент, составляющий  $\approx 300^\circ \text{C}/1\text{км}$ ;
- прогрев пород очагом внедрившейся и постепенно остывающей магмы;
- выделение тепла за счет тектонических подвижек, которые сопровождаются глубинными тепловыми потоками.

Гидротермальные растворы и флюиды насыщены парами воды и углекислоты и более редкими соединениями водорода, хлора, фтора и способны привносить или выносить

различные химические компоненты. Они влияют на характер минералообразования, создавая специфическую окислительно-восстановительную среду, а также кислую или щелочную среды.

Различают два основных вида преобразования пород:

- локальный метаморфизм, который объединяет контактовый и дислокационный типы метаморфизма, развивающиеся на ограниченных пространствах;
- региональный метаморфизм, проявления которого охватывают большие регионы.

В зависимости от сочетания термодинамических (Р,Т) параметров выделяются те или иные типы метаморфизма. При термальном типе метаморфизма порода преобразуется под преимущественным воздействием температуры, а при динамическом - основным фактором выступает давление. Когда проявляются оба фактора одновременно, говорят о динамометаморфизме. Каждый из этих типов обладает своими специфическими геологическими условиями проявления.

Контактовый метаморфизм. При внедрении магмы в земную кору она входит в контакт с вмещающими породами, которые вследствие этого подвергаются воздействию высокой температуры расплава и магматических газов. Если на вмещающие породы оказывается существенное температурное воздействие, то она преобразуется с сохранением химического состава. В простейшем случае происходит укрупнение размеров зерен, связанное с процессом роста кристаллов (известняк → мрамор). Вследствие плохой теплопроводности пород интенсивность преобразований быстро уменьшается по мере удаления от поверхности контакта. По этой причине зоны изменения вокруг магматического очага (контактный ореол) имеет лишь ограниченное распространение и может достигать нескольких километров. Если вмещающая порода разогрета жильным магматическим телом, то это может быть узкая полоса в несколько метров (рис.12).

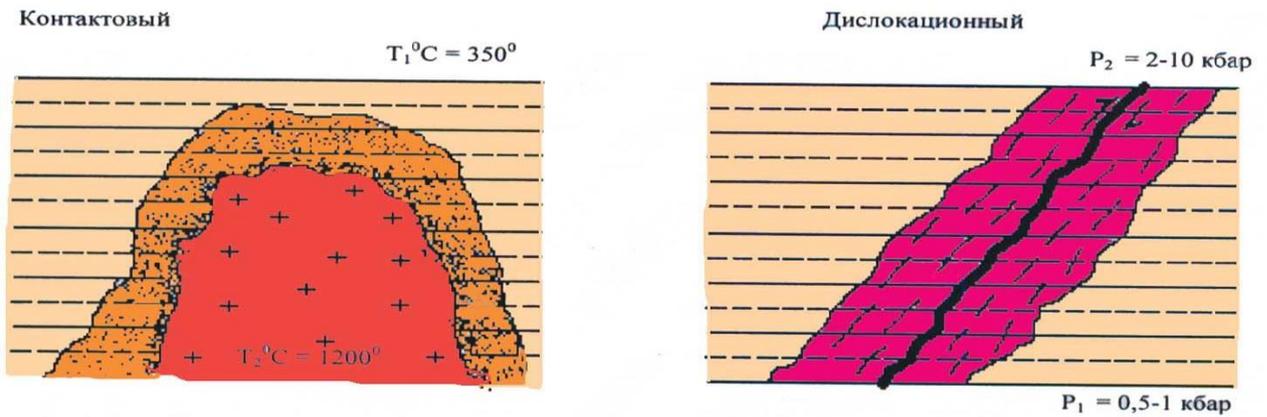


Рис. 6. Локальный метаморфизм

**Региональный метаморфизм.** Движения в земной коре, захватывающие большие пространства, как это происходит при горообразовательных процессах, совместным влиянием вышележащих толщ пород и возрастающей с увеличением глубины погружения температурой обуславливают регионально-метаморфические преобразования пород. В зависимости от давления и температуры наблюдаются изменения большей или более сильной степени, которые отличаются характерными минеральными образованиями и называются метаморфическими фациями.

Название фации определяется по типичным для нее минералам. По мере возникновения P-T условий регионального метаморфизма выделяют:

- *зеленсланцевую фацию;*
- *эпидот-амфиболитовую фацию;*
- *амфиболитовую фацию;*

Рис.12 Контактный метаморфизм

Контактово-метаморфическое преобразование вмещающих пород становится особенно сложным и глубоким, если кроме температурного воздействия магмы, на них влияют химически агрессивные, отделяющиеся от магмы в флюидном состоянии летучие компоненты. Обменные реакции между боковой породой и проникающими в нее газами приводят к возникновению пород, совершенно новых по химическому и минералогическому составу. Эти процессы называются метасоматозом (в переводе с греческого «замещение», «вытеснение»).

Динамический метаморфизм, который чаще называют дислокационным, протекает в относительно «холодных» условиях, когда проявляются тектонические движения по разрывным нарушениям (разломам). При этом происходит дробление пород, их истирание (рис. 13).

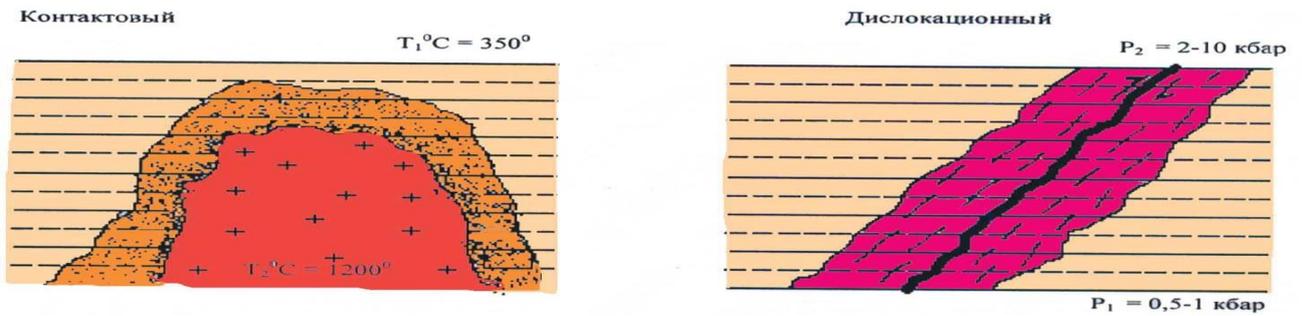


Рис. 6. Локальный метаморфизм

**Региональный метаморфизм.** Движения в земной коре, захватывающие большие пространства, как это происходит при горообразовательных процессах, совместно с давлением вышележащих толщ пород и возрастающей с увеличением глубины погружения температурой обуславливают регионально-метаморфические преобразования пород. В зависимости от давления и температуры наблюдаются изменения более слабой или более сильной степени, которые отличаются характерными минеральными новообразованиями и называются метаморфическими фациями.

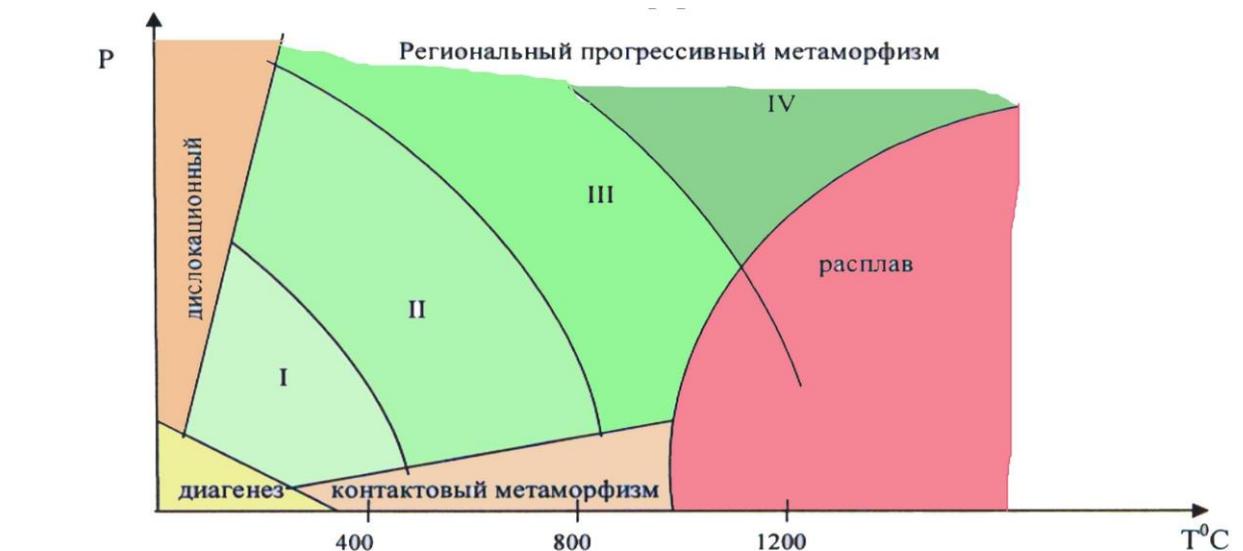
Название фации определяется по типичным для нее минералам. По мере возрастания P-T условий регионального метаморфизма выделяют:

- *зеленосланцевую фацию;*
- *эпидот-амфиболитовую фацию;*
- *амфиболитовую фацию;*

Рис. 13 Дислокационный метаморфизм

Контактовый и дислокационный типы метаморфизма развиваются в ограниченных пространствах, локально. Первый тип увязывается с узкой полосой вокруг магматических тел, а второй – с такой же полосой тектонических трещин. Поэтому тот и другой тип объединяются названием локальный.

Региональный метаморфизм. Движения в земной коре, захватывающие большие пространства, как это происходит при горообразовательных процессах, совместно с давлением вышележащих толщ пород и возрастающей с увеличением глубины погружения температурой обуславливают регионально-метаморфические преобразования пород. В зависимости от давления и температуры наблюдаются изменения более слабой или более сильной степени, которые отличаются характерными минеральными новообразованиями и называются метаморфическими фациями (рис. 14).



Фации регионального метаморфизма:  
 I – зеленосланцевая;  
 II – эпидот-амфиболитовая;

III – амфиболитовая;  
 IV – гранулитовая.

### 1.3. Геохронология

Историческая геология изучает закономерности развития земной коры.

Различают относительный и абсолютный возраст горных пород.

Методы определения относительного возраста:

- стратиграфический,
- палеонтологический,
- петрографический.

Установлением возраста горных пород занимается историческая геология. Различают относительный и абсолютный возраст породы.

Относительный возраст позволяет сказать, какая порода моложе, а какая древнее стратиграфическим и палеогеографическим методами. Стратиграфический метод основан на том, что если породы не испытали сложных деформаций, то вышележащий слой всегда моложе нижележащего.

При контакте интрузии с осадочными г.п. -интрузия моложе тех пород, которые она пересекает. Жилы, секущие магматическое тело моложе его.

Палеонтологический метод основан на изучении остатков, так называемых руководящих вымерших организмов, характерных только для определенного геологического времени. Животный и растительный мир развиваются последовательно и необратимо. Каждой геологической эпохе соответствует свой комплекс животных и растений.

Петрографический метод основан на определении скорости накопления осадков в дельтах рек и на дне океанов. В дельтах рек слой мощностью 1 мм образуется за 3–10 лет. На дне океана – 0,1–0,01 мм в год.

Абсолютный возраст горной породы – продолжительность существования породы (в годах).

Сущность метода – при образовании кристаллических решеток минералов, содержащих радиоактивные элементы, образуется закрытая система, в которой в течение геологического времени накапливаются дочерние продукты радиоактивного распада материнских радиоактивных изотопов (U, K, Rb).

Период полураспада  $^{238}\text{U}=4,5$  млрд. лет,  $^{14}\text{C}=5568$  лет.

Свинцовый – превращение изотопа  $^{235}\text{U}$  в стабильные изотопы свинца Pb. Зная, какое количество Pb образуется из 1 г U в течение года, определяется их содержание в минерале (точность определения – сотни миллионов лет).

K–Ar –изотоп  $^{40}\text{K}$  превращается в ходе распада в изотоп  $^{40}\text{Ar}$  (точность – до 1 млн. лет).

Радиоуглеродный – изотоп углерода  $^{14}\text{C}$  непрерывно образуется в атмосфере из  $^{14}\text{N}$  под действием космической радиации. Свободные атомы  $^{14}\text{C}$  входят в молекулы  $^{14}\text{CO}_2$  и усваиваются живыми организмами. Умершие организмы не получают  $\text{CO}_2$  и концентрация  $^{14}\text{C}$  убывает в костном органическом веществе по определенному закону (точность 1 млн. – 10 000 лет).

Палеомагнитный метод основан на сохранении первичного магнитного поля окислами железа, которые выкристаллизовывались в момент формирования осадочных пород и сохранили память о бывшем магнитном поле.

Геохронологическая шкала. Все геологическое время делится на отрезки, соответствующие этапам развития животного и растительного мира.

Слои пород, образованные в эти отрезки образуют стратиграфическую шкалу.

Таблица 2

Геохронологическая и стратиграфическая шкала

Геохронологическая шкала времени	Стратиграфическая шкала слоев пород
Эон	Эонотема
Эра	Эратема (группа)
Период	Система
Эпоха	Отдел
Век	Ярус

Таблица 3

Геохронологическая шкала времени

Эон эонотема	Эра	Период	Начало, млн. лет	Типичные организмы
Неохрон (фанерозой)	Кайнозойская – Kz(новая жизнь)	Q– Антропогенный	1,0-2,0	Человек
		N– Неогеновый	25	Млекопитающие, цветковые растения
		Pg– Палеогеновый	70	- « -

	Мезозойская – Mz(средняя жизнь)	К – Меловой	140	Пресмыкающиеся и головоногие моллюски
		J– Юрский	185	- « -
		T – Триасовый	225	- « -
	Палеозойская – Pz(древняя жизнь)	P – Пермский	270	Амфибии и споровые формы
		C – Каменно-угольный	320	- « -
		D– Девон	400	Рыбы, плеченогие
		S– Силур	420	Первые беспозвоночные
O – Ордовик		480	- « -	
	St– Кембрий	570	- « -	
Палеохрон (криптозой)	Протерозойская эра PR		2,6 млрд. лет	Редкие остатки примитивных форм
	Планетарная стадия Земли		> 4,5 млрд. лет	

#### 1.4. Глобальная геотектоника

**Платформа** (Русская, Сибирская) – кристаллический фундамент перекрытый чехлом горизонтально залегающих осадочных пород – устойчивая малоподвижная структура.

**Щит** – кристаллический фундамент, вышедший на поверхность (Балтийский, Скандинавский).

**Геосинклиналь** – подвижный участок земной коры между платформами.

Типы тектонических движений

**Колебательные** – медленные поднятия (Скандинавия) и опускания (Голландия) отдельных участков земной коры без нарушения первоначального залегания слоев, изменение береговой линии и базиса эрозии (до 6 см/год). Замеряется изменение высот геодезическими приборами высокой точности.

**Складчатые (плекативные)** движения – смятие горизонтальных пластов (рис. 15) в складки без разрыва сплошности пород.

Моноклиналь – общий наклон слоев в одну сторону.

Флексура – коленообразная складка.

Антиклиналь – складка, обращенная вершиной вверх (рис. 15).

Синклиналь – складка, обращенная вершиной вниз.



Рис. 15 Фотографии: слева – горизонтальное залегание слоев,

справа – антиклинальная складка

**Разрывные (дизъюнктивные)** движения – разрывы слоев и массивов горных пород.

#### **Типы разрывных нарушений**

Сброс – опускание одного блока толщи относительно другой в результате сил растяжения, при наличии нескольких разрывов возникает ступенчатый сброс (рис.16).

Взброс – поднятие одной части толщи относительно другой в результате сжимающих сил.

Надвиг – смещение толщ в горизонтальной или близкой к горизонту плоскости в результате сил сжатия.

Сдвиг – смещение толщ горных пород вдоль разлома.

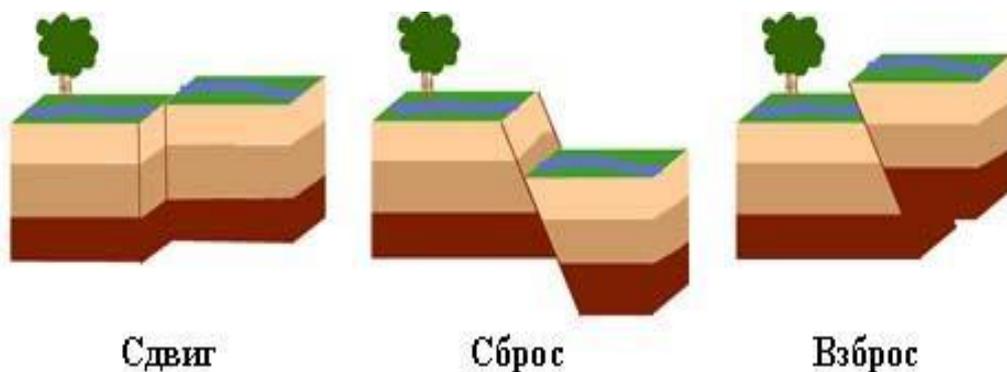


Рис.16 Схема сдвига, сброса и взброса

Грабен – опускание участка земной коры между двумя крупными разрывами.

Горст – поднятие участка земной коры между двумя крупными разрывами.

Наличие деформаций усложняет проектирование и строительство:

- нарушается однородность грунтов основания сооружения;
- образуются зоны дробления, снижается прочность грунтов;
- по трещинам разрывов происходят смещения, циркулируют подземные воды.

### 1. 5. Вулканизм и сейсмические явления

Землетрясения происходят только в районах геосинклиналей, точнее в зонах, где литосферные плиты либо сталкиваются друг с другом, либо расходятся, наращивая образование новой океанической коры.

Ежегодно регистрируются сотни тысяч землетрясений, но только около 100 из них можно отнести к разрушительным.

Землетрясения – одно из наиболее страшных природных катастроф, уносящих десятки и сотни тысяч человеческих жизней и приносящих огромный материальный ущерб. От землетрясений за историческое время погибло 13 млн. человек (что намного меньше погибших в войнах).

Примеры: Ашхабад (5.10.1948 г.) – более 100 тыс. чел.; Спитак (7.12.1988) – 28854 чел. (неофициально 55 тыс. чел.); Нефтегорск на Сахалине (1995) – 2 тыс. чел. Для сравнения: Китай (1920) – 200 тыс. чел, Токио и Йокогама (1923) – 150 тыс. чел., Токио (1703) – 200 тыс. чел., японский город Неддо (1730) – 137 тыс. чел., Италия (1980) – 3100 чел., Иран (1981) – 2500 чел.

Причины: извержение вулканов, обрушение пород над горными выработками, в результате искусственных взрывов и тектонические.

Тектонические землетрясения – это мгновенное высвобождение энергии за счет образования разрыва горных пород. Деформация пород происходит скачкообразно с

образованием упругих волн. Объем пород определяет силу сейсмического толчка и выделившуюся энергию. Чем меньше объем очага, тем слабее толчки.

Цунами – возникновение пологих волн ( $L = 150$  км,  $H = 20-40$  м) в результате подводного землетрясения.

Гипоцентр – очаг зарождения землетрясения, различают (поверхностные – гипоцентр находится от 1–10 км от поверхности земли, коровые от 30 до 50 км и плутонические – более 100 км).

Эпицентр – проекция гипоцентра на поверхность Земли.

В зависимости от глубины гипоцентра различают: 1) *мелкофокусные землетрясения* – до 70 км, 2) *среднефокусные* – 70–300 км, 3) *глубокофокусные* – 300–700 км. Чаще очаги землетрясений находятся на глубине 10–30 км, т.е. в нижней части литосферы.

Из гипоцентра распространяются упругие колебания в виде продольных и поперечных волн.

Продольные называются Р-волны (primary – первые, т.к. они приходят первыми к поверхности земли). Продольные волны вызывают сжатие и растяжение среды в направлении их движения. Распространяются в любой среде, скорость зависит от вещества породы (в песках 0,7–1,6 км/сек, в гранитах 1,5–5,6 км/сек, в воде – 1,5 км/сек).

Поперечные волны при своем распространении сдвигают частицы под прямым углом к направлению своего пути. Они распространяются только в твердой среде и вызывают в породах деформацию сдвига, не распространяются в жидкостях и газах, т.к. их модуль сдвига равен 0. Скорость  $V_s$  в 1,7 раза меньше  $V_p$ . Период волн от долей сек до 5 сек.

Поверхностные сейсмические волны L наблюдаются на поверхности земли, скорость их в 2 раза ниже  $V_s$ . Они затухают быстрее на расстоянии, но не менее опасны.

Оценка силы землетрясения производится при помощи сейсмографов. Принцип работы сейсмографа основан на неподвижности маятника, который подвешен на тонкой пружине. Маятник имеет рамку, которая находится в поле постоянного магнита, и чувствительный гальванометр-самописец, колебания которого записывает самописец. Получается непрерывная сейсмограмма, отражающая перемещения грунта в какой-то одной плоскости. Для записи колебаний в трех направлениях нужны три сейсмографа с разными рамками. Расшифровка сейсмограмм заключается в фиксировании точного времени прихода различных волн Р, S, L, R (Лява и Рэлея) и их интерпретации, т.к. они приходят не только с разной скоростью, но и с разных сторон. Определив время прихода разных волн и зная скорость их распространения, можно определить расстояние до очага – гипоцентра землетрясения. Существующая мировая сеть сеймостанций со многими сотнями сейсмографов позволяет немедленно регистрировать землетрясения в любой точке Земли.

Интенсивность сейсмического эффекта выражают в баллах или в магнитуде. Для строительных целей в России с 1952 года применяют 12-балльную шкалу MSK-64 (Медведев – Шпонхойер – Карник). До недавнего времени действовал ГОСТ 6249-52 для оценки силы землетрясений в баллах. Каждый балл шкалы соответствует определенному сейсмическому ускорению  $\alpha$ :

Таблица 5

Баллы землетрясений , сейсмическое ускорение

Балл	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$\alpha$ , мм/сек <sup>2</sup>	2,5	2,5- 5	5- 10	10- 25	25- 50	50- 100	100- 250	250- 500	500- 1000	1000- 2500	2500- 5000	>5000

Сейсмическое ускорение определяют по формуле:

$$\alpha = A \cdot 4\pi^2 / T^2, (1)$$

где,  $\alpha$  – сейсмическое ускорение, мм/сек<sup>2</sup>;  $A$  – амплитуда колебаний, мм;  $T$  – период колебаний сейсмической волны, сек. По величине  $\alpha$  вычисляют коэффициент сейсмичности  $K_s = \alpha/g$ , где  $g$  – ускорение силы тяжести, мм/сек<sup>2</sup>.

Коэффициент сейсмичности  $K_s$  необходим для расчета добавочных горизонтальных сил  $Q$  при оценке прочности сооружения:  $Q = K_s P$ , где  $P$  – вес сооружения.

Землетрясения 1–3 балла слабые, 4–5 баллов – ощутимыми, 6–7 баллов – сильными (разрушаются ветхие постройки), 8 баллов - разрушительными (частично разрушаются прочные здания, падают фабричные трубы), 9 баллов – опустошительными, разрушается большинство зданий, в грунтах образуются трещины до 10 см, 10 баллов – уничтожительными, разрушаются мосты, образуются большие оползни, обвалы, трещины в грунтах до 1 м; 11 баллов, катастрофическими, разрушаются все сооружения, изменяется ландшафт, 12 баллов – сильная катастрофа, то же, но на более обширной территории.

Магнитуда характеризует энергию в центре землетрясения. Для этого Чарльз Рихтер в 1935 году предложил шкалу энергии землетрясений, которую пользуют сейсмические службы. Шкала балльности служит для строительных расчетов и при районировании территорий.

Сильнейшие землетрясения – Чилийское (1960) и Аляскинское (1964) имели магнитуду – 8,5-8,6. Атомная бомба имеет магнитуду  $M=6,5$ , водородная бомба –  $M=8,5$ .

В пределах СНГ наиболее сейсмически активными регионами являются Восточные Карпаты, Горный Крым, Кавказ, Копетдаг, Тянь-Шань, Памир, Алтай, р-н оз. Байкал, Камчатка, Курильские о-ва, о-в Сахалин).

В сейсмических районах выполняются дополнительные работы, согласно СНиП 11.02–96 «Инженерные изыскания» и СП 11.105–97 «Инженерные изыскания для строительства».

Территории с силой землетрясений меньше 7 баллов – проектируют без учета сейсмичности, с расчетной сейсмичностью 7,8,9 баллов – проектирование по СНиП 11.7–81.

Корректировка баллов по сейсмическим картам.

Исходный балл увеличивается на 1 – для участков, сложенными дисперсными (рыхлыми) грунтами, при высоком уроне залегания грунтовых вод (3–4 м).

Балл не изменяют – для участков сложенных твердыми и полутвердыми пластичными и обломочными грунтами, при УГВ более 8 м.

Исходный балл уменьшаем на 1 для участков сложенных скальными и полускальными породами при глубине залегания УГВ более 15 м.

### ***Вулканизм***

Вулканы образуются, когда магма, сформированная во внутренней части Земли (астеносфере) выливается на поверхность. Магма формируется в результате частичного плавления горных пород либо в нижней части мантии, либо в нижней части земной коры. Плотность магмы меньше, чем плотность горных пород, поэтому сформировавшаяся магма поднимается на поверхность.

Магма – расплавленная горная порода, содержащая или не содержащая какое-либо количество кристаллов, находящихся на глубине.

Лава – излившаяся на поверхность магма.

Вязкость – мера сопротивления течению, зависит:

- химический состав расплава (кислый – высокое содержание  $\text{SO}_2$ , ультраосновные – низкая вязкость);
- температура, чем меньше  $T^\circ$ , тем больше вязкость;
- содержание газов, большое количество газов – низкая вязкость.

Низкой вязкостью обладает магма базальтового (основного) состава, скорость течения более 30 км/час, до 50 км/час.

Высокой вязкостью обладает магма кислого состава (комковатая лава) – взрывные извержения, эксплозивный вулканизм (Св. Елена в 1980 г).

*Продукты извержения* – расплав и твердый материал.

Расплав: магма кристаллизуется на поверхности → риолит или базальт

магма кристаллизуется под водой → обсидиан.

Твердые: пирокластический материал, тонкий пепел в результате консолидации → вулканический туф, крупный материал → вулканические брекчии.

Типы вулканизма.

1. Вулканические островные дуги (Япония). Сближаются две океанических плиты (магма базальтового состава).

2. Океаническая кора и литосферная плита (плита Наска и Южно-Американская плита) – субдукция океанической под континентальную, плавление нижней континентальной плиты – кислый состав магмы.

3. Граница между двумя дивергентными (удаляющимися плитами) – СОХ. Магма основного состава.

4. Континентальные рифты – граница между Африканской и Сомалийской плитой (Восточно-Африканский рифт). Вулканизм базальтового состава.

5. Вулканизм горячих точек – представляет плюмы (или струи) горячего твердого вещества, поднимающегося из глубины мантии, базальтовый состав (Архипелаги Гавайские острова).

Вулканы центрального типа – трубкообразный подводный канал, по которому магма поднимается из мантии.

3 типа центральных вулканов:

– стратовулканы – перемежение пирокластического и лавового материала (Фудзияма, Св. Елены, верхние 400 м разрушены за счет взрывного эксплозивного извержения);

– щитовые – Мауна Лоа, Гавайи диаметр 120 км;

– вулканические (шлаковые конусы – только пирокластический материал, диаметр менее 4 км.

Трещинные извержения – цепь вулканов образует плато базальтов площадью до 100 тыс. км<sup>2</sup> (Деккан, Индия).

СОХ – срединно-океанический хребет, цепь подводных вулканов.

## ЛЕКЦИЯ 3

### Тема №.3 Гидрогеология - подземные воды

#### План:

**1. Понятие подземных вод. Гидросфера, водный цикл в природе.**

**2. Происхождение, классификация, состав, распределение, свойства, химический состав, агрессивность и значимость подземных вод.**

**3. Движение подземных вод. Закон урка, коэффициент фильтрации и методы его определения.**

#### 4. Карта, показывающая глубину гидроизогипса и глубину.

**Ключевые слова и фразы:** инфильтрация, конденсация, седиментация, промывка, грунтовые воды, грунтовые воды, поверхностные воды, межслойные воды, трещинные воды, карстовые воды. труба, капцевая труба, прибор SPESGEO, градиент давления, лабораторный метод, полевой метод.

#### Рекомендуемая литература по теме:

1. С.А. О'Флахерти. Хейвэйс: расположение, проектирование, строительство и обслуживание тротуаров. Великобритания, Баттерворт Хайнеманн, 2005.

1. Понятие подземных вод. Гидросфера, водный цикл в природе. 2. Происхождение, классификация, состав, распределение, свойства, химический состав, агрессивность и значимость подземных вод.

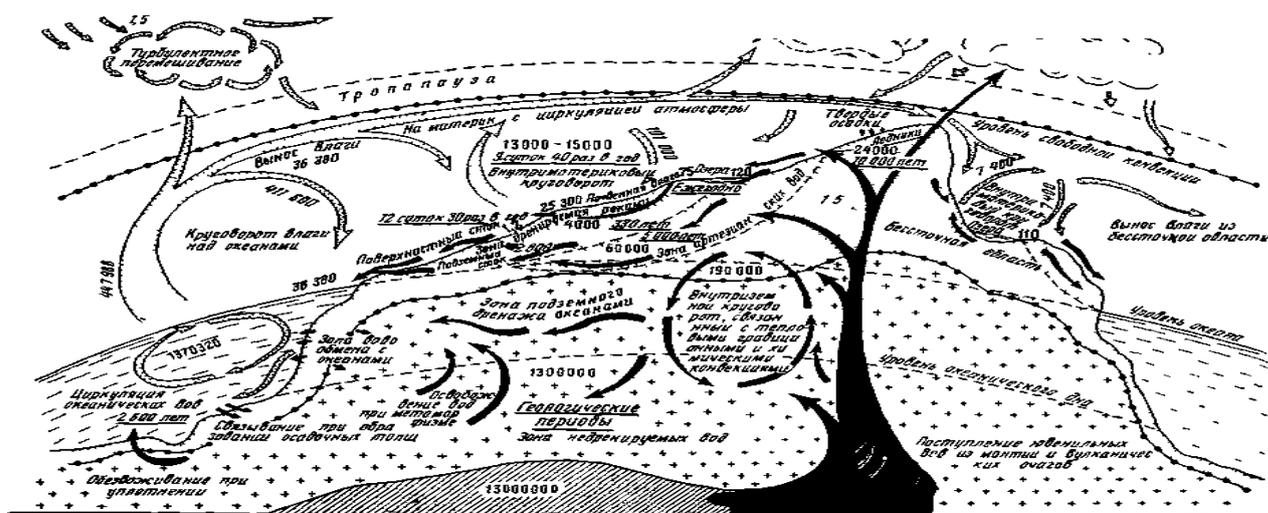
Рис. 1. Принципиальная схема единства вод Земли (по Л. С. Абрамову)

**Гидрогеология** – наука о происхождении, движении, развитии и распространении подземных вод в земной коре.

#### Задачи, решаемые гидрогеологией:

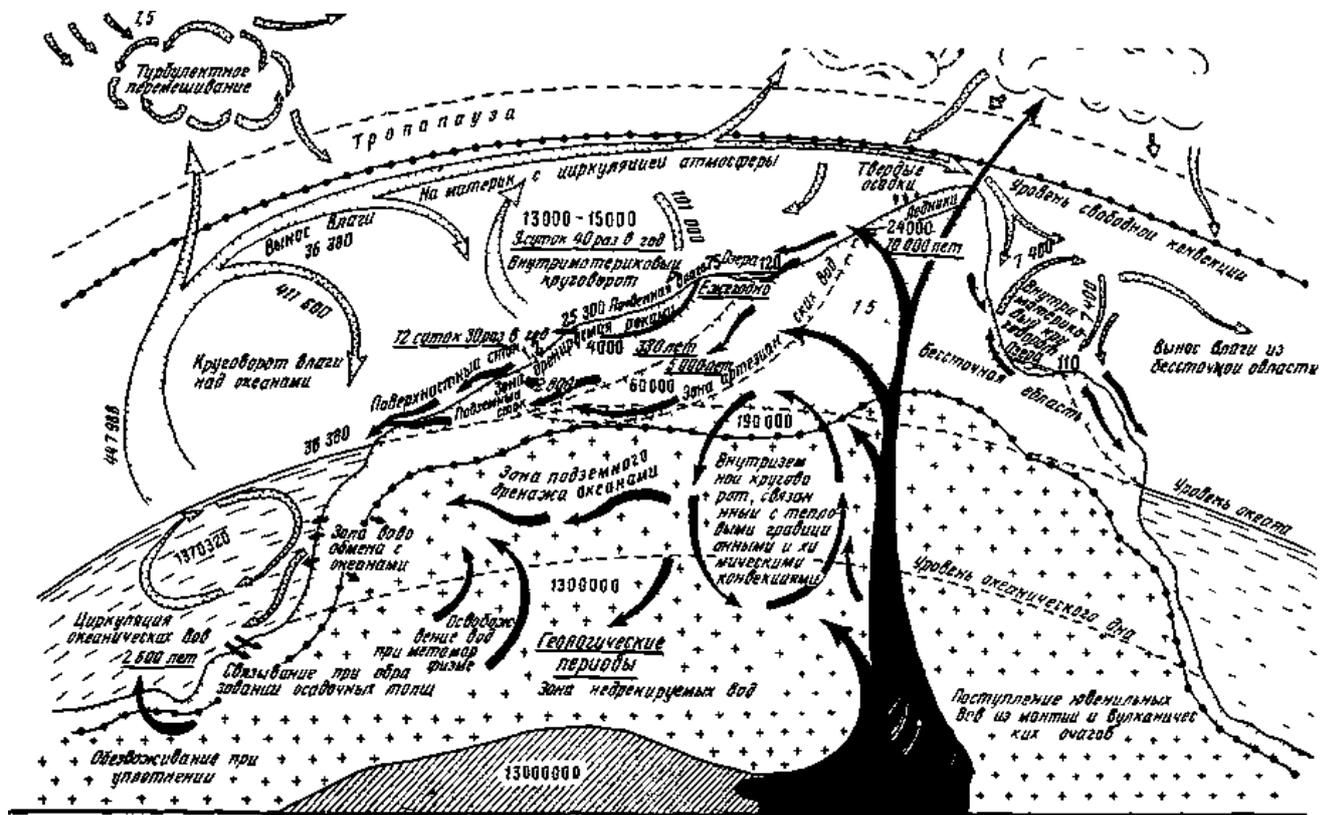
- 1) Вопросы питьевого и технического водоснабжения.
- 2) Защита от влияния подземных вод на производственные процессы (котлованы, шахты) и строительные конструкции.

Гидрогеология состоит из нескольких дисциплин: общая гидрогеология, динамика подземных вод, гидрогеохимия, методика гидрогеологических исследований, гидрогеология МПИ, региональная гидрогеология.



1 — свободные воды океана; 2 — чехол осадочных пород; 2 — кристаллические породы земной коры; 4 — магматический очаг; 5 — породы мантии; 6 — верхняя и нижняя границы зоны интенсивного водообмена; 7 — одновременные запасы вод в тыс. та\*\*;

\*\*



ология, палеогидрогеология.

Происходит т.н. *круговорот воды в природе* – большой и малый.

$$Q_{\text{атм осадков}} = Q_{\text{подз.}} + Q_{\text{поверх.}} + Q_{\text{испарен.}}, \quad (10)$$

Вода в горных породах породах существует в двух основных видах – *связанная и свободная*.

*Связанная вода* подразделяется:

*Кристаллизационная вода* находится в кристаллической решетке минералов (потеря молекул воды приводит к изменениям свойств: гипс минус 1 молекула = алебастр минус еще одна молекула воды = ангидрит).

*Цеалитная вода* занимает свободное пространство в кристаллической решетке ( $\text{SiO}_2$  – кварц, а с  $n\text{H}_2\text{O}$  – опал).

*Конституционная вода* в виде иона  $\text{OH}^-$ .

*Свободная вода* подразделяется:

1. *Водяной пар* – он занимает все поры, свободные от жидкой воды. Он образуется из всех других форм почвенной воды, путем испарения и вновь переходит в нее путем конденсации. Ее количество не превышает 0,001 % от веса породы.

2. *Гигроскопичная* – это вода, поглощаемая коллоидными оболочками частиц грунта (породы), отделить можно только нагреванием.

3. *Пленочная вода* – т.н. слабосвязанная вода, окружающая набухшую частицу грунта (породы) в виде оболочки (свойство влагоемкости – способность горных пород удерживать часть воды в капельножидком состоянии).

4. *Капиллярная вода* – заземленная или связанная с капиллярами между отдельными гранулами или частицами ГП.

5. *Гравитационная* – свободная вода, ясно из названия. Двигается, в отличие от предыдущих, под влиянием гравитационных сил (силы тяжести).

6. *Лед* – в твердом состоянии (в условиях многолетней мерзлоты).

В зависимости от заполнения пор пород свободной гравитационной водой выделяют: *зону насыщения и зону аэрации*.

Первые три типа воды относятся к промежуточному слою между атмосферой и подземной гидросферой – *зоне аэрации* (от 0 до 30–40 м, иногда 100–200 м) и регулируют водообмен атмосферных вод и вод *зоны насыщения*.

Между этими зонами – капиллярная подзона (окаймляет зону насыщения).

Отметим, что в случае, когда мы рассматриваем воду как полезное ископаемое – главное это свободная (гравитационная) вода. Все остальные несут незначительную и играют основную роль при характеристике физико-механических свойств грунтов.

### ***Основные гидрогеологические понятия***

1. *Водопроницаемые породы* – горные породы, пропускающие через себя воду, могут составлять и зону аэрации, и зону насыщения.

2. *Водоупорные породы* – это микропористые горные породы, задерживающие фильтрацию воды, не пропускающие ее (глины).

3. *Водоносные породы* – это горные породы, дающие возможность движения воды в порах и пустотах (инфильтрация).

4. *Водоносный горизонт* – водоносные породы, насыщенные водой и образующие по площади и мощности выдержанный пласт.

5. *Уровень грунтовых вод* – это граница между зоной аэрации и зоной насыщения (граница появления подземных вод в земной коре).

### ***Главные водно-физические свойства горных пород***

*Пористость* – обуславливает возможность присутствия подземных вод в земной коре – отношение объема пор к объему грунта.

При гидрогеологической оценке горных пород различают *скважность и пористость*. Под *скважностью* понимают наличие в них пустот, независимо от их размеров и формы (трещины, карст). *Пористость* – это вид *скважности*, который обусловлен порами, т.е. мелкими промежутками между частицами породы.

*Влагоемкость* – способность горных пород вмещать и удерживать определенное количество воды (численно может быть равна пористости). По степени влагоемкости горные породы подразделяются на три категории

- весьма влагоемкие (торф, глины, суглинки),
- слабовлагоемкие (мергели, рыхлые песчаники, мелкие пески),
- невлагоемкие (изверженные и осадочные породы, галечник, гравий, крупный песок).

*Водоотдача* – характеризуется количеством гравитационной воды, которое можно получить из 1 м<sup>3</sup> породы путем свободного стока. Это, так называемая, удельная водоотдача. Водоотдачу можно охарактеризовать и коэффициентом водоотдачи ( $\mu$ ) – отношение количества воды, которое может отдать порода к общему количеству воды в породе.

*Водопроницаемость* – способность горных пород пропускать через себя воду. Степень водопроницаемости не определяется величиной пористости, а зависит от размера пор (пустот). Пример: глины имеют пористость порядка 60 %, однако непроницаемы, а песок, с пористостью 30 % – хорошо водопроницаем.

По степени водопроницаемости горные породы подразделяют на четыре группы:

- хорошо водопроницаемые (галечник, гравий, крупнозернистый песок, карст),
- водопроницаемые (трещиноватые скальные породы, пески),
- слабопроницаемые (пылеватые пески, супеси, суглинки, лессы, торф),
- непроницаемые (водоупорные) – монолитные породы, глины.

Вода состоит из 11,1 % водорода и 88,8 % кислорода. Однако в воде присутствуют микроэлементы, газы, микроорганизмы, присутствие которых влияет на качество воды. То есть, в одном случае она полезна для здоровья, в другом не совместима с жизнью.

*Основные физические свойства ПВ (органолептические)*, которые определяются при гидрогеологических исследованиях: температура, цвет, прозрачность, вкус, запах.

*Температура* – колеблется в широких пределах, от близкой к 0° (многолетняя мерзлота) до нагретых паров (вулканы) +120°. Наиболее вкусная и освежающая вода имеет t° 7–11°С. На курортах – минеральные воды имеют t° > 20° (лучше всего, полезнее 35–37°). Температура воды влияет на химический состав. Повышение t° увеличивает скорость физико-химических процессов, а значит и растворение горных пород под влиянием подземных вод. Однако, растворимость Na и K солей (NaCl и KCl) с повышением t° растет, а вот сульфатно-кальциевых (CaSO<sub>4</sub>) – уменьшается. Поэтому холодные воды чаще кальциевые, а теплые и горячие – натриевые.

*Цвет* – характеризует качество воды. Химически чистая вода бесцветна. Окраску придают механические примеси.

Желтоватый цвет – болотного происхождения (гуминовые вещества).

Изумрудный оттенок дают сероводородные воды, вследствие окисления  $H_2S$  и образования коллоидальной мути.

Красивый голубой цвет воды – присутствие гидрокарбонатов.

*Прозрачность* – через столб воды высотой 30см виден печатный текст.

*Вкус* – зависит от состава растворенных в ней веществ. Например, соленый вкус вызывается хлористым натрием (поваренная соль), горький – сульфатом магния, ржавый – солями железа, сладковатый – много органики; вяжущий вкус – вызывают соединения меди; приятный освежающий вкус – наличие свободной углекислоты.

*Запах* – говорит о наличии газов биохимического происхождения (сероводород и пр.) или о присутствии гниющих органических остатков (для определения – слегка нагревают). Различают затхлый, тухлый, болотный запахи.

***Химический состав*** – вода, несмотря на кажущуюся простоту, является сложным соединением. В природе не существует воды, тем более, подземной, которая не содержала бы в составе солей и газов. Часть из них присутствует в виде элементарных и сложных ионов (катионов и анионов), а часть в виде молекул и сложных веществ.

Важнейшими ионами, определяющими минерализацию (химический состав) воды являются: *анионы* –  $Cl^-$ ,  $SO_4^{--}$  и  $HCO_3^-$ , *катионы* –  $Na^+$ ,  $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$ . Общая сумма ионов – есть *общая минерализация*.

Рудничные воды, например в месторождениях полезных ископаемых, часто обогащены ионами Zn, Cu, Pb, Mn, Al и т.д.

В молекулярном и коллоидальном состоянии в подземных водах содержатся *органические вещества* и *кремнекислота* –  $SiO_2 \cdot H_2O$ . В коллоидальном состоянии могут находиться так же *гидроокись*  $[Fe(OH)_3]$  и *окись железа* ( $Fe_2O_3 \cdot 4H_2O$ ), *окись алюминия* ( $Al_2O_3 \cdot xH_2O$ ).

В молекулярном виде в подземных водах содержатся *газы*: двуокись углерода ( $CO_2$ ), сероводород ( $H_2S$ ), азот ( $N_2$ ), метан ( $CH_4$ ), кислород ( $O_2$ ). Иногда повышенные содержания радиоактивных веществ. Все особенности химического состава подземных вод определяются геологическими условиями, климатическими факторами.

Все подземные воды по преобладающему аниону делятся на три класса: гидрокарбонатные ( $HCO_3^-$ ), сульфатные ( $SO_4^{--}$ ) и хлоридные ( $Cl^-$ ).

Каждый класс, по преобладающему катиону, делится на три группы ( $Ca^{++}$ ,  $Na^+$ ,  $Mg^{++}$ ).

Различают:

– мягкие щелочные воды, приуроченные как правило к магматическим горным породам, где  $HCO_3 > Ca + Mg$ ,

– жесткие воды (осадочные), где  $HCO_3 < Ca + Mg$  или  $HCO_3 + SO_4 > Ca + Mg$ ,

– воды высокой минерализации с преобладанием ионов хлора  $Cl > Na$

$Cl > Na + Mg$ ;  $Cl < Na + Mg$  (глубокого континентального залегания),

– кислые воды рудных месторождений  $HCO_3^- = 0$

Существуют полный и сокращенный анализы воды.

Кроме перечисленных есть и другие показатели, характеризующие воду. В первую очередь это бактериологическое загрязнение, т.е. наличие кишечной палочки. Наличие их характеризуется, т.н. коли-тестом – количество кишечных палочек на 1 л воды. Обычно вода безвредная, если коли-тест не более 2–3. Понятие «коли-титр» – количество воды, содержащие 1 кишечную палочку (норма более 300 мл).

Качество воды ухудшается за счет обогащения органическими веществами (распад веществ животного и растительного происхождения). Их определяют при прокаливании сухого остатка воды. Органические вещества способны окисляться. Таким образом, об их количестве можно судить по их окисляемости, т.е. по количеству кислорода, которое требуется на их окисление. Обычно окисляемость характеризуют количеством израсходованного перманганата калия (марганцовки), выраженном в мг на 1 л воды.

Существуют и общие, прямые химические признаки, определяемые при исследовании воды, которые указывают на загрязнение воды.

Хлор-ион ( $Cl^-$ ) – сточные и фекальные воды. Норма – менее 35 мг/л.

Нитратный ион ( $NO_3^-$ ) – нитраты. Допустим в очень незначительных количествах (< 10 мг/л) Чаще всего имеют органическое происхождение – является признаком древнего загрязнения.

Нитрит ион ( $NO_2^-$ ) – нитриты, указывает на свежее загрязнение воды фекальными отбросами и пр. (наличие следов).

Аммоний ( $NH_4^+$ ) – показатель биологического загрязнения.

Калий ( $K^+$ ) – содержание более 10 мг/л указывает на загрязнение.

$Cr^{+6}$ , Ra, Rd, фенольные соединения не допускаются.

Токсичные элементы, мг/л (Pb 0,01, Cu 1, As 0,05, U 1,7, Zn 5, Fe 0,3, F 1,5).

*Жесткость воды* – свойство, обусловленное наличием в ней растворенных соединений  $Ca^{++}$  и  $Mg^{++}$ , и способностью их образовывать плотный нерастворимый осадок при кипячении (плотная корка в котлах). Это свойство отчетливо выявляется при растворении в воде мыла: чем вода жестче, тем больше мыла требуется для появления пены. Жесткие воды непригодны для многих производств – бумажного, сахарного, кожевенного, для водки («мягкая вода» – менее 7 мг-экв). Выражается в мг-экв, (1 мг-экв – в 1 л воды 20,4 мг  $Ca^{++}$  и 12,6 мг  $Mg^{++}$ ).

*Концентрация водородных ионов (pH).* Этот показатель важен для правильного определения химического состава воды. При нейтральной реакции  $pH=7$ , при кислой  $pH < 7,0$ , при щелочной  $pH > 7,0$ . Определяют лакмусовой бумажкой (допустимо 6,5–8,0)

*Общая минерализация воды* (очень важный показатель) – это сумма ионов, молекул и различных соединений, содержащихся в воде. Величина ее определяется по сухому остатку, полученному после выпаривания воды. Хорошая питьевая вода должна содержать не более 0,5 г на 1 л.

Таблица 13

Градации вод по общей минерализации (упрощенная схема)

Общая минерализация г/л	Характеристика	Химический состав
< 0,2 0,2-0,5 0,5-1,0	Ультрапресные Пресные С относительно повышенной минерализацией	(HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> )
1,0-35	Солоноватые, соленые, повышенной солености	(SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> , Cl <sup>-</sup> ); (Cl <sup>-</sup> )
> 35	Переходные и рассолы	(Cl <sup>-</sup> )

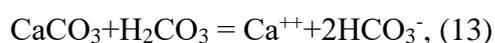
*Агрессивность подземных вод* – свойство подземных вод разрушать горные породы и стройматериалы, в результате соприкосновения.

По отношению к бетону различают агрессивности: углекислая, выщелачивающая, общекислотная, сульфатная, магниальная.

1. *Углекислая агрессия* проявляется при содержании в воде H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> высокой концентрации.



Показатель агрессивная углекислота – то количество H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, которое превышает равновесное, вызывая постоянное растворение карбоната кальция (карбонатные породы – известняки, мергели). Растворение карбоната кальция в воде, содержащей свободную углекислоту, выражается уравнением:



Этот процесс обратим, и до конца не доходит, т.е. часть содержащейся в растворе угольной кислоты остается в растворе в свободном состоянии. Каждому определенному содержанию в воде HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, находящейся в равновесном состоянии с твердым CaCO<sub>3</sub> будет отвечать определенное содержание свободной углекислоты. Это количество свободной углекислоты, отвечающее состоянию равновесия, называется равновесной углекислотой. Если содержание свободной углекислоты в воде будет больше, чем необходимо для

равновесия, то при соприкосновении такой воды с  $\text{CaCO}_3$  будет происходить растворение последнего. Та часть свободной углекислоты, которая при этом израсходуется на реакцию с  $\text{CaCO}_3$ , называется агрессивной углекислотой. Это очень важный показатель, т.к. фундаменты из бетона, цемент, составляющая бетона – это карбонаты ( $\text{CaCO}_3$ ). Измеряется в мг/л.

2. *Выщелачивающая агрессия* – определяется величиной временной жесткости, которая зависит от  $\text{HCO}_3$ , проявляется в ультрамягких или мягких водах, в которых находится минимальное содержание ионов  $\text{HCO}_3$ . Ультрамягкие воды способны выщелачивать карбонаты до момента создания равновесия между карбонатами и бикарбонатами.

3. *Общекислотная агрессия* – зависит от pH, особенно активна кислая среда ( $\text{pH} < 5$ ) – активный растворитель для вмещающих пород (солей, карбонатов), опасна для железобетонных конструкций.

4. *Сульфатная агрессия* определяется наличием в водах иона  $\text{SO}_4^{2-}$ . Соли серной кислоты обладают опасным свойством притягивать к себе  $\text{H}_2\text{O}$ . Переход ангидрида в гипс дает увеличение объема в 2 раза. Соединение алюмосиликатов с водами обеспечивает образование соли в результате гидратации на цементе образуется соль Деваля, или цементная бацилла (наросты, вспучивание, крошится бетон).

5. *Магнезиальная агрессия* – определяется наличием ионов  $\text{Mg}^{++}$ , которые легко вступают в соединения, образуя соли, легко растворимые в воде (железные конструкции).

Свободный кислород, pH,  $\text{SO}_4^-$  – приводят к активному действию воды на железные конструкции – коррозия и растворение металлов.

Меры борьбы: общекислотная агрессивность – подщелачивание (при малых движениях подземных вод), сульфатная – специальные виды цемента. Применяются другие материалы – чугун, пластмассы, гидроизоляция.

По г. Екатеринбургу на сегодняшний день в результате проведения мониторинга пригодными для питья считаются три источника (Амундсена – Окружная, и два источника в районе Калиновки в направлении г. Березовского). Основными критериями для определения вероятности пригодности воды источника для питья являются: удаление от автодорог не менее 100 м, отсутствие выше по потоку источников загрязнения (кладбища, могильники, туалеты, выгребные ямы, очистные сооружения, трассы коммуникаций, фермы и т.п.).

### ***Классификации подземных вод***

1. По степени заполнения пористого пространства принято делить на две зоны, неравномерные по мощности (рис.17):

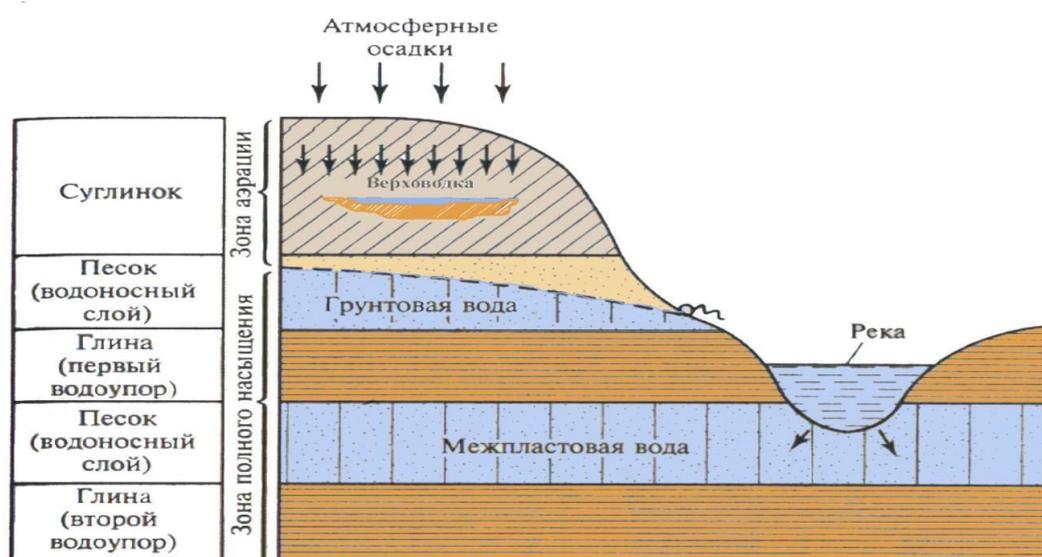
*Зона аэрации* – это промежуточный слой между атмосферой и подземной гидросферой, пустоты, трещины и поры проницаемых пород не всегда и не везде заполнены водой. Здесь

происходит вертикальное просачивание атмосферной влаги или поверхностных вод, и могут возникать скопления только временных или сезонных вод:

- почвенные воды – значение для питания растений,
- верховодка.

*Зона насыщения* – здесь породы заполнены водами, которые подразделяются по гидродинамическому признаку:

- безнапорные (грунтовые)
- напорные (артезианские).



Классификация подземных вод по условиям в земной коре

Рис. 17 Классификация подземных вод по степени заполнения пористого пространства

*II. По условиям залегания* подземные воды подразделяют на:

- поровые воды (собственно поровые и пластово-поровые);
- трещинные воды (пластово-трещинные, трещинные, трещинно-жильные);
- карстовые (трещинно-карстовые);
- воды зоны многолетней мерзлоты (надмерзлотные, межмерзлотные, подмерзлотные).

*III. По литолого-стратиграфическому типу* (по возрасту и типу пород).

*Верховодка* – это временный водоносный горизонт, возникающий наиболее близко к земной поверхности в зоне аэрации на небольших по площади водоупорных слоях (линзах) при условии обильного питания подземных вод.

Особенности: площадь верховодки редко превышает 300 м<sup>2</sup>. В деревнях большая часть колодцев – верховодка. Летом, как правило, испаряются или инфильтруются на глубину, зимой промерзает.

Вторая особенность верховодки – легко загрязняема бытовыми отходами. В северных и умеренных широтах, воды верховодки обычно пресные, ультрапресные или слабоминерализованные, с повышенным содержанием органики (из-за близкого расположения к поверхности земли) и железа. На юге, где преобладает испарение, она высокоминерализованная (Cl, Na).

К верховодке относятся и болотные воды. Часто верховодка и способствует образованию болот.

*Воды зоны насыщения.*

*Безнапорные (грунтовые) воды* (воды со свободной поверхностью) – это свободные гравитационные воды первого от поверхности постоянно существующего водоносного горизонта, заключенных в рыхлых четвертичных отложениях или в верхней части коренных пород и развитого на первом от поверхности региональном водоупорном слое. Обычно они не имеют кровли из водонепроницаемых пород.

Уровень воды в колодцах или скважинах в них, устанавливаются на высоте, соответствующей верхней границе или свободной поверхности грунтовых вод (рис. можно тот же) – называется также зеркалом грунтовых вод (поверхность раздела между зоной аэрации и зоной насыщения). У грунтовых вод показывается одной линией. Обычно поверхность (зеркало) грунтовых вод повторяет рельеф земной поверхности.

Водонепроницаемые породы, подстилающие водоносный горизонт, называется водоупорным ложем или водоупором.

Водоносный горизонт имеет строгую, четкую нижнюю границу, в отличие от верхней, которая может колебаться в зависимости условий питания по сезонам - опускается в периоды зимней и летней межени и поднимается в периоды снеготаяния и сезонов затяжных дождей (паводок).

Особенности грунтовых водоносных горизонтов:

- грунтовые воды имеют свободную поверхность (давление на поверхность грунтовых вод равно атмосферному);
- при вскрытии грунтовых вод искусственными выработками уровень воды устанавливается на той же самой глубине, на которой появляется;
- питание грунтовых вод происходит по всей площади их распространения за счет атмосферных осадков, за счет инфильтрации вод из рек и водоемов, поступление подземных напорных вод из более глубоких горизонтов;
- дренирование (разгрузка) грунтовых вод осуществляется в основном эрозионной сетью на участках пересечения уровня грунтовых вод с понижениями рельефа, на которых образуются выходы подземных вод на поверхность в виде источников, родников, а также под водой (подводная, подрусовая разгрузка). Иногда, когда склон сложен слабопроницаемыми делювиальными отложениями, разгрузка может принять рассредоточенный характер, смачивая склоны долины на значительные расстояния, образуя заболоченности.

– тесная взаимосвязь с речными водами, которые могут являться областью дренирования, а также областью питания в период паводков (высокого стояния воды).

По условиям залегания безнапорные (грунтовые воды) образуют: грунтовые потоки, бассейны и межпластовые безнапорные воды.

*Грунтовые потоки* – движение грунтовых вод по уклону от области питания к области дренажа. Зеркало грунтовых вод имеет уклон от участков с большим гидростатическим напором к меньшим. Гидростатический напор (Н) – расстояние от уровня грунтовых вод в данной точке до нулевой плоскости выравнивания (уровень мирового океана или абсолютная отметка грунтовых вод). Напорный градиент  $I = (H_1 - H_2) / L$

*Грунтовый бассейн* возникает в случае образования водоупорным ложем мульды (впадины). Часто грунтовый бассейн бывает частью грунтового потока.

*Межпластовые безнапорные воды.* Иногда часть грунтовых вод может перекрываться водоупором, но полностью пласт водой не заполнен.

Для грунтовых вод характерен неустановившийся режим (резкие колебания уровня грунтовых вод в зависимости от времени года, значительное влияние температуры воздуха на температуру грунтовых вод, в отличие от глубоко залегающих подземных вод, и изменения химического состава (минерализации) в период межени и паводка).

Гидроизогипсы – линии равных абсолютных отметок подземных вод, строятся при одновременном замере уровней в колодцах и скважинах и проводятся, как правило, через 0,5, 1, 2, 5, 10 м. Карты гидроизогипс в частности, позволяют выявить взаимосвязь поверхностных и подземных вод.

### ***Зональность грунтовых вод***

При продвижении с севера на юг увеличивается глубина залегания грунтовых вод и повышается степень их минерализации. В северных широтах, областях повышенного увлажнения грунтовые воды залегают близ поверхности земли, зачастую сливаясь с поверхностными водами и образуя болота. Минерализация всего лишь порядка 0,2–0,5 г/л. В средних широтах глубина залегания грунтовых вод увеличивается до 3–10 м. Воды пресные (менее 1 г/л). В степях, лесостепях – до 30 м (2–3 г/л). В аридном климате (пустынях) уровень грунтовых вод – до 70 м и более (более 10 г/л).

По комплексам пород вмещающих грунтовые воды выделяются такие основные типы – грунтовые воды аллювиальных (Q) отложений, грунтовые воды ледниковых отложений (Q) – таяние ледников, грунтовые воды горных областей и пр.

*Артезианские (напорные) воды* – это подземные воды, залегающие в водоносных пластах (горизонтах) между водоупорными слоями, находящиеся в первично сжатом состоянии и, соответственно, имеющие напор. В отличие от грунтовых (безнапорных) вод артезианские воды ограничены водоупорной кровлей пласта. (Первая артезианская скважина была пробурена в Париже в долине р. Сена (Артезия) в XIII веке). При вскрытии этих вод скважинами и колодцами, уровень воды поднимается выше кровли водоносного пласта, и могут изливаться на поверхность или фонтанировать.

### Особенности артезианских вод:

- залегают глубже грунтовых вод;
- приурочены к водоносным горизонтам, ограниченными слоями водоупорных пород. Расстояние между кровлей и подошвой – мощность;
- область питания, как правило, не совпадает с областью их распространения;
- находятся в первично сжатом состоянии и при вскрытии их искусственными выработками образуют напор. Повышение (высота) уровня воды от кровли водоносного горизонта до установившегося уровня воды (в выработке) – пьезометрический напор. Установившийся уровень называют пьезометрическим уровнем;
- характеризуются стабильным режимом в отличие от грунтовых вод;
- образует сложную водонапорную систему (до 10 горизонтов).

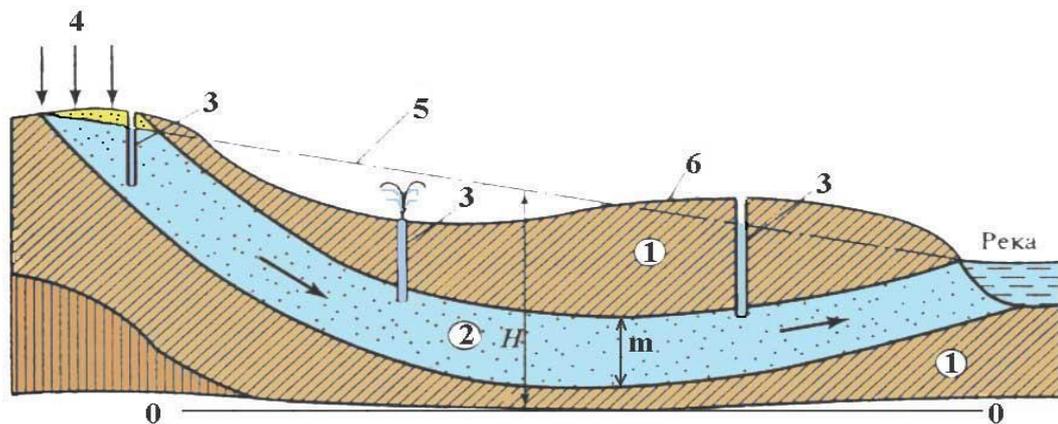


Рис.18 Артезианские воды. 1 – водоупор (глина), 2 – водоносный пласт (песок), 3 – скважины, 4– область питания, 5 – пьезометрический уровень (область развития напора), Н – абсолютная отметка пьезометрического уровня, 6 – поверхность земли, Река – область разгрузки, m– мощность пласта (расстояние от кровли до подошвы).

По условиям залегания различают:

- артезианские бассейны,
- артезианские склоны,
- субартезианские склоны.

Артезианские бассейны – определяются синклинальным залеганием пластов и геологическими структурами (мульды, впадины), образующими понижения в рельефе водоносного горизонта.

В каждом артезианском бассейне можно выделить: область питания; область развития напора; область разгрузки.

Область питания – область, в которой артезианский водоносный горизонт выходит на поверхность, поэтому воды здесь имеют свободную поверхность и принципиально не отличаются от грунтовых вод. По мере погружения под водоупорные породы воды приобретают упругий режим и становятся напорными.

Область развития напора. При вскрытии (искусственными выработками) под влиянием упругого режима вода поднимается вверх на высоту пьезометрического напора. Установившийся уровень воды – пьезометрический уровень.

Область разгрузки (дренажа) – область выхода артезианского бассейна на поверхность земли или под толщу аллювиальных или делювиальных отложений (разъяснить) на абсолютных отметках ниже абсолютных отметок области питания в виде восходящих источников.

Высотное положение области питания и области разгрузки контролирует положение пьезометрического уровня данного водоносного горизонта.

Линии, соединяющие равные абсолютные отметки пьезометрических уровней – гидроизопьезы. Карты гидроизопьез помогают определить направление движения потока.

Режим артезианских вод по мере удаления от области питания становится все более постоянным во времени.

От строения артезианского бассейна, соотношения области питания и всей площади распространения зависит и химический состав этих вод. Если область питания достаточно велика, то наибольший объем в этой системе занимают пресные воды (происходит интенсивный водообмен). В крупных впадинах, область питания относительно невелика и здесь происходит накопление древних вод повышенной минерализации, вплоть до рассолов.

Наиболее типичные примеры крупнейших артезианских бассейнов.

Московский (300 тыс. кв. км), расположенный в пределах Подмосковной котловины (крупная синклинальная структура). Основной водоносный комплекс –  $C_{1-2}$ .

Днепровско-Донецкий –  $Pg, K, J$  (350 тыс. км<sup>2</sup>).

Западносибирский –  $Mz, K$  (3 млн. км<sup>2</sup>).

*Трещинные воды* – это подземные воды, приуроченные к трещиноватым скальным породам различным по генезису. Как правило, это безнапорные или слабо напорные воды. Эти воды перемещаются по системе сопряженных трещин различных размеров, образовавшихся в горных породах под воздействием климата, тектоники, рельефа. В зависимости от этих причин образования трещинных зон выделяют: трещинные воды коры выветривания, трещинные воды контактных зон и тектонических нарушений, а также воды литогенетических трещин.

Характер движения трещиноватых подземных вод. Как ни парадоксально, но оно ближе к ламинарному типу. Это важно, т.к. влияет на расчет параметров водоносного горизонта (водопритоки, дебиты и пр.).

Распространение – горно-складчатый Урал и Предуралье (частично).

*Карстовые воды.* Карст – это геологическое явление, связанное с воздействием воды (атмосферной и подземной) на определенные типы горных пород (известняки, доломиты, глины, соли) и приводящие их к постепенному растворению и разрушению. Вследствие этого процесса на поверхности образуются воронки, понижения, провалы, а под поверхностью земли пустоты, пещеры, огромные полости. В зависимости от горных пород подверженных выщелачиванию (растворению) выделяют карбонатный, гипсовый (сульфатный) и соляной карст. Карст развивается в растворимых породах при циркуляции в них воды, обладающей агрессивными свойствами и имеющей достаточную скорость движения.

*Карстовые воды* (трещинно-карстовые) – это воды карстующихся массивов горных пород, приуроченные к различному роду пустотам, образовавшимся в результате выщелачивающего действия поверхностных и подземных вод. Главная особенность карстовых вод – это быстрое поглощение поверхностных вод, резкие колебания уровней подземных карстовых вод и очень интенсивное их движение. Карстовые воды по скорости изменения уровня можно сравнить с горными реками, уровень которых, правда, вырастает на несколько метров в течение минут.

Кроме того, часто происходит питание и за счет поверхностных водотоков, рек – так называемые «суходолы» (реки попросту пропадают под землей). Таким образом, под землей образуются целые подземные реки.

Реки Серьга, Ивдель исчезают в зоне известняков и в незакарстованных областях появляется вновь.

Скорость потока воды и значительные по размерам пустоты очень часто приводили к авариям при бурении скважин (буровые колонны проваливались, обрывались и терялись).

На севере области в районе г. Ивделя существуют огромные запасы карстовых вод в толщах закарстованных известняков, которые могли бы легко обеспечить питьевой водой всю Свердловскую область. Вопрос: как транспортировать? Помимо северных районов Уральского региона, карстующиеся известняки, и, как следствие, карстовые воды, получили большое распространение в Красноуфимском районе.

Химический состав карстовых вод разнообразен и отражает состав вмещающих пород. Наряду с пресными водами верхней зоны (гидрокарбонатно-кальциевые или магниевые-кальциевые), обычно появляющиеся на поверхности в виде мощных источников, встречаются сульфатно-кальциевые. Например, такие воды как Кисловодск, Мацеста.

Для строительства важно – карстовые воды большей частью агрессивны к бетону.

*Подземные воды области многолетней (вечной) мерзлоты.*

Многолетняя или «вечная» мерзлота – это состояние горных пород, слагающих верхние слои земной коры, которое проявляется в отрицательной температуре и продолжается непрерывно не менее 1 года до тысячелетий и десятков тысячелетий. Распространены в Европе, Азии, Северной Америке, Гренландия, Антарктида (в России – 11 млн. км<sup>2</sup>, более 60 % территории).

Мерзлота, наблюдаемая в поверхностных частях земной коры, разделяется: кратковременная, сезонная, многолетняя «вечная», существующая более одного года.

Причины вечной мерзлоты – климатические особенности севера – низкие  $t^{\circ}$ , малое испарение, реликты геологического прошлого – оледенение Земли.

Подземные воды многолетней мерзлоты обычно подразделяют:

Надмерзлотные воды, залегающие над толщей сплошного распространения многолетней мерзлоты. Многолетнемерзлая толща служит как бы водоупором. Межмерзлотные воды, заключенные внутри толщи вечной мерзлоты. Подмерзлотные воды, залегающие ниже многолетней мерзлоты (кровля). Все эти воды, так или иначе, связаны между собой.

*Надмерзлотные* – находятся неглубоко 0,5–1,0 м, в пределах т.н. «деятельного слоя», т.е. той части мерзлых пород, которые оттаивают в летний период. Зимой они могут промораживаться, т.е. превращаться в лед полностью, частично или вообще не промораживаться. Воды пресные по составу, характеризуются малыми запасами, непостоянным режимом, часто загрязнены органикой, безнапорные.

К этому же типу относятся воды несквозных таликов – под руслами рек, озер, в присклоновых участках долин (связано с тепловым действием водоемов), существуют также под уровнем моря в районах выхода древних речных долин в зонах шельфа.

*Межмерзлотные* – могут быть как в жидкой фазе (вода) так и в твердой (лед), т.е. законсервированной. В отличие от надмерзлотных вод, для которых характерна сезонная смена фаз состояния, эти находятся в более устойчивом состоянии. Смена фаз происходит в более длительных периодах (сотен лет и тысячелетий). Большая часть этих вод все-таки находится в жидком состоянии и отличается подвижностью. Нередко напорные.

Происхождение обусловлено тремя факторами: сквозные талики (под руслами рек), область развития вод повышенной минерализации ( $t^{\circ}=-8^{\circ}-9^{\circ}$ )

Область развития радиоактивных элементов (распад U, Ra).

*Подмерзлотные* – здесь могут быть и трещинные и трещинно-карстовые и артезианские. Обычно, на глубоком севере – на значительных глубинах – 200 и более метров. Они всегда в жидкой фазе и обладают напором – скважины.

*Минеральные воды* – называются воды, обладающие биологически активными свойствами и оказывающие физиологическое воздействие на человеческий организм, вследствие повышенного содержания химических компонентов, органических веществ, газов или вследствие повышенной температуры они широко применяются в курортно-санаторном деле и относятся к лечебным. Воды с общей минерализацией более 1 г/л называют минеральными, если же не имеют лечебного значения, то минерализованными. Воды с общей минерализацией более 35 г/л – рассолы. 1,0–5 г/л – столовые воды, 5–15 г/л – слабоминерализованные, 15–35 г/л – высокой минерализации.

Все эти воды (1–35 г/л) пригодны для питья только в случае, когда преобладающим является ион  $\text{HCO}_3$ .

*Промышленные рудничные воды* – воды, содержащие химические элементы и соли (NaCl) в концентрациях, удобных для их извлечения (Cu, Zn, J, B, Br). (В свое время Дегтярка: содержание меди в воде до 265 мг/л. Откачивали около 2 млн. м<sup>3</sup> в год, получали до 400 тонн меди).

*Родники (источники)* – это одна из форм проявления подземных вод при выходе их на поверхность. В родниках различают: жерло (место, откуда изливается вода), родниковую воронку (небольшой водоем) и изливающийся дальше ключ. Ключи впоследствии могут превратиться в ручьи, а затем и реки. Все виды подземных вод могут выходить на поверхность (иметь область разгрузки).

*Родники (источники)* подразделяют на нисходящие (безнапорные воды) и восходящие (естественные выходы напорных вод). Они поднимаются на поверхность под воздействием гидростатического давления или газов и пара (гейзеры). По всем источникам проводится мониторинг (систематический контроль химического состава и замеры дебита).

### **3.2. Законы движения подземных вод**

Все изменения в состоянии подземных вод –  $t^o$ , уровня залегания, водообильности, химического состава, минерализации и пр., называют режимом подземных вод. Изучение режима подземных вод – мониторинг.

*Температура* – может подвергаться значительным колебаниям, причем, чем ближе уровень подземных вод к поверхности земли, тем сильнее колебания. На воды, залегающие близко к поверхности оказывают влияние суточные и сезонные колебания, а на глубоко залегающие влияют только сезонные.

*Уровень грунтовых вод.* Колебания уровня напрямую зависят от климатических и сезонных особенностей. При таянии снегов происходит разлив рек (паводок), идет пополнение ресурсов подземных вод и соответственно – повышение их уровня. В конце лета наблюдается падение уровня (межень). Здесь отметим, чем ближе водоносный горизонт к области питания, где происходит инфильтрация, тем быстрее происходит изменение уровня. Если год засушливый – уровень стоит низко, и наоборот.

Изменение уровня может вызвать деятельность человека. Устройство водозаборов, осушение котлованов, горных выработок для добычи полезных ископаемых, закачивание воды в горные породы – все это меняет уровень. Чем сильнее воздействие (отбор, закачка) – тем значительнее изменения.

*Химический состав* – очень сильных изменений не наблюдается, однако, значительные атмосферные осадки, полив – вызывают снижение минерализации (опреснение) ПВ, деятельность человека (разного рода строительство, коммуникации) ведут к загрязнению подземных вод.

Пример: 50 лет назад в Татарии была пробурена первая нефтяная скважина (нефть для получения топлива не годна – слишком много парафина). Для выкачивания нефти необходимо нагнетать в нефтеносные пласты рассолы, которые вытесняют нефть. Рассолы – 350 г/л. Давление нагнетания 200–250 атмосфер. Общий метраж трубопроводов под землей – не одна тысяча км. В случае аварии образуются огромные соляные озера, которые постепенно фильтруются в водоносные горизонты.

Изучение режима (ведение мониторинга) – необходимость. Ведутся наблюдения за  $t^\circ$ , УГВ, химическим составом, загрязнением воды в зависимости от условий и от поставленных задач – ежедневно, неделями, месяцами, годами. Наблюдения проводятся в эксплуатационных скважинах, наблюдательных, источниках (родниках), при необходимости бурят дополнительные скважины.

Движение подземных вод происходит постоянно при малейшем уклоне. Гидрогеологами доказано, что при скорости водного потока в горных породах менее 500 м/сут, движение воды носит ламинарный характер. Поскольку скорости более 500 м/сут очень редки и могут встречаться в закарстованных или сильнотрещиноватых породах, то за основной вид движения подземных вод примем ламинарное.

При полном насыщении горных пород движения воды в них происходит под влиянием разности напоров.

Движение воды в песчаных и большей частью трещиноватых горных породах подчиняется линейному закону фильтрации, известному как закон Дарси (французский ученый). Закон, гласит: количество воды (Q), просачивающейся через породу в единицу времени, пропорционально падению напора (разность в верхнем и нижнем уровнях), площади поперечного сечения породы (F) и обратно пропорционально длине пути фильтрации (l), измеренной по направлению движения воды (рис.19):

$$Q = K_{\phi} \cdot \Delta H \cdot F / l \quad (\text{м}^3/\text{сут}; \text{л}/\text{с}) \quad (14)$$

$K_{\phi}$  – коэффициент пропорциональности, зависящий от физических свойств породы и жидкости (коэффициент фильтрации), м/сут.

Преобразуем формулу – разделим обе части уравнения на площадь сечения (F).

$$Q/F = K_{\phi} \cdot \Delta H / l \quad (15)$$

Обозначим  $Q/F$  через V,

$$V = K_{\phi} \cdot \Delta H / l \quad (16)$$

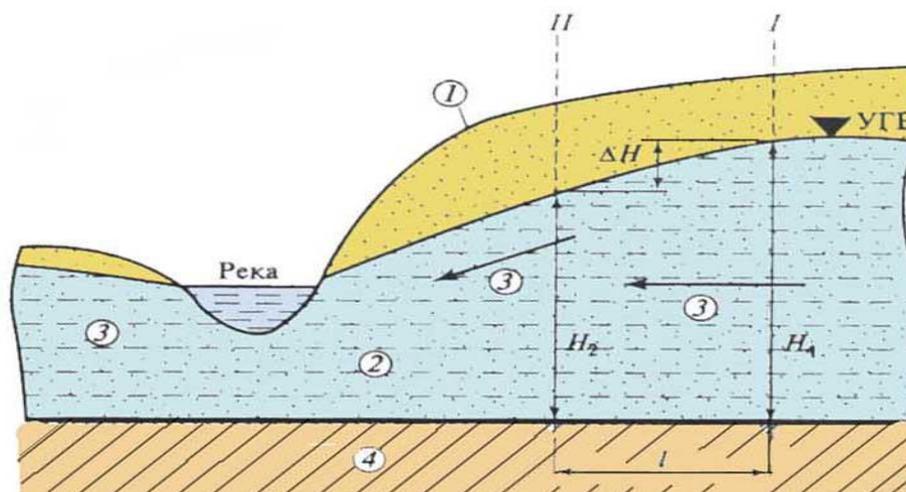


Рис. 19 Фильтрация грунтового потока.

1 – поверхность земли, 2 – водовмещающая порода (песок), 3 – направление грунтового потока, 4 – водоупор, I и II – ось скважин № 1 и № 2 соответственно,  $H_1$  и  $H_2$  – величины напоров,  $\Delta H$  – падение напора,  $l$  – расстояние между скважинами.

Очевидно, что  $V$  – расход фильтрующейся воды, отнесенный к единице площади фильтрующегося потока ( $Q/F$ ), следовательно,  $V$  имеет размерность скорости. Величина  $V$  носит название скорости фильтрации. Отношение разности уровней подземных вод в двух точках, т.е. напора, к расстоянию между этими точками – называется напорным (гидравлическим) градиентом грунтового потока и обозначается через  $I$ , т.е.

$$I = \Delta H / l, \quad (17)$$

Таким образом,

$$V = K_{\phi} \cdot I, \quad (18)$$

т.е. скорость фильтрации пропорциональна первой степени напорного градиента. Из последней формулы получаем:

$$K_{\phi} = V / I, \quad (19)$$

примем  $I=1$ , получим  $K_{\phi}=V$ , т.е. величина коэффициента фильтрации равна скорости фильтрации при напорном градиенте равном единице. Размерность – обычно м/сутки. Но скорость фильтрации не истинная скорость в породе, она характеризует скорость как бы в пустой трубе. Но у нас реальные условия в породе. В действительности площадь занята микрочастицами или трещинами. Но мы знаем такую величину пористости, как коэффициент пористости. Значит, чтобы получить значение коэффициент фильтрации, т.е. с учетом реальной площади сечения, надо значение этой скорости умножить на коэффициент пористости. Действительную скорость подземного потока определяют просто: две скважины, расстояние между ними известно, в одну бросают красящий индикатор – измеряют в другой.

*По водопроницаемости* все породы, довольно условно можно разделить:

Хорошо водопроницаемые  $K_{\phi} > 10$  м/сут (карст, галечники  $K_{\phi} > 200$ , гравий  $K_{\phi} > 50$ , кр/з пески  $K_{\phi} > 25$  м/сут).

Водопроницаемые (пески, трещиноватые породы)  $K_{\phi} > 1$  м/сутки.

Слабо водопроницаемые (суглинки, супеси, слабо трещиноватые породы)  $K_{\phi} > 0,001$  м/сутки.

Непроницаемые, практически водоупорные (глины, монолитные породы)  $K_{\phi} < 0,001$  м/сутки.

Водопроницаемость определяют в лабораторных и в полевых условиях.

Но в природных условиях водоносный горизонт обычно далеко не однороден по составу, пористости и трещиноватости, поэтому лабораторные данные очень часто недостаточны. Поэтому водопроницаемость или  $K_f$  определяют опытным путем, опытными откачками.

Можем определить зависимость, насколько понизится уровень грунтовых вод между дренами, какое количество воды будет в них поступать, на каком расстоянии друг от друга они должны располагаться, чтобы понизить уровень на определенную величину. Такой расход, поступление (водоприток) воды через стенки дрены (канавы) или котлована измеряют в л/сек или  $m^3/сутки$ .

Каналами можно осушать или добывать воду только из верхних горизонтов. А если глубже? Для этого бурят скважины (или выкапывают колодцы) и из них начинают качать воду (для добычи или для осушения горных пород – разрезов). В результате откачки вода движется к скважине в виде радиального сходящегося потока, из-за трения воды о частицы грунта происходит воронкообразное понижение уровня (депресссионная воронка), в плане форма круга. В вертикальной плоскости воронка ограничивается кривыми депрессии (рис. 20).

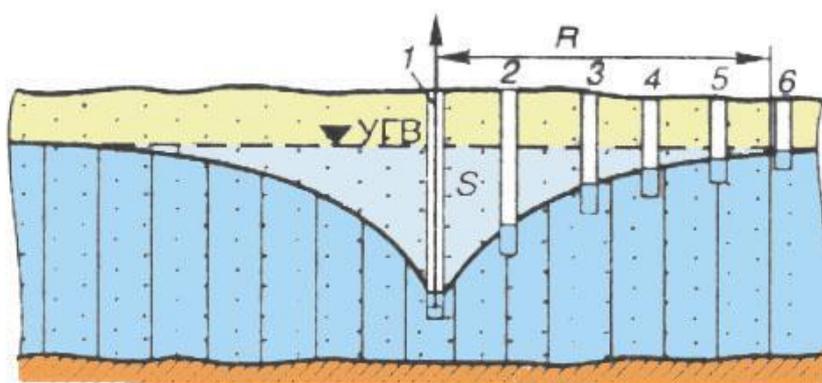


Рис. 20 Депрессионная воронка

1 – точка откачки, 2–6 – наблюдательные скважины, УГВ – уровень грунтовых вод до откачки, S– понижение уровня воды в 1 скважине, R– радиус воронки (влияния).

Чем больше величина  $K_f$ , тем большей мощности насосы мы должны установить, чтобы обеспечить необходимое понижение уровня.

Расстояние от центра скважины до края депрессионной воронки, образовавшейся в результате откачки – радиус влияния скважины (R).

Радиус депрессионной воронки (R влияния) и крутизна кривых депрессии зависят от водопроницаемости пород, у хорошо водопроницаемых пород – широкие воронки, большой радиус влияния, у слабопроницаемых пород (суглинки, супеси) – узкие воронки и малые величины радиуса влияния.

Установление границ депрессионной воронки необходимо:

- для определения  $k_f$  водовмещающих пород,
- выделения зон санитарной охраны,

- определения осушаемых площадей,
- определения расстояния между соседними водозаборами.

Откачки различают: одиночные (из одной скважины) и кустовые (центральная скважина и две, три или более наблюдательных).

Производительность скважины – дебит (максимальное количество воды в единицу времени при постоянстве уровня ( $Q$ , м<sup>3</sup>/сут).

Направление потока определяется:

- по карте гидроизогипс – перпендикуляр к 2-м смежным гидроизогипсам, – от более высоких отметок уровня к более низким;
- методом трех скважин;
- методом красителей.

*Величина R определяется:* бурением скважин, по аналогии с действующими водозаборами, по формулам (Кусакина и Зихарда).

*Водозаборы* – сооружения, с помощью которых происходит захват (забор) подземных вод.

*Типы водозаборов:*

Вертикальные – буровые скважины, колодцы.

Горизонтальные – галереи, канавы, траншеи.

Лучевые – колодцы с водоприемными лучами-фильтрами.

Одиночные – состоят из одной скважины.

Групповые – из нескольких скважин.

Совершенные – вскрывающие водоносный горизонт на полную мощность (до водоупора).

Несовершенные – до водоупора не доходит.

Строительный – снижение уровня только на период строительства (временно).

Дренаж – снижение уровня на весь период эксплуатации объекта.

*Поглощающий колодец* для сброса воды в грунтовый горизонт. При поглощении воды колодцем вокруг него возникает воронка поглощения, по форме аналогичная депрессионной, но обращенная выпуклостью вниз.

*Взаимодействие водозаборов:*

Для водоснабжения расстояние между водозаборами (скважинами), обеспечивающее каждому постоянный дебит должно быть больше двух депрессионных радиусов ( $>2R$ ).

Для понижения уровня грунтовых вод (на строительной площадке) расстояния между точками водопонижения (скважинами, канавами) не может превышать  $2R$ , т.е. депрессионные воронки должны пересекаться.

*Водопонижение на строительных площадках.*

1. Самотек грунтовых вод – зависит от рельефа местности (откосные дренажные системы, подземные галереи).

2. Принудительная откачка: насосами, иглофильтровыми установками (тонкие металлические трубы 7–9 м, с фильтром на конце). ЛИУ – понижение 4,5 м (один ярус) в песках при  $k_f - 1-50$  м/сут; эжекторными иглофильтрами (вакуумное понижение) – пески, супеси с  $k_f - 0,01-1,0$  м/сут.

3. Отвод подземных вод по горизонтали – дренажная траншея (открытые и закрытые), по вертикали – скважины или колодцы.

4. Системы дренажей:

Линейная схема (головная – перехват воды выше объекта, береговая – вдоль берега водоема);

Систематическая (многолинейная – при малой мощности водоносного слоя) длительное осушение большой площади;

Кольцевая – отдельное здание с глубоким фундаментом;

Пластовая – в основании сооружения на водоносный грунт, гидравлически связана с трубчатой дренажной (с наружной стороны фундамента  $\sim 0,7$  метра).

Пристенная состоит из дренажных труб на водоупорном грунте с наружной стороны сооружения. Применяется в том случае, если основанием служит водоупорный грунт.

*Охрана подземных вод*

Истощение запасов подземных вод – сработка в процессе отбора вод без восполнения (прогрессирующее понижение динамических уровней эксплуатируемого водоносного горизонта).

Загрязнение подземных вод – изменение качества (общей М, органолептических свойств, превышение допустимых компонентов).

Типы загрязнения подземных вод.

– естественное (минерализованные подземные или морские воды);

– химическое (органическое и неорганическое);

- бактериальное;
- радиоактивное;
- механическое (песок, шлак из сточных вод);
- тепловое (смешивание с нагретыми техническими сточными водами).

#### *Меры борьбы с загрязнением*

Очистка сточных вод;

Создание безотходных производств;

Перехват профильтровавшихся стоков дренажем;

Экранирование чаш бассейнов;

Расположение водозаборов выше по потоку источников загрязнения;

Устройство зон санитарной охраны

#### *Зоны санитарной охраны.*

Зоны санитарной охраны – территории с особым режимом, исключающим загрязнение подземных вод.

Зоны санитарной охраны организуются в составе трёх поясов:

Первый пояс (строгого режима) – окружность радиусом 50 м, центр которой находится в точке расположения источника водоснабжения.

Второй пояс – зона бактериологического загрязнения.

Третий пояс – зона химического загрязнения.

Размер второго и третьего пояса определяется гидродинамическим расчётным путём.

Подземные воды – как источник водоснабжения. Поиск и разведка месторождения подземных вод. Бурение скважины, определяют все параметры, производят моделирование, взаимосвязь с другими горизонтами подземных вод, сколько скважин необходимо, с какой производительностью, определяют зоны санитарной охраны (обычно их две), где нет коммуникаций и источников загрязнения, определяют химический состав воды, возможную степень загрязнения и др. Здесь руководствуются требованиями СанПиН.

## 2-модул.

### Основы механики грунтов, геодинамические процессы и явления.

#### ЛЕКЦИЯ

#### Тема: №4 ГРУНТОВЕДЕНИЯ

**ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ:** *изучить происхождение и отличительные признаки горных пород, общие законы их образования, возраст и шкалу геологического времени, составные компоненты и структурные связи грунтов, их физические характеристики и классификацию*

#### План:

##### 1.1 Грунтоведение

##### 1.2 Изучение горных пород как многокомпонентных систем

##### 1.3 Горные породы, их происхождение и отличительные признаки

##### 1.4 Физические и механические свойства грунтов

**Введение в инженерную геологию. Сопротивление грунта скольжению. Сжатие грунта.**

**Ключевые слова и фразы:** *измельченные зерна, кристаллические связи, водные коллоидные связи, каменистая почва, крупные фрагменты, пески, глинистые суглинки. ГОСТы, классификация и строительные свойства, каменистый грунт, крупнозернистый грунт, пески, глинистые суглинки, грунт, лесс, лессовая почва, генетические типы, свойства, седиментация, избыточная седиментация, седиментационные меры. фракция, гравийная фракция, песчаная фракция, пылевая фракция, глинистая фракция, айрометрический метод, метод Робинсона, лаборатория, эксперименты, свойства, расчетные физические свойства, механические свойства грунта, сопротивление грунта, закон Кулона, скольжение породы, глина Сопротивление сжатию грунта, твердое состояние, полутвердое состояние, пластическое положение, гидравлическое положение, прочность на мягкое сцепление, прочность на сцепление. сжатие нагрузки, величина сжатия, 2 различных метода испытаний, метод испытания на сжатие, поле, метод штамповки, индикатор*

#### Рекомендуемая литература по теме:

1. С.А. O'Flaherty. Хейвэйс: расположение, проектирование, строительство и обслуживание тротуаров. Великобритания, Баттерворт Хайнеманн, 2005, 553 р.

2. Ф.Г. БЕЛЛ ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ, второе издание 2007 г.

4. Н.З. Расулов «Механика грунтов, основы и фундаменты», Издательство Тафаккур, 2010.

## 1. Грунтоведение

Грунтоведение можно определить как науку, изучающую любые горные породы и почвы как многокомпонентные динамичные системы, изменяющиеся в связи с инженерно-хозяйственной деятельностью человека. Горные породы изучаются петрографией и литологией, но только грунтоведение подходит к ним как к многокомпонентным динамичным системам.

Основным положением совершенного грунтоведения является положение о зависимости свойств грунтов от их состава, структуры и текстуры. Состав, структура, текстура, а отсюда и свойства горных пород формируются в процессе их генезиса и изменяются под влиянием постгенетических процессов; диагенеза, эпигенеза и гипергенеза. Поэтому при оценке пород в инженерно-геологическом отношении состав, структура и текстура грунтов и их свойства изучаются в зависимости от генезиса и постгенетических процессов.

Генетический подход при изучении грунтов является методологической основой грунтоведения, благодаря чему оно относится к наукам геологического цикла. Причем под генетическим подходом следует иметь в виду анализ геологической истории развития территории, сложенной изучаемыми горными породами, для того, чтобы можно было понять, что испытала порода за период с момента своего формирования до наших дней, какова была ее «геологическая жизнь».

В основе генетического изучения горных пород в инженерно-геологических целях лежит подразделение их на три основные общеизвестные группы: магматические, осадочные и метаморфические, которые одновременно отражают их генезис и важнейшие петрографические особенности. Дальнейшее более дробное подразделение горных пород на генетические и петрографические типы дает еще большую информацию об их особенностях, важных при решении различных инженерно-геологических вопросов.

Горные породы, сформировавшиеся иногда в одних и тех же условиях и имеющие один и тот же геологический возраст и состав, могут существенно отличаться по своему современному состоянию и свойствам. Это объясняется тем, что такие породы претерпели различные постгенетические преобразования. Влияние постгенетических изменений на формирование свойств пород хорошо прослеживается на примере кембрийских гидрослюдистых глин, широко развитых на севере и северо-западе Русской платформы.

Приведенный пример хорошо показывает, что горные породы под влиянием постгенетических процессов могут сильно изменяться. Поэтому когда говорят о генетическом подходе в грунтоведении, то имеют в виду, что состав, строение и свойства грунтов зависят от их генезиса и постгенетических процессов. Эта зависимость проявляется в изменении особенностей состава, структуры и текстуры породы, что в конечном итоге обуславливает различие свойств пород. Это три равноценных фактора с точки зрения важности влияния их на свойства грунтов. Однако каждый из них может иметь доминирующее значение в зависимости от генетического и петрографического типа породы, а также от того, какое свойство является предметом изучения.

### 1.2 Изучение горных пород как многокомпонентных систем

В понятие термина «грунт» подчеркивается, что это любые горные породы и почвы, которые изучаются как многокомпонентные системы. Составляющими компонентами

горных пород являются: твердая компонента - минеральная и органическая часть горных пород, жидкая компонента - содержащиеся в пустотах пород природные воды, газообразная компонента - газы в пустотах пород и живая компонента - главным образом микроорганизмы, обитающие в горных породах. Соотношение компонент в горных породах определяет их состояние и свойства. Так, сухая глина обладает большой прочностью, а та же глина в водонасыщенном состоянии может течь под действием силы тяжести.

Представление о том, что горные породы изменяются во времени является общеизвестным, но оно будет неполным, если не подчеркнуть, что быстрые изменения горных пород происходят лишь в том случае, когда соотношение между компонентами, составляющими горную породу, меняется достаточно быстро.

Это положение наиболее характерно для дисперсных грунтов, у которых особенно подвижны два компонента: вода и воздух, содержащиеся в их порах. В зависимости от того, полностью или частично будут заполнены поры водой (или газом) и содержатся в них живые организмы или нет, грунты могут являться двух-, трех- и четырехкомпонентными системами.

## **ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО СОСТАВА И ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА НА СВОЙСТВА ГРУНТОВ**

При инженерно-геологическом изучении горных пород особенно важно знать содержание в них породообразующих минералов, которые находятся в преобладающих количествах и оказывают влияние на их свойства. Поэтому наибольшее значение имеют минералы класса первичных силикатов (полевые шпаты, оливин, пироксены и амфиболы и др., к ним же относится условно кварц), у которых преобладают внутрикристаллические связи ионно-ковалентного типа; простые соли (карбонаты, сульфаты, галоиды), имеющие ионный тип связей; глинистые минералы (гидрослюды, монтмориллонит, каолинит и др.), характеризующиеся большим разнообразием внутри-кристаллизационных связей, включая ковалентную, ионную, водородную и молекулярную связи. Кроме того, в горных породах и почвах в значительном количестве может содержаться органическое вещество, в строении которого большую роль играют водородные и молекулярные связи.

Свойства минералов связаны с особенностями их химического состава, внутреннего строения и тех связей, которые существуют внутри самих минералов (атомов, ионов, радикалов). Свойства минералов, в свою очередь, обуславливают свойства грунтов, которые они слагают. Примеров такого влияния можно привести много.

От природы химической связи атомов и структурного типа кристаллической решетки зависит сжимаемость большинства силикатов. Установлено, что увеличение степени плотности упаковки атомов в структуре минералов ведет к уменьшению их сжимаемости. Вот поэтому минералы группы оливина, для которых характерна высокая плотность упаковки кремнекислородных тетраэдров, отличаются меньшей сжимаемостью по сравнению с кварцем и полевым шпатом, имею-2. Инженерная геодинамика

В инженерной геодинамике изучаются все современные геологические процессы, имеющие значение при оценке отдельных регионов в целях их народнохозяйственного освоения при строительстве инженерных сооружений (гидротехнических и мелиоративных, дорог и тру-

бопроводов, промышленных объектов и населенных пунктов, шахт и глубоких карьеров, подземных нефте-, газо- и водохранилищ и др.), а также древние геологические процессы, оказавшие определенное влияние на геологическое строение территории. Сведения о геологических процессах необходимы для того, чтобы заранее предвидеть возможность их появления в результате изменений, происходящих в природе под влиянием естественных причин и многообразной деятельности человека, а также для того, чтобы оценить возможное их воздействие на окружающую среду.

При оценке какого-либо региона в связи с его народнохозяйственным освоением геолог, работающий (в области инженерной геологии, должен заранее с какими геологическими процессами столкнутся на его территории строители и другие специалисты и какие изменения в характере геологических процессов будут происходить при освоении данного региона в намеченном направлении.

При разработке проектов отдельных, как правило, крупных инженерных сооружений возникают более конкретные задачи, которые по своей сложности не уступают первой: надо дать прогноз неблагоприятного воздействия на проектируемый объект геологических процессов, развитых в районе. При этом прогноз должен даваться во времени и в пространстве и предусматривать возможную интенсивность существующих и вновь возникших геологических процессов.

Лишь при наличии такого прогноза и учета инженерно-геологических особенностей грунтов возможны правильное рациональное проектирование сооружений, их сохранность и нормальная эксплуатация, безопасность людей.

Далеко не всегда при решении вопроса о возможности строительства или освоения месторождения полезных ископаемых руководствуются инженерно-геологической обстановкой. Часто превалируют экономические и другие соображения, и в этих случаях приходится особенно тщательно приспособлять сооружение к природным условиям и заранее разрабатывать мероприятия, ограждающие его от вредного воздействия геологических процессов. При этом особого внимания заслуживают геологические процессы катастрофического характера, возникающие неожиданно, быстро развивающиеся и вызывающие значительные разрушения. В качестве примера таких геологических процессов можно назвать землетрясения, оползни и обвалы, сели и др. Однако было бы ошибкой считать, что геологические процессы медленно развивающиеся во времени, не имеют практического значения что ими можно пренебречь. Например, современные тектонические движения земной коры при разной их интенсивности по поперечному профилю долины реки могут явиться труднопреодолимым препятствием при строительстве арочных плотин. Выветривание, более активное в свежееобнаженных горных породах, сократит срок длительной устойчивости их в откосах каналов и карьеров, в выемках железных шоссейных дорог, в стенках подземных горных выработок.

Это обстоятельство обязывает при инженерно-геологических изысканиях изучать все геологические процессы, происходящие на исследуемой территории, независимо от того, катастрофический или некатастрофический характер развития они имеют.

Идеальным является случай, когда возводимое инженерное сооружение так вписывается в природную обстановку, что не нарушает сложившееся в ней равновесие. Такие случаи бывают сравнительно редко. Чаще строительство здания, канала, карьера, тоннеля и других

сооружений или хозяйственное освоение территории (вырубка лесов, распахивание целинных земель, орошение в аридных областях и т.п.) порождает возникновение геологических процессов, которые раньше отсутствовали на данном участке. Процессы, возникшие в результате деятельности человека, получили название инженерно-геологических (антропогенных) процессов.

Совокупность геологических и инженерно-геологических процессов и порождаемых ими явлений характеризует геодинамическую обстановку. Этот термин может быть применен в любой территории независимо от ее размеров: к целому региону, имеющему народнохозяйственное значение, к району строительства крупного сооружения или непосредственно к самой строительной площадке.

Известно, что все геологические процессы изучаются одним из разделов геологической науки — динамической геологией. Геологические процессы изучаются инженерной геологией, точнее, одним из ее разделов – инженерной геодинамикой. Это ни в какой мере не противопоставляет инженерную геодинамику динамической геологии. Каждая из этих дисциплин изучает геологические процессы в своем аспекте. Динамическая геология изучает геологические процессы, протекающие в природе независимо от человека, и делает это для решения главным образом проблем общегеологического характера. Инженерная геология изучает геологические процессы в связи с деятельностью человека, в связи с изменением природных условий под влиянием этой деятельности с тем, чтобы не допустить возникновения нежелательных для человека геологических процессов, изменить ход существующих геологических процессов в необходимом направлении, получить данные, нужные для проектирования различных инженерных мероприятий. Так как изучение геологических процессов проводится в инженерной геологии в связи с деятельностью человека, то само понятие «геодинамическая обстановка» в инженерной геологии приобретает несколько иной смысл, чем в динамической геологии.

Аспекты изучения геологических процессов в динамической геологии и в инженерной геодинамике различны, но их объединяет общий объект изучения — геологические процессы. Поэтому между этими двумя разделами геологической науки нет и не должно быть противоречий. Динамическая геология обогащает своими исследованиями инженерную геодинамику и, наоборот, заимствует от нее новые интересные для себя данные и установленные инженерной геодинамикой закономерности.

Инженерной геологией изучаются как эндогенные, так и экзогенные процессы. На начальном этапе развития инженерной геологии больше внимания уделялось экзогенным процессам и значительно меньше — эндогенным. Эндогенные процессы привлекают к себе все большее внимание, так как стали ясны три обстоятельства.

Во-первых, эндогенные процессы в значительной степени могут обуславливать инженерно-геологические условия. О масштабах и интенсивности, например, современных эпейрогенических движений можно судить по многим районам мира. В стадии опускания находятся территория Голландии; на протяжении нескольких веков борется голландский народ с наступающим морем. Опускание суши в районе Севастополя привело к затоплению древнегреческого города Херсонеса и к образованию Севастопольской бухты. Наоборот, подъем суши в районе Баку составил за последние столетия 16 м.

В сейсмически активных областях оценка сейсмичности территории является важнейшей задачей при определении их инженерно-геологических условий. То же можно сказать и в отношении вулканической деятельности применимо к районам действующих вулканов.

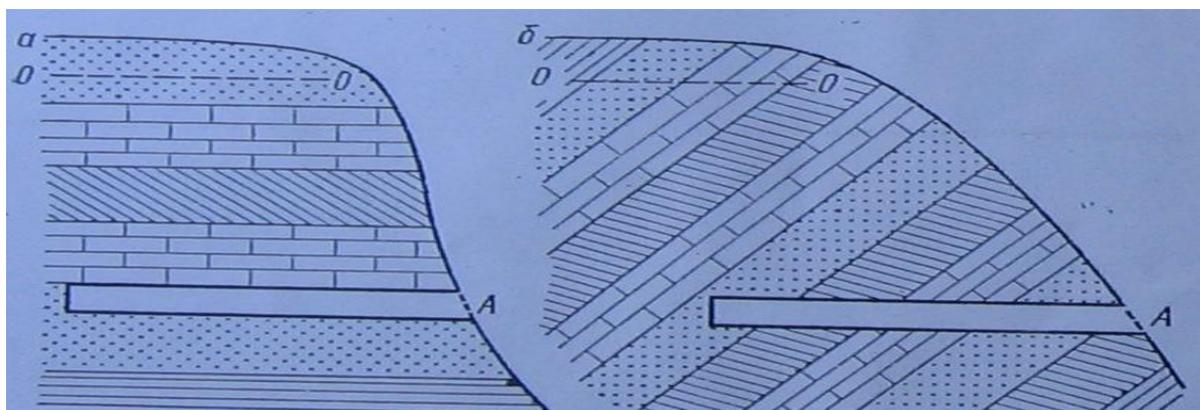
Во-вторых, эндогенные процессы могут способствовать развитию экзогенных процессов. Например, землетрясения в горных областях часто вызывают обвалы, а эпейрогенические движения, приводящие к поднятию отдельных областей платформ, способствует интенсивному развитию процессов эрозии, образованию оползней, переуглублению речных долин. Именно этим можно объяснить развитие оползней в долине Волги от Ульяновска до Волгограда. Указанная территория испытывала преимущественное поднятие на протяжении всего четвертичного периода. Это обстоятельство усугублялось еще тем, что правый берег Волги, сложенный мощными толщами глин со слабоводоносными горизонтами, постоянно испытывал боковую эрозию, что привело к развитию здесь крупных оползней.

В-третьих, эндогенные процессы могут быть вызваны деятельностью человека, т. е. среди инженерно-геологических процессов (могут быть процессы не только экзогенного характера (хотя они и преобладают), но и процессы эндогенные. В качестве примера инженерно-геологических процессов эндогенного характера можно указать на землетрясения, вызванные созданием искусственных водохранилищ в сейсмоактивных областях, на смещение массивов горных пород при больших взрывах и т.п.

При оценке геодинамической обстановки отдельных регионов необходимо учитывать климатические условия, широтную и высотную зональность района, где протекают геологические процессы.

Для оценки инженерно-геологических условий большое значение имеет изучение не только современных геологических процессов, но и древних геологических процессов, создававших палеогеодинамическую обстановку, основные черты которой воплощены в геологическом строении и рельефе той или иной территории.

Рис. 1.1. Схема, иллюстрирующая значение условий залегания пластов для



строительства: *а* – ненарушенное и *б* – нарушенное залегание пород, *о-о* – плоскость основания наземного сооружения; *А* – подземное сооружение (тоннель)

Поясним это следующими примерами. Орогенические движения земной коры приводят к образованию складок, к нарушению первоначального залегания слоев горных пород. При ненарушенном залегании пород основание тоннеля будет неоднородным, что, конечно, осложнит производство работ по проходке и креплению. Для того чтобы принять

правильное решение в этих условиях, необходимо знать характер как прошлых, так и современных тектонических движений.

В течение всего кайнозоя в южной части Русской платформы существовала тенденция постепенного отступления морей. С этим связано явление переуглубления речных долин вследствие изменения базиса эрозии. Переуглубленные речные долины имеют разнообразно построенное коренное ложе, заполнены сложным комплексом древнеаллювиальных, ледниковых, ледниково-речных, озерных, эстуариевых и морских отложений, которые представляют собой толщу, неблагоприятную для использования в инженерно-геологическом отношении. Понять особенности геологического строения переуглубленных долин нельзя без изучения древних процессов эрозии.

Без изучения древних геологических процессов оказывается невозможным принять рациональные решения при строительстве тоннелей в горных областях, гидротехнических и других сооружений на территориях древних долин, при застройке речных террас, сложенных просадочными лёссами. Изучение древних геологических процессов и палеогеодинамической обстановки является важной задачей инженерной геодинамики. Без этого нельзя понять закономерности геологического строения земной коры при ее оценке в инженерных целях.

Исследования в области инженерной геодинамики имеют большое практическое значение, так как позволяют уменьшить ущерб, который наносят геологические процессы народному хозяйству. Однако нельзя думать, что все геологические процессы. Всегда оказываются отрицательно при формировании и освоении человеком геологической среды.

Многие геологические процессы противоположны друг другу, например денудационные и аккумулятивные процессы. Первые, как правило, нарушают целостность массива горных пород, облегчают его разрушение при выветривании, ведут к снижению прочностных и деформационных свойств пород. Вторые, наоборот, способствуют повышению устойчивости массивов горных пород, а в результате «залечивания» трещин и процесса литификации горных пород происходит улучшение их прочностных и деформационных свойств.

В настоящее время производственная деятельность человека стала крупнейшей геологической силой и может приводить к возникновению геологических процессов различного характера. При этом важно, чтобы вновь возникшие инженерно-геологические процессы не препятствовали рациональному использованию геологической среды.

### 1.3 Горные породы, их происхождение и отличительные признаки

*Горные породы* – это агрегаты или смеси минералов. Они могут состоять преимущественно из одного минерала (мономинеральные) или из определенного соотношения частей двух и более минералов (полиминеральные). Известно около 1000 горных пород. По происхождению (генезису) их делят на три группы: *магматические* – возникли вследствие остывания магмы; *осадочные* – образовались в верхней части земной коры после разрушения других пород и жизнедеятельности растений и животных; *метаморфические* – сформировались в результате последующих изменений магматических и осадочных пород под влиянием высокой температуры и давления.

Отличительными признаками горной породы является *минералогический состав, структура и текстура*. В составе горных пород преобладают минералы класса силикатов. На их долю приходится **85%** всех горных пород земной коры. Минералогический состав определяет лишь вещество горной породы. Условия образования горных пород устанавливаются путем изучения их *структуры и текстуры*.

*Структура* характеризует особенности внутреннего строения горной породы, обусловленные размерами, формой, количественным соотношением минералов, которые ее составляют, а также характером связей между частями породы. *Структура магматической породы* бывает *полнокристаллическая* (зернистая), *полукристаллическая* (кристаллы и аморфное вещество), *аморфная* (стекловидная). Для *осадочных пород* характерны *обломочная, брекчиевидная, органогенная, смешанная* и прочие структуры (рис. 2.1).

*Текстура* характеризует способ заполнения пространства горной породы. Она отражает особенности внешнего строения: *массивность, слоистость, пористость* и т. п., соответственно бывает массивная, слоистая, макропористая (рис. 2.2).

При образовании магматических горных пород магма – расплавленное силикатное вещество – поступает в толщу земной коры и на ее поверхность из магматических очагов в верхней мантии. Если магма не достигает поверхности и отвердевает на глубине, то в толще земной коры образуются *глубинные (интрузивные)* магматические породы. Если магма выливается на поверхность и отвердевает – формируются *излившиеся (эффузивные)* магматические породы.

15

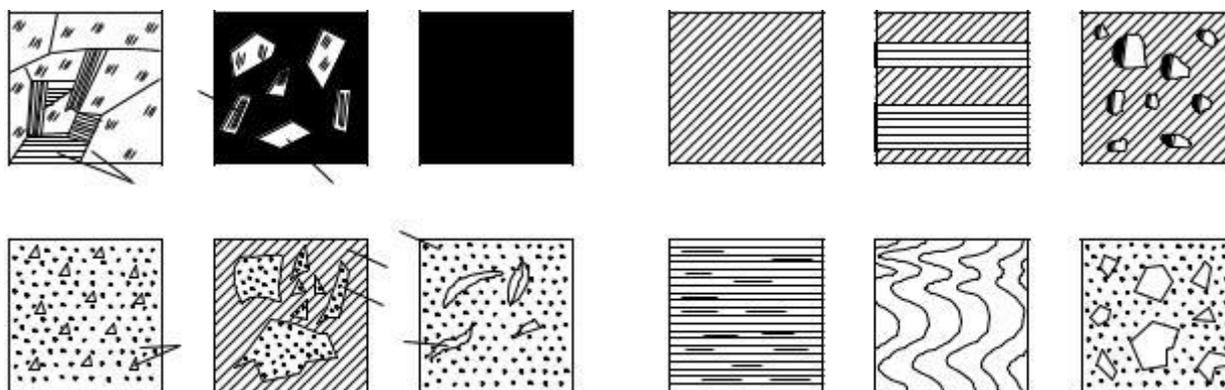


Рис. 2.1. Виды структур горных пород:

III – аморфная; б – осадочные породы;

I – обломочная (псаммитовая); II – брекчиевидная

а – магматические породы; I – полнокристаллическая;

II – полукристаллическая;

; III – органогенная (фитопелитовая); 1 – зерна; 2 – аморфное вещество; 3 – глина; 4 – обломки; 5 – остатки растений

а

Рис. 2.2. Текстура горных пород:

а – массивная; б – слоистая; в – макропористая; г – рассеянная; д – флюидальная; е – хаотическая

Твердение магмы на глубине происходит медленно, при высоком давлении. Этот процесс длится иногда тысячи и миллионы лет. За это время успевают выкристаллизоваться все минералы. Сначала кристаллизуются наиболее тугоплавкие из них, а потом минералы с более низкой температурой плавления. Твердение магмы на небольшой глубине или на поверхности земной коры происходит быстро, при низком давлении. В этих условиях успевают выкристаллизоваться лишь наиболее тугоплавкие минералы, а остальные отвердевают, образуя микрокристаллическую или аморфную массу. Вылитая на поверхность магма имеет название *лавы*. Из лавы бурно выделяются газы, которые там содержатся и вспенивают ее. В результате застывшая лава бывает в той или иной мере пористой. Особенности условий образования глубинных и излившихся пород обуславливают определенную структуру и текстуру этих пород. Для глубинных пород характерны *полнокристаллическая структура* и *массивная текстура*, а для излившихся – *порфировая* или *аморфная структура* и *пористая* или *флюидальная текстура*.

В зависимости от содержания в магматических породах SiO<sub>2</sub> как в виде кварца, так и в составе разных силикатов, они делятся на *кислые* (SiO<sub>2</sub> > 65 %), *средние* (SiO<sub>2</sub> = 52 – 65 %), *основные* (SiO<sub>2</sub> = 40 – 52 %) и *ультраосновные* (SiO<sub>2</sub> < 40 %). У каждой глубинной породы есть аналог среди излившихся, поскольку они имеют одинаковый исходный продукт (магму). Общие сведения об основных магматических породах приведены в табл. 2.1.

Основная масса магматических пород сконцентрирована в гранитном и базальтовом слоях земной коры, которые образовались в начале геологической истории путем продолжительного процесса выплавки относительно легкого вещества в верхней мантии и его поднятия к поверхности. Но процесс образования магматических пород происходил и в дальнейшем. Магматические породы образовывались во время проникновения магмы в толщу уже сформировавшейся земной коры или в процессе выливания ее на поверхность. При этом формировались характерные формы залегания магматических горных пород: глубинных – *батолиты, штоки, лакколиты и жилы*; излившихся – *покровы* и *потоки* (рис. 2.3).

**Таблица 2.1**

**Основные магматические горные породы**

Деление по содержанию	Глубинные породы	Излившиеся породы			Минеральный состав
		структура порфировая	структура	аморфная	
SiO <sub>2</sub>		Древние	молодые		
<b>Кислые</b>	Гранит	Кварцевый	Липарит	Обсидиан,	Кварц, полевой шпат,
		Порфир		пемза	биотит, роговая обманка
<b>Средние</b>	Сиенит	Бескварцевый порфир	Трахит		Полевой шпат, роговая обманка, иногда биотит
	Диорит	Порфирит	Андезит		Полевой шпат, роговая обманка, иногда авгит
<b>Основные</b>	Габбро	Диабаз	Базальт		Авгит, роговая обманка, полевой шпат, иногда

					оливин
<b>Ультра-</b>	Перидотит		Пикрит		Оливин, авгит
<b>основные</b>					

Рис. 2.3. Формы залегания магматических горных пород:

1 – батолиты; 2 – штоки; 3 – лакколиты; 4 – жилы; 5 – покровы; 6 – потоки

**Батолиты** – это огромные магматические тела, образованные на значительной глубине, которые прослеживаются в горизонтальном направлении на десятки километров. Считают, что нижняя часть батолита достигает магматического очага. **Штоки** – это магматические тела, вытянутые в вертикальном направлении, с размерами в плане до нескольких километров. **Лакколиты** – магматические тела караванной формы, имеющие размер в поперечнике от сотен метров до нескольких километров. Иногда лакколиты вследствие разрушения пород вокруг них оказываются на поверхности, образуя отдельные горы как, например, Машук и Бештау на Кавказе. **Жилы** формируются в трещинах пород, куда под давлением попадает магма. Толщина жил обычно не превышает нескольких метров. **Покровы** находятся на поверхности земной коры, их толщина колеблется от нескольких метров до нескольких километров. Покровы занимают иногда десятки и сотни тысяч квадратных километров. **Потоки** образуются из магмы, которая застывает на склонах.

В условиях естественного залегания массивы магматических пород разделены системой трещин на отдельные глыбы – отдельности. Трещины возникают в процессе твердения магмы вследствие уменьшения ее объема. Каждой магматической породе присуща определенная форма отдельности: у гранитов – матрацевидная, у базальтов – столбчатая. Кроме трещин разделения, есть трещины деформаций, которые возникают под влиянием внешних (относительно массива) сил, например трещины, которые появляются при землетрясениях.

Образование осадочных пород связано с процессами выветривания и денудации. **Выветривание** – процесс разрушения горных пород под влиянием колебания температуры воздуха, солнечных лучей, воды, которая замерзает, атмосферы и организмов, а также растворяющего действия воды. Продукты выветривания не всегда остаются на месте образования. Они перемещаются поверхностными текучими водами, движущимися под воздействием силы тяжести и ветра со льдом ледников в пониженные места – к подножию склонов, в долины и впадины, на дно озер, морей и океанов. В низинах продукты выветривания накапливаются и уплотняются, образуя осадочные горные породы. Выветривание бывает **физическое, химическое и органическое**.

Под влиянием **физического** выветривания, которое вызывается колебанием температур, механическим действием замерзающей воды, морского прилива, ветра и другими факторами, горные породы распадаются на отдельные глыбы, обломки и минеральные зерна.

При **химическом** выветривании горные породы испытывают более глубокие изменения. В этом случае образуются новые минералы. Химическое выветривание происходит или как прямое растворение горных пород водой, в которой содержится кислород, углекислота и прочие вещества, или в виде разных химических реакций (окисление, карбонизация и т. п.).

Например, химическое выветривание ортоклаза происходит по такой схеме:



**Органическое** выветривание является результатом жизнедеятельности растительных организмов, которые корнями механически разрушают горные породы, причем разные кислоты, выделяемые организмами, служат причиной химического преобразования минералов.

В пустынях и высокогорных районах преобладает физическое выветривание. В условиях континентального и тропического климата физическое выветривание дополняется химическим и органическим. Масштабы этих процессов очень большие. Каждый год из материков в моря и океаны выносятся около **5,5 млрд т** веществ в растворах и до **30 млрд т** в обломках. Вследствие накопления продуктов выветривания происходят их уплотнение и цементация.

Осадочные горные породы делятся на **обломочные, химические и органогенные**. **Обломочные** породы образовались из продуктов выветривания, перенесенных и отложенных в виде кусков разнообразной величины. Они могут быть рыхлыми и цементированными разными естественными материалами – глинистыми, железистыми, известняковыми, кремнистыми и т. п. **Химические** породы образовались вследствие выпадения в осадок веществ из насыщенных растворов при изменении их параметров. Эти породы образуются главным образом в зоне мелкого моря. **Органогенные** породы возникли в результате жизнедеятельности организмов, большинство которых живут в воде и усваивают из нее вещества для формирования ракушек или скелетов и, отмирая, формируют толщу горных пород. Некоторые породы этого типа образованы из растительного вещества как на суше, так и в воде. Характеристика главных осадочных пород представлена в таблице 2.2.

**Таблица 2.2**

**Основные осадочные горные породы**

Обломочные		Химические	Органогенные
рыхлые	цементированные		
Галька	Конгломерат	Гипс	Известняк
Гравий	Брекчия	Ангидрит	Доломит
Щебень			
Дресва	Песчаник	Каменная соль	Мел
Песок			
Супесь	Алевролит	Известняк	Торф
Суглинок			
Глина	Аргиллит	–	Уголь

Минералогический состав осадочных горных пород определяется условиями их образования. Например, в обломочных породах он отвечает минералогическому составу той породы, из которой они образовались. Многие породы химического происхождения состоят из одного минерала: гипса, ангидрита, кальцита и т. п.

**Структура осадочных пород** очень разнообразна: так у песков она **зернистая**, у глины – **глинистая**, у известняков – **кристаллическая**.

Что касается **текстуры**, то большинство осадочных пород имеет **слоистый состав**. Формы залегания осадочных пород показаны на рис. 2.4. Пласты осадочных пород в

условиях ненарушенного залегания горизонтальны. Мощность толщи осадочных горных пород в земной коре достигает **15 – 20 км** в геосинклиналях.

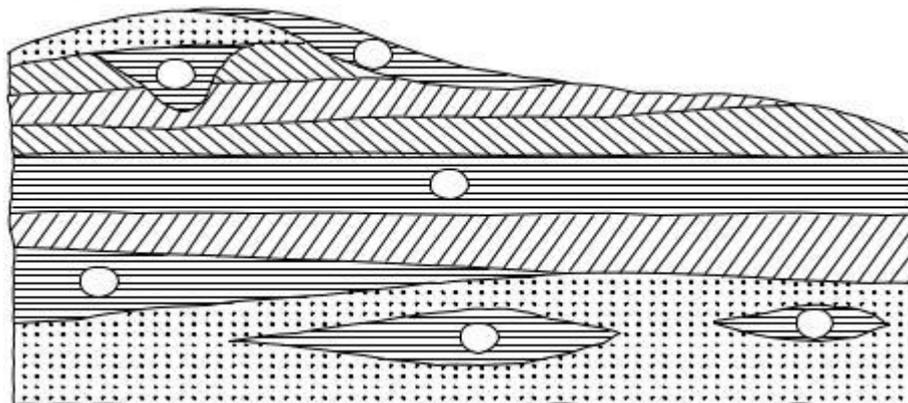


Рис. 2.4. Формы залегания осадочных пород:

1 – параллельное наложение; 2 – выклинивание пласта; 3 – линзообразные залежи; 4 – мешок, или карман; 5 – шлейф

Метаморфические породы сформировались из магматических и осадочных вследствие их изменения под влиянием высоких температур и давления. Этот процесс получил название

**метаморфизма.** Различают **региональный, дислокационный и контактовый метаморфизм.**

**Региональный** метаморфизм развивается на большой глубине и охватывает значительные пространства. Этот процесс связан с погружением отдельных участков земной коры на значительную глубину под весом осадков, которые накапливаются во впадинах, или вследствие движений земной коры. На глубине исходные породы под влиянием высокого давления и относительно высоких температур перекристаллизуются, находясь в твердом состоянии.

**Дислокационный** метаморфизм, или **динамометаморфизм**, происходит при горообразовании, если массивы горных пород испытывают большое одностороннее сжатие, которое предопределяет их перекристаллизацию.

**Контактовый** метаморфизм обусловлен температурным влиянием на вмещающие породы магмы, которая проникает в толщу земной коры. Вдоль контакта с магмой эти породы испытывают плавление и обжиг с последующей их перекристаллизацией. Кроме того, на них влияют химически активные вещества, которые выделяются из магмы.

Минералогический состав метаморфических пород в основном такой же, как и первичных магматических и осадочных. Но есть минералы, которые встречаются лишь в метаморфических породах: кордиерит, дистен, ставролит, андалузит и т. п. Метаморфические породы обычно имеют **кристаллическую структуру**. **Текстура** большинства метаморфических пород **сланцеватая**. Это обусловлено характерным развитием кристаллических зерен при перекристаллизации – длинной осью в направлении, перпендикулярном к направлению преобладающего давления. Встречаются породы и с массивной текстурой.

Основные метаморфические породы образуются таким образом: **гнейсы** – из магматических (ортогнейсы) и осадочных (парагнейсы) глинистых пород, они имеют сланцеватую текстуру; **филлиты** – из глинистых пород, текстура – сланцеватая; **слюдяные сланцы** – из глинистых пород вследствие глубокого видоизменения, текстура – сланцевая; **мраморы** –

из известняков и доломитов, текстура – массивная; *кварциты* – из песков и песчаников, текстура – массивная. Метаморфические горные породы не имеют определенной формы залегания, она определяется тем, как залегают те породы, из которых они образовались.

## 2.2. Общие законы образования горных пород

Горные породы в литосфере расположены не хаотично, а закономерно, в определенном порядке. На поверхности возникают и лежат рыхлые глинистые и обломочные образования, минерал опал. Местами, в районах современного вулканизма, они перекрыты аморфными стекловатыми и порфирированными породами: базальтами, липаритами, андезитами и их пирокластическими разностями: рыхлыми – тефрой или сцементированными – туфами.

Практика бурения глубоких скважин показывает, что с увеличением глубины рыхлые глинистые и обломочные породы сменяются сцементированными глинистыми (аргиллитами) и обломочными (песчаниками, алевролитами, конгломератами) отложениями. Ниже их распространены кристаллические сланцы, затем гнейсы, переходящие через гранитогнейсы в граниты.

С погружением в недра литосферы скопления створок раковин моллюсков (рыхлых микрокристаллических пород, в которых кристаллы кальцита обычно простым глазом не видны) становятся известняками (мелкокристаллическими породами), которые постепенно превращаются в кристаллические известняки, потом в мраморизованные известняки и, наконец, в мраморы крупнокристаллической структуры (рис. 2.5).

Кварцевый песок преобразуется сначала в кварцевый песчаник, затем в кварцитовидный песчаник и кварцит.

Базальт с погружением на глубину превращается в амфиболит, а затем постепенно становится гранитом.

Рис. 2.5. Разрез видимой части литосферы

Ознакомившись с горными породами, их расположением, можно выяснить объективно существующие связи или законы структуры литосферы, ее энергетики, химического состава ее вещества. Сначала формулируем **закон изменения структуры горных пород** по мере погружения их от поверхности в недра каменной оболочки земного шара.

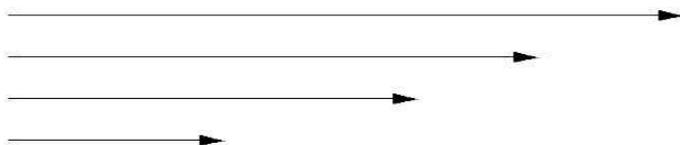
### Закон изменения структуры горных пород

*По мере погружения в недра литосферы структура горных пород изменяется от аморфной, тонкодисперсной и обломочной до все более крупнокристаллической.* Для понимания сущности закона выведем из него некоторые следствия:

1. Ниже крупнокристаллического гранита могут быть породы еще более крупнокристаллического строения, чем гранит.
2. Ниже крупнокристаллического гранита не могут находиться породы с меньшим размером кристаллов, чем у гранита, тем более аморфные.
3. Ниже крупнокристаллического гранита не может залегать базальт аморфной структуры. Объяснение этому состоит в том, что при погружении в недра литосферы аморфный базальт начнет кристаллизоваться и перестанет быть таковым.

Общеизвестно, что крупнокристаллический и малоэнергонасыщенный гранит образуется на глубине, где, стало быть, энергии мало, а, попадая на поверхность литосферы, он разрушается до глины и аморфного опала

(рис. 2.6).



5. Энергия для геологических процессов сосредоточена там, где расположены высокоэнергонасыщенные аморфные породы, т. е. на поверхности литосферы. Это солнечная энергия!

6. В процессе кристаллизации и перекристаллизации с увеличением размера кристаллов тепловая энергия из преобразуемых горных пород выделяется не равномерно, а уменьшаясь с увеличением глубины.

Человеку начала XXI в., думается, не сложно понять логическую выдержанность сформулированных законов и следствий из них. Труднее соглашаться с полученными результатами, потому что они противоречат общепринятым геологическим представлениям. Наверное этого не будет в будущем при знакомстве с геологией XXII в. К тому времени мышление людей при познании литосферы изменится с дедуктивного на индуктивное. Ничто общепринятое не будет довлеть над разумом. Все нужно будет доказывать. Один из способов познания и объяснения реального мира литосферы показан на примере вывода законов изменения структуры и энергонасыщенности горных пород.

Вывод об отсутствии глубинной энергии у человека начала XXI в. вызывает чувство раздражения. Как можно говорить о непоступлении с глубин тепловой эндогенной (внутренней) энергии, когда из вулканов при извержении выливается или выбрасывается расплавленная лава? Она ведь точно поднимается из недр каменной оболочки к ее поверхности! Есть еще гейзеры, источники термальных вод и др. Однако такая аргументация наличия глубинной энергии не имеет отношения к науке.

Атмосфера и гидросфера покрывают литосферу – каменную оболочку. Атомы в кристаллах, минералах и горных породах, которые ее образуют, не меняют своего местоположения, т.е. энергонасыщенность вещества литосферы меньше энергонасыщенности вещества гидросферы и тем более атмосферы.

### **Закон изменения химического состава горных пород**

Чтобы сформулировать закон изменения химического состава горных пород по мере погружения их в недра литосферы, необходимо знать химический состав исходного вещества, подвергающегося перекристаллизации с увеличением размера кристаллов, и конечного. Исходным служит вещество слоистой оболочки, которое находится вблизи поверхности литосферы. Конечными наблюдаемыми продуктами перекристаллизации являются граниты и кварциты. Кальцит мрамора с увеличением глубины залегания замещается силикатами, а затем и кварцем (табл. 2.5).

*По мере погружения в недра литосферы и перехода горных пород от аморфных, тонкодисперсных и обломочных во все более крупнокристаллические их химический состав изменяется: увеличивается содержание оксида кремния (в граните, а также оксидов натрия и калия) и уменьшается содержание оксидов алюминия, железа, магния и кальция (а в кварците оксидов натрия и калия).*

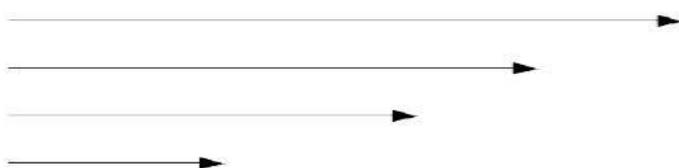
Таблица 2.5 Изменение химического

состава горных пород, %

Части	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O
литосферы								
Слоистая								
оболочка	58,11	15,40	6,70		2,44	3,10	1,30	3,24
Базальт	50,00	16,48	4,22	6,80	6,30	9,72	2,78	1,24
Гранит	70,00	14,30	1,54	1,58	0,74	1,82	3,62	4,02
Кварцит	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

*Выведем следствия из этого закона:*

- 1.Ниже гранита могут быть породы, в которых содержание оксидов алюминия, железа, магния и кальция меньше, чем в граните.
- 2.Ниже гранита не могут находиться породы, в которых содержание оксидов алюминия, железа, магния и кальция больше, чем в граните.
- 3.Базальт не может лежать ниже гранита и тем более кварцита, поскольку в нем мало кремнезема и очень много оксидов алюминия, железа, магния и кальция. Ранее мы отмечали, что по структуре и энергонасыщенности базальт не может находиться ниже гранита. А в какой части литосферы место базальта по химическому составу? Поскольку в базальте содержится до 50% оксида кремния, то есть меньше, чем в веществе слоистой оболочки, то его место именно там, в том числе по структуре и энергонасыщенности.
- 4.При цементации, а затем и перекристаллизации образований слоистой оболочки, с увеличением глубины в кристаллические породы из слоистых отложений, сначала рыхлых, а затем сцементированных в огромном количестве выделяется минерализованная вода, а также различные газы – летучие вещества. Количество освобождающихся летучих веществ с погружением в недра уменьшается. При цементации глины в аргиллит воды будет значительно больше, чем при перекристаллизации аргиллита в кристаллический сланец (рис.2.7).



глина  
 аргиллит  
 кристаллический  
 сланец

**гнейс**

**гранит**

Рис. 2.7. Количество освобождающихся летучих веществ при перекристаллизации вещества литосферы на глубине

Установленные геологические законы строения литосферы позволяют логически выдержанно и научно доказательно объяснять процессы, которые в ней происходят.

### 2.3. Возраст пород и шкала геологического времени

Горные породы образовывались в разное время, на протяжении всей геологической истории планеты. Сначала возникли магматические породы, потом осадочные и метаморфические. Каждая горная порода имеет определенный возраст. *Данные о возрасте горных пород необходимы для систематизации их отложений и составления геологических карт и разрезов.* Горные породы, образованные одновременно в похожих условиях, имеют приблизительно одинаковые свойства. Различают *относительный* и *абсолютный* возраст горных пород.

*Относительный возраст* определяют стратиграфическим и палеонтологическим методами. Стратиграфический метод позволяет установить относительный возраст осадочных пород в данном месте, в условиях ненарушенного залегания. При этом нижний пласт старше того, который находится над ним. Палеонтологический метод дает возможность определить относительный возраст осадочных пород по закаменелым остаткам организмов, которые там находятся. Для этого пригодны лишь те виды ископаемых организмов, которые быстро изменялись в процессе эволюции. Эти организмы называются *руководящими ископаемыми*. Примером могут быть моллюски-аммониты. Так можно определить относительный возраст как в условиях когда залегание осадочных пород нарушено, так и в случаях, когда эти породы расположены в разных местах. Например, наличие определенного вида аммонитов в толще осадочных пород Европы и Северной Америки указывает на то, что эти породы образовались одновременно. В отдельных случаях можно определять относительный возраст магматических пород. Если вмещающая порода имеет следы плавления, то магматическая порода образовалась позже, чем первая. В случае отсутствия таких следов раньше образовалась магматическая порода.

*Абсолютный возраст* горных пород определяют радиологическими методами, среди которых наиболее распространен аргонный метод. Ортоклазы и слюды содержат химический элемент калий, в составе которого есть около 0,011 % слаборадиоактивного нуклида  $^{40}\text{K}$ . Этот нуклид нестойкий. Продуктом его распада (период полураспада  $^{40}\text{K}$  равен 1,92 млрд лет) является нуклид  $^{40}\text{Ar}$ . Возраст горных пород определяется по отношению  $^{40}\text{Ar}/^{40}\text{K}$ . Содержимое  $^{40}\text{Ar}$  в минералах и породах определяют спектрометрическим методом, содержание  $^{40}\text{K}$  – химическим способом. Установлено, что *возраст горных пород соответствует возрасту минералов*, то есть времени их кристаллизации. Исключением являются осадочные обломочные породы, в которых минералы старше их самих. Абсолютный возраст древнейших магматических пород Кольского полуострова и Приднепровья, определенный аргонным методом, равен *3,5 млрд лет*. Возраст планеты Земля – не меньше *4,5 млрд лет*.

В зависимости от относительного и абсолютного возраста горных пород вся геологическая история Земли (принято считать, что ее продолжительность составляет *3,5 млрд лет*) по времени была разделена на 5 эр. Толщи горных пород, которые образовались в то время, разделяют на 5 групп. Эры делят на периоды, группы – на системы, периоды в

свою очередь на эпохи (с делением на века, столетия), а системы – на отделы (с делением на ярусы). На базе этих данных было сформировано две шкалы: *геохронологическая* и *стратиграфическая*, то есть по времени и по отложениям. В современной интерпретации они показаны в табл. 2.6. Там же приведены главнейшие этапы геологической истории.

Расположение горных пород разного возраста в земной коре отражают на обзорных, региональных и детальных геологических картах. Геологические карты составляют по данным геологической съемки, которые наносят на топографическую основу. Обзорные геологические карты имеют масштаб от 1:5000000, а детальные – до 1:100000 и больше. Распространение горных пород или толщ, которые образовались в определенное время, обозначают с помощью штриховки и индексов. Геологические карты дополняют разрезами и их используют в инженерно-геологических исследованиях, где они являются исходными документами и основанием для составления инженерно-геологических карт и разрезов.

**Таблица 2.6**

***Геохронологическая и стратиграфическая шкала геологической истории Земли***

Эра (группа)	Возраст млн лет	Период (система)			Основные этапы геологической истории
		Название	Продолжительность, летмлн	Время начала, летмлн	
1	2	3	4	5	6
<b>Кайнозой- ская</b>	70	Четвертичный (антропогено- вый)	1	1	Появление и развитие человека. Материковое обледенение в север- ной части Русской и Сибирской платформ

*Продолжение табл. 2.6*

1	2	3	4	5	6
		Неогеновый	24	25	Окончательное формирование Альп, Карпат, Кавказа, Копетдага и Памира (альпийская складчатость)
		Палеогеновый	45	70	На Тянь-Шане, Алтае и Саянах появляются поднятия и впадины. Формируется впадина оз. Байкал
<b>Мезозой- ская</b>	155	Меловой	70	140	Начало образования в меловом пе- риоде Альп, Карпат, Кавказа, Копетдага и Памира. Продолжается формирование платформ. Море на европейской части страны в мело-
		Юрский	45	185	
		Триасовый	40	225	

		Пермский	45	270	периоде вом располагается узкой полосой Появляются сначала Саяны, Кузнецкий Алатау, Алтай, хребты Забайкалья, Становой хребет, а позднее Урал, Тянь-Шань и др.
<b>Палеозой- ская</b>	345	Каменно- угольный	50	320	Горообразующие процессы сопровождаются интенсивным проникновением магмы в толщу земной коры и изливом ее на поверхность  Активность внутренних процессов периодически сменяется состоянием покоя. В каменноугольный период море занимает всю европейскую часть страны. Формирование платформ за счет геосинклиналей
		Девонский	80	400	
		Силурийский	20	420	
		Ордовикский	60	480	
		Кембрийский	90	570	
<b>Протерозойская</b>	1280			1850	Земная кора нестойкая. Происходят огромные вулканические извержения (взрывы) и интенсивные горообразующие процессы
<b>Архейская</b>	1650			3500	

#### 2.4. Составные компоненты и структурные связи грунтов

Под **грунтами** строители понимают рыхлые и скальные горные породы, а также техногенные образования, которые служат основанием зданий и сооружений, средой для размещения в ней подземных объектов, а также материалом для их возведения.

Далее рассмотрим лишь **рыхлые грунты**, которые отличаются, в первую очередь, **раздробленностью, дисперсностью и пористостью**.

Под **раздробленностью** имеют в виду свойство грунтов состоять из отдельных частиц (зерен), связи между которыми или вообще отсутствуют, или же их прочность на много порядков ниже прочности самих частиц. Под **дисперсностью** понимают то, что частицы, из которых состоят грунты, имеют разный размер. А **пористость** означает, что объем, занятый грунтом, не сплошь заполненный частицами, а между ними остается свободное пространство, занятое газами и жидкостью. Перечисленные признаки во многом определяют и строительные свойства грунтов: под нагрузкой уменьшается пористость, которая обуславливает **сжимаемость грунтов**; **водопроницаемость** демонстрирует их фильтрационные свойства; трение между частицами при деформировании происходит лишь в точках их контакта и отражает **прочность** грунта в целом.

Грунты рассматривают в неразрывной связи с условиями их образования. На суше возникновение грунтов связано с **элювиальными, делювиальными,**

*пролювиальными, аллювиальными, эоловыми, ледниковыми* процессами

Морские отложения накапливаются на дне, и вследствие регрессии моря оказываются на суше.

Разнообразие условий формирования грунтов обусловлено характером отложения осадков (*седиментацией*), а также последующим их укреплением (*диагенезом*). Например, в осадочных нескальных грунтах со временем, вследствие уплотнения под нагрузкой от расположенных выше пластов, могут происходить процессы выдавливания избыточной воды, кристаллизации коллоидных и химических осадочных веществ, которые сопровождаются резким усилением цементационных связей и *литификацией* (окаменением) грунтов. При этом они переходят в осадочные скальные грунты: крупнообломочные – в *конгломераты, брекчии*; песчаные – в *песчаники*; глинистые – в *алевролиты и аргиллиты*.

Вобщем случае грунт состоит из *трех компонентов (фаз): твердых минеральных частиц; жидкости (воды) и газа (обычно воздуха)*. Соотношение между этими компонентами тоже предопределяет свойства грунтов.

Если все поры в грунте заполнены водой, то он является двухкомпонентной (двухфазной) системой. Такой грунт еще называют грунтовой массой.

Вмерзлом грунте содержится также лед (пластическое тело). Такой грунт можно считать четырехкомпонентной (четырефазной) системой. В некоторых грунтах присутствуют и органические вещества в виде растительных компонентов или гумуса.

*Твердые частицы* грунтов характеризуются размерами, формой и

<b>Крупнообломочные, мм:</b>		
- глыбы и валуны		200;
- щебень и галька	200 – 10;	
- дресва и гравий		10 – 2;
<b>Песчаные, мм:</b>		
- крупные	2,0	– 0,50;
- средние	0,5	– 0,25;
- мелкие	0,25	– 0,10;
- тонкие	0,10	– 0,05;
<b>Пылеватые, мм</b>	0,05 – 0,005;	
<b>Глинистые, мм</b>		0,005.

минералогическим составом. По размерам частицы разделяют следующим образом:

Крупнообломочные, песчаные и пылеватые частички состоят из первичных минералов, среди которых наиболее распространены кварц, полевой шпат и др. Глинистые частицы состоят из вторичных минералов: каолинита, монтмориллонита, гидрослюда. Каолинит имеет жесткую кристаллическую решетку и активную поверхность (10 м<sup>2</sup>/г). В основе монтмориллонита – подвижная кристаллическая решетка, которая может расклиниваться пленками воды и увеличиваться в объеме, его активная поверхность достигает 800 м<sup>2</sup>/г. Гидрослюда занимает промежуточное место, ее активная поверхность не превышает 80 м<sup>2</sup>/г. Монтмориллонит связывает и удерживает значительно большее количество воды сравнительно с каолинитом и гидрослюдой. По этой причине морозное пучение проявляется больше в каолиновых глинистых грунтах,

чем монтмориллонитовых. Строение кристаллической решетки монтмориллонита определяет особенности набухания и усадки состоящих из него глинистых грунтов. Вообще, наличие глинистых частиц в грунте свидетельствует о его большой пористости, способности удерживать значительное количество воды, допускает большие диапазоны изменения влажности, пластичности и т. п.

**Жидкость** в порах грунта состоит главным образом из воды и водных растворов. Содержание в грунте третьего компонента системы, *газа*, зависит от объема его пор и заполнения их водой: чем больше в порах воды, тем меньше там газов. В верхних пластах грунта находится газообразная составляющая, которая содержит атмосферный воздух, а ниже – азот, метан, сероводород, пары воды и др.

Газ в грунте может быть в **свободном состоянии** или **растворенным в воде**. Свободный газ делится на **незажатый**, т. е. контактирующий с атмосферой (он существенно не влияет на механические свойства грунта), **изажатый** – тот, что в виде мельчайших пузырьков содержится в порах (он уменьшает водопроницаемость и повышает упругие свойства грунта). Увеличению содержания растворенного в воде газа способствует повышение давления или снижение температуры.

Содержание в грунте зажатого и растворенного в воде газа существенно влияет на его свойства и процессы, которые в нем происходят. Так уменьшение давления вследствие разработки котлована или доставки образца грунта на поверхность может привести к выделению пузырьков газа и разрушению естественной структуры грунта. И, наоборот, увеличение давления при передаче нагрузки от сооружения может сопровождаться повышением содержания растворенного в воде газа. В то же время увеличение содержания в воде пузырьков воздуха может повысить сжимаемость воды, причем в сотни раз, и сделать ее сравнимой со сжимаемостью скелета грунта.

Связи между частицами и агрегатами частиц в грунте называются **структурными связями**. По своей природе и прочности они очень разные. Прочность дисперсных грунтов не соответствует прочности самих частиц. Она значительно меньше и определяется прочностью именно структурных связей. Образование этих связей – продолжительный процесс, который сопровождает формирование и видоизменение горной породы. Явления выветривания, уплотнения, растворения, фильтрация и инфильтрация растворов могут коренным образом изменить старые и образовать новые структурные связи в грунте. Наиболее распространенными структурными связями в грунтах являются водноколлоидные (коагуляционные и конденсационные) и кристаллизационные.

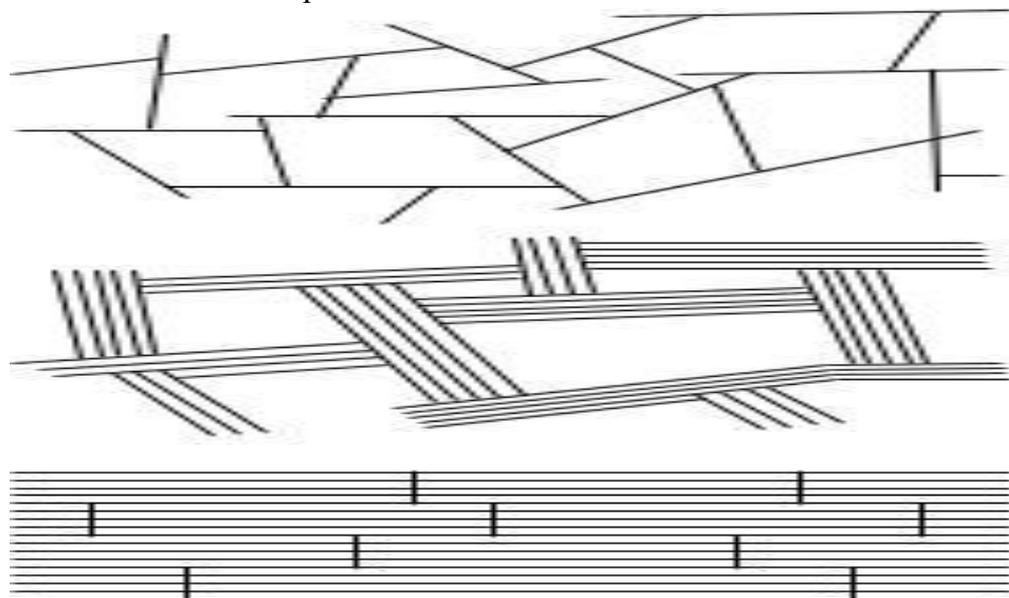
**Водно-коллоидные** связи могут быть – вязкопластическими, мягкими, обратимыми, они присущи глинистым грунтам. Они обусловлены влиянием электромолекулярных сил взаимодействия между минеральными частицами, с одной стороны, и пленками воды, а также коллоидными оболочками –

с другой. Величина этих сил зависит от толщины пленок и оболочек. Чем тоньше водно-коллоидные оболочки, то есть чем меньше влажность водонасыщенных грунтов, тем большими будут водно-коллоидные связи, поскольку

с уменьшением толщины оболочки увеличивается молекулярное притяжение диполей связанной воды и склеивающее действие веществ, определенное В.С. Шаровым, а все вместе сопровождается некоторым растворением в воде глинистых частиц. При увеличении влажности водно-коллоидные связи могут довольно быстро ослабевать, приближаясь к величинам, близким к нулю.

**Кристаллизационные** связи подразделяются на хрупкие (жесткие), необратимые (то есть после разрушения не восстанавливаются), а также водостойкие или неводостойкие. Кристаллизационные связи возникают под действием химических сил, образуя в

точках контакта минеральных частиц и их агрегатов новые поликристаллические соединения – очень крепкие, но хрупкие и необратимые при разрушении (даже, если они и восстанавливаются, то этот процесс длится годами). Кристаллизационные связи могут формироваться из водно-коллоидных, например, в процессе дегидратации. Прочность этих связей зависит от состава минералов. Например, менее крепкими и водостойкими будут те из них, что образованы гипсом и кальцитом, а вот опал, окислы железа и кремния дают более крепкие и водостойкие кристаллизационные связи.



а)  
б)  
в)

Рис. 2.8. Модели текстуры глинистых грунтов:

а – «карточный домик»; б – «книжный домик»; в – «кучковая» текстура

Для оценки свойств дисперсных грунтов также, как и горных пород, довольно важными являются

представления об их **структуре** и **текстуре**.

Под **структурой грунта** понимают пространственную организацию его компонентов, которая характеризуется совокупностью морфологических (размер, форма частиц, их количественное соотношение), геометрических (пространственная композиция структурных элементов) и энергетических признаков (тип структурных связей и общая энергия структуры).

Структура грунта зависит от состава, количественного соотношения и взаимодействия его компонентов. В формировании прочности глинистых грунтов большое значение имеет также *развитие дефектов микро-структуры*.

Под **текстурой грунта** понимают пространственное расположение элементов, которые его формируют (слоистость, трещиноватость и др.). Так, для осадочных грунтов наиболее характерны **массивная** и **слоистая** текстуры.

Особое значение текстура имеет для глинистых грунтов. В частности, глинистые плоские по форме частицы могут образовывать **текстурные агрегаты**, подобные «карточному домику» (рис. 2.8, а). Между частицами в этом случае есть открытые ячейки размерами от 2 – 3 до 10 – 12 мкм. Глинистые грунты с ноздреватым строением – наиболее рыхлые и сильносжимаемые (илы и илистые грунты). Те же частицы

могут соединяться в агрегаты, подобные пачкам листов бумаги. Если эти агрегаты стыкуются между собой как «торец к плоскости», то они образуют текстуру типа «книжный домик» (рис. 2.8, б).

Когда же они группируются параллельно и контактируют плоскими поверхностями, то формируется кучковая текстура, наиболее плотная и крепкая в глинистом грунте (рис. 2.8, в).

## 2.5. Физические характеристики грунтов

Для количественной оценки свойств грунтов используют характеристики нескольких групп: *классификационные, основные, производные*.

В соответствии с ГОСТ 25100-95 *классификационными* характеристиками *крупнообломочных грунтов и песков* являются *гранулометрический состав* и *степень его неоднородности* (для разновидностей этих грунтов – еще и *коэффициент водонасыщения* и *степень плотности*), а среди показателей *глинистых грунтов* выделяют *пластичность, содержание песчаных частиц по массе* и *показатель текучести*. По этим признакам устанавливают названия грунтов. Отбор, упаковка, транспортирование и хранение



образцов грунта выполняют так, чтобы полностью сохранить его состояние (структуру, влажность и т. п.) в естественных условиях залегания.

Под **гранулометрическим (зерновым) составом** понимают количественное соотношение твердых частиц разного размера в дисперсных грунтах. Для его определения обычно используют **ситовый** анализ, который заключается в просеивании воздушно-сухой навески грунта массой 100 г через набор сит с размерами отверстий 10; 5; 2; 1; 0,5; 0,25; 0,1 мм и в последующем взвешивании каждой фракции. Пример формы записи результатов ситового анализа приведен в табл. 2.7.

Таблица 2.7

Результаты ситового анализа гранулометрического состава песчаного грунта

Показатель	Диаметр ячейки сита, мм				
	2	0,5	0,25	0,1	Поддон
	Размер фракции, мм				
	> 2	2 – 0,5	0,5 – 0,25	0,25 – 0,1	< 0,1
Масса фракций, г	10,5	22,6	32,8	30,9	3,2
Содержание фракций, %	10,5	22,6	32,8	30,9	3,2

По этим данным строят **суммарную кривую гранулометрического (зернового) состава** (рис. 2.9). На этом графике наглядно отражена неоднородная структура грунта. Чем неоднородность больше, тем кривая, отражающая зерновой состав грунта, будет более пологой. Для количественной оценки неоднородности крупнообломочных грунтов и песков определяют **степень неоднородности гранулометрического состава**:

$$C_u = d_{60} / d_{10} \quad (2.1)$$

где  $d_{60}, d_{10}$  – диаметры частиц, мм, меньше которых содержится в грунте (по массе) соответственно 60 и 10 % частиц.

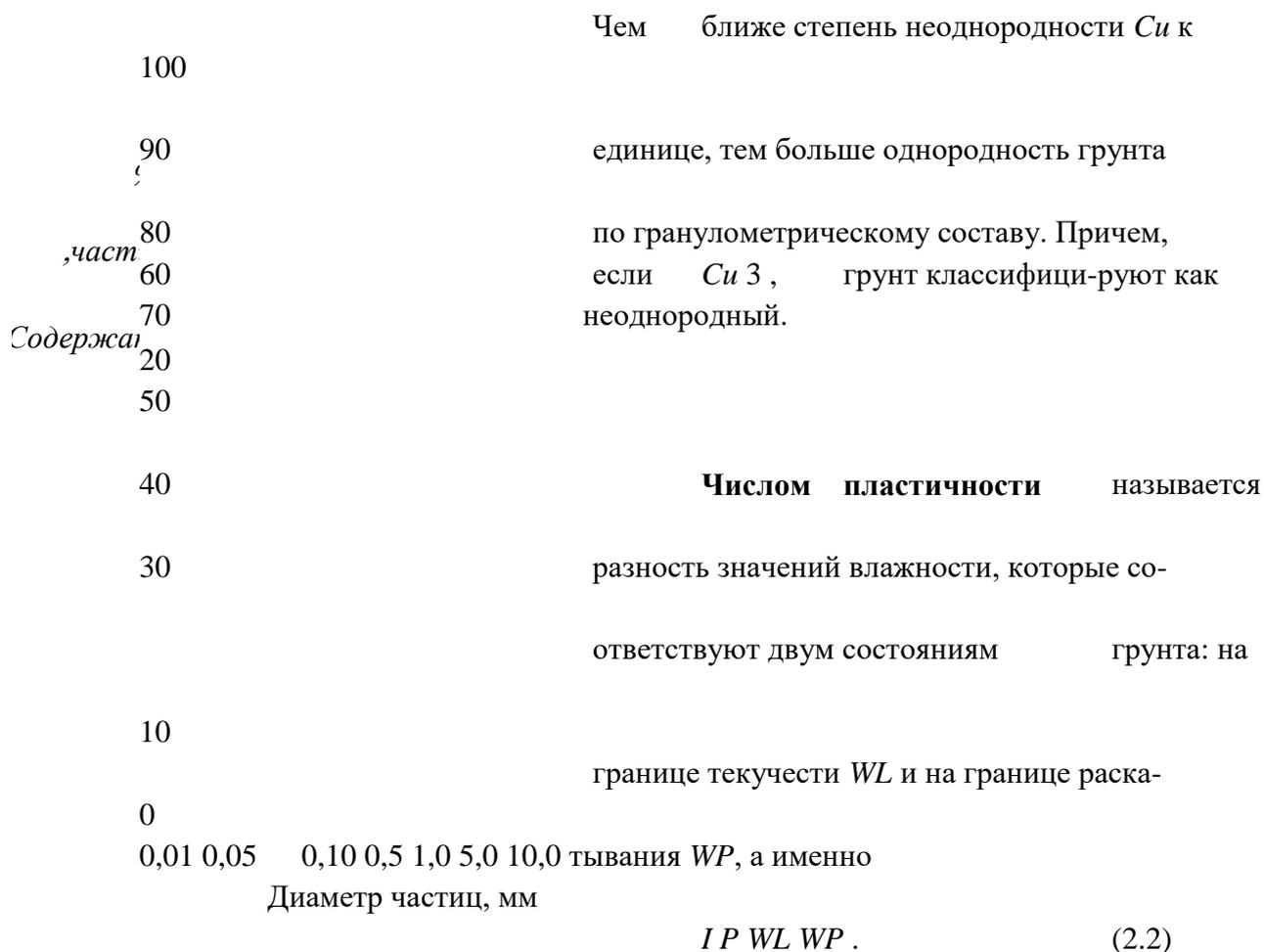
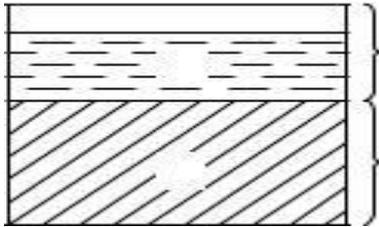


Рис. 2.9. Суммарная кривая гранулометрического состава песка

**Граница текучести** (или **влажность на границе текучести**) – это влажность, при которой грунт находится



на границе между пластическим и текучим состояниями, что соответствует влажности теста, изготовленного из грунта и воды, когда стандартный (полированный стальной) конус с углом при вершине  $30^\circ$  за 5 с погружается в него на глубину 10 мм. **Граница раскатывания** (или **влажность на границе раскатывания**) – влажность, при которой грунт находится на границе между твердым и пластическим состояниями, что соответствует такому состоянию грунтового теста, при котором оно раскатывается в жгут диаметром около 3 мм, после чего начинает распадаться на отдельные кусочки длиной 3 – 10 мм. Обычно такие способы определения этих границ и сами границы довольно условны, но для инженерной практики точность расчета величин  $WL$  и  $WP$  вполне допустима.

**Показателем текучести** называется отношение разности значений влажности, соответствующих двум состояниям грунта – естественному  $W$  и на границе раскатывания  $WP$ , к числу пластичности  $IP$ :

$I$	$W$	$WP$	.	(2.3)
	$L$			
		$IP$		

**Основные физические характеристики:** *плотность грунта  $\rho$ , плотность частиц грунта  $\rho_s$ , естественную влажность грунта  $W$*  определяют непосредственно из опытов.

На рис. 2.10 предлагается схема составных компонентов образца грунта. Из нее видно, что образец грунта условно разделен на две части: первую, занятую твердыми частицами, объемом  $V1$ , и вторую, занятую порами, объемом  $V2$ . Пустоту, занятую порами, можно также условно поделить на две части, одна из которых занята водой, вторая – воздухом. Тогда масса твердых частиц грунта будет  $m1$ , а масса воды –  $m2$  (масса воздуха в этих расчетах не учитывается). Далее определяем основные физические характеристики грунта.

**Плотность грунта** – это масса единицы его объема. Ее определяют экспериментально как отношение массы образца грунта к его объему:

		$m1$	$m2$	(2.4)
$g2$	$V2$			
		$V1$	$V2$	
		Данный параметр измеряют в г/см <sup>3</sup> или т/м <sup>3</sup> .		
$g1$	$V1$	Определение плотности грунтов, которые при отборе образцов сохраняют структуру и в то же время		
Рис. 2.10. Схема составных		поддаются обработке ножом, осуществляют методом		

компонентов образца грунта	<i>режущих колец</i> . Масса	и внутренний объем	этих
	колец известны. После определения массы кольца с		
грунтом на весах от этой величины отнимают массу кольца, а полученный			
результат делят на внутренний объем кольца. Плотность скальных грунтов			
определяют методом <i>гидростатического взвешивания</i> с предшествующим			
парафинированием. Иногда плотность грунта оценивают косвенными метода-			
ми, в частности путем <i>каротажа, пенетрации, зондирования</i> и т. п. Плотность			
грунта свидетельствует о потенциальной возможности его уплотнения.			
<b>Плотность частиц грунта</b> , то есть массу единицы объема твердых его			

элементов определяют экспериментально, например, с помощью *пикнометра*, как отношение массы твердых частиц грунта к их объему, то есть

$\rho_s = m_1 / V_1$ .	(2.5)
Эта величина зависит лишь от минерального состава грунта. Плотность	

скальных грунтов обычно изменяется от 2,4 до 3,3 г/см<sup>3</sup>.

твердых частиц:	
$W = m_2 / m_1$ .	(2.6)
В лабораторных условиях массу воды	и твердых частиц определяют

**Естественная влажность грунта** – это отношение массы воды к массе

методом *высушивания* при температуре 105 °С, а в полевых – *электромет-*  
*рическим* и *радиоактивными* методами.

*Производные* физические характеристики грунтов, как правило, определяют путем расчета с использованием основных.

**Плотность сухого грунта** (иногда еще *скелета грунта*)  $\rho_d$  – отношение массы грунта за вычетом массы воды и льда в его порах к его первоначальному объему. Определяется экспериментально как отношение массы твердых частиц грунта ко всему объему образца ненарушенной структуры до высушивания, то есть

$D$	$\frac{m_1}{V_1 - W \cdot V_2}$	(2.7)
	$V_1$ $V_2$	
или путем расчета по такой формуле:		
$D$	$\frac{1}{1 - W}$	(2.8)
	$1$ $W$	
Параметр измеряют в г/см <sup>3</sup> или т/м <sup>3</sup> . В практике строительства его		

используют для оценки уплотнения грунта, в т. ч. при контроле качества возведения искусственных оснований, которые изготавливаются на песчаных и грунтовых подушках.

Ориентировочно глинистый грунт считают достаточно уплотненным, когда  $\rho_d = 1,55 - 1,6$  г/см<sup>3</sup>, а песчаный –  $\rho_d = 1,65$  г/см<sup>3</sup>.

**Пористость грунта  $n$**  – это отношение объема пор к общему объему

образца грунта:		
$n V_2$	$V_1 V_2 .$	(2.9)
<b>Относительное содержимое твердых частиц</b> в единице объема грунта		
$m$ находят как отношение объемов твердых частиц и образца в целом:		
$m V_1$	$V_1 V_2 .$	(2.10)
Тогда		
$n m 1;$	$n 1 m.$	(2.11)

Величины  $n$  и  $m$  обычно выражают в долях единицы, иногда в процентах. В большинстве случаев пористость нескальных грунтов колеблется от 0,3 до 0,5, но в лессовых и слабых грунтах она может достигать существенно больших значений.

Используя формулы (2.5) и (2.8), легко убедиться, что  $m d / s$ ,

а с учетом уравнений (2.11)						
			$d$			
	$n 1$		.			(2.12)
			$s$			
<b>Коэффициент пористости <math>e</math></b> – это отношение объема пор к объему						
твердых частиц:						
$E$	$n$			$n$		
		или		$e$		(2.13)
	$m$			1	$n$	

откуда

$d$  а принимая во внимание формулу (2.8),

$$e s (1 W) 1.$$

Из определения коэффициента пористости грунта (2.13):

$$n \frac{e}{1 - e} \text{ и } m \frac{1}{1 - e} .$$

Коэффициент пористости – один из важнейших параметров грунта, который характеризует плотность его строения (чем он меньше, тем плотнее грунт, а значит, лучше его строительные свойства) и непосредственно используется в расчетах. Для песков его применяют и в качестве классификационного показателя.

Понятия «пористость» и «влажность» грунта определенным образом связаны между собой. Введем еще и понятие влажности  $W_{sat}$ , которая отвечает полному водонасыщению грунта, то есть случаю, когда все поры заполнены водой. Эту величину обычно называют **полной влагоемкостью грунта**. Тогда в соответствии с уравнением Степень заполнения пор грунта водой характеризуется **коэффициентом водонасыщения  $S_r$** , который равен отношению естественной влажности грунта к его полной влагоемкости:

$$S_r = W / W_{sat} \quad (2.18)$$

Подставив вместо  $W_{sat}$  его значение в виде уравнения (2.17), получим

$$S_r = \frac{W_s}{e w} \quad (2.19)$$

Коэффициент водонасыщения измеряют в долях единицы, он изменяется от 0, когда грунт абсолютно сухой, до 1 – при полном заполнении пор водой. Степень плотности песков  $ID$  определяют по следующей формуле

$$ID = \frac{e_{max} - e}{e_{max} - e_{min}} \quad (2.20)$$

где  $e_{max}$  – коэффициент пористости грунта в предельно рыхлом состоянии;  $e_{min}$  – коэффициент пористости в предельно плотном состоянии.

При этом значение  $e_{max}$  определяют при свободном насыпании песка в мерный сосуд, а значение  $e_{min}$  – при максимальном уплотнении песка посту-

киванием или встряхиванием в мерной колбе.	
Для подсчета веса грунта используют такие характеристики:	
- <b>удельный вес грунта</b> (измеряется в Н/см <sup>3</sup> или кН/м <sup>3</sup> )	
$g_s$ ,	(2.21)
где $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ $10 \text{ м/с}^2$ – ускорение свободного падения;	
- <b>удельный вес частиц грунта</b> (Н/см <sup>3</sup> или кН/м <sup>3</sup> )	
$s \cdot g_s$ ;	(2.22)
- <b>удельный вес сухого грунта</b> (Н/см <sup>3</sup> или кН/м <sup>3</sup> )	
$d \cdot d \cdot g_s$ .	(2.23)

В строительной практике, кроме рассмотренных выше, используют и другие характеристики состава и состояния грунтов. Как правило, они нужны для более детального описания состава твердой фазы грунта. Эти характеристики указывают на относительное содержание в грунте растворимой, коллоидной или органической частей. По принятой терминологии они выражают засоленность, льдистость, способность к набуханию, содержание органического вещества и т. п.

## 2.6. Классификация грунтов

В соответствии с ГОСТ 25100-95 классификация грунтов включает такие таксонометрические единицы, которые выделяются по разным группам признаков:

- **класс** – по общему характеру структурных связей;
- **группа** – по характеру структурных связей (с учетом их прочности);
- **подгруппа** – по происхождению и условиям образования;

- тип – по вещественному составу;
- вид – по наименованию грунтов (с учетом размеров частиц и показателей свойств);
- разновидность – по количественным показателям вещественного состава, свойств и структуры грунтов.

К классу *естественных скальных* принадлежат грунты с жесткими структурными связями (кристаллизационными и цементационными).

Класс *естественных дисперсных* представляют грунты с водно-коллоидными и механическими структурными связями.

38

В класс *естественных мерзлых* входят грунты с криогенными структурными связями.

К классу *техногенных (скальных, дисперсных и мерзлых)* относятся грунты с разными структурными связями, образованные в результате деятельности человека.

**Инженерно-геологическая характеристика скальных грунтов.** Минеральные зерна и обломки пород, из которых состоят скальные грунты, соединены между собой структурными связями. В скальных грунтах магматического, метаморфического и в некоторых грунтах осадочного происхождения наблюдаются кристаллизационные связи. Они обусловлены действием межатомных сил. У большинства скальных грунтов осадочного происхождения имеют место цементационные связи. Благодаря структурным связям и высокой прочности самих минеральных частиц и обломков пород скальные грунты имеют высокую прочность, которая характеризуется *пределом прочности на одноосное сжатие* в водонасыщенном состоянии – отношением вертикальной нагрузки на образец грунта, при котором происходит его разрушение,  $F_{max}$  к начальной площади поперечного сечения образца  $A_0$ , то есть

$$R_c = F_{max} / A_0 . \quad (2.24)$$

С учетом предела прочности ( $R_c$ , МПа) на одноосное сжатие в		водона-
сыщенном состоянии скальные грунты подразделяются на		такие
разновидности:		
Очень крепкие	более 120	
Крепкие	120	– 50
Средней прочности	50	– 15
Малопрочные	15	– 5
Сниженной прочности	5	– 3
Низкой прочности	3	– 1
Очень низкой прочности	менее 1	

Скальные грунты, где с  $R_c < 5$  МПа, еще могут называться *полускальными*. Под действием давления зданий и сооружений скальные грунты практически не сжимаются, а пористость их незначительна. Лишь иногда в скальных грунтах осадочного происхождения она достигает 26% (табл. 2.8). Это в значительной мере определяет прочность и деформируемость упомянутых грунтов, их возможности в плане выветривания и морозостойкости. Значения прочности на одноосное сжатие, модулей упругости и пористости некоторых скальных грунтов приведены в табл. 2.8.

**Таблица 2.8 Инженерно-технические показатели некоторых**

## скальных грунтов

Название грунта	Прочность на одноосное сжатие $R_c$ , МПа	Модуль упругости $E$ , 103 МПа	Пористость, $n$ , %
Гранит	100 – 230	30 – 68	0,06 – 2
Базальт	80 – 240	20 – 100	3 – 6
Гнейс	80 – 220	17 – 50	–
Известняк плотный	60 – 200	25 – 75	5 – 13,7
Известняк пористый	7 – 50	7 – 15	10 – 22
Песчаник слабый	1,5 – 5	6 – 20	16 – 26

Большинство скальных грунтов при взаимодействии с водой не ухудшает своих свойств. Тем не менее, некоторые из них, где имеют место кристаллизационные связи, снижают свою прочность под действием воды. Это свойство скальных грунтов называется *размягчением* и характеризуется *коэффициентом размягчения в воде  $k_{sof}$* , который выражает отношение прочности грунта на сжатие после его насыщения водой  $R_{sw}$  к прочности грунта на сжатие в су-

в состоянии $R_d$ :			
$C$			
$K$		$R_w / R_d$	(2.25)
	$k_{sof}$	$c$	$c$

Различают *неразмягчаемые* ( $k_{sof} \geq 0,75$ ) и *размягчаемые* ( $k_{sof} < 0,75$ ) разновидности скальных грунтов.

Осадочные цементированные скальные грунты подразделяют по степени растворимости в воде ( $q_{sr}$ , г/л) следующим образом:

Нерастворимые, когда количество водорастворимых солей	менее 0,01
Труднорастворимые	0,01–1
Среднерастворимые	1–10
Легкорастворимые	более 10

Кроме того, скальные грунты разделяют на разновидности с учетом параметров плотности скелета грунта  $\rho_d$ ; *коэффициента выветрелости  $k_{wr}$* ; *водопроницаемости*; *степени засоленности*; *структуры и текстуры*; *температуры* (ГОСТ 25100-95).

При оценке оснований, содержащих скальные грунты, необходимо иметь в виду, что их свойства в образцах отличаются от показателей в массиве. Это объясняется тем, что массивы обычно бывают расчленены трещинами ослабления, а также тектоническими трещинами. В инженерной практике трещиноватость скальных пород

характеризуют *коэффициентом трещиноватой пустотности*, который определяют как отношение объема трещин к объему скальных блоков. Эта величина аналогична пористости нескальных грунтов, но количественно она составляет сотые и даже тысячные доли единицы, достигая лишь в отдельных случаях значений 0,1 – 0,15. Другой параметр массива скальных грунтов – *модуль трещиноватости*, который соответствует отношению количества трещин на 1 м длины оголения скального грунта. Максимальные значения этого показателя приближаются к 100, а минимальные составляют доли единицы.

Вообще же скальные грунты являются надежным основанием, в том числе и в сейсмических неблагоприятных районах.

В классе **естественных дисперсных грунтов** выделяют две группы: *связные* (сюда относят глинистые грунты и грунты органического происхождения, в частности, илы, сапропели, заторфованные грунты, торфы и т. п.) и *несвязные* (пески и крупнообломочные грунты).

**Инженерно-геологическая характеристика крупнообломочных грунтов и песков.** Структура этих грунтов зависит от формы, размеров и процентного соотношения обломочных, песчаных, пылеватых и глинистых компонентов. Например, крупнообломочные грунты характерны грубообломочной (псефитовой) структурой, а песчаные – песчаной (псаммитовой). Структурные связи между минеральными зёрнами и обломками пород в этих грунтах отсутствуют.

Несвязные грунты в целом подразделяют на разновидности по таким признакам: *гранулометрический состав; коэффициент водонасыщения; степень засоленности  $D_{sal}$ ; относительная деформация пучения  $\epsilon_{fh}$ ; температура*. Для разделения крупнообломочных грунтов используют следующие параметры: *коэффициент выветрелости  $k_{wr}$ ; коэффициент стирания  $k_{fr}$* ; а пески классифицируются – *по степени неоднородности гранулометрического состава  $C_u$ ; коэффициенту пористости; степени плотности; относительному содержанию органических веществ  $I_r$* .

Разновидности крупнообломочных грунтов и песков по *гранулометрическому составу* можно определить из табл. 2.9.

		Таблица 2.9
<b>Разделение крупнообломочных грунтов и песков по гранулометрическому составу</b>		
		Содержимое
Разновидность грунтов	Размер зёрен,	зёрен, частиц,
	частиц $d$ , мм	
1	2	3
Крупнообломочные:		
- валунный (содержит подавляющее большинство неокатанных частиц, глыбистый)		
	> 200	> 50
- галечниковый (при неокатанных гранях частиц – щебенистый)		
	> 10	> 50
- гравийный (при неокатанных гранях частиц – дресвяный)		
	> 2	

*Продолжение табл. 2.9*

1	2	3
Пески:		
- гравелистый	$> 2$	$> 25$
- крупный	$> 0,50$	$> 50$
- средней крупности	$> 0,25$	$> 50$
- мелкий	$> 0,10$	$\geq 75$
- пылеватый	$> 0,10$	$< 75$
По коэффициенту водонасыщения $Sr$ несвязные грунты разделяют на		
следующие разновидности:		
Малой степени водонасыщения	$0 < Sr 0,5$	
Средней степени водонасыщения	$0,5 < Sr 0,8$	
Насыщенные водой	$0,8 < Sr 1,0$	

Разделение песков по коэффициенту пористости  $e$  приведено в табл. 2.10.

Разновидность песков	Значение коэффициента пористости $e$		
	Пески гравелистые, крупные и средней крупности	Пески мелкие	Пески пылеватые
Плотные	$< 0,55$	$< 0,6$	$< 0,60$
Средней плотности	$0,55 - 0,70$	$0,60 - 0,75$	$0,60 - 0,80$
Рыхлые	$> 0,70$	$> 0,75$	$> 0,80$

По степени плотности  $ID$  пески разделяют на такие разновидности:

Слабоуплотненный  $0 ID 0,33$

Среднеуплотненный  $0,33 < ID 0,66$

Сильноуплотненный  $0,66 < ID 1,00$

**Таблица 2.10 Разделение песков по коэффициенту пористости**

Крупнообломочные грунты и пески зачастую довольно крепкие, чтобы воспринимать значительные давления от зданий и сооружений без потери стойкости (прочности). Деформации же сжатия у них зависят, в первую очередь, от степени дисперсности и содержания глинистых частиц. Чем они выше, тем больше их сжимаемость. Некоторые крупнообломочные грунты практи-

42

чески несжимаемы. Осадка сооружений на таких основаниях обычно проходит быстро и стабилизируется с завершением строительства.

К изложенному следует прибавить также, что с увеличением плотности этих грунтов прочность их повышается, а сжимаемость снижается. При замокании характеристики их изменяются незначительно, исключение составляют пылеватые пески, которые в этом случае могут приобретать плавунные свойства. Ориентировочные нормативные значения механических характеристик несвязных грунтов приведены в табл. 2.11.

4

**Таблица 2.11 Механические характеристики крупнообломочных грунтов и песков**

Название грунтов	Угол внутреннего трения $\varphi$ , град	Удельное сцепление $c$ , кПа	Модуль деформации $E$ , МПа
<b>Крупнообломочные:</b>			
- валунный	—	—	—
- галечниковый	—	—	29 – 65
- гравийный	—	—	14 – 65
<b>Пески:</b>			
- гравелистый, крупный	38 – 43	1 – 2	30 – 50
- средней крупности	35 – 40	1 – 3	30 – 50
- мелкий	28 – 38	2 – 6	18 – 48
- пылеватый	26 – 36	2 – 8	11 – 39

#### **Инженерно-геологическая характеристика глинистых грунтов.**

Между их минеральными частицами действуют тиксотропно-коагуляционные и кристаллизационно-конденсационные (цементационные) структурные связи. Прочность этих связей зависит от степени дисперсности грунтов, их минерального состава, плотности, влажности, состава цементирующего вещества и других факторов. Прочность структурных связей характеризуется сцеплением.

Глинистые грунты в разных соотношениях содержат глинистые, пылеватые и песчаные частицы. Установлено, что свойства этих грунтов во многих случаях определяются минеральным составом именно глинистой фракции. Большое значение имеют такие глинистые минералы, как каолинит, илит и монтмориллонит. Минеральные

зерна этих пород очень мелкие (их размер меньше 0,002 мм, что соответствует тонкой дисперсии), они имеют чешуйчатую или пластинчатую форму. Все это предопределяет их большую поверхностную энергию и физико-химическую активность при взаимодействии с водой. Напомним, что значительная часть воды в глинистых грунтах находится в связанном состоянии.

Глинистые грунты разделяют по таким признакам: *число пластичности; показатель текучести; относительная деформация набухания без нагрузки; относительная деформация проседания; относительное содержание органических веществ; степень засоленности; относительная деформация пучения; температура.*

Разделение глинистых грунтов по *гранулометрическому составу* и *числу пластичности IP* представлено в табл. 2.12.

**Таблица 2.12** Разделение глинистых грунтов по числу пластичности и гранулометрическому составу

Разновидность глинистых Грунтов	Число пластичности IP, %	Содержание песчаных частиц (2 – 0,5 мм), % по массе
<b>Супесь:</b>		
- песчанистая	1 – 7	50
- пылеватая		< 50
	1 – 7	
<b>Суглинок:</b>		
- легкий песчанистый	7 – 12	≥ 40
- легкий пылеватый		< 40
	7 – 12	
- тяжелый песчанистый		≥ 40
	12 – 17	
- тяжелый пылеватый		< 40
	12 – 17	
<b>Глина:</b>		
- легкая песчанистая	17 – 27	≥ 40
- легкая пылеватая		< 40
	17 – 27	
- тяжелая		не регламентируется
	> 27	

В исследованиях М.Ф. Викуловой выделены такие основные типы структур в глинистых грунтах: *глинистая (пелитовая); пылевато-глинистая (алевропелитовая); песчано-глинистая (псамопелитовая)* и др. Структура грунта и характер его структурных связей влияют на показатели прочности и сжимаемости. Сопротивление глинистых грунтов сдвигу имеет две составляющие: сопротивление

трению, которое прямо пропорционально сжимающему напряжению, и сцепление, не зависящее от этого напряжения. С увеличением влажности сопротивление глинистых грунтов сдвигу (а значит, и прочность, и стойкость) существенно снижается. Это ведет к потере общей стойкости склонов, выпиранию грунта из-под подошвы фундаментов и т. п.

С учетом *показателя текучести IL* глинистые грунты разделяют на такие группы:

**Супесь:**

- твердая	$IL < 0$
- пластичная	$IL = 0 - 1$
- текучая	$IL > 1$

**Суглинки и глины:**

- твердые	$IL < 0$
- полутвердые	$IL = 0 - 0,25$
- тугопластичные	$IL = 0,25 - 0,50$
- мягкопластичные	$IL = 0,50 - 0,75$
- текучепластичные	$IL = 0,75 - 1$
- текучие	$IL > 1$

Сжимаемость глинистых грунтов тоже колеблется в широких пределах. Вдобавок этот процесс значительно продолжительнее, чем в песчаных и крупнообломочных грунтах. По этой причине осадка сооружений на таких основаниях обычно не стабилизируется в процессе строительства, а продолжается и в период эксплуатации, иногда даже десятки лет. Следует также добавить, что на строительные свойства глинистых грунтов очень существенно влияет показатель их текучести (или, как говорят, консистенция грунта), когда разные значения параметра *IL* обуславливают разные характеристики прочности и деформируемости. Ориентировочные нормативные значения механических характеристик глинистых грунтов приведены в табл. 2.13.

**Таблица 2.13 Механические**

**характеристики глинистых грунтов**

Грунт	Угол внутреннего трения $\phi$ , град	Удельное сцепление $c$ , кПа	Модуль деформации $E$ , МПа
Супесь	21 – 30	3 – 15	7 – 75
Суглинок	12 – 26	13 – 47	5 – 75
Глина	7 – 21	29 – 81	7 – 28

**Инженерно-геологическая характеристика естественных мерзлых грунтов.** При температуре ниже 0 °С, как правило, грунты резко меняют свойства из-за перехода части поровой воды в твердую фазу – лед. Грунты относят к мерзлым, если они имеют минусовую температуру и содержат в своем составе лед. В этом классе выделяют группы скальных, полускальных, связных и льдистых грунтов.

По признаку *льдистости за счет видимых ледяных включений  $i_i$*  (отношение объема видимых ледяных включений, которые содержатся в грунте, к его объему) естественные мерзлые грунты разделяют в соответствии с табл. 2.14.

**Таблица 2.14** Разделение естественных мерзлых грунтов по признаку льдистости за счет видимых ледяных включений *i*, доли единицы

Разновидность грунтов	Скальные и полускальные грунты	Дисперсные грунты
Слабольшдистый	< 0,01	< 0,20
Льдистый	0,01 – 0,05	0,20 – 0,40
Сильнольдистый	> 0,05	0,40 – 0,60
Очень сильнольдистый	-	0,60 – 0,90

Льдистость определяют из соотношения:

$$i = \frac{s \cdot W_{tot} \cdot W_m}{i \cdot s \cdot W_{tot} + 0,1 \cdot W_w}, \quad (2.26)$$

где  $W_{tot}$  – суммарная влажность мерзлого грунта;

$W_m$  – влажность мерзлого грунта, расположенного между ледяными включениями;

$\rho_i$  – плотность льда, которая равна 0,9 г/см<sup>3</sup>;

$W_w$  – влажность мерзлого грунта за счет незамерзшей воды, содержащейся в нем при данной минусовой температуре.

Естественные мерзлые грунты разделяют также по температурно-прочностным свойствам на *твердомерзлые*, *пластичномерзлые* и *сыпучемерзлые*.

Из-за наличия в грунтах ледово-цементных связей при минусовых температурах они отличаются прочностью и малодеформативностью. Но в момент оттаивания порового льда такие связи стремительно разрушаются, а значит могут возникать деформации.

#### **Инженерно-геологическая характеристика техногенных грунтов.**

Техногенные грунты бывают как естественного происхождения с разрушенной первичной структурой, так и представлять собой минеральные отходы промышленного производства, твердые бытовые отходы и полученные после отсыпания или гидронамыва.

В этих грунтах постепенно происходят разнообразные физические, физико-химические, биологические и прочие процессы, что ведет, с одной стороны, к их самоуплотнению, укреплению, а с другой – к распаду, разложению, а следовательно – к ослаблению. По этой причине им присущи особенности дисперсных грунтов.

#### **Вопросы для самоконтроля**

1. Каким образом сформировались метаморфические горные породы?
2. Какая эра геологической истории Земли считается наиболее древней?
3. К каким горным породам по происхождению принадлежит мрамор?
4. Какой класс минералов наиболее распространен на Земле?
5. Какую структуру имеют магматические породы?
6. Какие формы залегания характерны для магматических пород?
7. К каким осадочным горным породам принадлежит торф?
8. В чем состоит сущность основных законов образования горных пород?
9. К каким горным породам по происхождению принадлежит глина?

## Лекция

Тема: №5 Напряжение земельных грунтов. Высшая теория равновесия грунта

План:

**6.1. Напряженно-деформированное состояние грунта. Принцип линейной деформируемости и деформативные характеристики грунтов**

**6.2. Компрессионное сжатие грунта. Закономерность уплотнения. Формула Терцаги-Герсеванова**

**6.3. Условие прочности грунтов. Закон Кулона. Прочностные характеристики**

**6.4 Напряжения от вертикальной сосредоточенной нагрузки**

**6.5. Основы теории предельного напряженного состояния (ТПНС) и определение второй критической (предельной) нагрузки**

**Устойчивость откосов и склонов. Давление грунтов на подпорные стенки.**

**Ключевые слова и фразы:** конструкция, пол, грунт, напряжение,

*напряжение, нормальное напряжение, напряжение напряжения, капиллярное давление, поровое давление, изоляционный пол, вертикальные и повторные напряжения, главные напряжения, изоляционный пол, несущая способность, погружные, пластическая деформация Деформация, повторная деформация, утечка, утечка, степень прочности наземных конструкций, исключая вертикальные напряжения, степень устойчивости наземных конструкций без вертикальных напряжений, угол отклонения.*

### Рекомендуемая литература по теме:

1. С.А. O'Flaherty. Хейвэйс: расположение, проектирование, строительство и обслуживание тротуаров. Великобритания, Баттерворт Хайнеманн, 2005, 553 р.

2. Ф.Г. БЕЛЛ ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ, второе издание 2007 г.

4. Н.З. Расулов «Механика грунтов, основы и фундаменты», Издательство Тафаккур, 2010.

Швецов Г.И. «Инженерная геология, машиностроение, фундамент и фундамент» Высшая школа. М. 1997.

Осадка фундамента в предыдущем описании есть интегральный эффект напряжений и деформаций, действующих в каждой точке основания от передаваемой фундаментом нагрузки. Иначе говоря, осадка определяется напряженно-деформированным состоянием грунта (НДС), описание которого – важная задача механики грунтов.

Поскольку грунт в основании или в массиве находится в пространственном НДС, для его моделирования применяются приборы трехосного сжатия – стабилометры. По конструкции стабилометры разнообразны, но в общем они позволяют управлять одной группой

параметров НДС (например, создавать заданные напряжения  $\sigma_i$  и управлять ими) и определять как «отклик» грунта другую (например, замерять деформации  $\varepsilon_i$ ).

Наиболее распространен гидравлический стабилометр. При испытании цилиндрический образец грунта первоначально подвергается всестороннему (гидростатическому) сжатию напряжениями  $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3$ . Затем боковые (радиальные) напряжения остаются постоянными  $\sigma_2 = \sigma_3 = const$ , а образец сжимается увеличивающимся вертикальным напряжением  $\sigma_1$  с фиксацией вертикальных и горизонтальных деформаций  $\varepsilon_1$  и  $\varepsilon_2 = \varepsilon_3$ .

При некотором значении  $\sigma_{1np}$  грунт разрушается. Зависимость  $\varepsilon_1 = f(\sigma_1)$  и разрушающее напряжение  $\sigma_{1np}$  зависят от зафиксированного значения  $\varepsilon_2 = \varepsilon_3$ , но во всех случаях график зависимости  $\varepsilon_1 = f(\sigma_1)$  имеет тот же вид, что и показанный на рис. 2.1. Таким образом, для образца грунта справедлива та же самая стадийность деформирования.

В стадии уплотнения и даже в начале стадии сдвигов зависимость деформаций от напряжений близка к линейной. Это позволяет в указанном интервале связь деформаций и напряжений принять в виде закона Гука:

$$\begin{aligned}\varepsilon_1 &= \frac{1}{E} [\sigma_1 - \nu(\sigma_2 + \sigma_3)]; \\ \varepsilon_2 &= \frac{1}{E} [\sigma_2 - \nu(\sigma_3 + \sigma_1)]; \\ \varepsilon_3 &= \frac{1}{E} [\sigma_3 - \nu(\sigma_1 + \sigma_2)].\end{aligned}\quad (2.1)$$

Параметры зависимостей (2.1) в механике грунтов называются:  $E$  – модуль деформации;  $\nu$  – коэффициент поперечной деформации, или коэффициент Пуассона. Это деформативные характеристики грунта. Их смысл выявляется из простого испытания на одноосное сжатие, когда  $\varepsilon_2 = \varepsilon_3 = 0$  и образец грунта сжимается вертикальным напряжением на простейшем прессе. Конечно, так можно испытывать только достаточно

прочные связные грунты. При этом из (2.1) получаем:  $\varepsilon_1 = \frac{\sigma_1}{E}$  и  $\nu = -\frac{\sigma_2}{\sigma_1} = -\frac{\sigma_3}{\sigma_1}$ .

Отсюда ясно, что  $E$  характеризует жесткость грунта и измеряется в единицах напряжения (Па, кПа и т.д.), а  $\nu$  – меру деформирования в направлении, перпендикулярном действующему напряжению.

Интервал значений  $\nu$  для грунтов составляет обычно 0,1...0,5. Значения модуля деформации оказывают определяющее влияние на рассчитываемую осадку сооружений. Поэтому их определение имеет большее значение, а значения  $\nu$  на практике часто принимают по справочным данным в зависимости от вида и состояния грунта.

Положение о применимости зависимостей (2.1) в механике грунтов характеризуется как «Принцип линейной деформируемости грунтов». При этом напряжения в грунте должны быть достаточно далеки от разрушающих, т.е. грунт должен работать в стадии уплотнения – начале стадии сдвигов.

## 2. Компрессионное сжатие грунта. Закономерность уплотнения. Формула Терцаги-Герсеванова

Из указанных ранее испытаний трехосное сжатие достаточно сложно, а одноосное применимо лишь к некоторым грунтам. Поэтому в механике грунтов широко применяется

сжатие грунта вертикальным давлением в жесткой обойме, исключая боковое расширение. Соответствующий прибор называется одометр. При испытании увеличивают вертикальное давление  $\sigma_1 = p$ , радиальные напряжения возникают как реакции жестких стенок обоймы  $\sigma_2 = \sigma_3 = q$ . Боковые деформации  $\varepsilon_2 = \varepsilon_3 = 0$ , а вертикальные  $\varepsilon_1 = \Delta h/h$  определяются с помощью индикаторов. Таким образом, напряженное состояние образца пространственное (трехосное), а деформированное – одноосное.

Результаты испытания можно представить зависимостью  $\varepsilon_1 = f(p)$  (рис. 2.2), представляющей собою плавную постепенно уползающую с ростом давления по мере уплотнения грунта кривую. Если при некотором давлении произвести разгрузку грунта, зависимость  $\varepsilon = f(p)$  будет отличаться от нагрузочной кривой. Таким образом общая деформация при давлении  $P$  будет состоять из большей по величине остаточной или пластической и меньшей упругой или восстанавливающей составляющих, т.е.  $\varepsilon_1 = \varepsilon_{1p} + \varepsilon_{1e}$ , причем  $\varepsilon_{1p} > \varepsilon_{1e}$ .

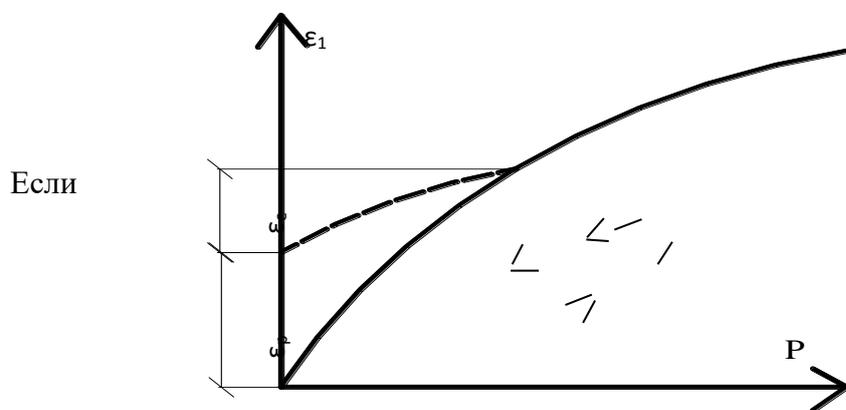


Рис. 2.2.

произвести повторные нагружения, грунт будет испытывать преимущественно упругие деформации. Такая работа характерна для грунта земляного полотна дорог.

Рассмотрим возможность определения деформативных характеристик по результатам компрессии на основе (2.1). С учетом НДС и обозначений ( $\sigma_1 = p$ ;  $\sigma_2 = \sigma_3 = q$ ;

$\varepsilon_2 = \varepsilon_3 = 0$ ) имеем два уравнения:

$$\varepsilon_1 = \frac{1}{E}(p - 2q \cdot \nu);$$

$$q - \nu(q + p) = 0. \quad (2.2)$$

В обычных компрессионных испытаниях боковой распор  $q$  не определяется, поэтому последние два уравнения включают три неизвестных:  $q$ ,  $E$  и  $\nu$ . Поэтому определить модуль деформации при некотором  $p$  можно, только если задаться значением коэффициента Пуассона. Тогда из второго уравнения можно найти отношение, называемое коэффициентом бокового давления:

$$\xi = \frac{q}{p} = \frac{\nu}{1 - \nu}. \quad (2.3)$$

Подставим в первое уравнение (2.2), записав его в виде:

$$\varepsilon_1 = \frac{P}{E} \left( 1 - 2 \frac{q}{P} \cdot \nu \right). \quad (2.4)$$

Разрешив полученное выражение относительно  $E$ , получаем:

$$E = \frac{P}{\varepsilon_1} \beta, \quad (2.5)$$

где  $\beta$  – коэффициент стеснения боковых деформаций при компрессии.

$$\beta = 1 - \frac{2\nu^2}{1-\nu}. \quad (2.6)$$

На практике результаты компрессии чаще представляют зависимостью коэффициента пористости от давления  $e = f(p)$ , которую и называют компрессионной кривой (рис. 2.3).

Коэффициент пористости при любой деформации  $\varepsilon_i = \frac{\Delta h_i}{h_n}$  рассчитывается по формуле:

$$e_i = e_n - \frac{\Delta h_i}{h_n} (1 + e_n), \quad (2.7)$$

где  $e_n$  – начальное значение коэффициента пористости при  $p = 0$ .

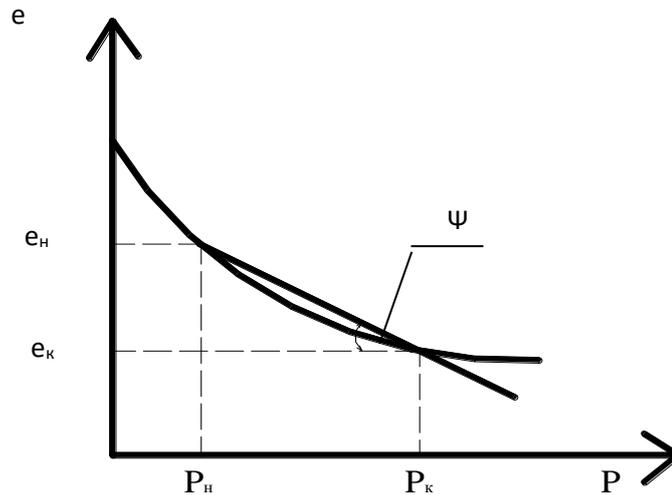


Рис. 2.3.

В большом интервале изменения давления зависимости  $e_i = f(p)$  нелинейны и очень разнообразны. На практике особенно важен участок кривой в некотором интервале давлений  $(p_n, p_k)$ , где  $p_n$  – начальное, природное давление в грунте;  $p_k$  – конечное давление, возникающее после строительства сооружения. Для большинства сооружений этот интервал  $0,3 \dots 0,4$  МПа.

В указанном интервале кривую с небольшой погрешностью можно заменить секущей, т.е.

$$\text{принять: } \Delta e = -m_0 \cdot \Delta P, \quad (2.8)$$

где  $m_0 = \text{tg} \psi$  – коэффициент сжимаемости.

Соотношение (2.8) можно записать в более наглядной форме, если принять  $p_n = 0$  и  $p_k = p$ . Тогда

$$e_n - e_k = a \cdot p. \quad (2.9)$$

Установленную применимость соотношений (2.8; 2.9) можно характеризовать как закономерность уплотнения: «в ограниченном интервале давлений изменение коэффициента пористости прямо пропорционально давлению». Очевидно, это выражение принципа линейной деформируемости для условий компрессионного сжатия, а  $m_0$  – деформативная характеристика грунта для этих условий. Размерность  $m_0$  обратна размерности давления.

Совместное рассмотрение формул (2.7) и (2.9) позволяет получить выражение для осадки слоя грунта в натуральных условиях – например, при сплошной равномерно-распределенной на большой площади нагрузке (рис.2.4).

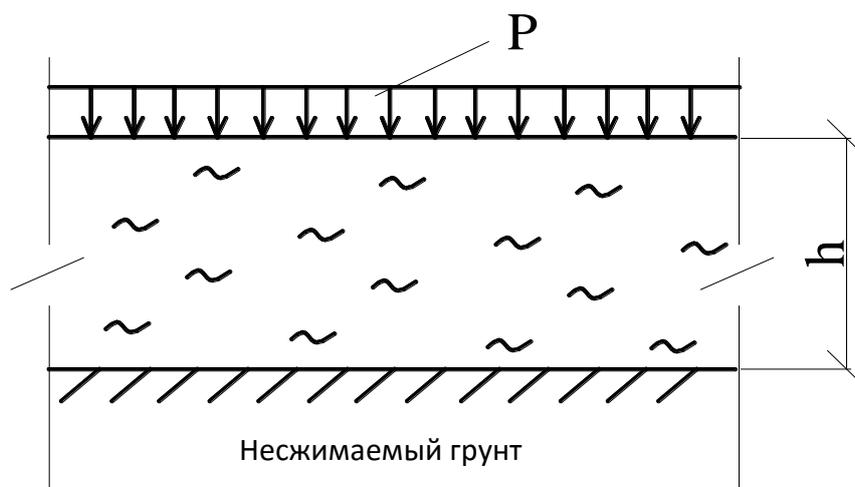


Рис. 2.4.

Формулу (2.7) для последней ступени нагрузки ( $i = \kappa$ ) можно записать в виде:

$$e_n - e_\kappa = \frac{\Delta h}{h_n} (1 + e_n). \text{ Сравнивая с (2.9), имеем для деформации}$$

$$\varepsilon_1 = \frac{\Delta h}{h_n} = \frac{m_0 \cdot p}{1 + e_n}. \quad (2.10)$$

В расчетах часто используют относительный коэффициент сжимаемости

$$m_v = \frac{m_0}{1 + e_n}. \quad (2.11)$$

Тогда из (2.10) следует простое выражение для осадки слоя грунта в условиях компрессионного сжатия (формула Терцаги-Герсеванова):

$$S = m_0 \cdot p \cdot h. \quad (2.12)$$

Поскольку характеристики компрессионного сжатия  $m_0$ ,  $m_v$  и общие деформативные характеристики  $E$ , введены на основе общего принципа линейной деформируемости, между ними должна существовать связь. Действительно, сравнивая (2.10) и разрешенное относительно  $\varepsilon_1$  соотношение (2.5), получаем:

$$E = \frac{1 + e_n}{m_0} \cdot \beta = \frac{\beta}{m_v}. \quad (2.13)$$

При  $\nu \leq 0,3$  значения  $\beta$  близки к единице, и тогда можно считать  $E$  и  $m_v$  взаимно обратными величинами.

Современные приборы компрессионного сжатия снабжены датчиками для определения бокового распора  $q$ . В этом случае из (2.3) непосредственно определяется коэффициент Пуассона.

### 3. Условие прочности грунтов. Закон Кулона. Прочностные характеристики

Пусть проведено испытание на трехосное сжатие нескольких образцов одного и того же грунта, и образцы доведены до разрушения. Для каждого образца получена пара значений  $\sigma_{2i}, \sigma_{1ipi}$ . Результаты испытаний можно представить в виде кругов Мора для напряжений (рис. 2.5).

Опыты показывают, что в значительном интервале напряжений огибающая касательная к кругам имеет вид прямой с уравнением:

$$\tau_{\max} = \sigma \cdot \operatorname{tg} \varphi + c, \quad (2.14)$$

где  $\varphi$  и  $c$  – параметры линейной огибающей.

Они имеют названия:  $\varphi$  – угол внутреннего трения;  $c$  – сцепление грунта. Это прочностные характеристики грунта.

Уравнение (2.14) можно записать и через главные напряжения. Продолжим огибающую влево до  $\sigma$  и рассмотрим прямоугольный  $\Delta O_1AB$ .

Имеем  $AB/O_1B = \operatorname{Sin} \varphi$ ; (2.15)

$$AB = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}; \quad O_1B = O_1O + OK + KB = c \cdot \operatorname{ctg} \varphi + \sigma_3 + \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}.$$

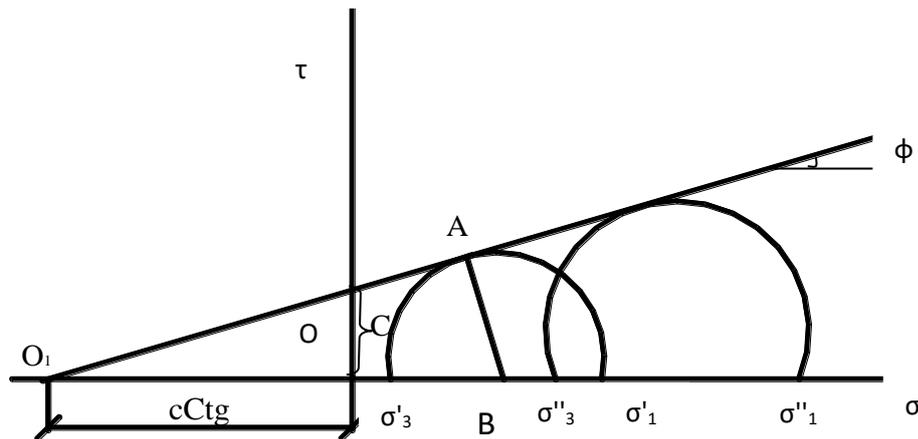


Рис. 2.5.

Подставляя значения  $AB$  и  $O_1B$  в (2.15), получаем условие прочности в главных напряжениях:

$$\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{\sigma_1 + \sigma_3 + 2c \cdot \operatorname{ctg} \varphi} = \operatorname{Sin} \varphi. \quad (2.16)$$

Для несвязных грунтов (пески)  $c \approx 0$  и условие (2.16) упрощается:

$$\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{\sigma_1 + \sigma_3} = \operatorname{Sin} \varphi. \quad (2.17)$$

Характер разрушения образца при испытании в стабилометре зависит от вида и состояния грунта. Наиболее четкая картина в виде скола имеет место для песков плотных и средней плотности и прочных глинистых грунтов, причем плоскость скола, на которой действует  $\tau_{\max}$ , наклонена к вертикали под углом  $\alpha = 45 - \varphi/2$  (рис. 2.6, а).

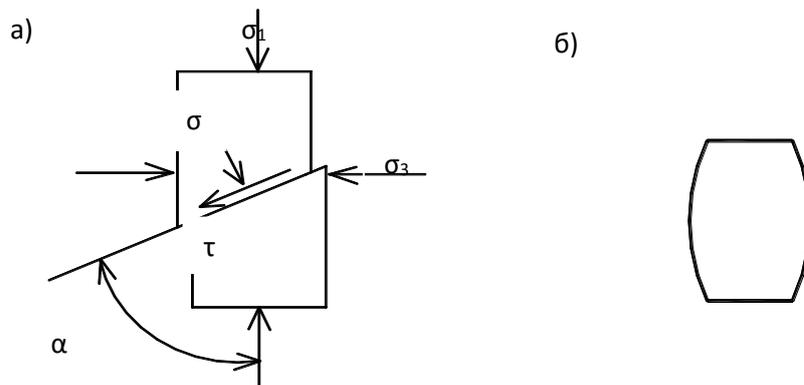


Рис. 2.6.

Для рыхлых песков и слабых глинистых грунтов разрушение проявляется в более интенсивном деформировании; образец приобретает бочкообразную форму (рис. 2.6, б).

Первоначально зависимость (2.14) в механике грунтов была установлена более простыми испытаниями на плоскостных срезных (сдвижных) приборах. Образец грунта помещается в обойму, состоящую из двух половин, и через штамп загружается давлением  $\sigma$ . Затем к верхней половине обоймы прикладывается горизонтальная нагрузка  $T$  и увеличивается, пока не произойдет срез (сдвиг) образца по плоскости разреза обойм. Предполагается, что при сдвиге реализуются максимальные для приложенного давления касательные

напряжения  $\tau_{max} = \frac{T_{сдв}}{A}$ .

Серия испытаний одинаковых образцов при разных давлениях позволяет непосредственно построить предельную прямую с уравнением (2.14), что и показано на рис. 2.7 для трех опытов (глина) и одного (песок).

Для песчаного грунта, когда сцепление мало и им можно пренебречь, достаточно даже одного опыта (рис. 2.7, б). Практически проводят серию испытаний для возможности статистической обработки в связи с неоднородностью грунтов и разбросом результатов опытов.

Недостатком испытаний на плоскостной сдвиг является некоторая неопределенность создаваемого в зоне сдвига НДС и принудительный характер плоскости сдвига: она предопределена конструкцией прибора, тогда как в стабилометре положение площадки сдвига определяется характером грунта. Тем не менее, испытания на срез широко применяются на практике.

Очевидно, максимальное (предельное) касательное напряжение при сдвиге представляет собой сопротивление грунта сдвигу. Поэтому формула (2.14) выражает закон Кулона: сопротивление грунта сдвигу пропорционально давлению (нормальному напряжению  $\sigma$ ) на площадке сдвига. В то же время (2.14, 2.16 и 2.17) можно назвать условием прочности Кулона – Мора, или условием предельного равновесия грунта в точке.

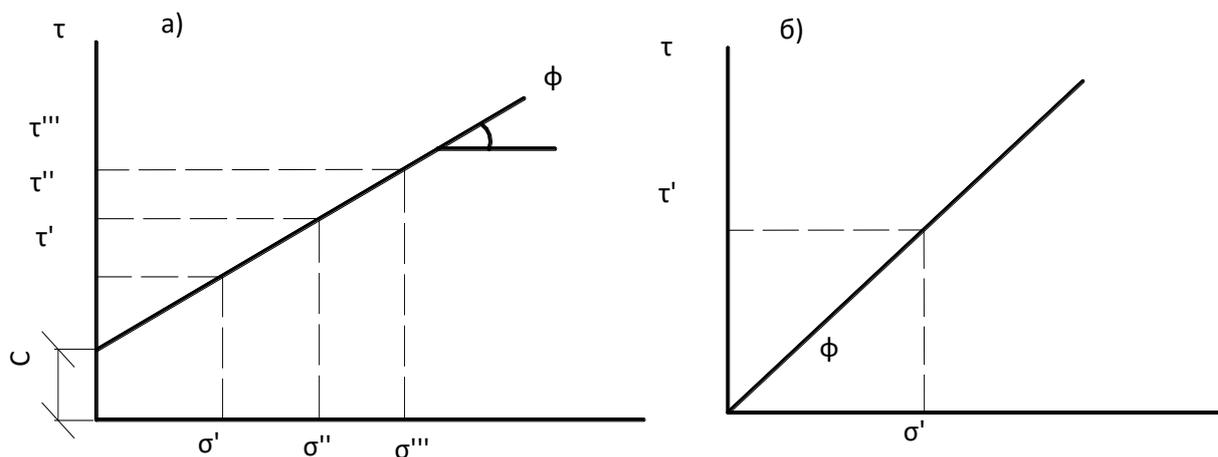


Рис. 2.7.

Надежное определение прочностных характеристик имеет большое значение, т.к. они используются во всех расчетах, связанных с прочностью и устойчивостью оснований и массивов грунта. Важно иметь в виду, что показатели  $\varphi$ ,  $c$ , сопротивление грунта сдвигу в целом зависят от состояния грунта, в особенности от плотности и влажности.

Для водонасыщенных пылевато-глинистых грунтов, а также мелких и пылеватых песков важное значение имеет методика испытаний в условиях консолидации, т.е. уплотнения под нагрузкой и дренирования – отжатия воды из грунта.

Пусть для одного и того же грунта – пластичной глины испытания на сдвиг проводятся по двум различным методикам:

- консолидировано–дренированный (медленный) сдвиг, когда уплотняющее давление  $\sigma$  выдерживается до полного прекращения деформаций, и так же медленно прикладывается сдвигающая нагрузка (происходит отжатие поровой воды);
- неконсолидировано–недренированный (быстрый) сдвиг, когда исключено отжатие воды и горизонтальная нагрузка быстро увеличивается до разрушения сразу после приложения уплотняющего давления.

Результаты опытов будут совершенно различными (рис. 2.8).

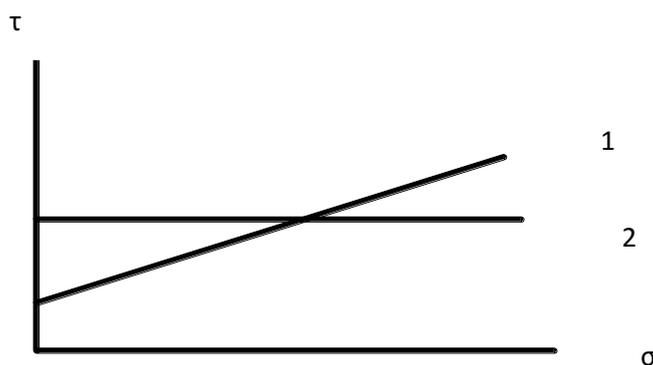


Рис. 2.8

1 – КД – сдвиг, 2 – НН – сдвиг

Причина рассмотренного явления состоит в том, что под нагрузкой в малопроницаемом водонасыщенном грунте создается две системы давления:

$$\sigma = U + \sigma_s, \quad (2.18)$$

где  $U$  – давление в поровой воде (поровое);

$\sigma_s$  – давление в скелете (эффективное).

Собственно работу уплотнения грунта, реализующую силы трения, проводит только эффективное давление. Поэтому для рассматриваемых условий формулу (2.14) следует записать в виде:

$$\tau_{max} = (\sigma - U)tg\varphi + c. \quad (2.19)$$

Если испытание проводится по второй методике (прямая 2 на рис. 2.8), то возникшее поровое давление не успевает рассеяться, значение  $(\sigma - U)$  в (2.19) близко к нулю, трение почти не проявляется, что и дает слабо наклонную или даже горизонтальную прямую.

Естественно возникает проблема выбора методики испытаний при проектировании реальных сооружений. Некоторые рекомендации по этому вопросу имеются в стандартах на испытания. Общая же рекомендация состоит в том, что назначаемая методика должна соответствовать условиям работы грунта в основании проектируемого сооружения.

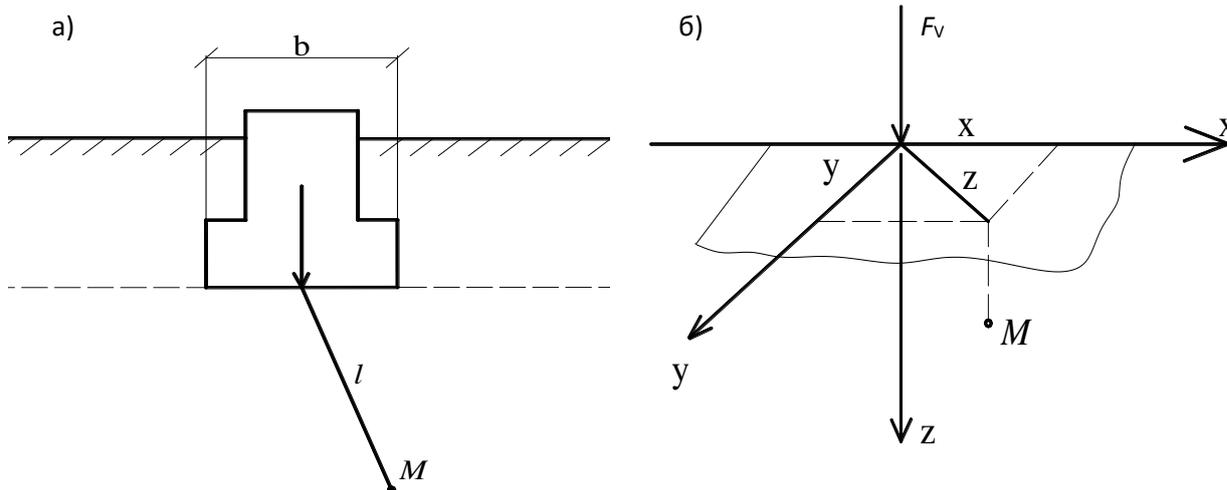
### 3.3. Определение напряжений в грунтах и расчет осадок

#### 4. Напряжения от вертикальной сосредоточенной нагрузки

Пусть рассматривается отдельный малоуглубленный фундамент и нужно определить напряжение  $\sigma_z$  в т.  $M$ , причем  $l > b$  (рис. 3.1, а). Действие фундамента на грунт можно заменить сосредоточенной силой  $F_v$ , приложенной в центре подошвы (рис. 3.1,б). Для этой задачи получено решение, дающее формулы для всех компонент напряжений (Буссинеск, 1885г). Например, для напряжения  $\sigma_z$ :

$$\sigma_z = k \frac{F_v}{z^2}, \quad (3.1) \text{ где } k = f\left(\frac{r}{z}\right) - \text{коэффициент, значения}$$

которого приведены в табл. 3.1.



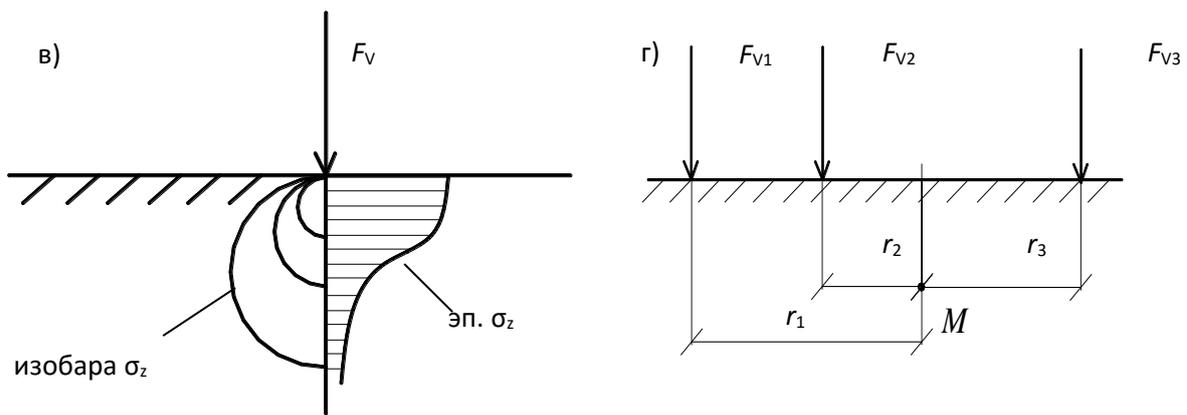


Рис. 3.1

Задавшись несколькими значениями  $z$ , по (3.1) легко найти напряжения и построить их эпюру, т.е. график изменения по глубине. Другим наглядным способом представления напряженного состояния являются изолинии напряжений  $\sigma_z$  (изобары). То и другое показано на рис. 3.1, в.

Если необходимо определить напряжение от группы сосредоточенных сил (рис. 3.1, г), рассчитываются и суммируются напряжения от каждой силы (принцип суперпозиции):

$$\sigma_z = \frac{1}{z^2} \sum_{i=1}^n \kappa_i F_{vi} \quad (3.2)$$

Таблица 3.1

$r/z$	$\kappa$	$r/z$	$\kappa$	$r/z$	$\kappa$
0	0,48	0,6	0,22	1,5	0,025
0,1	0,46	0,7	0,18	1,8	0,02
0,2	0,43	0,8	0,14	2,0	0,009
0,3	0,38	0,9	0,11	2,5	0,003
0,4	0,33	1,0	0,08	3,0	0,0015
0,5	0,27	1,25	0,04	4,0	0,0004

Аналогичный прием можно применить для нагрузки, произвольно распределенной на площадке сложной формы. Площадка разбивается на ряд участков и на каждом распределенная нагрузка заменяется сосредоточенной силой. Далее используется (3.2).

## 5. Напряжения от нагрузки, равномерно распределенной на прямоугольной площадке

Пусть нагрузка  $p$  распределена на площадке с размерами  $b, l$  (рис. 3.2). Тогда напряжения в любой точке основания можно определить аналогично формуле (3.2), приняв элементарную вертикальную нагрузку в виде  $dF = p \cdot dx \cdot dy$  и заменив суммирование интегрированием по площади. В итоге напряжение определяется по простой формуле:

$$\sigma_z = \alpha p, \quad (3.3)$$

где  $\alpha$  – коэффициент рассеяния напряжений с глубиной, зависящий от положения рассматриваемой точки и формы загруженной площадки.

Например, для точки на вертикали под центром площадки  $\alpha$  есть функция двух безразмерных параметров  $\eta = l/b$  и  $\xi = 2z/b$  (табл. 3.2). С использованием табл. 3.2, задаваясь глубиной  $z$ , легко построить эпюру  $\sigma_z$ .

Напряжения по вертикали, проходящей через угловую точку, легко определить, используя эту же таблицу.

Известно, что напряжение под углом в точке на глубине  $2z$  равно одной четвертой осевого вертикального напряжения на глубине  $z$ . То есть, определив по табл. 3.2. значение  $\alpha$  для  $\eta = z/b$ , напряжение в точке под углом на глубине  $2z$  получим по формуле:

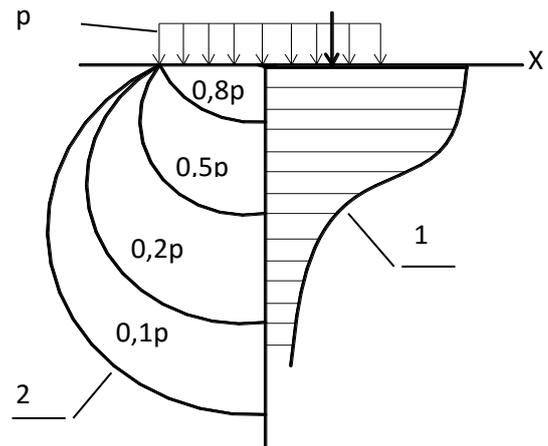
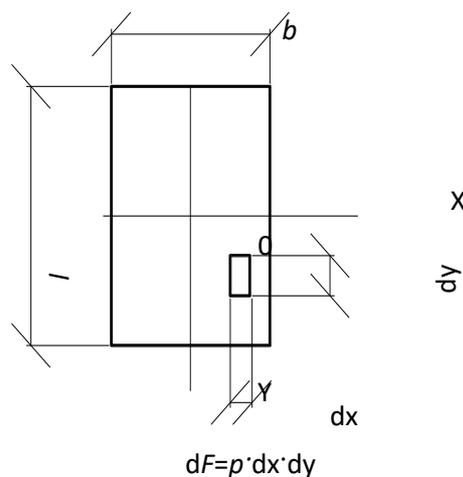


Рис. 3.3.

1 – эпюра  $\sigma_z$ ; 2- изобара  $\sigma_z$

$$\sigma_z^y = 0,25\alpha p.$$

Таблица 3.2

$2z/b$	Круг	Значения $\alpha$ для прямоугольной площадки при $\eta = l/b$						
		1,0	1,4	1,8	2,4	3,2	5	Полоса $l/b > 10$
0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
0,4	0,949	0,960	0,972	0,975	0,976	0,977	0,977	0,977
0,8	0,756	0,800	0,848	0,866	0,876	0,879	0,881	0,881
1,2	0,547	0,606	0,682	0,717	0,739	0,749	0,754	0,755
1,6	0,390	0,449	0,532	0,578	0,612	0,629	0,639	0,642
2,0	0,285	0,336	0,414	0,462	0,505	0,530	0,545	0,550
2,4	0,214	0,257	0,325	0,374	0,419	0,449	0,470	0,477
2,8	0,165	0,201	0,260	0,304	0,349	0,383	0,410	0,420
3,2	0,130	0,160	0,210	0,251	0,294	0,329	0,360	0,374
3,6	0,106	0,131	0,173	0,209	0,250	0,285	0,319	0,337
4,0	0,087	0,108	0,145	0,176	0,214	0,248	0,285	0,306
4,4	0,073	0,091	0,123	0,150	0,185	0,218	0,255	0,280
5,2	0,053	0,067	0,091	0,113	0,141	0,170	0,208	0,239
6,0	0,040	0,051	0,070	0,087	0,110	0,136	0,173	0,208

Напряжения в любых точках основания, не лежащих на центральной и угловых вертикалях, определяются по способу угловых точек. После определения напряжений в ряде точек напряженное состояние основания можно наглядно охарактеризовать изолиниями равных напряжений (изобарами, рис. 3.3). Все они проходят через угловые точки площадки, которые здесь (как и точка приложения сосредоточенной нагрузки на рис. 3.1) являются особыми точками.

### 6. Напряжения от полосовой равномерно распределенной нагрузки

Грунт работает в условиях плоской задачи. При этом нормальное напряжение вдоль оси  $y$  постоянно, касательные в плоскости  $xz$  отсутствуют и напряженное состояние в осях  $xoz$  характеризуется:  $\sigma_x, \sigma_z, \tau$ . Такое напряженное состояние возникает под ленточными фундаментами стен, насыпями земляного полотна и др. Расчетная схема приведена на рис. 3.4. Требуется определить напряжения в произвольной точке  $M$ .

Очевидно, что для этого случая можно также использовать формулу (3.3), принимая  $\alpha$  по последнему столбцу табл. 3.2. Однако здесь целесообразно привести простые формулы для главных напряжений  $\sigma_1, \sigma_3$ .

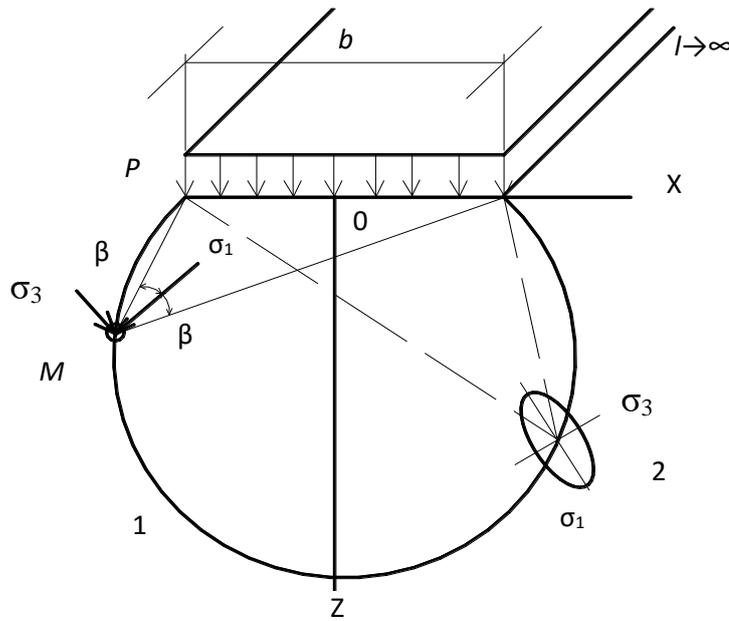


Рис. 3.4

1 – изобара главных напряжений; 2 – эллипс напряжений

При этом в точках на осевой вертикали в силу симметрии будет  $\sigma_1 = \sigma_z$  и  $\sigma_3 = \sigma_x$ .

Главные напряжения равны:

$$\left. \begin{matrix} \sigma_1 \\ \sigma_3 \end{matrix} \right\} = \frac{p}{\pi} (2\beta \pm \sin 2\beta), \quad (3.4)$$

где  $2\beta$  – угол, под которым видны края полосы из т. М (угол видимости).

Большее напряжение  $\sigma_1$  направлено по биссектрисе угла видимости,  $\sigma_3$  – нормально к нему.

Из формулы (3.4) очевиден вид изолиний главных напряжений: это окружности с центром на оси  $z$ , проходящие через т. М и края полосы. Во всех точках  $2\beta = const$ , поскольку угол опирается на одну и ту же хорду – нагруженную полосу шириной  $b$ . Напряженное состояние в любой точке удобно характеризовать эллипсом напряжений (см. рис. 3.4).

Если сравнить изменение напряжений с глубиной от одинаковой нагрузки  $p$ , действующей на квадратной или круговой площадке и на полосе той же ширины, то обнаруживается более медленное затухание (убывание) напряжений от полосовой нагрузки (рис. 3.4). Учет этого фактора особенно важен, если на некоторой глубине в основании оказывается прослойк слабого грунта.

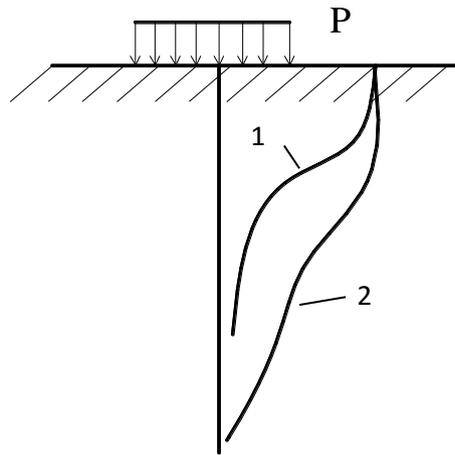


Рис. 3.5.

1 – нагрузка распределена на квадратной площадке; 2 – то же, на полосе

### 7. Напряжения от собственного веса грунта

Напряжения, рассчитанные по приведенным ранее формулам, добавляются к природным напряжениям от собственного веса грунта. Вертикальное сжимающее напряжение в грунте с удельным весом  $\gamma$  на глубине  $z$  определяется по формуле:

$$\sigma_z = \gamma \cdot z. \quad (3.5)$$

Если основание слоистое и удельный вес каждого слоя  $\gamma_i$ , а мощности слоев  $h_i$ , то напряжения по (3.5) суммируются, так что на подошве  $i$ -го слоя  $\sigma_i$  будет равно:

$$\sigma_z = \sum \gamma_i \cdot h_i. \quad (3.6)$$

Эпюра напряжений представляется ломаной; точки излома – на границе слоев. Ниже уровня подземных вод следует в (3.6) удельный вес  $\gamma_{зв}$  принимать по (1.7) с учетом взвешивания грунта. На кровле подстилающего водонепроницаемого слоя (водоупора) в этом случае эпюра  $\sigma_z$  имеет скачок  $\gamma_w H_w$  (рис. 3.6).

Горизонтальные нормальные напряжения определяются по формуле:

$$\sigma_x = \xi \sigma_z = \xi \gamma_z, \quad (3.7)$$

где  $\xi$  – коэффициент бокового давления, зависящий от вида и состояния грунта.

Обычно принимается значение  $\xi$  по (2.3), а для мягко-, текучепластичных глинистых грунтов можно принять  $\xi=1$ .

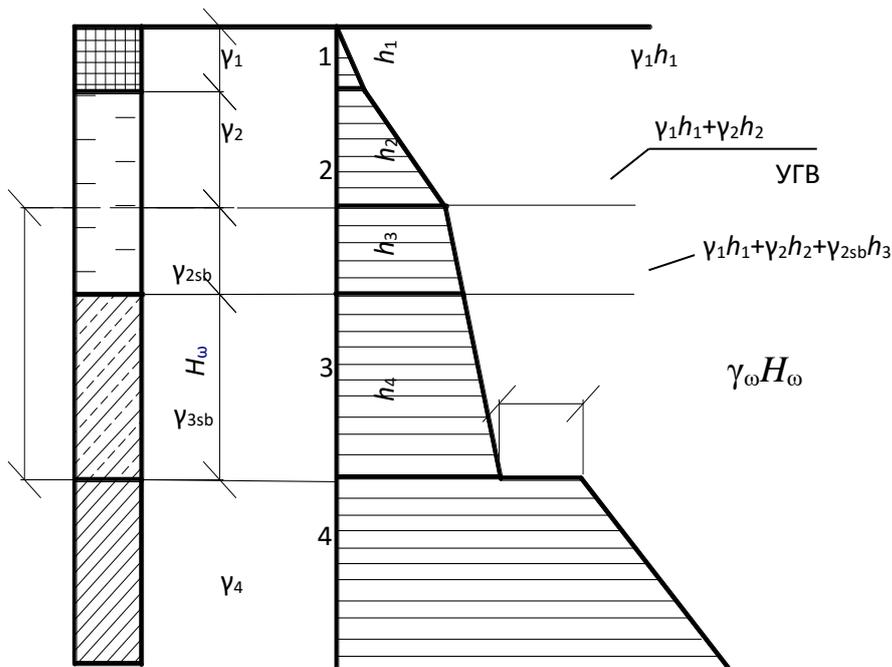


Рис. 3.6.

1 – насыпной слой с удельным весом  $\gamma_1$ ; 2 – песок; 3 – супесь; 4 – суглинок моренный

## 8. Расчет стабилизированных осадок

В общем, приведенные решения позволяют рассчитать также деформации любой точки основания, включая и осадки поверхности. Однако сопоставление их с результатами опытов и натурных замеров показало, что (в отличие от напряжений) осадки по расчету резко отличаются от действительных во многих случаях. Поэтому для расчета осадок разработаны и применяются специальные приближенные методы.

Исключением являются две ситуации, когда осадки можно определить непосредственно, используя теоретические формулы:

1. Действие сплошной нагрузки, когда при сжатии отсутствует боковое расширение грунта и справедлива формула (2.12). Приблизительно эту формулу можно применить для расчета осадки сооружений, ширина подошвы фундамента которых больше сжимаемой толщины основания. Последняя определяется кровлей практически несжимаемого при данной нагрузке грунта (рис. 3.7).

2. Отдельный фундамент шириной (или диаметром) до 2...3м на мощном слое однородного грунта. В этом случае осадка рассчитывается по формуле Шлейхера:

$$S = \frac{wp_0b}{E}(1 - \nu^2), \quad (3.8)$$

где  $p_0$  – начальное уплотняющее давление, равное среднему за вычетом природного на уровне подошвы фундамента, если глубина заложения фундамента  $d$  и удельный вес грунта  $\gamma$ , то

$$p_0 = p_{cp} - \gamma \cdot d; \quad (3.9)$$

$w$  – коэффициент, зависящий от формы загруженной площадки и положения точки, в которой определяется осадка.

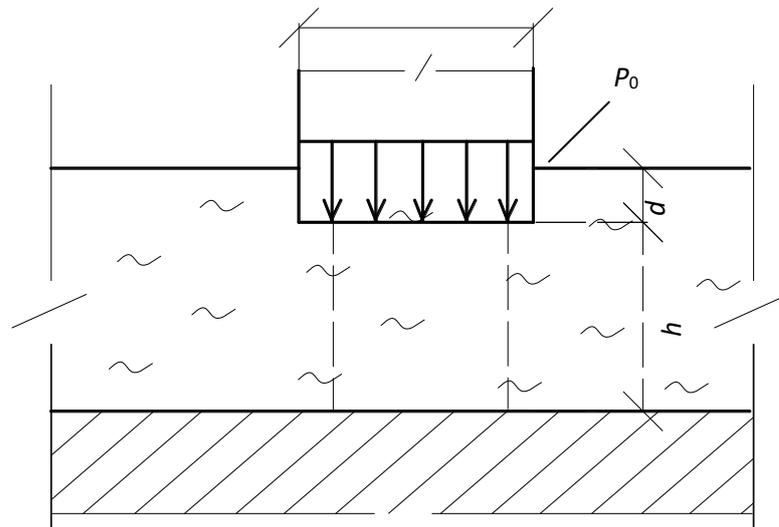


Рис. 3.7.

Для центра загруженной гибкой площадки значения  $w$  приведены в табл. 3.3. Они на 6...8% превышают значения  $w$  для жестких фундаментов и практически этим различием можно пренебречь.

Таблица 3.3

Формула площадки	Круг	Прямоугольник при $h=l/b$					
		1	2	3	4	5	10
Значение $\omega$	0,85	0,95	1,30	1,53	1,70	1,83	2,25

В виде, разрешенном относительно  $E$ , формула (3.8) используется для полевого определения модуля деформации штампом. Значения коэффициента Пуассона  $\nu$  в (3.8) при отсутствии экспериментальных данных допускается принять по виду грунта в пределах:

- глины и суглинки полутвердые и твердые  $\nu = 0,1 \dots 0,15$ ;
- то же, тугопластичные -  $0,2 \dots 0,25$ ;
- мягкопластичные и текучепластичные -  $0,3 \dots 0,4$ ;
- текучие -  $0,45 \dots 0,5$ ; пески и супеси -  $0,15 \dots 0,30$ .

Реальные основания обычно слоистые, сжимаемость отдельных слоев различная и для расчета осадки чаще всего применяется метод послойного суммирования.

Для большей наглядности рассматриваем применение метода в графоаналитической форме. Расчеты и сопровождающие их построения проводятся в следующем порядке:

- 1) Вычерчивается схема фундамента и геологического строения основания.
- 2) Строится эпюра природного давления  $\sigma_{zgi}$  ее ординаты в масштабе откладываются влево от  $z$ . В водоносном слое ниже WL учитывается взвешивание грунта в воде, а на кровле водоупора – скачок давления -  $\gamma_{\omega}H_{\omega}$ .
- 3) Толща грунта под подошвой фундамента разбивается на расчетные слои  $h_i=0,4b$ , где  $b$  – ширина подошвы фундамента.
- 4) По (3.9) определяется начальное уплотняющее давление  $P_0$ .
- 5) Определяется значение уплотняющего давления под центром (средней точкой) подошвы фундамента на границе каждого расчетного слоя:

$$\sigma_{zpi} = \alpha_i \cdot P_0. \quad (3.10)$$

Значения  $\alpha_i \rightarrow f\left(\frac{2z_i}{b}, \frac{l}{b}\right)$  определяются для принятых  $z_i$  по табл. 3.2;

Эпюра  $\sigma_{zp}$  строится справа от оси  $z$  в том же масштабе, что и эпюра природного давления  $\sigma_{zg}$  (рис. 3.8).

6) Определяется нижняя граница сжимаемой толщи основания. Критерием ее установления в СНиП принято условие:

$$\sigma_{zpi} = 0,2\sigma_{zgi}. \quad (3.11)$$

То есть в качестве нижней принимается граница того расчетного слоя, на которой уплотняющее давление в пять раз меньше природного.

7) В пределах сжимаемой толщи выделяются и нумеруются однородные расчетные слои грунта и определяется среднее уплотняющее давление в каждом слое. Например, на схеме (рис. 3.8) выделенный сначала второй расчетный слой большей частью попадает в песок, но захватывает и суглинок. Поэтому здесь нумеруются два слоя  $h_2$ ,  $h_3$ .

Среднее давление равно полусумме значений на границах:

$$\overline{\sigma}_{zpi} = \frac{\sigma_{zpi-1} + \sigma_{zpi}}{2}. \quad (3.12)$$

Для границы расчетных слоев 2,3 (рис. 3.8) значение уплотняющего давления можно взять непосредственно по эпюре, или найти по (3.10) для соответствующего значения  $\alpha$ .

8) Определяется осадка каждого расчетного слоя в пределах сжимаемой толщи:

$$S_i = 0,8\overline{\sigma}_{zpi}h_i / E_i. \quad (3.13)$$

9) Определяется общая осадка суммированием осадок всех расчетных слоев:  $S = \sum_{i=1}^n S_i$ ,

где  $n$  – число однородных слоев (на схеме рис. 3.8  $n=9$ ).

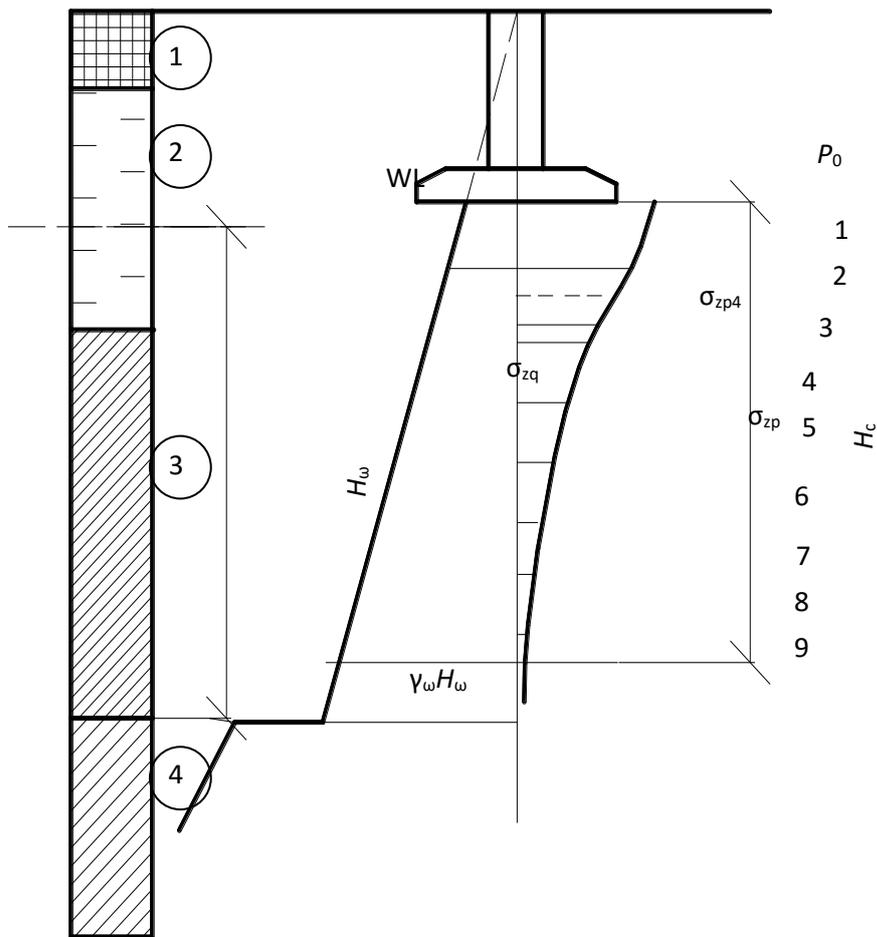


Рис. 3.8.

1 – насыпной грунт; 2 – супесь; 3 – песок мелкий; 4 – суглинок

Если под границей сжимаемой толщи, определенной по (3.11), находится слой сильносжимаемого грунта с модулем деформации  $E < 5 \text{ МПа}$ , его осадка тоже должна быть учтена.

В этом случае критерием определения НГСТ принимается:  $\sigma_{zpi} = 0,1\sigma_{zgi}$ .

То есть осадку слабого слоя нужно учесть.

### 3.4. Теория предельного напряженного состояния грунтов и ее приложения

#### 9. Определение начального критического давления и расчетного сопротивления основания

Рассмотрим ленточный фундамент с глубиной заложения  $d$  на однородном основании с характеристиками  $\gamma$ ,  $\varphi$ ,  $c$ . Считаем, что по подошве фундамента действует давление  $p = F_v/A$ , а с боков пригрузка  $\gamma \cdot d$  за счет веса грунта в пределах глубины заложения.

Используя формулу (3.4) и учитывая напряжения от веса грунта при  $\xi=1$ , получим следующие формулы для главных напряжений в т. М. (рис. 4.1)

$$\left. \begin{matrix} \sigma_1 \\ \sigma_3 \end{matrix} \right\} = \frac{p - \gamma d}{\pi} (2\beta \pm \text{Sin}2\beta) + \gamma(d + z). \quad (4.1)$$

Подставив (4.1) в УПР (2.16), получаем выражение, связывающее нагрузку  $p$  с координатами рассматриваемой т. М  $\beta, z$ , глубиной заложения  $d$ , характеристиками грунта  $\gamma, \varphi, c, m.e.$

$$p = f(\beta; z; d; \gamma, \varphi, c). \quad (4.2)$$

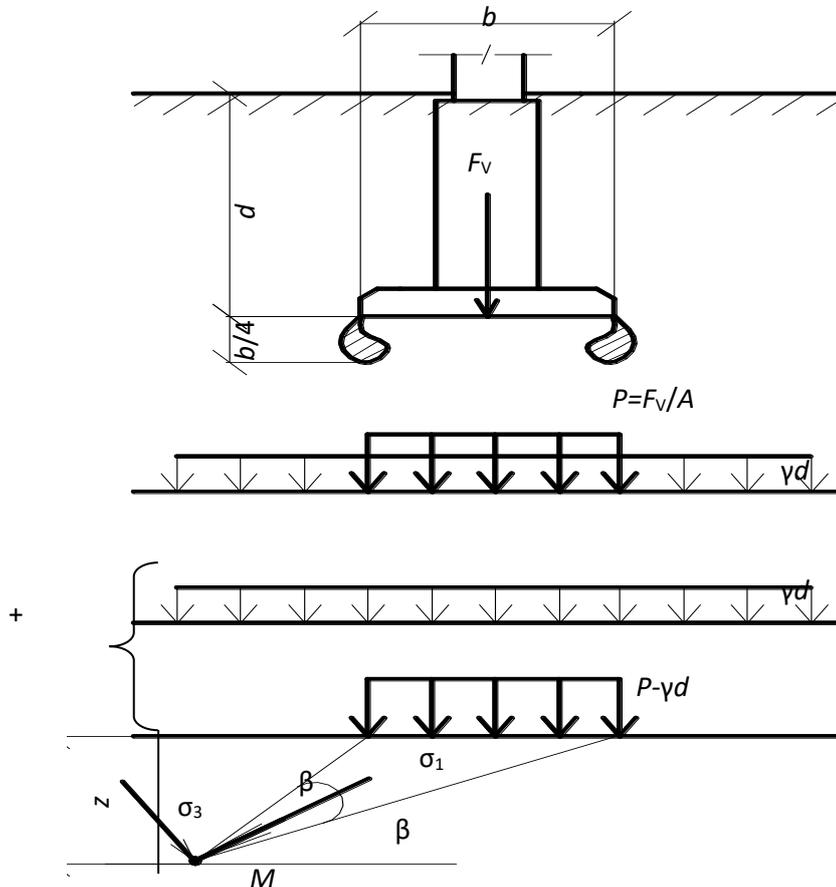


Рис. 4.1. Расчетная схема к определению начальной критической нагрузки

Если в т. М выполняется УПР, то площадки сдвига совпадут с лучами из точки к краям подошвы и тогда  $\beta = \pi/4 - \varphi/2$ , так что по (4.2)  $p$  будет зависеть только от  $z$  – максимальной глубины развития областей сдвига. Первое критическое давление получим, если примем  $z = 0$  (области сдвига полностью отсутствуют). Это решение впервые было получено профессором Пузыревским Н.П. Формулу можно представить в виде:

$$P_{1кр} = M_q \cdot \gamma \cdot d + M_c \cdot C, \quad (4.3)$$

где  $M_q$  и  $M_c$  – функции угла внутреннего трения, определяемые соотношениями:

$$M_q = \frac{C \operatorname{tg} \varphi + \pi/2 + \varphi}{C \operatorname{tg} \varphi - \pi/2 + \varphi}; \quad (4.4)$$

$$M_c = \frac{\pi C \operatorname{tg} \varphi}{C \operatorname{tg} \varphi - \pi/2 + \varphi}.$$

Применение формулы (4.3) приводит к надежным, но не экономичным решениям; практикой доказано, что без ущерба для надежности можно допустить работу основания в начале стадии сдвигов (см. рис. 2.1), когда зависимость  $s = f(p)$  еще близка к линейной. Наибольшее применение получила формула, получаемая на основе (4.2), в которой принимается  $z = 0,25b$ . При этом (4.3) обобщается на учет ширины подошвы:

$$P_{нач.} = M_\gamma \cdot \gamma \cdot d + M_q \cdot \gamma \cdot d + M_c \cdot C, \quad (4.5)$$

где  $M_\gamma = \frac{0,25\pi}{\text{Ctg}\varphi - \pi/2 + \varphi}$ , а коэффициенты  $M_q, M_c$  по (4.4).

В нормах проектирования  $R_{\text{нач.}}$  называется расчетным сопротивлением основания  $R_{\text{нач.}} = R$ .  
 Формула (4.5) обобщена с учетом следующих факторов:

- вид грунта и достоверность определения его характеристик;
- жесткость сооружения;
- возможность разной глубины заложения с двух сторон фундамента;
- разброс значений характеристик.

### 10. Основы теории предельного напряженного состояния (ТПНС) и определение второй критической (предельной) нагрузки

При значительном развитии областей сдвигов, когда грунт близок к разрушению, использование уравнений ТЛДС (4.1) уже невозможно. Здесь необходимо использовать более общие соотношения – дифференциальные уравнения равновесия грунта в точке. Для условий плоской задачи, используя схему и обозначения на рис. 4.2 и приравнявая нулю суммы проекций на координатные оси, получаем:

$$\frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau}{\partial z} = 0; \tag{4.6}$$

$$\frac{\partial \tau}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_z}{\partial z} = \gamma.$$

К уравнениям (4.6) присоединяется условие предельного равновесия (2.16), которое следует записать, как и (4.6), через компоненты  $\sigma_x, \sigma_z, \tau$ :

$$(\sigma_x - \sigma_z)^2 + 4\tau^2 = (\sigma_x + \sigma_z + 2c \cdot \text{Ctg})^2 \text{Sin}^2 \varphi. \tag{4.7}$$

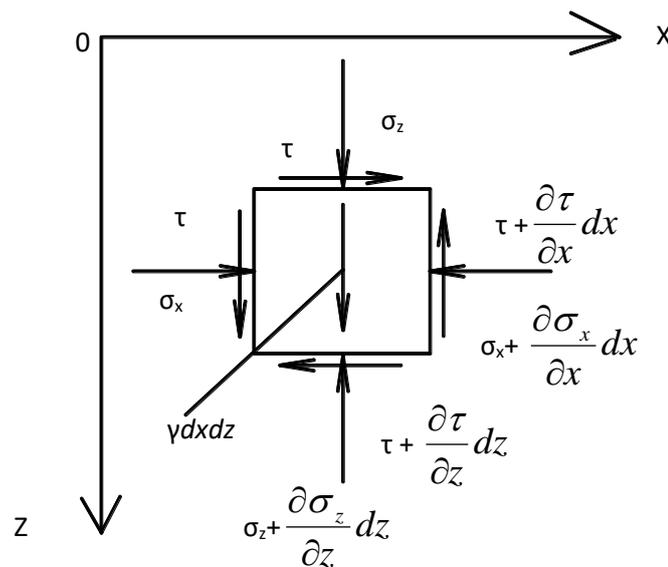


Рис. 4.2. К выводу дифференциальных уравнений равновесия

Уравнения (4.6) и (4.7) составляют систему уравнений ТПНС для условий плоской задачи. Отыскание напряжений, удовлетворяющих уравнениям (4.6, 4.7), позволяет находить предельную нагрузку на основание, устанавливать устойчивость откосов, определять

давление грунта на подпорные стены и т.п. Весь этот круг задач составляет область приложения ТПНС.

Задачи ТПНС решаются различными методами: аналитически, с помощью приближенных инженерных приемов и численными методами с преобразованием системы (4.6, 4.7) и заменой производных конечными разностями. Соответствующие решения получены Соколовским В.В., Березанцевым В.Г. и др. Формулы для определения второго критического давления приводятся обычно к трехчленной форме, как и (4.5).

На основе анализа и обобщения решений ТПНС с учетом опытных данных в нормах проектирования принята следующая формула для предельного давления на основание внецентренно нагруженного фундамента произвольной формы:

$$P_{пред.} = N_{\gamma} \xi_{\gamma} b' \gamma_I + N_q \xi_q \gamma_I' d + N_c \xi_c C_I, \quad (4.8)$$

где  $N_{\gamma}$ ,  $N_q$ ,  $N_c$  – коэффициенты несущей способности, определяемые по табл. 4.1 в зависимости от расчетного значения  $\varphi_I$  и угла наклона равнодействующей нагрузки к вертикали  $\delta$ ;

$\gamma_I$  и  $\gamma_I'$  – расчетные значения удельного веса грунта под подошвой в пределах глубины заложения фундамента  $d$ ;

$\xi_{\gamma}$ ,  $\xi_q$ ,  $\xi_c$  – коэффициенты формы подошвы фундамента (для ленточного фундамента  $\xi_{\gamma}=\xi_q=\xi_c=1$ );

$b'$  – приведенная ширина подошвы фундамента.

**Таблица 4.1**

**Значения коэффициентов несущей способности в формуле (4.8)**

Угол внутрен него трения $\varphi^{\circ}$	Коэфф ициен ты	Коэффициенты $N_{\gamma}$ , $N_q$ , $N_c$ при углах наклона равнодействующей нагрузки к вертикали $\delta$ , град.						
		0	5	10	15	20	25	30
15	$N_{\gamma}$	1,35	1,02	0,61	0,21			
	$N_q$	3,94	3,45	2,84	2,06			
	$N_c$	10,98	9,13	6,88	3,94			
20	$N_{\gamma}$	2,88	2,18	1,47	0,82	0,36		
	$N_q$	6,40	5,56	4,64	3,64	2,69		
	$N_c$	14,84	12,53	10,02	7,26	4,65		
25	$N_{\gamma}$	5,87	4,50	3,18	2,00	1,05	0,58	
	$N_q$	10,66	9,17	7,65	6,13	4,58	3,60	
	$N_c$	20,72	17,53	14,26	10,99	7,68	5,58	
30	$N_{\gamma}$	12,39	9,43	6,72	4,44	2,63	1,29	0,95
	$N_q$	18,40	15,63	12,94	10,37	7,96	5,67	4,95
	$N_c$	30,14	25,34	20,68	16,23	12,05	8,09	6,85
35	$N_{\gamma}$	27,50	20,58	14,63	9,79	6,08	3,38	1,60
	$N_q$	33,30	27,86	22,77	18,12	13,94	10,24	7,04
	$N_c$	46,12	38,36	31,09	24,45	18,48	13,19	8,63

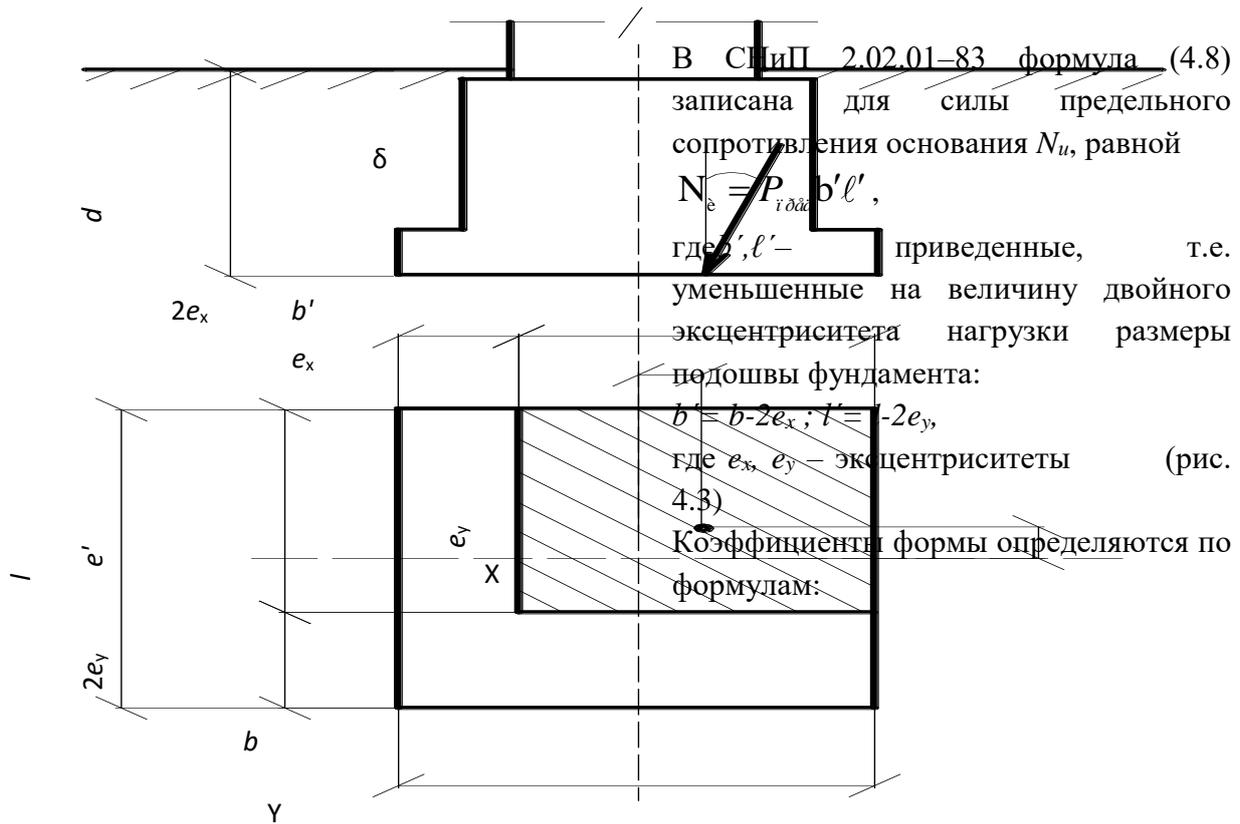


Рис. 4.3.

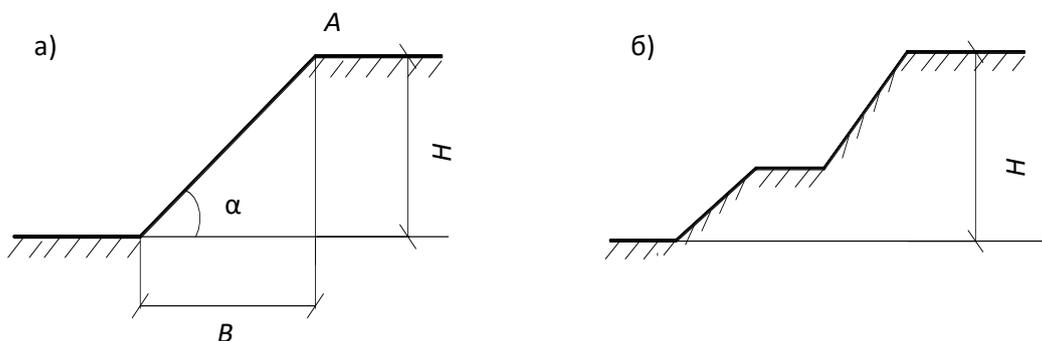
$$\xi_\gamma = 1 - 0,25 / \eta; \xi_q = 1 + 1,5 / \eta; \xi_c = 1 + 0,3 / \eta,$$

где  $\eta = l' / b'$  – отношение приведенных сторон подошвы.

При возможности возникновения нестабилизированного состояния основания коэффициенты  $N_\gamma, N_q, N_c$  в (4.8) берутся при  $\phi_1 = 0$ .

## 10. Устойчивость откосов и склонов

Откос – необходимый элемент всех сооружений из грунта – насыпей, дамб, плотин и выемок, карьеров, котлованов. Природный откос называется склоном. Элементы простого откоса: высота  $H$ , заложение  $B$ , угол наклона  $\alpha$ , бровка т.  $A$  (рис. 4.4, а). Откосы могут иметь сложное очертание с различными углами наклона по высоте и горизонтальными площадками (бермы, рис. 4.4 б). Крутизна откоса задается в виде  $1 : m$ , где  $m = B/H$ . Например, при  $\alpha = 45^\circ m = 1$ ; при  $\alpha = \pi/2, m = 0$  имеем вертикальный откос (рис. 4.4, в).



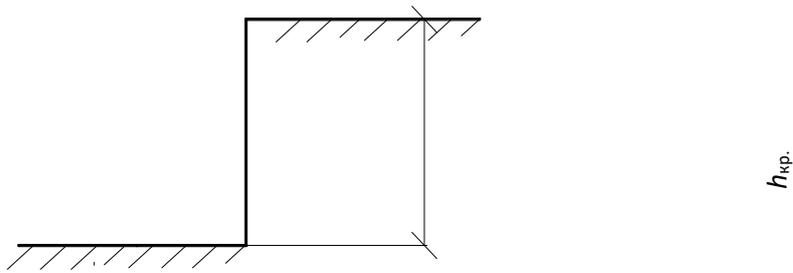


Рис. 4.4.

В некоторых случаях устойчивость откосов можно оценить из условия предельного равновесия. Пусть, например, в откосе из песчаного грунта с углом внутреннего трения  $\varphi$  призма  $ABD$ , отсеченная плоскостью под углом  $\alpha$ , находится в состоянии предельного равновесия (рис. 4.5).

Тогда вес призмы  $Q$  можно разложить на две силы: сдвигающую  $T_{сдв}$ , действующую в плоскости сдвига и нормальную  $N$ , обуславливающую появление удерживающей силы  $T_{уд}$ . Из схемы очевидно:

$$T_{сдв} = Q \cdot \sin \alpha; \quad T_{уд} = N \cdot \operatorname{tg} \varphi = Q \cdot \cos \alpha \cdot \operatorname{tg} \varphi \quad (4.9)$$

Приравнявая, получаем УПР для песчаного откоса (при  $C = 0$ ):  $\alpha = \varphi$

Угол  $\alpha$ , образуемый песком при свободной отсыпке его на горизонтальную плоскость, называется

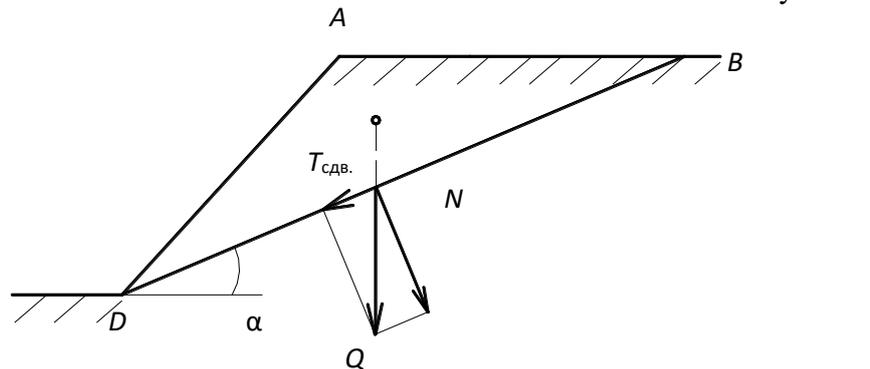


Рис. 4.5.

естественного откоса.



Рис. 4.6.

Для их определения массив, выделенный поверхностью скольжения, разбивается на отдельные отсеки и вычисляется вес каждого отсека  $Q_i$ . Если на поверхности данного отсека задана нагрузка, она также включается в  $Q_i$ . Силы  $Q_i$  считаются приложенными к основанию отсека и раскладываются на нормальную  $N_i$  и касательную  $T_i$  составляющие к дуге скольжения:

$$N_i = Q_i \cdot \cos \alpha_i ; \quad T_i = Q_i \cdot \sin \alpha_i .$$

Моменты сил будут равны:

$$M_{\text{сдв}} = R \sum_{i=1}^n T_i = R \sum_{i=1}^n Q_i \cdot \sin \alpha_i ;$$

$$M_{\text{yo}} = R \left( \sum_{i=1}^n Q_i \cos \alpha_i \operatorname{tg} \varphi_i + \sum_{i=1}^n c_i \ell_i \right),$$

где  $\ell_i = b_i / \cos \alpha_i$  - длина дуги в пределах каждого отсека.

Отношение моментов по (4.12) дает формулу коэффициента устойчивости:

$$K = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i \cos \alpha_i \operatorname{tg} \varphi_i + \sum_{i=1}^n c_i \ell_i}{\sum_{i=1}^n Q_i \sin \alpha_i} . \quad (4.13)$$

Смысл коэффициента устойчивости такой: при  $K > 1$  откос устойчив; при  $K < 1$  не устойчив, а при  $K = 1$  откос находится в предельном (т.е. неустойчивом) равновесии, что также недопустимо. Но самое главное – условие  $K > 1$  должно выполняться для наименьшего коэффициента устойчивости, рассчитанного для опаснейшей поверхности скольжения. Они устанавливаются проведением серии расчетов для различных положений центра и значений радиуса  $R$ . Нормативные коэффициенты устойчивости (надежности) назначаются при проектировании больше единицы в пределах 1,2...1,5. Запас надежности необходим из-за приближенности расчетной схемы, неоднородности грунтов, неточности определения их характеристик и других факторов.

## 11. Давление грунтов на подпорные стенки

Подпорная стенка удерживает массив грунта от обрушения. Различают гравитационные и шпунтовые подпорные стенки (рис. 4.7).

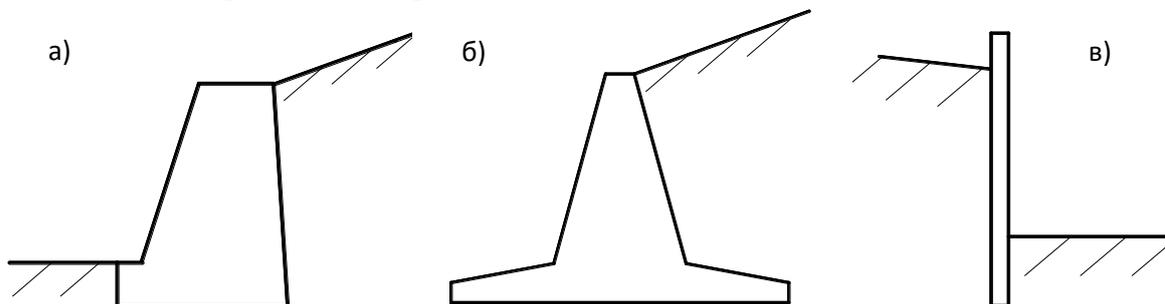


Рис. 4.7.

а, б – гравитационные подпорные стенки, массивная (а) и тонкоэлементная (б);  
в – шпунтовая стенка

Основной нагрузкой для них является боковое давление грунта. Как подпорные стенки работают также стены подвалов зданий и подземных сооружений.

В зависимости от величины и направления возможного смещения стенки на нее может действовать давление покоя, активное (распор) или пассивное давление (отпор). Активное давление возникает даже при небольших смещениях стенки от грунта засыпки; пассивное –

при значительных смещениях стенки на засыпку. В обоих случаях грунт приходит в предельное состояние с формированием призмы обрушения (при активном) и призмы выпора при пассивном давлении. График изменения давления в зависимости от перемещения стенки показан на рис. 4.8.

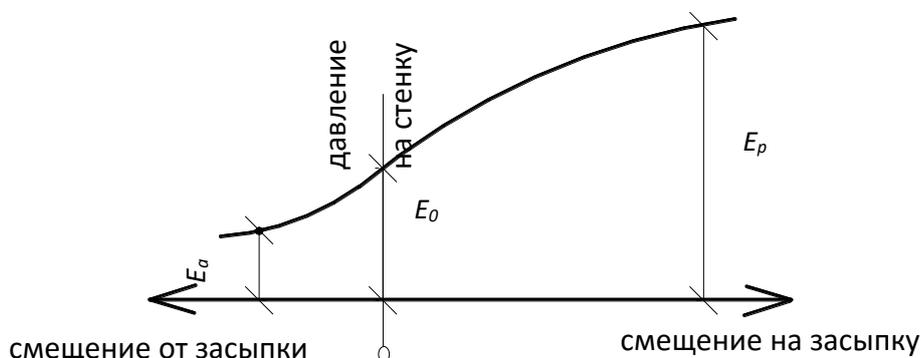


Рис. 4.8.

Здесь нужно рассмотреть только давление для состояний предельного равновесия грунта. В состоянии покоя, когда нет боковых смещений, значение коэффициента бокового давления определяется формулой (2.3).

Ограничиваемся рассмотрением гладкой вертикальной стенки с горизонтальной засыпкой (рис. 4.9).

Пусть стенка имеет высоту  $h$ , засыпка представлена песком ( $\varphi \neq 0$ ;  $c=0$ ). Рассмотрим напряжения в точке задней грани стенки на глубине  $z$ .

Поскольку стенка гладкая, вертикальное и горизонтальное напряжения в точке – главные, причем большее главное напряжение  $\sigma_z = \sigma_1 = \gamma z$ , а меньшее горизонтальное является активным давлением и равно:  $\sigma_a = \sigma_x = \sigma_3 = \lambda_a \sigma_1 = \lambda_a \gamma z$ , где  $\lambda_a = \frac{\sigma_3}{\sigma_1}$  – коэффициент активного

бокового давления. Значение коэффициента  $\lambda_a$  следует из УПР (2.17):

$$\lambda_a = \frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi} = \operatorname{tg}^2 \left( 45 - \frac{\varphi}{2} \right). \quad (4.14)$$

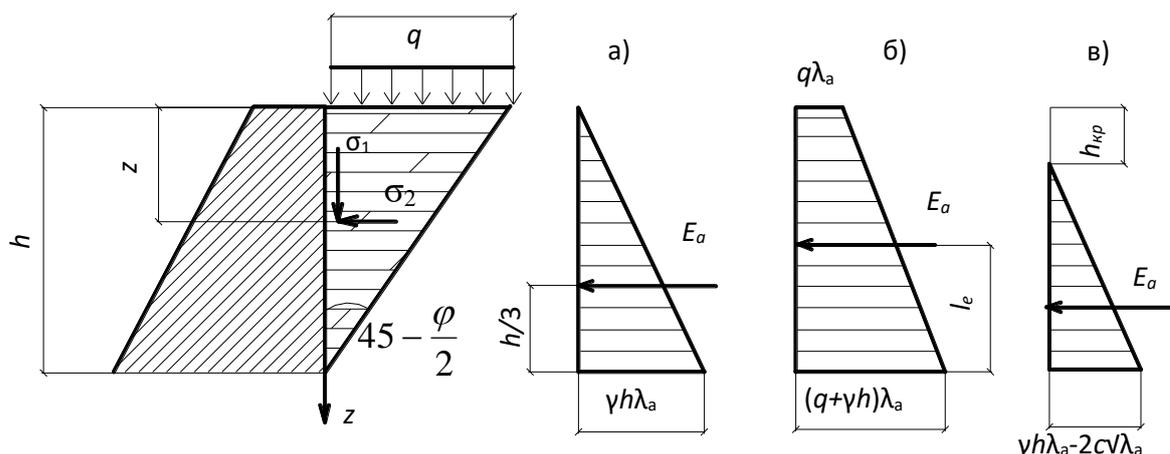


Рис. 4.9.

Эпюра изменения  $\sigma$  по высоте приведена на рис. 4.9 а. Равнодействующая активного давления равна площади треугольника и выражается формулой:

$$E_a = \frac{\gamma h^2}{2} \lambda_a. \quad (4.15)$$

Пусть на поверхности засыпки действует равномерно распределенная нагрузка  $q$ . В этом случае эпюра активного давления трапециевидальная и равнодействующая или площадь эпюры (рис. 4.9, б) равна:

$$E_a = h \left( \frac{\gamma h}{2} + q \right) \lambda_a. \quad (4.16)$$

Рассмотрим учет сцепления грунта при определении активного давления. Ранее было установлено, что на высоту  $h_{кр}$  по (4.11) связный грунт держит вертикальный откос. Считаем, что до этой глубины грунт не оказывает давления на стенку. Таким образом, эпюра начнется в точке на глубине  $h_{кр}$  от верха стенки (рис. 4.9б). Нижняя ордината эпюры определится из УПР (2.16)

$$\sigma_a = \gamma h \lambda_a - 2c \sqrt{\lambda_a}.$$

Равнодействующая давления равна:

$$E_a = \left( \gamma h \lambda_a - 2c \sqrt{\lambda_a} \right) (h - h_{кр}) / 2. \quad (4.17)$$

Таким образом, учет сцепления уменьшает активное давление. В формулах (4.15 – 4.17)  $E_a$  измеряется в кН/м, т.е. давление устанавливается на единицу длины стенки.

Пассивное давление возникает при смещении стенки на засыпку. При этом напряжение  $\sigma_z = \sigma_3$  минимальное, а  $\sigma_x = \sigma_1 = \sigma_p$  максимальное, то есть является пассивным давлением.

При этом из УПР (2.16) в точке  $0 \leq z \leq h$  получаем

$$\sigma_p = \gamma z \lambda_p + 2c \sqrt{\lambda_p}, \quad (4.18)$$

где  $\lambda_p = \frac{\sigma_x}{\sigma_z}$  - коэффициент пассивного бокового давления, равный:

$$\lambda_p = \frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi} = \operatorname{tg}^2 \left( 45 + \frac{\varphi}{2} \right) = \frac{1}{\lambda_a}. \quad (4.19)$$

С помощью выражения (4.18) построены эпюры пассивного давления (рис. 4.10): а – при  $c=0, q=0$ ; б – при  $c=0, q \neq 0$ ; в – при  $q=0, c \neq 0$ . Для получения формул равнодействующих пассивного давления достаточно записать площади эпюр. Очевидно, для случаев а и б

справедливы формулы (4.15) и (4.16) с заменой  $\lambda_a$  на  $\lambda_p$  по (4.19). Для грунта со сцеплением эпюра пассивного давления трапециевидная, т.е. здесь учет сцепления увеличивает давление:

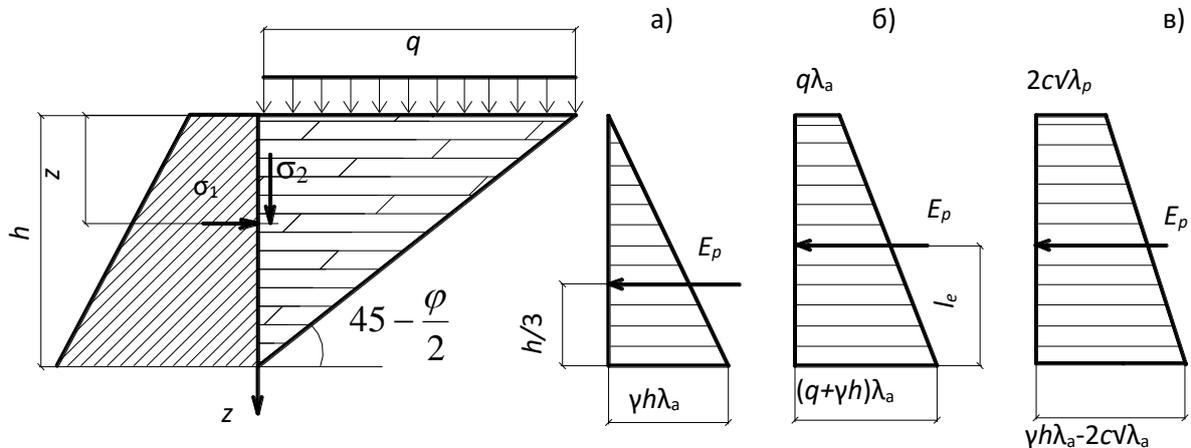


Рис. 4.10

$$E_p = h \left( \frac{\gamma h}{2} + \frac{2c}{\sqrt{\lambda_p}} \right) \lambda_p. \quad (4.20)$$

Следует также отметить различие в размерах призм обрушения и выпора (рис. 4.10 и 4.11):

$$\begin{aligned} l_a &= h \operatorname{tg} \left( 45 - \frac{\varphi}{2} \right); \\ l_p &= h \operatorname{tg} \left( 45 + \frac{\varphi}{2} \right). \end{aligned} \quad (4.21)$$

В обоих случаях угол между направлением большего напряжения  $\sigma_1$  и плоскостью скольжения (обрушения или выпора) равен  $\pi/4 - \varphi/2$ , как это было указано для стабиллометрических испытаний.

#### ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ

1. Влияние твердых минеральных частиц, воды и газов на физикомеханические свойства грунтов. В чем основное отличие песчаных и глинистых грунтов?
2. Основные физические характеристики грунтов (плотность, плотность твердых частиц и влажность), методы их определения.
3. Коэффициент пористости ( $e$ ) и коэффициент водонасыщения ( $S_r$ ) грунтов. Что они характеризуют?
4. Классификационные показатели глинистых грунтов.
5. Классификационные показатели песчаных грунтов.
6. Как определяется расчетное сопротивление  $R_0$  для песчаных грунтов? Где применяется  $R_0$ ?
7. Как определяется расчетное сопротивление  $R_0$  для глинистых грунтов? Где применяется  $R_0$ ?

## Лекция № 10-11

### Тема: № 6 Обрушение и осадки здания.

#### План:

1. Причины обрушения здания. Другие способы выявления обморожений.
2. Расчет утопления по методу «утопления», предложенному Н. Н. Масловым.
3. Предельные значения осадения.
4. Определите величину удара по уплотнению первого этажа (последовательное бурение).
5. Продолжительность утопления. Определение опускания фундамента с течением времени, реологических явлений в глинистой почве.

*Ключевые слова и фразы:* структуры, выявить причины, методы, удушье, цокольный этаж, время строительства аварий, утопления, скользкая деформирующая кремния, глинистая почва, камни событие, деформация рептилии, релаксация.

#### Рекомендуемая литература по теме:

1. С.А. O'Flaherty. Хейвэйс: расположение, проектирование, строительство и обслуживание тротуаров. Великобритания, Баттерворт Хайнеманн, 2005, 553 р.
2. Ф.Г. БЕЛЛ ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ, второе издание 2007 г.
4. Н.З. Расулов «Механика грунтов, основы и фундаменты», Издательство Тафаккур, 2010.
- Швецов Г.И. «Инженерная геология, машиностроение, фундамент и фундамент» Высшая школа. М. 1997.

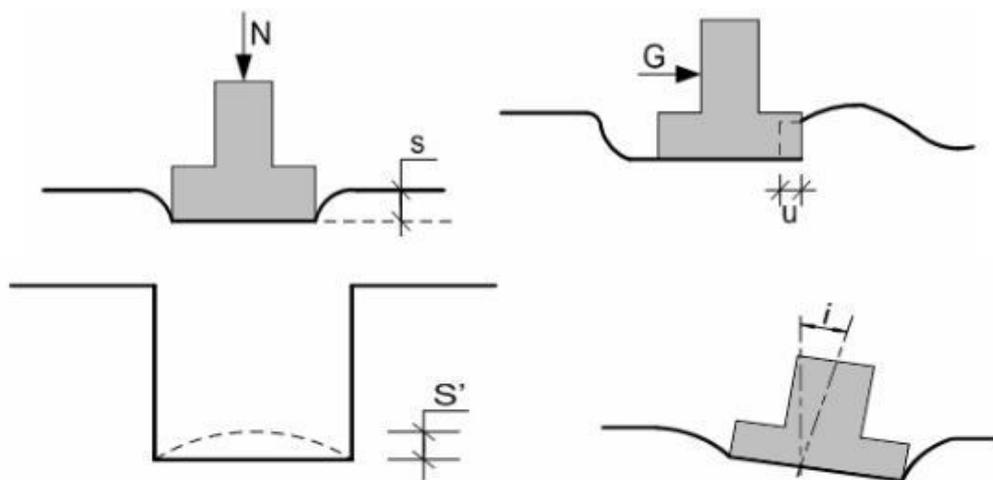
### 1. ДЕФОРМАЦИИ ГРУНТОВ И РАСЧЕТ ОСАДОК ФУНДАМЕНТОВ.

Обеспечение проектного положения зданий и сооружений в пространстве в течение всего срока эксплуатации возможно лишь тогда, когда перемещения их фундаментов минимальны. В противном случае в несущих конструкциях могут образоваться значительные повреждения в виде трещин, отрыва закладных деталей, крена всего сооружения. Развитие данных повреждений происходит, как правило, при значительных неравномерных деформациях грунтового основания и нередко заканчивается обрушением здания или отдельных его частей.

Полностью избежать деформации грунтовых оснований невозможно. Как уже отмечалось выше (лекция 4), современные осадочные отложения обладают деформативностью в сотни и даже в тысячи раз больше чем конструкционные материалы. Из-за деформации грунтового основания, особенно если они неравномерные, предельное состояние в надземных конструкциях зачастую наступает гораздо раньше, чем потеря устойчивости основания.

В действующих нормах проектирования законодательно установлено, что расчет оснований и фундаментов по деформациям выполняется в обязательном порядке во всех случаях, для всех зданий и сооружений независимо от категории ответственности. Расчет по деформациям фактически является определяющим при проектировании фундаментных конструкций. Основания всемирно известной Пизанской башни были зафиксированы и в наше время спустя 800 лет после начала ее строительства.

Особо следует отметить и то обстоятельство, что под влиянием техногенных факторов различного рода в основании уже существующих много лет зданий могут развиваться дополнительные неравномерные деформации с образованием повреждений в несущих конструкциях. К таким факторам можно отнести подтопление или осушение прилегающей



территории, появление источников динамических и вибрационных колебаний, строительство вблизи существующего здания новых сооружений и т.п

## 12.2. Основные виды деформаций грунта

В зависимости от направления перемещений поверхности грунтового основания и фундаментных конструкций различают следующие виды деформации:

- *Осадка ( $S$ )* – вертикальное смещение грунта по направлению действия сил гравитации.
- *Сдвиг ( $U$ )* – горизонтальное смещение фундамента и окружающего грунта.
- *Подъем (пучение) ( $S'$ )* – вертикальное смещение грунта вверх вследствие действия сил пучения или набухания грунтов.
- *Крен ( $i$ )* – неравномерная осадка фундамента или всего сооружения.

## 12.3. Причины развития деформации грунта

Деформации грунтов могут быть вызваны различными причинами. Среди основных необходимо выделить следующие:

Действие внешней нагрузки от сооружений (давление на грунт от фундамента, пригрузка основания при планировке отсыпкой, давление от земляных сооружений и т.п.);

- Изменение влажности грунтов (набухание и усадка, просадка грунтов);
- Расструктурирование грунтов под действием вибрационных или динамических колебаний;
- Изменение температурного режима (замораживание и оттаивание грунтов).

В данной лекции мы будем рассматривать деформации. Рассмотрим методы определения деформаций грунтов от действия внешних нагрузок.

В зависимости от вида сооружения, его размеров, соотношения сторон фундаментов нагрузки от сооружения можно рассматривать как:

- Местные – приложенная по ограниченной площади.
- Полосовые – от фундаментов протяженных конструкций и сооружений (ленточные фундаменты, насыпи дорог, дамбы и пр.)
- Сплошные – приложенная на значительной по размерам площади

(длина и ширина нагрузки

значительно

больше

толщины  
отсыпка  
насыпи  
при инженерной  
сжимаемого слоя). К примеру,  
подготовке территорий, сложенных слабыми грунтами.

#### 12.4. Основные слагаемые деформаций

Грунт, как уже отмечалось ранее, представляет собой сложную многофазную систему. Объемные и сдвиговые деформации происходят как вследствие изменения объема составляющих грунт компонентов (твердой, жидкой и газообразной фазы) так и в результате изменения общей структуры грунта (смещения твердых частиц относительно друг друга).

В общем случае деформация основания от действия нагрузок может быть найдена как сумма следующих основных слагаемых:

$\delta_{el}$  - упругие деформации изменения формы вследствие деформаций кристаллической решетки твердых частиц грунта, изменения толщины пленки связанной воды, сжатия замкнутых пузырьков воздуха, растворенного в паровой воде.

$\delta_{pe}$  - остаточные деформации уплотнения грунта вследствие перекомпоновки твердых частиц и уменьшения пористости грунта.

$\delta_{ch}$  - остаточные деформации ползучести скелета грунта при взаимном сдвиге твердых частиц.

Особые виды деформации набухания, пучения и т.п. которые характерны для отдельных типов грунтов и проявляются при соответствующих условиях в данной лекции рассматриваться не будут.

Таким образом, полная осадка основания определяется как сумма основных составляющих деформаций

$$S = S_{ec} + S_{pe} + S_{ch} \quad (12.1)$$

Вклад каждой составляющей в общую осадку зависит от величины сжимающей нагрузки. При небольших нагрузках (до структурной прочности грунта) в основном развиваются упругие деформации. По мере увеличения нагрузки определяющими становятся деформации уплотнения и затем деформации сдвига (см. фазы напряженно-деформируемого состояния, лекция 8)

Однако определение деформаций грунта по сумме составляющих является очень сложной задачей, не нашедшей практического применения.

Упрощенный метод определения осадки рассматривает общие деформации основания без разделения их на упругие и остаточные.

Зависимость между напряжениями и деформациями принимается линейной (согласно *принципа линейной деформируемости грунта*), а грунт рассматривается изотропным. При этом в качестве коэффициента пропорциональности между напряжениями и деформациями будет выступать модуль общих деформаций  $E_0$  интегрально учитывающим и упругие и пластические деформации.

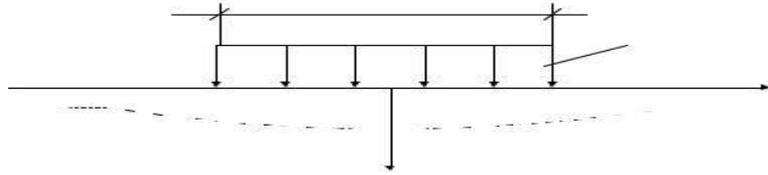
При этом необходимо помнить, что рассматриваемые ниже методы расчета осадок справедливы лишь при нагрузках, не превышающих предел пропорциональности, которым является начальная критическая нагрузка (см. тема № 9).

#### 12.5. Определение деформаций грунтовых оснований как линейнодеформируемой среды

### 12.5.1. Основные допущения при определении деформаций грунтового основания в линейной постановке

Основные допущения методов определения деформаций в линейной постановке можно сформулировать в виде:

- Осадка грунтового основания происходит лишь от действия



сжимающих нагрузок однократного приложения.

· Зависимость между напряжениями и деформациями принимается линейной.

- Нагрузка на основание не превышает предела пропорциональности (начальной критической нагрузки).
- Грунт рассматривается как изотропная среда.
- Грунт представляет собой полупространство, бесконечно простирающееся по глубине и в стороны.

### 12.5.2. Определение осадки однородного линейнодеформируемого полупространства

Исходной зависимостью при определении общих деформаций полупространства от местной нагрузки является формула Буссинеска для вертикальных перемещений точек лежащих на границе полупространства от сосредоточенной силы:

$$\omega_z = \frac{P}{\pi C R} \quad (12.2)$$

где  $C = \frac{E_0}{1-\nu^2}$  - коэффициент упругого полупространства.

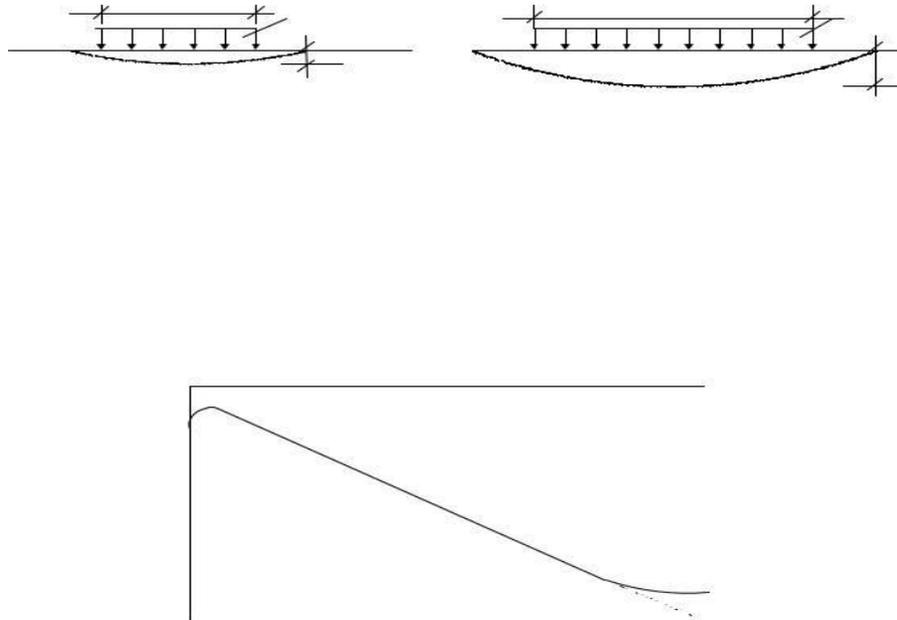
При действии на основание местной равномерно распределенной нагрузки (рис.12.2) решение для определения перемещений точек при  $Z=0$  может быть найдено путем интегрирования уравнения (12.2) по площади загрузки  $F$  (рис.12.2).

Рис.12.2 Расчетная схема при определении осадки от равномерно-распределенной нагрузки

Решение может быть получено в виде:

$$S = \frac{\omega'}{C} P \bar{F} \quad (12.3)$$

где  $\omega'$  - интегральный коэффициент, учитывающих форму площади



загрузки (круг, прямоугольник) и местоположение точки в которой определяется осадка. (под центром, по углам площади загрузки).

Формула 12.3. показывает, что осадка грунта зависит не только от величины сжимающей нагрузки  $P$ , но и от площади загрузки  $F$ . Данное положение проиллюстрировано на рис. 12.3.

	(F1)	(F2)
b1		b2
P		P
S1	F1 < F2	S2
	S1 < S2	

Рис. 12.3. Влияние площади загрузки на величину осадки

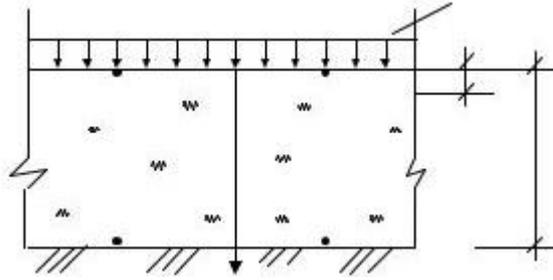
Опытные данные свидетельствуют, что влияние площади загрузки на величину осадки основания соответствует зависимости (12.3) лишь при ширине фундамента от 0.5м до 7м, рис.12.4. Для определения деформаций оснований фундаментов меньших или больших размеров в зависимость(12.3) вводятся соответствующие поправочные коэффициенты.

Рис. 12.4 Зависимость осадки грунтов от размеров площади загрузки

Уравнение (12.3) после преобразования и соответствующих подстановок можно привести к другому виду, ставшему общепринятым:

$$S = \omega \times b \frac{(1 - \nu_0^2)}{E_0} \times P \quad (12.4)$$

где  $\omega = \omega' \sqrt{a}$



$$a = bl$$

$l$ ,  $b$  – длина и ширина площади загрузки соответственно;  $\omega'$  -коэффициент формы подошвы фундамента.

### 12.5.3. Расчет осадки слоя грунта при сплошной нагрузке

Данный метод может быть применен в случае, если сжимаемый слой грунта подстилается практически несжимаемым основанием (к примеру скальными или полускальными породами), а размеры площади загрузки во много раз превышают толщину сжимаемого слоя. (рис.12.14)

Рис. 12.14. К расчету осадки слоя грунта при сплошной нагрузке

Условия деформирования грунта в этом случае соответствуют условиям деформирования грунта в компрессорном приборе (тема4):

·Вертикальные сжимающие напряжения постоянны по всей высоте слоя,  $\sigma_z = P$  ;

·Горизонтальные нормальные напряжения равны между собой и могут быть определены через коэффициент бокового давления покоя

$\xi$

$$\sigma_y = \sigma_x = \xi \sigma_z = \xi P$$

Тогда согласно закону уплотнения (4.9)

$$S = mv \times h \times P \quad (12.5)$$

Учитывая, что  $mv = \frac{\beta}{E_0}$ , запишем:

$$S = \frac{\beta}{E_0} \times h \times p \quad (12.6)$$

где  $\beta$  – коэффициент, учитывающий отсутствие бокового расширения грунта при компрессионном уплотнении.

—

$$\beta = 1 - 1 - \nu \quad (12.7)$$

### 12.6. Определение осадки фундаментов методом послойного суммирования

### 12.6.1. Правила разбиения на элементарные слои

Данный метод является наиболее универсальным методом расчета осадки грунтового основания, позволяющий учитывать:

- Неоднородность сложения грунтов основания;
- Осадку от нагрузки близлежащих сооружений;
- Деформации просадки, набухания, пучения и т.п.

Не случайно, что данный метод нашел наибольшее практическое применение при проектировании оснований и фундаментов.

Основная идея метода состоит в том, что общая осадка грунтового основания определяется как сумма деформаций отдельных элементарных слоев. При этом грунт в пределах элементарного слоя должен быть однородным по всей его толщине. Толщина элементарного слоя принимается от 0.1 до 1.0 м.

С небольшой погрешностью сжимающие напряжения в пределах элементарного слоя можно принять постоянными (как при одноосном сжатии), а деформации каждого элементарного слоя определить как осадку слоя ограниченной толщины. Расчетная схема данного метода приведена на рис. 12.15.

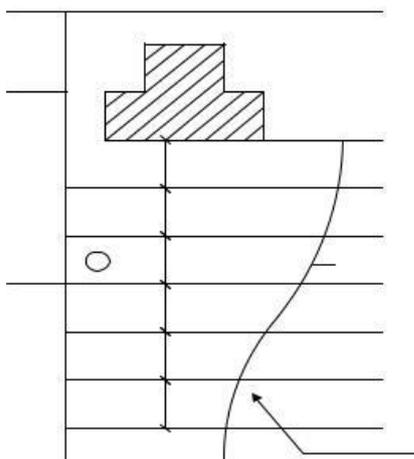


Рис. 12.15. Расчетная схема к определению осадки фундамента методом послойного суммирования

Чем больше  $h_i$ , тем больше погрешность определения осадки. Чем меньше толщина элементарного слоя  $h_i$ , тем выше точность расчета, но и выше трудоемкость вычислений.

Таким образом, при разбиении на элементарные слои следует руководствоваться следующими требованиями:

- Толщина элементарного слоя принимается не более  $0,4b$ , где  $b$  – ширина фундамента. Для больших фундаментов  $b > 4$  м,  $h_i \leq 0,2b$ .
- Толщина элементарного слоя не должна превышать 1 м.
- В пределах элементарного слоя свойства грунта должны быть постоянными.

### 12.6.2. Основные допущения метода

Дополнительно к допущениям, приведенным в разделе 12.5.1, при разработке метода послойного суммирования были введены следующие допущения:

·Считаем, что фундамент не обладает жесткостью.

·В пределах элементарного слоя напряжения постоянны в пределах ширины фундамента и равны среднему значению сжимающего напряжения в пределах элементарного слоя  $\sigma_{zp,i}$ , рис.12.16

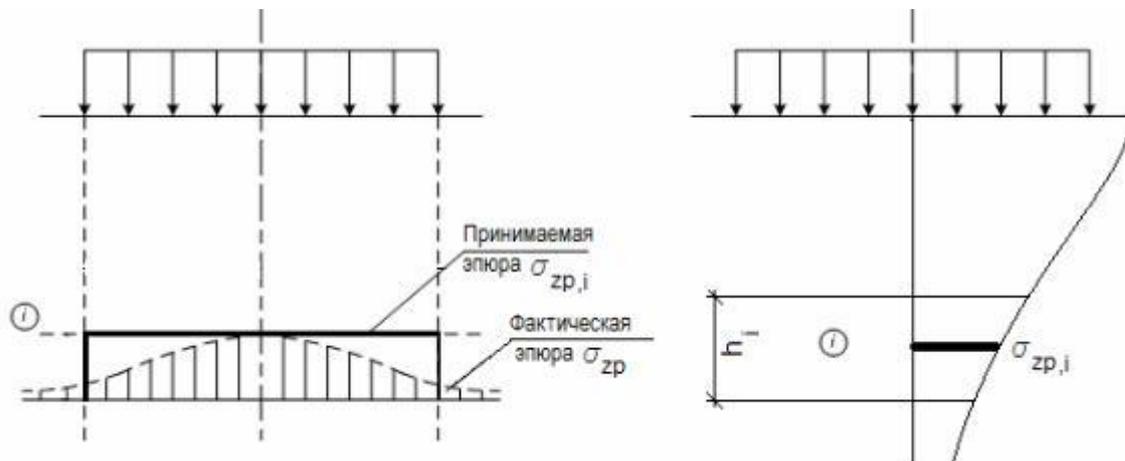


Рис.12.16 Пояснение к допущениям метода послойного суммирования

·Осадка основания происходит только от дополнительного (сверх природного давления)  $P_0$ . То есть считаем, что деформации грунта от его собственного веса уже произошли в течении всего периода формирования и существования грунтовой толщи. Деформации грунта будут развиваться только от давления:

$$P_0 = P - \sigma_{zg}, F$$

где  $P$  – полное давление на грунт под подошвой фундамента

$\sigma_{zg}, F$  - природное давление на уровне подошвы фундамента.

·Осадка грунта учитывается в пределах снимаемой толщи грунта  $H_c$ . Деформациями грунта ниже  $H_c$  пренебрегаем. Правила назначения границы сжимаемой толщи рассмотрим подробнее в разделе 12.6.3.

·Считаем, что грунт в пределах элементарного слоя деформируется в условиях одноосного сжатия, т.е. деформации элементарного слоя согласно закону Гука будут равны:

$$\varepsilon_{z,i} = \frac{\sigma_{zp,i}}{E_{0,i}} \quad (12.8)$$

Это достаточно грубое допущение и чтобы хоть как то учесть ограничение боковых деформаций грунта элементарного слоя со стороны окружающего грунта нормами проектирования вводится коэффициент  $\beta = 0.8$ , понижающий расчетную осадку основания.

Таким образом, деформации сжатия каждого элементарного слоя определяются по зависимости:

$$S = \beta \times \varepsilon_{z,i} \times h = \beta \frac{\sigma_{zp,i} \times h_i}{E_i} \quad (12.9)$$

Общая осадка грунтового основания в пределах сжимающей толщи  $H_c$ , будет равна сумме сжимающих деформаций элементарных слоев:

$$S = \beta \times \sum \frac{\sigma_{zp,i} \times h_i}{E_i} \quad (12.10)$$

### 12.6.3. Определение границы сжимаемой толщи

Глубина активной зоны сжатия  $H_c$  соответствует такой глубине, ниже которой деформациями грунта при определении осадки основания можно пренебречь.

Анализ теоретических и экспериментальных данных показывает, что величина активной зоны сжатия зависит от характера распределения сжимающих напряжений по глубине, от плотности песчаных грунтов и консистенции глинистых, от величины структурной прочности и даже от величины начального градиента напора.

Учесть все эти факторы при назначении глубины активной зоны достаточно сложно.

В настоящее время нашли применение упрощенные методы назначения глубины активной зоны:

1 метод. Основывается на составлении напряжений от дополнительного давления  $\sigma_{zp}$  и напряжений от собственного веса грунта  $\sigma_{zg}$ . При этом граница сжимаемой толщи определяется по условию:

$$\sigma_{zp} = \xi \times \sigma_{zg}, \quad (12.11)$$

где  $\xi$  – коэффициент принимаемый равным 0.2 для обычных грунтов, 0.1 для слабых грунтов ( $E_0 \leq 5 \text{ МПа}$ ) и 0.5 для гидротехнических сооружений с большой площадью опирания.

На практике граница сжимаемой толщи определяется на пересечении эпюры  $\sigma_{zp}$  и вспомогательной эпюры  $\xi \times \sigma_{zg}$ , рис. 12.17.

Данный метод является достаточно условным, однако он заложен в нормах проектирования, и является общепринятым, в том числе и за рубежом.

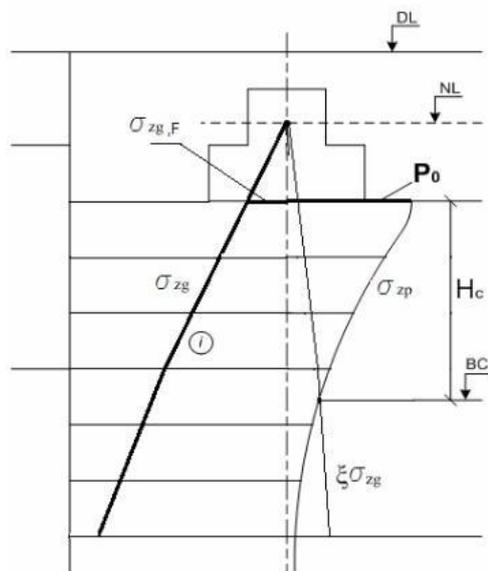


Рис. 12.17 Определение границы сжимаемой толщи.

2 метод. Рядом авторов предлагается учитывать сжатие слоев грунта в пределах  $H_c$ , где структурная прочность грунта меньше величины сжимающих напряжений. Т.е. где выполняется условие:

$$\sigma_{zp} > R_{стр}$$

Данный метод наиболее полно отвечает физической природе грунта, но из-за сложности определения величины  $R_{стр}$  в лабораторных и полевых условиях этот метод не нашел широкого применения на практике.

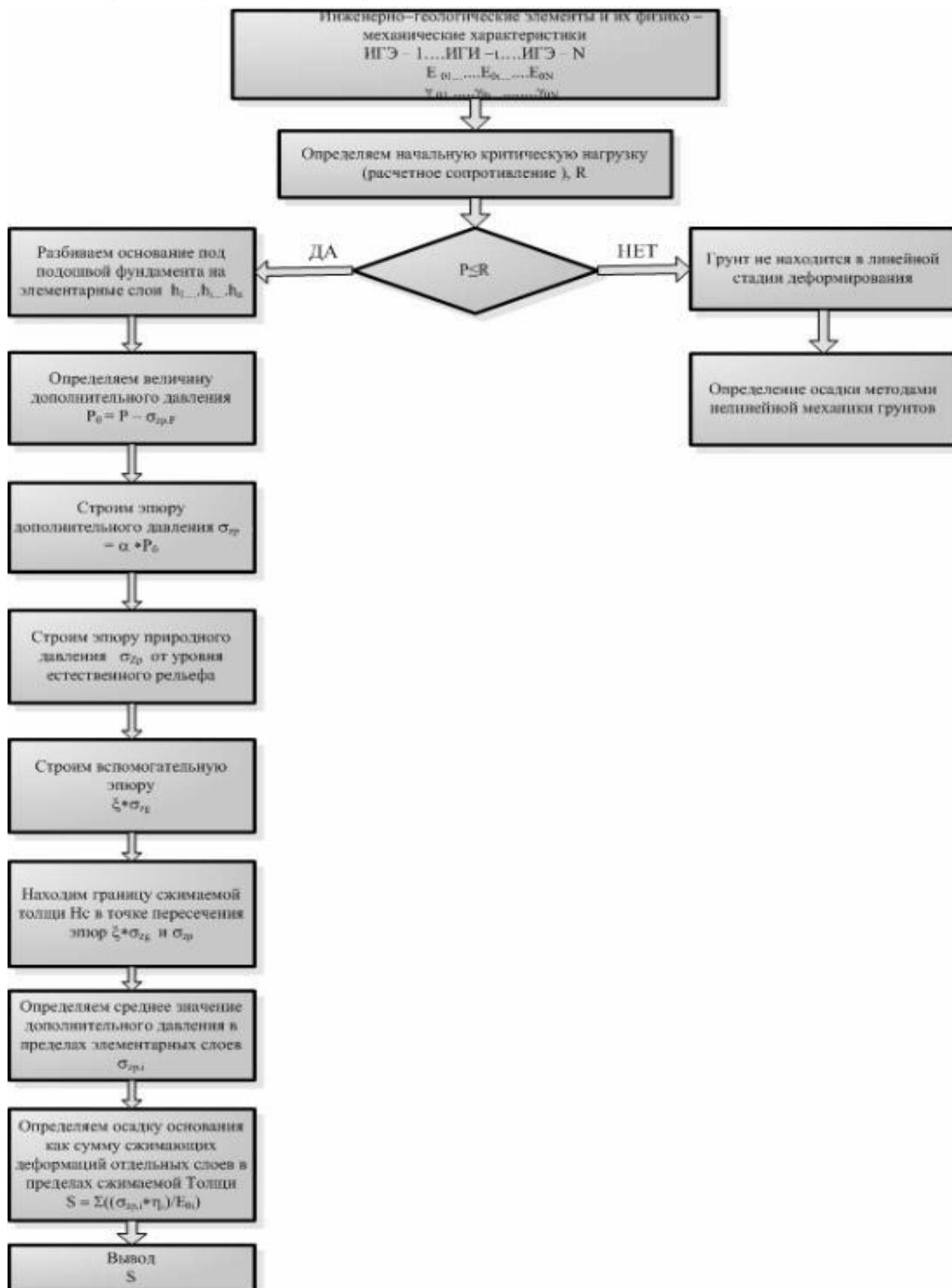
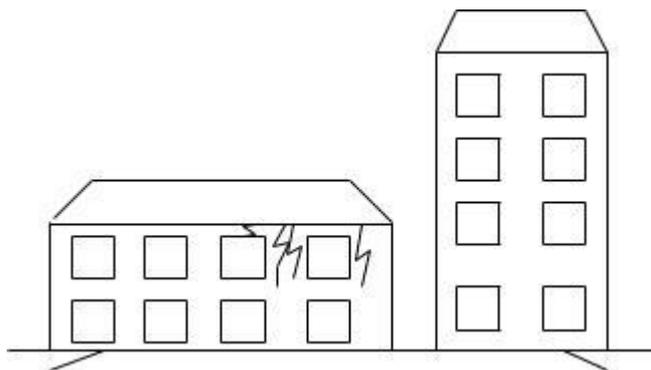


Рис.12.18. Блок-схема к определению осадки методом послойного суммирования



### 12.7. Учет влияния нагрузки от близлежащих сооружений

В практике строительства известны случаи повреждения зданий и сооружений после приложения вблизи их дополнительной нагрузки. К примеру, если вблизи существующего здания возводится новое, складываются строительные материалы (песок, щебень и т.п.) или когда производится планировка близлежащей территории отсыпкой.

В этом случае в основании под существующим зданием возникают дополнительные деформации которые, как правило неравномерны. Все это приводит к развитию повреждений в надземных конструкциях вплоть до их разрушения (рис. 12.20).

Поэтому при проектировании зданий и сооружений вблизи существующих всегда необходимо оценить степень влияния новой нагрузки на осадку оснований существующих фундаментов.

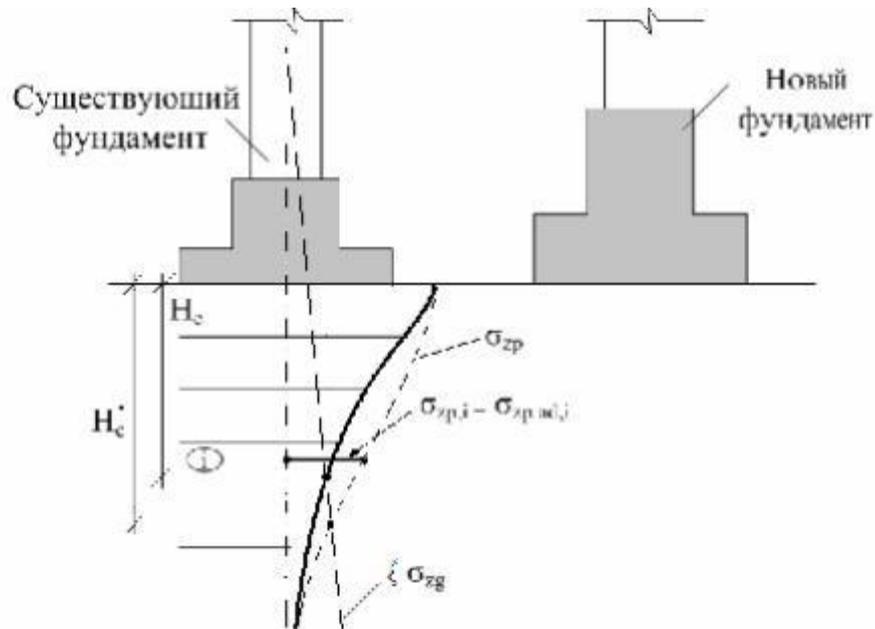
Определение дополнительной осадки производится методом послойного суммирования. В этом случае при определении напряжения под фундаментом методом угловых точек находятся напряжения от дополнительной нагрузки, рис. 12.21. Общее снижающее напряжение в  $i$  слое будет равно:

$$\sigma_{zp',i} = \sigma_{zp,i} + \sigma_{zp.ad,i} \quad (12.13)$$

где  $\sigma_{zp,i}$  - сжимающее давление от нагрузки существующего фундамента;

$\sigma_{zp.ad,i}$  - дополнительные напряжения от нового фундамента.

Как видно из расчетной схемы, рис.12.21 дополнительное давление от нового фундамента приводит не только к увеличению значений сжимающих напряжений, но к увеличению глубины сжимаемой толщи



грунта,  $H_c'$

Рис. 12.21 Расчетная схема к определению осадки от дополнительной нагрузки

### 12.8.Метод эквивалентного слоя

Метод эквивалентного слоя, так же как и все предыдущие методы, базируется на принципе линейной деформируемости грунта. Основное преимущество метода – чрезвычайно простая техника вычислений при расчете осадок, особенно при однородном основании.

Наиболее широко данный метод используется при расчете задач фильтрационной консолидации грунтов, позволяя сложную пространственную задачу теории консолидации грунтов привести к эквивалентной одномерной (лекция 13).

*Эквивалентным слоем грунта называется слой, осадка которого при сплошной нагрузке  $Sh$  равна осадке фундамента на однородном линейно-деформируемом полупространстве  $S_0$*

Для определения мощности эквивалентного слоя рассмотрим осадку грунта на однородном линейно-деформируемом основании (12.4):

$$S_0 = \frac{\omega \times b(1 - 2\nu_0)}{E_0} \times P_0 \quad (12.14)$$

и осадку грунта при сплошной нагрузке (4.9)

$$Sh = h_e \times m_v \times P_0 \quad (12.15)$$

где  $h_e$  - толщина эквивалентного слоя.

При деформировании грунта без возможности бокового расширения:

$$E_0 = \frac{B}{\dots}$$

$M\nu$

По определению эквивалентного слоя:

$$Sh = S0 \quad (12.16)$$

Подставив (12.14), (12.15) в (12.16) получим:

$$he = Av \times \omega \times b \quad (12.17)$$

где  $Av = (1-\nu0)^2$

$1- 2\nu0$

Из выражения (12.17) видно, что мощность эквивалентного слоя

грунта зависит от коэффициента бокового расширения грунта от формы и размеров площади загрузения, а так же от жесткости фундамента и его формы.

При известной величине эквивалентного слоя осадка легко определяется из выражения (12.15).

Для удобства выполнения расчетов составлены таблицы по которым в зависимости от величины  $\nu0$ , соотношения сторон площади загрузения

$l/b$  приведены значения коэффициента  $A \times \omega$ , как для определения максимальной и средней осадки гибких фундаментах ( $A\omega0, A\omega m$ ), так и для абсолютно жестких фундаментах ( $A\omega const$ ).

В случае, если грунтовое основание неоднородного по глубине

осадка основания определяется с использованием средневзвешенного коэффициента относительной сжимаемости  $mvm$ :

$$S = he \times mvm \times P0 \quad (12.18)$$

При определении  $mvm$ , учитывается, что напряжения с глубиной уменьшаются и, следовательно, с глубиной уменьшается влияние деформационных свойств нижележащих слоев грунта на общую осадку основания.

Для этого сложную форму эпюры сжимающих напряжений  $\sigma_z$  можно заменить на треугольную, высотой  $ha$ , рис. 12.22.

Осадка основания при треугольной эпюре может быть определена как площадь эпюры  $\sigma_z$  с учетом коэффициента относительной сжимаемости грунта  $mvm$ .

$$S = ha \times mvm \times P0 \quad (12.19)$$

Приравняв (12.19) и (12.15) получим:



$$ha = 2he \quad (12.20)$$

Рис. 12.22. К расчету средневзвешенного коэффициента относительной сжимаемости грунта для неоднородного основания

Среднее сжимающее напряжение  $\sigma_{zp,i}$  в пределах i-го слоя будет равно:

$$\sigma_{zp,i} = P_0 \sum_{i=0}^n \dots$$

Полная осадка слоев грунта в пределах активной зоны будет равна сумме осадок отдельных слоев.

$$S = \sum_{i=1}^N \alpha_{hi} \times m_{vi} \times \sigma_{zp,i} = \sum_{i=1}^n \alpha_{hi} \times m_{vi} \times P_0 \times \frac{Z_i}{a}$$

Приравняв полученное выражение к правой части уравнений(12.18) и выразив относительно  $m_{vm}$  получим:

$$m_{vm} = \frac{1}{2h^2 \sum_{i=1}^N \alpha_{hi} \times m_{0i} \times Z_i} \quad (12.21)$$

где  $h_e = h a^2$  (из уравнения (12.20)).

Учитывая, что метод эквивалентного слоя построен на ряде существенных допущений, применять его при проектировании оснований и фундаментов рекомендуется для прикидочных, ориентировочных расчетов. Кроме того, его не рекомендуется использовать при площади подошвы фундамента более 50 м<sup>2</sup>.

#### Вопросы для самоконтроля

1. Какому виду деформации соответствует перемещение основания по направлению действия сил гравитации?
2. За счет чего происходит осадка грунтового основания во второй фазе напряженно-деформируемого состояния грунта?
3. Перечислите основные допущения при определении деформаций грунтового основания в линейной постановке.
4. При равном давлении под подошвами двух фундаментов с различной площадью опирания какой будет иметь большую осадку?
5. Запишите уравнение для определения осадки основания как однородного линейно-деформируемого полупространства?
6. Сформулируйте допущения при определении осадки основания методом послойного суммирования?
7. Что представляет собой дополнительное давление на уровне подошвы фундамента?
8. Как определяется граница сжимаемой толщи при расчете осадки методом послойного суммирования?

## Лекция

**Тема: №7 Устойчивость грунтового слоя и теория давления к подпорным стенкам.**

### План:

1. Определение давления грунта на подпорные сооружения
2. Общие положения теории предельного равновесия.
3. Уравнение предельного равновесия в точке Мора-Кулона.
4. Назначение и область применения подпорных сооружений
5. Типы подпорных сооружений

*Ключевые слова и выражения:* жесткость, причины нарушения, методы оценки, различные процессы и события, метод условий устойчивости, метод горизонтальных сил, метод вращения цилиндрической поверхности, гибкость, устойчивость, методы оценки, положение Метод вертикального кондиционирования, метод горизонтальных сил, контур вращающейся цилиндрической поверхности, стенки колонн, активное (серьезное) давление, пассивное давление, полное давление.

### Рекомендуемая литература по теме:

1.С.А.О'Flaherty. Хейвэйс: расположение, проектирование, строительство и обслуживание тротуаров. Великобритания, Баттерворт Хайнеманн, 2005, 553 р.

2.F.G.Bell ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ, второе издание 2007 г.

4.Н.З. Расулов «Механика грунтов, основы и фундаменты», Издательство Тафаккур, 2010.

7. Швецов Г.И. «Инженерная геология, машиностроение, фундамент и фундамент» Висшая школа. М. 1997.

Подпорные сооружения представляют собой различного рода подземные конструкции или конструкций совмещенных с грунтовой средой, обеспечивающие устойчивость сооружений при действии на них горизонтального давления грунта (напора).

К подпорным сооружениям относятся:

- Подпорные стены;
- Стены подвалов и подземные сооружения;
- Шпунтованные ограждения.

Подпорная стена — стена различного конструктивного исполнения, предназначенная для восприятия напора от бокового давления грунта с пригружающими его поверхность транспортными средствами или складываемыми материалами, рис.11.1.(а);

Стены подвалов и подземные сооружения — обращенные в сторону грунтовой засыпки подземные конструкции зданий и сооружений, воспринимающие помимо горизонтального напора грунта еще и вертикальные усилия от веса вышележащих надземных конструкций и перекрытия над подвалом, рис.11.1.(б, в);

Шпунтованное ограждение – временное сооружение, предназначенное для обеспечения безопасного проведения земляных работ при вскрытии котлованов, траншей и т.п.

·Расчет и проектирование подпорных сооружений начинаются с определения величины горизонтального давления (напоров) грунта, определяемого в общем случае по теории предельного равновесия.

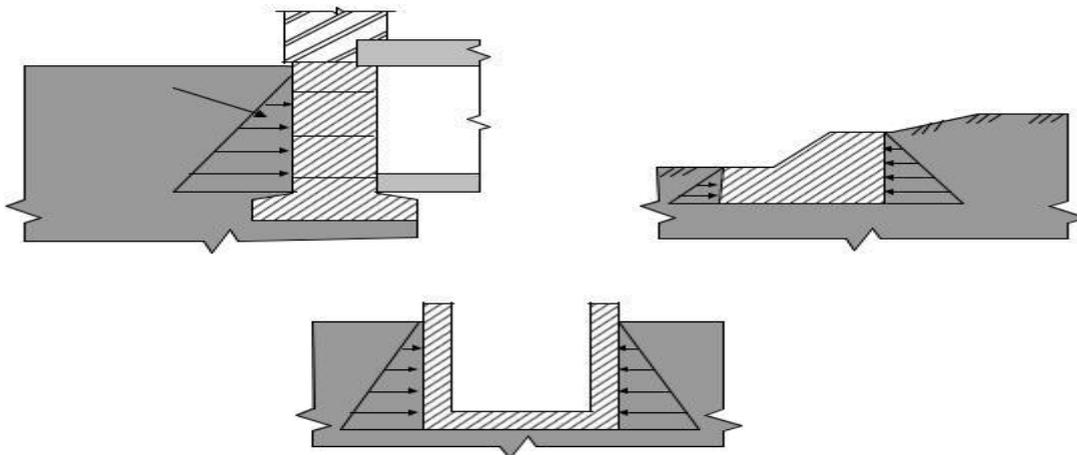


Рис.11.1. Примеры сооружений испытывающих давление грунта: а) – подпорные стенки; б) – стены подвалов; в) – заглубленные сооружения; г)– шпунтованное ограждение

Подпорные стены испытывают наибольшее горизонтальное давление со стороны грунта и нахождения в более неблагоприятных условиях. В дальнейшем в качестве подпорных сооружений будем рассматривать только подпорные стены.

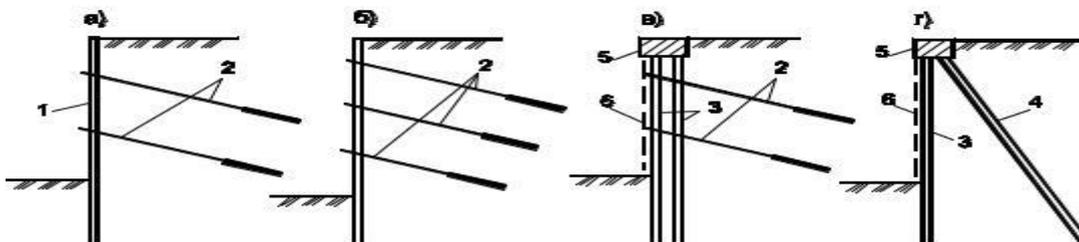
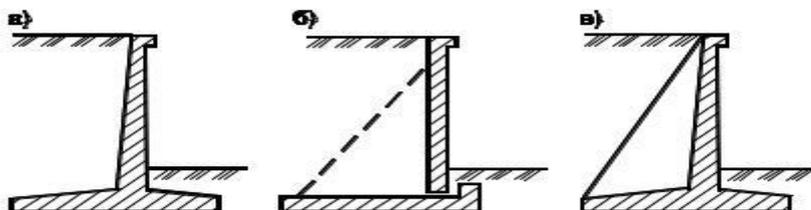
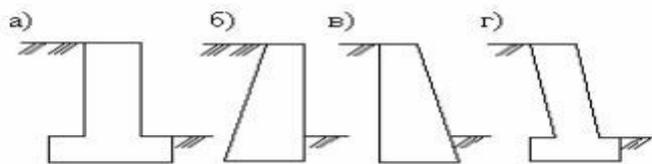
### 11.1.2. Типы подпорных стен

Подпорные стены устанавливают в местах возможного обрушения откосов. Наиболее часто подпорные стены применяются:

- при обустройстве набережных береговых зон рек, морей, озер;
- при устройстве насыпей дорог в стесненных условиях (по склонам гор, в черте города и т.п.);
- при строительстве зданий и сооружений вблизи откосов;

В зависимости конструктивного решения подпорные стены бывают:

- Массивные, рис.11.3;
- Тонкостенные уголкового типа, рис.11.4;
- Заанкеренные подпорные стены, рис.11.5.

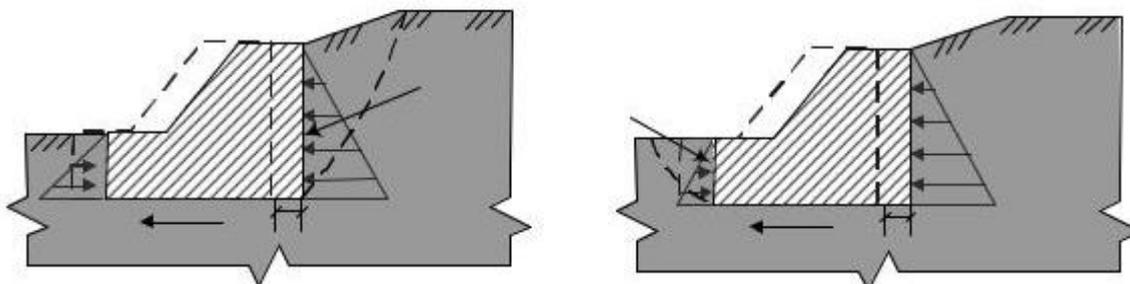


Занкеренные подпорные стены применяются главным образом, в качестве ограждения глубоких котлованов. Их выполняют совместно с грунтовыми анкерами, особенности расчета и проектирования которых будут рассмотрены в курсе “Основания и фундаменты”.

Рис.11.3. Типы массивных подпорных стен: а) - с двумя вертикальными; б) - с вертикальной лицевой и наклонной тыльной; в) - с наклонной лицевой и вертикальной тыльной; г) - с наклоном обеих (лицевой и тыльной) в сторону засыпки

Рис.11.4. Тонкостенные подпорные стены углового типа а) – консольные; б) – с анкерными тягами; в) – контрфорсные

Рис.11.5. Занкеренные подпорные и шпунтовые стены а), б) -шпунтовые, свайные или траншейные занкеренные; в) —многорядные свайные занкеренные; г) - в виде козловых свайных систем



В данной лекции представлены методы определения давления грунта на подпорные стены. Принципы расчета, сформулированные для подпорных стен, справедливы и для всех других подпорных сооружений.

### 11.1.3. Понятие активного и пассивного давления

Рассмотрим подпорную стену массивного типа, рис.11.6. Очевидно, что данное сооружение будет испытывать максимальное давление напора лишь в том случае, когда напряженно-деформируемое состояние грунтового массива будет соответствовать предельному. При этом смещение подпорного сооружения от рассматриваемого массива грунта непременно приведет к обрушению откоса, а при смещении в сторону рассматриваемого массива к образованию выпора.

В первом случае давление грунта на подпорное сооружение называется - активным. Во втором - пассивным.

*Активное давление – это боковое давление со стороны грунта, находящегося в предельном напряженном состоянии, в направлении смещения конструкции рис.11.6-а.*

*Пассивное давление – это боковое давление со стороны грунта, находящегося в предельном напряженном состоянии, в направлении противоположном смещению конструкции, рис.11.6-б*

Таким образом, активное давление по отношению к сооружению всегда является активной силой, а пассивное – реактивной.

Рис.11.6. К вопросу об активном и пассивном давлении грунта

Отметим, что пассивное давление  $\sigma_p$  значительно больше активного  $\sigma_a$ , однако оно развивается при перемещениях в сторону грунта значительно больших чем при развитии активного давления, рис.11.7

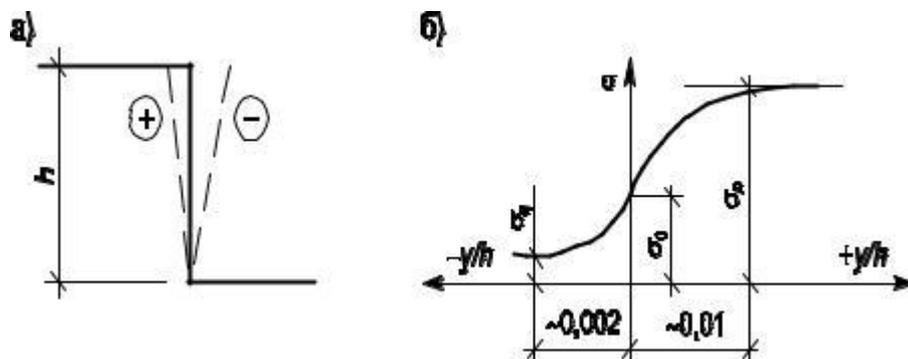


Рис.11.7. График изменения давления грунта при изменении направления смещения подпорной стенки

Величина  $\sigma_0$  (рис.11.7) называется давлением покоя и соответствует давлению грунта, находящегося в предельном состоянии на подпорную стену при нулевых перемещениях последней.

Значения активного и пассивного давления могут быть определены методами теории предельного равновесия при совместном рассмотрении дифференциальных уравнений равновесия и уравнения прочности Мора-Кулона (см. лекция 9) с учетом соответствующих граничных условий. В

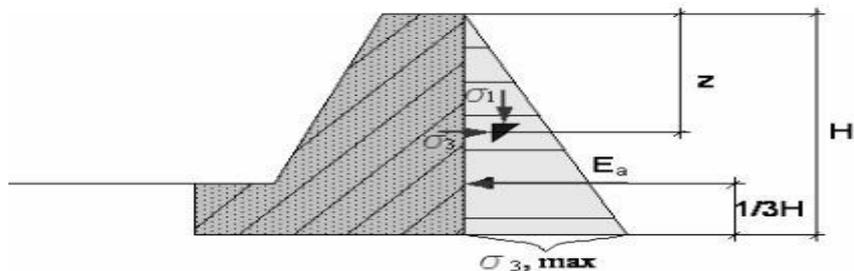
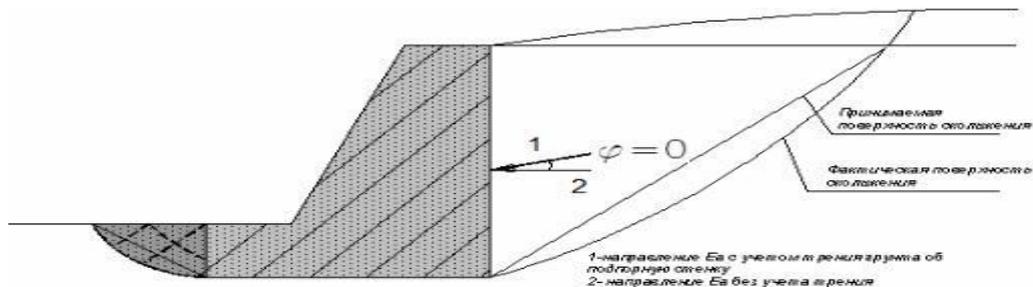
данной постановке задача решается только численными методами с применением современной вычислительной техники

## 11.2. Определение давления грунта на подпорные стены инженерными методами

### 11.2.1. Основные допущения

При определенных допущениях давление грунта на подпорные сооружения можно определить с использованием различного рода приближенных методов, позволяющих получить решения в аналитическом виде с достаточной для практических целей точностью. Основные допущения инженерных методов:

1. Грунт обратной засыпки находится в условиях предельного напряженного состояния;
2. Поверхность скольжения призмы обрушения принимается плоской;
3. Задняя стенка подпорного сооружения вертикальная;



4. Засыпка грунта горизонтальная;
5. Трением грунта о подпорную стенку пренебрегаем, рис 11.8.

Рис. 11.8. Расчетная схема к определению давления грунта на подпорную стенку с учетом принятых допущений

### 11.2.2. Определение активного и пассивного давления для идеально сыпучего грунта

Рассмотрим простейшие случаи определения давления грунта на подпорную стенку для идеально сыпучего грунта, считая, что  $c=0$ . Расчетная схема приведена на рис. 11.9.

Рис. 11.9. Расчетная схема подпорной стенки с идеально сыпучим грунтом засыпки

Учитывая, что грунт обратной засыпки находится в предельном состоянии, соотношение между главными напряжениями в условиях плоской задачи будет соответствовать условию прочности Мора-Куллона (9.2):

$$\frac{\sigma_3}{\sigma_1} = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} = \operatorname{tg}^2 \left( 45^\circ - \frac{\phi}{2} \right)$$

Или

$$\sigma_3 = \sigma_1 \times \operatorname{tg}^2 \left( 45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) \quad (11.1)$$

Главное напряжение  $\sigma_1$  в данном строе возникает только от действия собственного веса грунта:

$$\sigma_1 = \gamma \times z$$

Тогда напряжения в горизонтальном направлении  $\sigma_3$  будут равны:

$$\sigma_3 = \gamma \times z \times \operatorname{tg}^2 \left( 45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) \quad (11.2)$$

Знак (+) в уравнении (11.2) принимается при определении реактивного отпора грунта (т.е. при определении пассивного давления), знак (-) при определении активного давления грунта.

Равнодействующую активного давления грунта на подпорную стенку можно определить как площадь эпюры  $\sigma_3$  в пределах высоты подпорной стенки H:

$$\sigma_{3,\max} = \gamma \times H \times \operatorname{tg}^2 \left( 45^\circ - \frac{\phi}{2} \right)$$

$$E_a = \frac{\sigma_{3,\max} \times H}{2} = \frac{\gamma \times H^2}{2} \times \operatorname{tg}^2 \left( 45^\circ - \frac{\phi}{2} \right)$$

Аналогично для пассивного давления:

$$E_p = \frac{\gamma \times 2h^2}{2} \times \operatorname{tg}^2 \left( 45^\circ + \frac{\phi}{2} \right)$$

Уравнения (11.3) и (11.4) можно записать в виде:

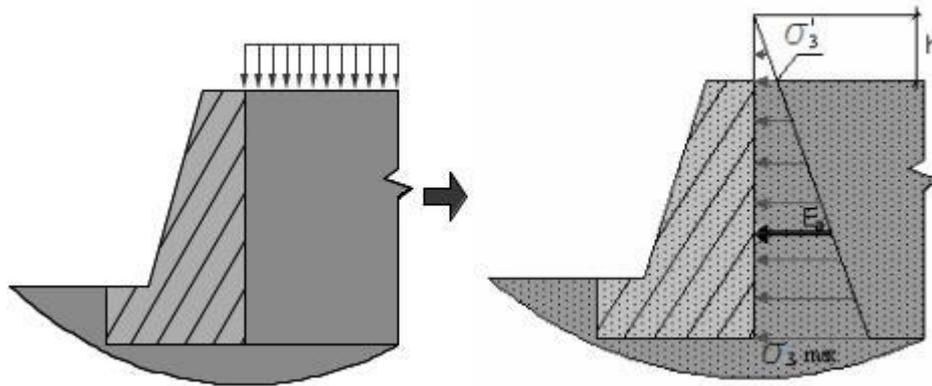
$$E_a = \frac{\gamma \times 2H^2}{2} \times \lambda_a$$

$$E_p = \gamma \times 2h^2 \times \lambda_p$$

$$(11.3)$$

$$(11.4)$$

$$(11.5)$$



Где  $\lambda_a$  и  $\lambda_p$  – коэффициенты активного и пассивного давления соответственно.

### 11.2.6. Определение активного и пассивного давления с учетом нагрузки действующей на бровке откоса

Если на бровку откоса приложена равномерно-распределенная нагрузка интенсивная  $q$  задачу по определению активного и пассивного давления можно решить аналогичным предыдущему методу способом, заменив нагрузку слоем грунта высотой  $h=q/\gamma$ , рис. 11.10.

Рис.11.10. Расчетная схема к определению активного давления с учетом равномерно-распределенной нагрузки

В этом случае главные напряжения  $\sigma_1$ ,  $\sigma_3$  можно определить в виде:

$$\begin{aligned} \sigma_1 &= \gamma \times (h + z) \\ \sigma_3 &= \gamma \times (h + z) \times \operatorname{tg}^2 \left( 45 - \frac{\phi}{2} \right) \end{aligned} \quad (11.6)$$

Учитывая, что в пределах подпорной стенки эпюра давления  $\sigma_3$  представляет собой трапецию, равнодействующая  $E_a$  будет определяться по зависимости:

$$E_a = \frac{\sigma_3' + \sigma_{3,\max}}{2} \times H = \frac{\gamma}{2} \times (H + 2 \times H \times h) \times \operatorname{tg}^2 \left( 45 - \frac{\phi}{2} \right) \quad (11.7)$$

### 11.2.7. Определение активного давления грунта для связанных грунтов

{

Если грунт обладает связностью ( $c \neq 0$ ), уравнение предельного равновесия Мора-Куллона принимается по зависимости (9.3), которое можно представить в виде:

$$\sigma_3 = \sigma_1 \times \operatorname{tg}^2 \left( 45 - \frac{\phi}{2} \right) - 2 \times c \times \operatorname{tg} \left( 45 - \frac{\phi}{2} \right) \quad (11.8)$$

Или

$$\sigma_3 = \sigma_{\phi 3} - \sigma_{c3} \quad (11.9)$$

где  $\sigma_{\phi 3}$  - характеризует давление сыпучего грунта без учета сил сцепления, аналогично как и уравнение (11.2):

$$\sigma_{\phi 3} = \frac{\gamma \times z}{2} \times \operatorname{tg}^2(45 - \frac{\phi}{2}) ;$$

$\sigma_{c3}$  – показывает, насколько снизится давление при учете сил сцепления:

$$\sigma_{c3} = \frac{2 \times c}{2} \times \operatorname{tg}(45 - \frac{\phi}{2})$$

Очевидно, что при  $\sigma_{\phi 3} < \sigma_{c3}$  напряжение  $\sigma_3$  по формуле (11.9) принимает отрицательное значение, что не соответствует действительности, так как грунт не воспринимает растягивающие напряжения. Поэтому, уравнение 11.9 необходимо записать в виде:

$$\sigma_3 = 0 \text{ при } \sigma_{\phi 3} < \sigma_{c3}$$

$$\sigma_3 = \sigma_{\phi 3} - \sigma_{c3} \text{ при } \sigma_{\phi 3} \geq \sigma_{c3} \quad (11.10)$$

Эпюра бокового давления грунта на подпорную стенку для связанного грунта приведена на рис.11.11. Глубина  $z_1$  расположения

точки  $b''$  определяется из условия  $\sigma_{\phi 3} = \sigma_{c3}$ , или:

$$\frac{\gamma \times z}{2} \times \operatorname{tg}^2(45 - \frac{\phi}{2}) = \frac{2 \times c}{2} \times \operatorname{tg}(45 - \frac{\phi}{2}),$$

откуда:

$$z_1 = \frac{2c}{\gamma \times \operatorname{tg}(45 - \frac{\phi}{2})}$$

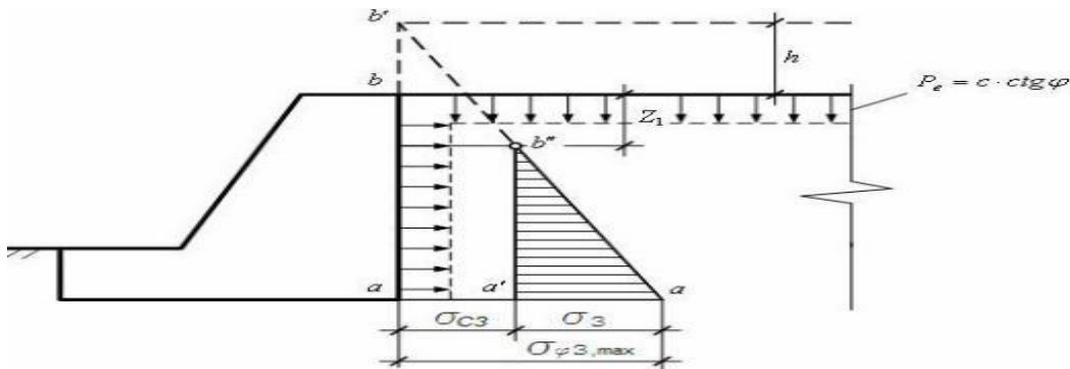


Рис.11.11. Эпюра напряжения  $\sigma_3$  для связанных грунтов

Величина активного давления грунта  $E_a$  определяется как площадь треугольной эпюры  $\sigma_3$ , а точка ее приложения будет проходить через центр тяжести эпюры.

### 11.3. Графоаналитический метод определения давления грунта

#### 11.3.8. Особенности метода

Рассмотренные выше инженерные методы построены на допущениях (см.п.п.11.2.10), которые не позволяют учесть ряд существенных особенностей строения грунтовой среды и геометрических параметров подпорных стен. Более точные методы, построенные с использованием теории предельного равновесия, сложны и громоздки и пока не нашли широкого применения.

Графоаналитический метод, предложенный в свое время Ш.Кулоном, так же является приближенным методом, но в отличие от рассмотренных выше инженерных методов позволяет:

- учесть неоднородность грунтовой среды;
- учесть трение грунта о подпорную стенку;

определить давления при наклонной задней грани подпорной стенки;

- учесть действие различных поверхностных и объемных сил в пределах призмы обрушения и.т.п.

### 11.3.9. Основные допущения и расчетная схема

Графоаналитический метод расчета давления грунта на подпорные сооружения разработан с учетом следующих допущений:

- 1.Поверхность обрушения грунта принимается плоской, рис.11.12;
- 2.Призма обрушения ведет себя как абсолютно жесткое тело, что позволяет применять уравнения равновесия ко всей призме в целом;
- 3.Равнодействующая активного давления  $E_a$  действует на грань подпорной стены под углом, равным углу трения между грунтом и материалом стены ( $\varphi_0 < \varphi$ )
- 4.Равнодействующая  $R$  напряжений (реакций) по границе скольжения  $AC$  направлена к ее нормали под углом, равным углу внутреннего трения  $\varphi$  грунта.

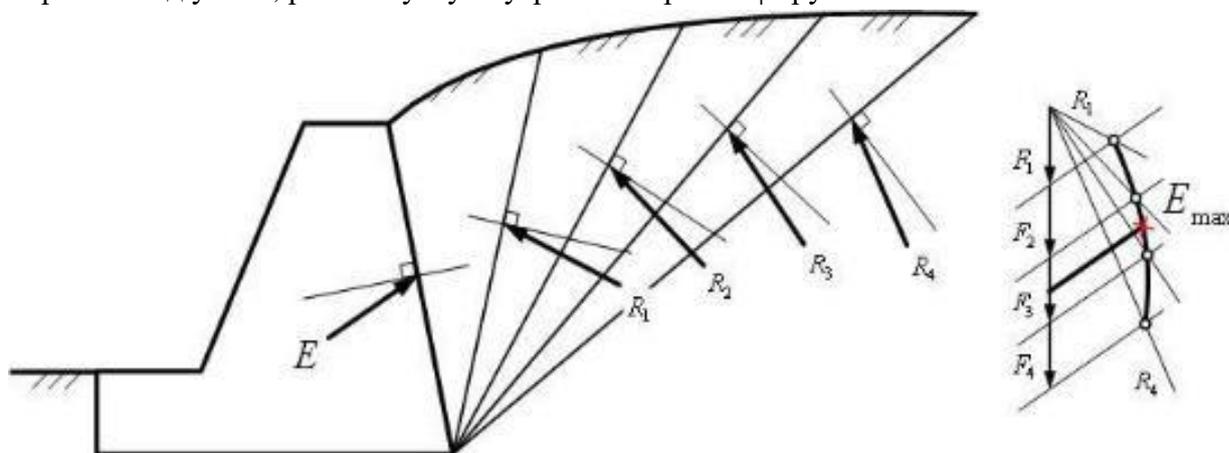


Рис.11.12. Расчетная схема графоаналитического метода определения давления грунта на подпорную стенку

Согласно расчетной схемы (рис.11.12-а) и допущения 2, на призму ABC действуют:

- Сила  $F$ , представляющая собой равнодействующую веса призмы и поверхностных сил  $q$ ;

- Отпор подпорной стенки  $E$ , равный по величине активному давлению  $E_a$ , но направленный в противоположную сторону;

- Равнодействующая реакции нижележащего грунта  $R$  по границе скольжения  $AC$ .

Неизвестными являются отпор подпорной стенки  $E$  (далее активное

давление) и равнодействующая  $R$  по границе скольжения  $AC$ . В то же время нам известны направления их действия. Это позволяет построить силовой многоугольник, который для тел, находящихся в равновесии, должен быть замкнутым, рис.11.12-б.

Выполнив все построения в масштабе можно достаточно просто определить значения активного давления  $E_a$ .

Для определения наиболее опасной поверхности скольжения проводятся несколько линий  $AC$  и вычисляются значения активного давления для каждой поверхности скольжения. Анализ полученных значений позволяет получить поверхность скольжения, для которой значение активного давления будет максимальным, рис.11.13.

Рис.11.13. Определение максимального значения активного давления грунта

Вопросы для самоконтроля

1. Какие сооружения относятся к подпорным?
2. Какие типы подпорных стенок Вы знаете?
3. Дайте определение активному и пассивному давлению грунта.
4. Перечислите основные допущения при определении давления на подпорные стенки инженерными методами.
5. Чему равно активное давление при идеально сыпучем грунте?
6. Как учитывается удельное сцепление грунта при определении активного давления?
7. Перечислите основные допущения при определении активного давления графоаналитическим методом?
8. Как определяется наиболее опасная поверхность скольжения в графоаналитическом методе определения активного давления?

## Лекция №

### Тема: №8 Геодинамические процессы и явления

#### План:

1. Геодинамические процессы и явления.
2. Схема оползня типа «обрушение со срезом и вращением». Схема оползня. Причины его образования
3. Эндогенные (внутренние) процессы
4. Взаимодействие экзогенных и эндогенных процессов

**Ключевые слова и фразы:** инженерная геодинамика, экзогенные процессы и явления, эндогенные процессы и явления, геологические процессы и явления, инженерно-геологические процессы и явления, паводок, основные условия паводка, типы паводков, сток воды, вода - скально-грязевой сток, водно-грязевой поток, противопаводковые меры, карстовые явления, виды и меры против него, процесс эрозии, донная и боковая эрозия, образование и значение меандр, речные долины, процессы эрозии, Формирование и значение донной и боковой эрозии, меандра, речные долины, овраги, меры против них, истирание и его значение, Ключевые слова и фразы: оползень, его причины, виды, значение меры против них, коллапс, разливы и разливы, опрокидывания, разливы и разливы, их причины, значение, меры против них, эндогенные процессы и явления, тектоника землетрясение,

денудационное землетрясение, вулканическое землетрясение, тектоническое землетрясение, гипоцентр

### Рекомендуемая литература по теме:

1. С.А. O'Flaherty. Хейвэйс: расположение, проектирование, строительство и обслуживание тротуаров. Великобритания, Баттерворт Хайнеманн, 2005, 553 р.

2. Ф.Г. БЕЛЛ ИНЖИНИРИНГ ГЕОЛОГИЯ, второе издание 2007 г.

3. В. П. Ананьев, А. Д. Потапов «Инженерная геология». Москва, Высшая средняя школа, 2005

8. В.Юнусов, З.С. Убайдуллаева "Инженерно-геологические изыскания" -1994.

Геодинамические процессы и явления.

### **Схема оползня типа «обрушение со срезом и вращением». Схема оползня. Причины его образования**

Под *оползнем* понимается медленно смещение земляных масс вниз по откосу под воздействием силы тяжести.

Факторов, способных вызвать оползневые явления очень много, к основным относятся:

- процессы выветривания;
- атмосферные и подземные воды;
- воды водотоков и водоемов, омывающих склон;
- хозяйственная деятельность человека;
- сейсмические явления.

Форма *обрушения со срезом и вращением* находит свое проявление прежде всего при более или менее однородном и изотропном строении толщи или при наличии в ней горизонтально залегающих глинистых пластов, достаточно однородных по составу и состоянию. При этом обрушение склона или откоса происходит подобно разрушению некоторого элемента монолитной строительной конструкции при его перенапряжении под нагрузкой.

Для этой формы обрушения откоса характерно следующее:

1. Обрушение может происходить в форме проявления ряда последовательных срезов толщи;
2. Линии последовательных срезов проходят во всех случаях через массив толщи по вновь возникающим линиям скольжения, т.е. по мере развития процесса срезаются все новые и новые, не затронутые оползнем толщи пород;
3. Благодаря криволинейным линиям следа перемещение по ним оползающего блока происходит с вращением его вокруг одного или последовательно сменяющихся

(мгновенных) центров с запрокидыванием верхней части сдвинувшегося блока в глубь склона.



## 2. Перечислить стадии образования и разновидности ледниковых отложений.

Типы отложений, созданных деятельностью ледников:

1. Ледниковые отложения - Морена. Возникают путём непосредственного оседания на ложе ледника обломочного материала, переносимого в его толще. Слагаются несортированными рыхлыми обломочными горными породами, чаще всего валунными глинами, суглинками, супесями, реже валунными песками и грубощебнистыми породами, содержащими валуны, щебень, гальку. Донная морена обычно представлена толщей плотной валунной глины или суглинка. Неслоиста, в окраске преобладают бурые, серые и буровато-красные оттенки. Такие породы отличаются обычно очень большой неоднородностью и – одновременно – значительной плотностью и малой пористостью. При этом их влажность невысока. Значительная плотность молены почти во всех случаях является отличительным ее свойством и обычно связана с ее происхождением.
2. Водно-ледниковые - флювиогляциальные отложения — отложения потоков талых вод (косослоистые пески, гравий, галечники) и озёрно-ледниковые (лимно-гляциальные) отложения внутри- и приледниковых озёрных водоёмов (преимущественно ленточные глины). Водно-ледниковые отложения образуются внутри и по периферии ледников из отсортированного и переотложенного талыми водами моренного материала. Флювиогляциальные отложения представлены в основном песками, галькой, гравием и суглинком. Обладают ясно выраженной, обычно косой, слоистостью. Они не однородны по своему механическому составу и имеют пористость от 30 до 40%.

## 3. Какие отложения относят к континентальным отложениям? Их разновидности по генезису и составу.(доделать или спросить)

Наличие аллювиальных отложений в разрезе является признаком континентального тектонического режима территории.

Принадлежность отложений к континентальным аллювиальным обычно диагностируется по характерному набору признаков:

- отсутствие морской фауны
- наличие красноцветных пород
- наличие типичных русловых форм и т.д.

#### 4. Этапы (схемы) формирования речных долин. Виды речных террас. Базис эрозии.

Долина (речная) — отрицательная, линейно вытянутая форма рельефа с однообразным падением. Образуется обычно в результате эрозионной деятельности текучей воды. Речная вода, смывая берега и подошву, образует речную долину.

В каждой долине различают:

Дно долины, в котором проходит русло водотока, и пойму - часть дна долины, затапливаемую при половодьях и паводках водой;

Склоны (борта) долины, часто с террасами;

Подошвы склонов как место соприкосновения поймы или дна долины с ее склонами;

*Бровка* — место сопряжения склонов долины с поверхностью прилегающей местности;

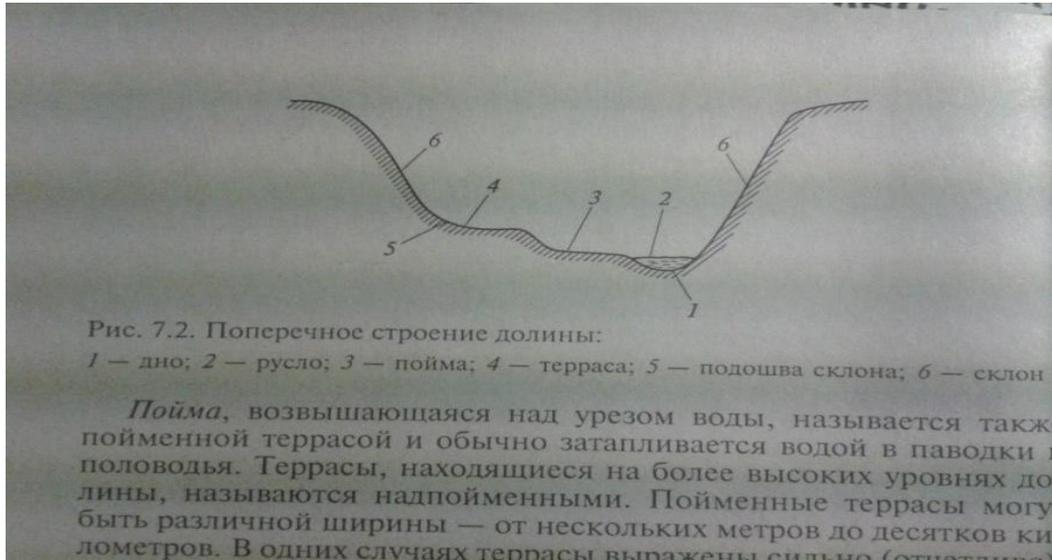
*Террасы* представляют собой площадки на склонах, ограниченные уступами, более или менее круто обрывающимися к пойме. Очень часто террасы простираются на большие расстояния, обычно на нескольких уровнях.

По своему характеру террасы подразделяются на эрозионные и аккумулятивные.

*Эрозионные террасы* (террасы размыва) формируются в коренных склонах долин и обычно сложены из коренных пород. Эрозионные террасы свойственны тем участкам, на которых идет постоянная работа водотока по углублению русла.

*Аккумулятивные террасы* вырабатываются в толще аллювиальных отложений, поэтому в отличие от эрозионных террас сложены из разнообразных аллювиальных отложений. Аккумулятивные террасы характерны для более сложного режима водотока, связанного с периодическими колебаниями базиса эрозии.

*Базис эрозии* — уровень, на котором водный поток теряет свою энергию и ниже которого не может углубить свое русло.



### 5. Какие факторы влияют на степень устойчивости природных склонов?

Нарушение устойчивости склона с развитием оползневых явлений уже при достигнутом состоянии равновесия может быть обусловлено воздействием соответствующих факторов:

- в условиях увеличения значения активных сдвигающих сил;
- уменьшения значения сил сопротивления;
- одновременного воздействия обоих факторов.

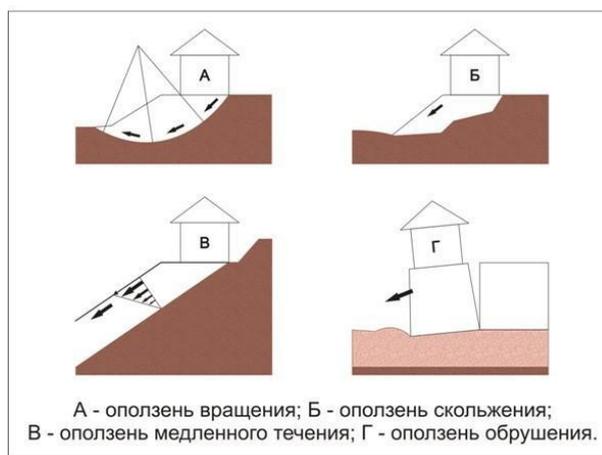
Увеличение активных, сдвигающих, сил и развитие оползневых явлений обычно связаны с ростом дополнительных сдвигающих усилий, возникающих из-за увеличения веса толщи, увеличения крутизны откоса, выемкой поддерживающих склон грунтовых масс и т.д.

Уменьшение сил сопротивления, в свою очередь, вызывается снижением сопротивляемости сдвигу горных пород, слагающих склон, уменьшением объема и веса удерживающих грунтовых масс и т.д.

### 6. Оползни типа «скольжение». Схема оползня. Особенности геологического строения склона(?)



Основные виды оползней



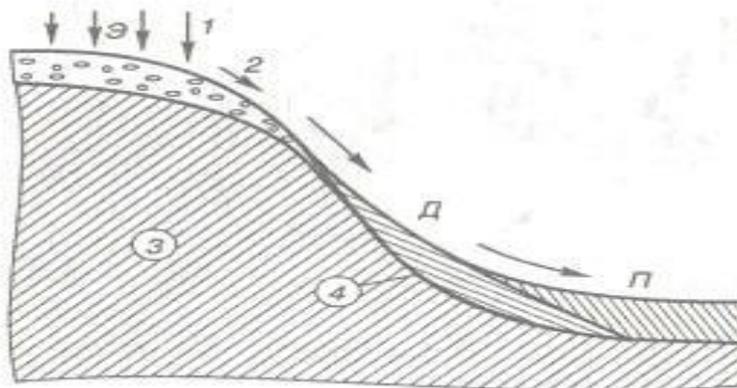
*Оползни скольжения*- когда массы грунта сползают по подстилающей породе.

Наиболее характерными чертами оползня скольжения являются:

- ясно выраженная, определяемая геологическим строением пов-ть скольжения;
- геометрически относительно правильная форма этой пов-ти;
- проявление процесса в виде перемещения по пов-ти скольжения глыб или пачек пород, отчленившихся от основного массива склона.

Активизация оползней скольжения в дорожном строительстве часто происходит в процессе производства земляных работ при разработке дорожных выемок, когда происходит чрезмерная подрезка крутопадающих в сторону выемки пластов горных пород либо когда не выдерживают и разрушаются под их натиском те или иные конструкции подпорных стен. В этом случае решающую роль в активизации процессов скольжения наклонных пачек горной породы может сыграть как легко смачивание пов-тей скольжения водой, так и сейсмическое сотрясение откоса.

7. **Схема расположения элювиальных и делювиальных отложений на склоне и чем они отличаются друг от друга?**



**Элювием** называются продукты выветривания горных пород, **оставшиеся на месте их образования.**

**Делювием**, или **делювиальными отложениями**, называются рыхлые отложения на склонах гор и у их подножий, **образовавшиеся в результате перемещения и отложения продуктов выветривания горных пород на более низкие отметки под влиянием силы тяжести и смыва пов-ми водами.**

#### 8. В каких породах и при каких условиях образуется карст?

*Карст* является своеобразным видом выветривания. Это природное явление связывается с растворяющей, выщелачивающей деятельностью пов-ых и подземных вод. *Особенно характерен он для известняков и гипса.* Карст ведет к образованию каверн, подземных ходов и даже пещер иногда очень крупных размеров.

*Для развития карстового процесса необходимы следующие условия:*

- а) наличие ровной или слабонаклонной поверхности, чтобы вода могла застаиваться и просачиваться внутрь по трещинам;
- б) толщина карстующихся пород должна иметь значительную мощность;
- в) уровень подземных вод должен стоять низко, чтобы было достаточное пространство для вертикального движения подземных вод;
- г) минерализация воды на входе в грунт должна быть меньше растворимости породы.

Карстообразование связано в выщелачиваемостью тех или иных пород и, следовательно, с растворимостью слагающих их солей. Растворимость гипса в дистиллированной воде может достигать 2,6 г/л, углекислого кальция – 0,2 г/л. Карстообразование в известняках наблюдается и на больших глубинах, где оно связано с длительной, даже в геологическом смысле, глубинной циркуляцией подземных вод. Однако на больших глубинах развитие карста резко замедляется. Глинистый карст – специфическая форма карстообразования, характерная для засоленных и, в частности, загипсованных глинистых пород. В определенных условиях также образуются пещеры, воронки, провалы и т.д. Природа глинистого карста связана с легкой размываемостью пылеватых глинистых пород при постоянно чередующихся увлажнении и высыхании.

9. **Схема оползня типа «скольжение». Условия образования. (6 вопрос)**

Наиболее характерными чертами оползня скольжения являются:

- ясно выраженная, определяемая геологическим строением пов-ть скольжения;
- геометрически относительно правильная форма этой пов-ти;
- проявление процесса в виде перемещения по пов-ти скольжения глыб или пачек пород, отчленившихся от основного массива склона.

Активизация оползней скольжения в дорожном строительстве часто происходит в процессе производства земляных работ при разработке дорожных выемок, когда происходит чрезмерная подрезка крутопадающих в сторону выемки пластов горных пород либо когда не выдерживают и разрушаются под их натиском те или иные конструкции подпорных стен. В этом случае решающую роль в активизации процессов скольжения наклонных пачек горной породы может сыграть как легко смачивание пов-тей скольжения водой, так и сейсмическое сотрясение откоса.

10. **Базис эрозии и его роль (высокий, низкий) в формировании аллювиальных отложений речных долин.**

Базис эрозии — уровень, на котором водный поток теряет свою энергию и ниже которого не может углубить свое русло. Общим базисом эрозии считается уровень Мирового океана. Местные базисы эрозии — уровни озер, в которые впадают реки, уровень главной реки для впадающего в нее притока и т. д. При благоприятных условиях происходит отложение и накопление (аккумуляция) перемещаемых водотоком продуктов с образованием толщ аллювиальных (речных) отложений. Образование аллювия происходит в результате непрерывного взаимодействия динамического водного потока с руслом: при врезке (донная и боковая эрозия) и аккумуляции осадков.

11. **Какие факторы влияют на степень устойчивости природных склонов?(5 вопрос)**

Нарушение устойчивости склона с развитием оползневых явлений уже при достигнутом состоянии равновесия может быть обусловлено воздействием соответствующих факторов:

- в условиях увеличения значения активных сдвигающих сил;
- уменьшения значения сил сопротивления;
- одновременного воздействия обоих факторов.

Увеличение активных, сдвигающих, сил и развитие оползневых явлений обычно связаны с ростом дополнительных сдвигающих усилий, возникающих из-за увеличения веса толщи, увеличения крутизны откоса, выемкой поддерживающих склон грунтовых масс и т.д.

Уменьшение сил сопротивления, в свою очередь, вызывается снижением сопротивляемости сдвигу горных пород, слагающих склон, уменьшением объема и веса удерживающих грунтовых масс и т.д.

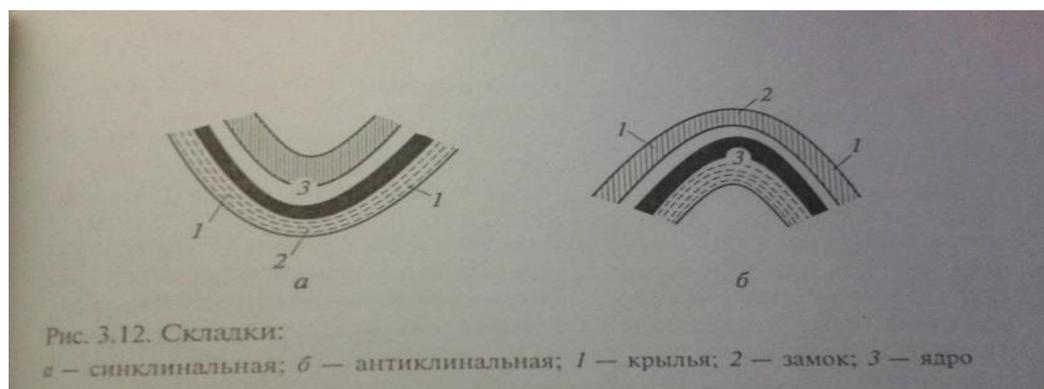
## 12. Сели. Условия образования.

В горных районах возникают смешанные водно-каменные, грязевые и грязекаменные потоки называемые селевыми потоками, или *селями*.

Сели представляют собой периодические потоки, образующиеся обычно на крутых склонах горных долин, балок, оврагов и в руслах горных рек. Эти потоки обычно возникают в периоды выпадения в горах сильных дождей, ливней, а также при быстром снеготаянии.

Сель возникает в результате интенсивных и продолжительных ливней, бурного таяния ледников или сезонного снегового покрова, а также вследствие обрушения в русло больших количеств рыхлообломочного материала. Решающим фактором возникновения может послужить вырубка лесов в горной местности — корни деревьев держат верхнюю часть почвы, что предотвращает возникновение селевого потока.

## 13. Дать схемы и указать к какому виду дислокаций относятся антиклиналь и синклиналь.



*Синклиналь, синклинальная складка* — вид складчатых изгибов слоёв земной коры, характерный вогнутой формой, наклоном слоёв к оси и залеганием более молодых слоёв в осевой части и более древних на крыльях.

*Антиклиналь или антиклинальная складка* — форма залегания горных пород, обычно слоистых осадочных и эффузивных, в том числе — метаморфизованных. Представляет собой выпуклый изгиб последовательно напластованных слоёв, при котором внутренняя часть складки, или её ядро, сложена более древними породами, а внешняя — более молодыми. Перегиб складки называется замком.

*Синклиналь и антиклиналь* относятся к пликативным дислокациям.

## 14. Что такое вечномерзлые грунты? Виды мерзлоты. В чем опасность строительства на вечномерзлых грунтах?

*Вечной мерзлотой* называется некоторая толща горных пород, характеризующаяся всегда отрицательной температурой, и наличием льда. *Вечномерзлые грунты* - это грунты, находящиеся в мерзлом состоянии века и тысячелетия; многолетнемерзлые - от нескольких

лет до нескольких десятков лет; сезонно мёрзлые - от 1 до 2 сезонов; кратковременно мёрзлые - несколько суток.



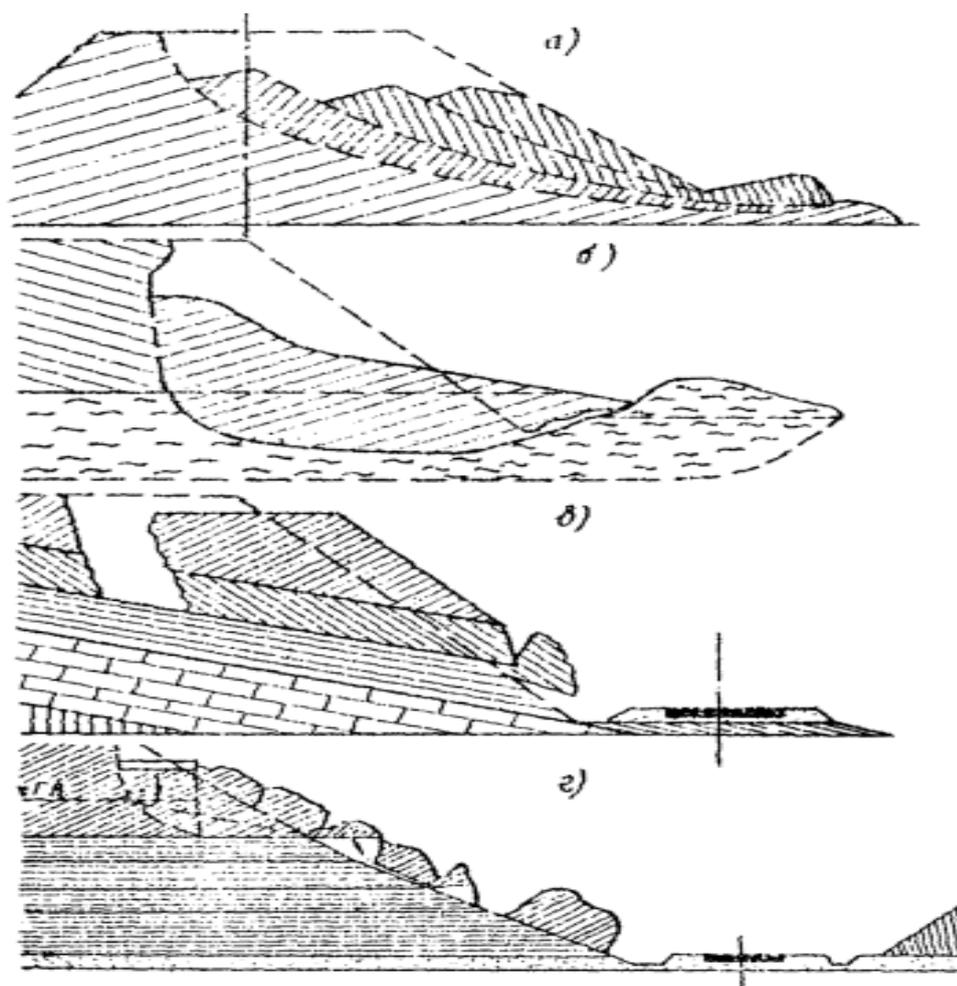
По характеру залегания в вертикальном разрезе слой вечной мерзлоты имеет следующее строение.. В самом верху находится слой грунта, оттаивающего летом и замерзающего зимой. Этот слой называется деятельным, или активным, слоем. Если ниже идет сплошной слой той или иной мощности вечномерзлых пород, то это *сливающаяся* мерзлота. При переменном характере мощности деятельного слоя имеет место *сливающаяся мерзлота с перелетками*. Если между деятельным слоем и слоем вечномерзлых пород залегают талые грунты постоянной мощности, то это *несливающаяся, или слоистая, мерзлота*. Зона вечномерзлых грунтов подстилается толщей горных пород, имеющих постоянную положительную температуру.

Мерзлые и вечномерзлые грунты из-за наличия в них льдоцементных связей при отрицательной температуре являются очень прочными и малодеформируемыми природными образованиями. Однако при повышении или понижении температуры (даже в области отрицательных температур) за счет оттаивания льда или замерзания части поровой воды их свойства могут изменяться. При оттаивании порового льда структурные льдоцементные связи лавинно разрушаются и возникают значительные деформации. Многие виды вечномерзлых грунтов, особенно сильнольдистые пылевато-глинистые грунты, при этом могут переходить в разжиженное состояние. Важнейшей особенностью мерзлых грунтов является их просадочность при оттаивании – резкое уменьшение объема грунта при таянии льда и отжатию воды, что приводит к чрезмерным деформациям построенных на этих грунтах сооружений.

**15. Дать схему оползня типа «скол при просадке». В чем заключается особенность инженерно-геологического строения склона?(спросить этот вопрос)**

Просадка склона или откоса может быть вызвана отдавливанием из его толщи или основания слабых размягченных пород; истечением из толщи гидродинамически неустойчивых песков – плывунов; выщелачиванием гидрохимически неустойчивых растворимых пород (каменная соль, гипс, ангидрит и т.д.); наличием просадочных лессовидных пород и пород с избытком пористости; оттаиванием вечномерзлого грунта. Во

всех этих случаях склон или откос, лишаясь поддержки снизу, начинает работать как короткая консольная балка.



Основные формы нарушения общей устойчивости откосов:

*а* - обрушение со срезом и вращением; *б* - скол при просадке; *в* - скольжение; *г* - оползень-сдвиг

### 16. Как образуются аллювиальные отложения? Их разновидности и особенности.

*Аллювий*— не сцементированные отложения постоянных водных потоков (рек, ручьев), состоящие из обломков различной степени обкатаности и размеров (валун, галька, гравий, песок, суглинок, глина).

Образование аллювия происходит в результате непрерывного взаимодействия динамического водного потока с руслом: при врезке (донная и боковая эрозия) и аккумуляции осадков.

Аллювиальные отложения рек образуются и мигрируют:

- во время отложения в русле и прирусловых валах (барах) обломочного материала, размытого водным потоком выше по течению;

- во время наводнения или паводка, когда река выходит за пределы береговых уступов, и глина, ил и мелкий песок оседают по всей поверхности поймы (формирование пойменной фации)

- во время миграции речных меандров и образовании аллювиальных отложений вслед за прирусловой отмелью луга, которая смещается вдоль его внутреннего берега.

В зависимости от гидрологического режима реки, обусловленного климатом, тектоникой и рельефом земной поверхности, аллювиальные отложения разделяют на два основных генетических типа: *аллювий горных рек* и *аллювий равнинных рек*.

Мощности горного аллювия изменяются от нескольких метров до нескольких километров. Для аллювиальных отложений горных рек характерны следующие признаки:

- грубо-обломочный материал с преобладанием галечника (галька, гравий, валуны)
- полимиктовый (обломки представлены более, чем двумя минералами) состав с весьма непостоянным соотношением основных породообразующих компонентов
- слабая сортировка материала
- отсутствие четкой слоистости.

Для аллювия равнинных рек характерны другие признаки:

- мелкообломочный материал с преобладанием песка и супеси
- значительно однородный минеральный состав, вплоть до олигомиктового (при размыве осадочных пород)
- хорошая сортировка обломочного материала
- грубая косая слоистость, которая постепенно переходит в верхних горизонтах в мелкую косую слоистость.

#### **17. Геодинамические явления и процессы в дорожном строительстве. Какие мероприятия по защите дорожных сооружений вам известны?(Спросить и доделать)**

Для предотвращения разрушения зданий и сооружений во время землетрясений разрабатываются специальные методы антисейсмического строительства. Опыт показывает, что когда сооружения правильно рассчитаны на действия сейсмических сил, рационально запроектированы и при их возведении строго соблюдались правила антисейсмического строительства, то они способны выдержать без разрушений даже самые сильные землетрясения.

#### **18. Эоловые отложения. Условия образования. Разновидности. Особенности.**

**Эоловые отложения** — накопления тонкого рыхлого материала, принесённого ветром (некоторые лёссы, пески).

Формируются за счёт различных горных пород, в том числе песчаных, морских, дельтовых, аллювиальных, пролювиальных, озёрных и флювиогляционных отложений. По сравнению с исходным материалом эоловые отложения лучше отсортированы, обеднены легкостираемыми минералами и обогащены зёрнами твёрдых и новообразованных минералов.

Основные виды эоловых отложений – пески и лессы. Выделяют грядовые и бугристые пески, закрепленные растительностью и утратившие подвижность и подвижные - дюны и барханы. Лессы представляют собой маловлажные макропористые глинистые породы с преобладанием в составе пылеватых фракций, относительно прочные в природном состоянии, но разупрочняющиеся при замачивании и дающие большие по величине и быстро протекающие осадки (просадки). Песчаные эоловые отложения характеризуются диагонально-волнистой или клиновидно-косой слоистостью; мощность эоловых отложений первые метры и десятки метров (соответственно высоте крутых форм эолового рельефа). Распространены главным образом в аридных областях, но встречаются и в других природных зонах: на побережьях морей и озёр, на террасах рек. Иногда представляют собой россыпи ряда полезных ископаемых.

#### **19. Лёсс и лёссовидные породы. Условия образования. Каковы их инженерно-геологические особенности. Области распространения.**

Лёсс — осадочная горная порода, неслоистая, однородная известковистая, суглинисто-супесчаная, имеет светло-жёлтый или палевый цвет. Лёсс залегает в виде покрова: от нескольких метров до 50—100 м — на водоразделах, склонах и древних террасах долин.

Для образования более или менее типичного лесса нужны материнские породы более или менее однородного механического состава, каковы некоторые ледниковые и флювиогляциальные отложения, аллювий, делювий. Но при благоприятных климатических условиях и при достаточном промежутке времени лёссовидные породы образуются и из разных других пород.

Лёсс распространён в Европе, Азии, Северной и Южной Америке, преимущественно в степных и полупустынных районах умеренного пояса.

Особенностью свойств лёсса и лёссовидных отложений является резкое падение прочности структурных связей при увлажнении, что приводит к просадкам, развитию лёссового псевдокарста, потере несущих свойств грунтов в основании узких фундаментов и свай, интенсивному оврагообразованию и т.д. "Водобоязнь" лёсса обуславливает зависимость его свойств (пористости, просадочности, сопротивления сжатию и сдвигу) от окружающей среды: засушливости климата, характера почвообразования, рельефа, ландшафта. В засушливых районах в лёссе хорошо сохраняются вертикальные обрывы и откосы.

#### **20. Ледниковые отложения. Как они образовались и какие существуют их разновидности? ( 2 вопрос )**

Ледниковые отложения - геологические отложения, образование которых генетически связано с современными или древними горными ледниками и материковыми покровами.

1. Ледниковые отложения - Морена. Возникают путём непосредственного оседания на ложе ледника обломочного материала, переносимого в его толще. Слагаются

несортированными рыхлыми обломочными горными породами, чаще всего валунными глинами, суглинками, супесями, реже валунными песками и грубощебнистыми породами, содержащими валуны, щебень, гальку. Донная морена обычно представлена толщей плотной валунной глины или суглинка. Неслоиста, в окраске преобладают бурые, серые и буровато-красные оттенки. Такие породы отличаются обычно очень большой неоднородностью и – одновременно – значительной плотностью и малой пористостью. При этом их влажность невысока. Значительная плотность молены почти во всех случаях является отличительным ее свойством и обычно связана с ее происхождением.

2. Водно-ледниковые - флювиогляциальные отложения — отложения потоков талых вод (косослоистые пески, гравий, галечники) и озёрно-ледниковые (лимно-гляциальные) отложения внутри- и приледниковых озёрных водоёмов (преимущественно ленточные глины). Водно-ледниковые отложения образуются внутри и по периферии ледников из отсортированного и переотложенного талыми водами моренного материала. Флювиогляциальные отложения представлены в основном песками, галькой, гравием и суглинком. Обладают ясно выраженной, обычно косой, слоистостью. Они не однородны по своему механическому составу и имеют пористость от 30 до 40%.

## **21. Обвалы и вывалы. Особенности инженерно-геологического строения склона. Причины образования.**

**Обвал**— отрыв и падение масс горных пород вниз со склонов гор под действием силы тяжести.**Вывалы**– слабое проявление обвалов.

Обвалы возникают на склонах речных берегов и долин, в горах, на берегах морей.

Все склоны могут быть подразделены на три категории:

1. Склоны сноса;
2. Склоны обрушения и, в частности, склоны подмыва;
3. Склоны накопления.

Под *Склонами сноса* подразумевают формы рельефа, которые создаются в результате воздействия тех или иных геологических денудационных агентов ( вода, лед, ветер и т.д.).

*Склоны обрушения* характерны для участков, пораженных оползнями или опасных в оползневом отношении ( $K_{зап}$  меньше 1 ).

К *склонам подмыва* относятся береговые склоны, непрерывно формирующиеся в результате эрозионной и абразионной, подмывающей, деятельности водотоков и водоемов (моря, озера).

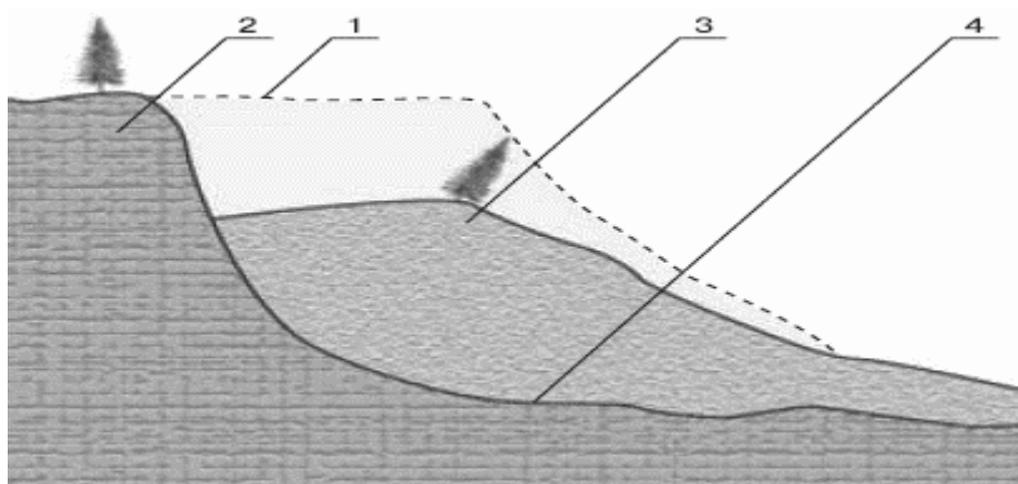
*Склоны накопления* образуются, как это видно из названия, в результате накопления продуктов разрушения горных пород у подножия коренных склонов.

Причиной образования обвалов является нарушение равновесия между сдвигающей силой тяжести и удерживающими силами. Оно вызывается:

- увеличением крутизны склона в результате подмыва водой;

- ослаблением прочности пород при выветривании или переувлажнении осадками и подземными водами;
- воздействием сейсмических толчков;
- строительной и хозяйственной деятельностью.

## 22. Оползни типа «опływ». Схема оползня. Причины и условия образования.



*Схема оползня:* 1 – первоначальное положение склона; 2 – ненарушенный склон; 3 – оползень; 4 – поверхность скольжения

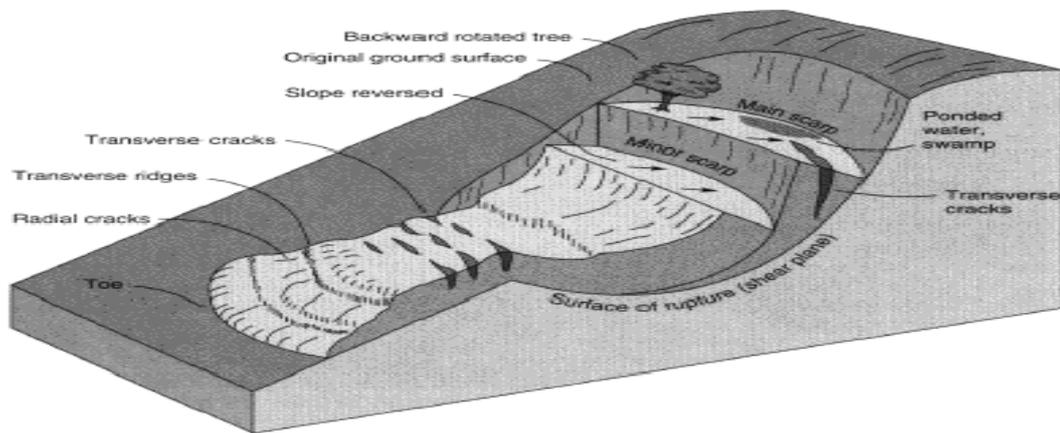
*Опльвы* представляют собой наиболее яркую форму нарушения местной устойчивости склона или откоса. При опльве происходит процесс отчленения некоторой массы породы от толщи склона или откоса при резко выраженном локальном ее переувлажнении.

Опльвы часто происходят при переувлажнении откосов дорожных выемок или насыпей в самой пов-ной покровной зоне, например во время длительных дождей или при весеннем оттаивании грунтов. Образованию опльвов также способствуют процессы постепенного разрушения естественной структуры связных глинистых грунтов в откосах выемок при циклических воздействиях на них погодно-климатических факторов промачивания – высушивания и замораживания – оттаивания. Часто происходят опльвы в пов-ной зоне откосов, сложенных рыхлыми, несвязными породами, способными при переувлажнении или под влиянием гидродинамического фактора приобретать характер пльвунов. Такие локальные опльвы всегда приурочиваются к местам сосредоточенного выхода грунтовых вод.

## 23. Обвалы и вывалы. Схемы обвалов и вывалов. Причины образования.

**Обвал**— отрыв и падение масс горных пород вниз со склонов гор под действием силы тяжести.**Вывалы**– слабое проявление обвалов.

Обвалы возникают на склонах речных берегов и долин, в горах, на берегах морей.



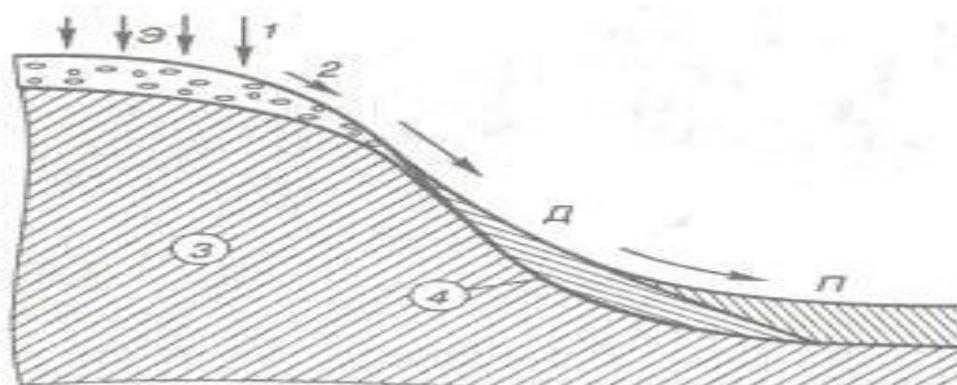
Причиной образования обвалов является нарушение равновесия между сдвигающей силой тяжести и удерживающими силами. Оно вызывается:

- увеличением крутизны склона в результате подмыва водой;
- ослаблением прочности пород при выветривании или переувлажнении осадками и подземными водами;
- воздействием сейсмических толчков;
- строительной и хозяйственной деятельностью.

**24. Как образуются карстовые пещеры?**

Карстовые пещеры образуются вследствие растворения пород водой, поэтому они встречаются только там, где залегают растворимые породы: известняк, мрамор, доломит, мел, а также гипс и соль. Огромную роль при образовании пещер играют тектонические трещины и разломы. По картам исследованных пещер очень часто можно видеть, что ходы приурочены к тектоническим нарушениям, которые прослеживаются на поверхности. Также, для образования пещеры необходимо достаточное количество водных осадков, удачная форма рельефа: осадки с большой площади должны попадать в пещеру, вход в пещеру должен располагаться заметно выше того места, куда разгружаются подземные воды, и т. п.

**25. Элювиальные и делювиальные отложения. Схемы отложений. Как они образовались.**



*Элювием* называются продукты выветривания горных пород, оставшиеся на месте их образования. Формируются на горизонтальных поверхностях или на склонах, где слабо протекает денудация.\*

*Делювием, или делювиальными отложениями,* называются рыхлые отложения на склонах гор и у их подножий, образовавшиеся в результате перемещения и отложения продуктов выветривания горных пород на более низкие отметки под влиянием силы тяжести и смыва пов-ми водами. Обычно они образуют в нижней части склонов плащевидный покров (шлейф).

\*- совокупность процессов сноса и переноса (водой, ветром, льдом) продуктов разрушения горных пород в пониженные участки земной поверхности, где происходит их накопление.

## **26. Эрозия. Оврагообразование. Схема оврагообразования. Эффект попятной эрозии.**

Эрозия — процесс размыва горных пород атмосферными осадками и текучей водой.

Речная долина под влиянием боковой эрозии (размыва) постепенно расширяется. Кроме того, русло реки иногда удлиняется в сторону верховья, подобно растущему оврагу; это *пятящаяся (попятная) эрозия*.

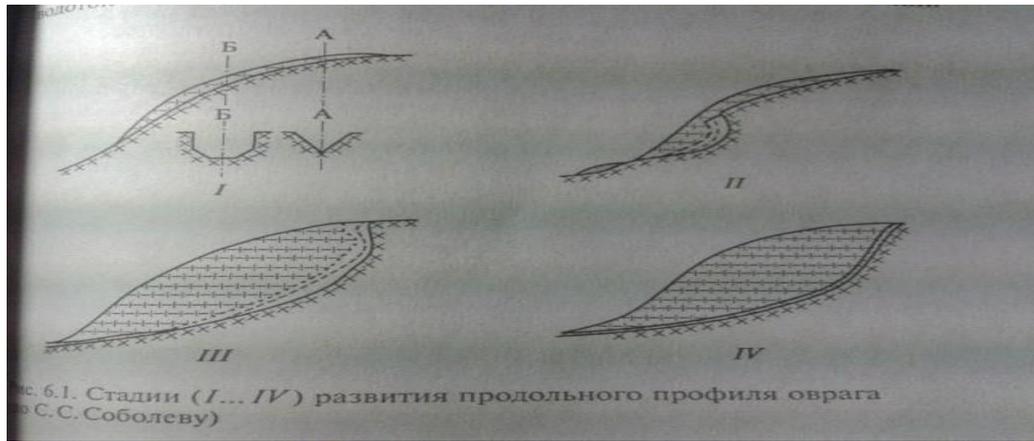
Развитие оврагов происходит в четыре стадии.

*1 стадия* – образование промоины глубиной 30...50 см, а иногда и глубже. Обычно вначале треугольной ее поперечный профиль при дальнейшем развитии становится трапециевидным. Как и в любом водотоке, верховье оврага называется *истоком*, а место выхода его на открытое место или впадение его в водоем или водоток – *устьем*.

*2 стадия* – образование вершинного перепада или обрыва. Высота обрыва в вершине обычно составляет 2...10 м, но иногда (в лёссовых породах) достигает 12...15 м.

*3 стадия* – выработка профиля равновесия с момента, когда устье оврага врезается до уровня местного базиса эрозии (уровня реки, пов-ти террасы или дна балки) и продольный профиль оврага приобретает форму плавной кривой, примерно соответствующей профилю равновесия. При этом происходит дальнейшее углубление и расширение оврага.

*4 стадия* – затухание процесса оврагообразования после выработки оврагом «профиля равновесия». Дальнейший рост оврага и его углубление прекращаются. Овраг расширяется, и его дно покрывается овражным аллювием. Склоны оврага полностью скрываются под покровом делювия, выполаживаются, и на них формируется нормальный почвенный покров.

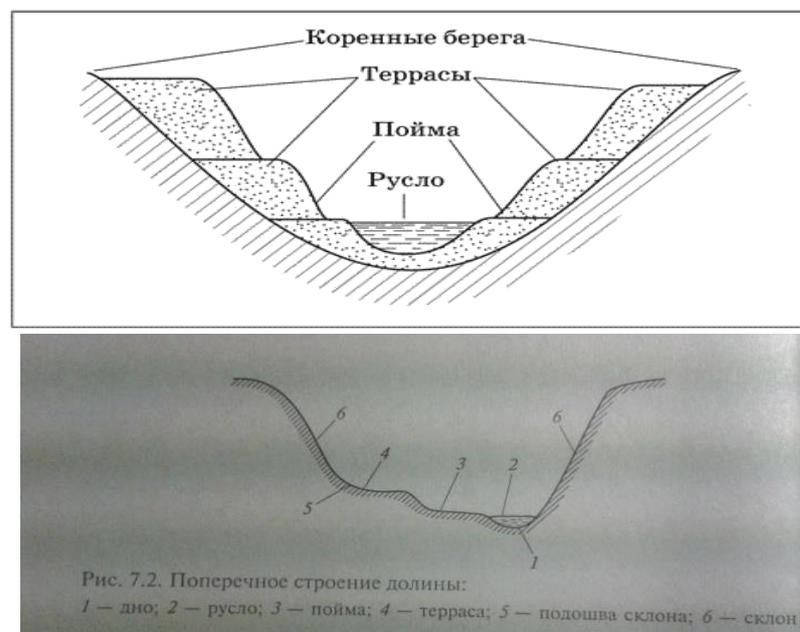


## 27. Речная эрозия. Схема речной эрозии. Механизм и этапы формирования речных долин. Их связь с тектоническими движениями(доделать).

Одним из важнейших факторов, способствующих расчленению рельефа и понижению поверхности материков являются поверхностные текущие воды. К ним относятся все воды, стекающие по поверхности, начиная от дождевых струй до постоянных потоков мощных речных систем. Источником поверхностных текущих вод являются атмосферные, талые и подземные воды.

Процесс разрушения, или размывания горных пород текущими водами называется *эрозией*. Эрозия, в свою очередь, состоит из двух процессов: механического размывания горных пород – истирания дна твердыми обломками и химического растворения горных пород.

Самый низкий уровень, которого водный поток достигает в устье, называется базисом эрозии, а уровень мирового океана – абсолютным базисом эрозии.



Долина (речная) — отрицательная, линейно вытянутая форма рельефа с однообразным падением. Образуется обычно в результате эрозионной деятельности текущей воды. Речная вода, смывая берега и подошву, образует речную долину.

В каждой долине различают:

Дно долины, в котором проходит русло водотока, и пойму - часть дна долины, затапливаемая при половодьях и паводках водой;

Склоны (борта) долины, часто с террасами;

Подошвы склонов как место соприкосновения поймы или дна долины с ее склонами.

*Террасы* представляют собой площадки на склонах, ограниченные уступами, более или менее круто обрывающимися к пойме. Очень часто террасы простираются на большие расстояния, обычно на нескольких уровнях.

По своему характеру террасы подразделяются на эрозионные и аккумулятивные.

*Эрозионные террасы* (террасы размыва) формируются в коренных склонах долин и обычно сложены из коренных пород. Эрозионные террасы свойственны тем участкам, на которых идет постоянная работа водотока по углублению русла.

*Аккумулятивные террасы* вырабатываются в толще аллювиальных отложений, поэтому в отличие от эрозионных террас сложены из разнообразных аллювиальных отложений. Аккумулятивные террасы характерны для более сложного режима водотока, связанного с периодическими колебаниями базиса эрозии.

## **29. Карст. Условия образования. Области распространения ( 8 вопрос ).**

*Карст* является своеобразным видом выветривания. Это природное явление связывается с растворяющей, выщелачивающей деятельностью пов-ых и подземных вод. *Особенно характерен он для известняков и гипса.* Карст ведет к образованию каверн, подземных ходов и даже пещер иногда очень крупных размеров.

*Для развития карстового процесса необходимы следующие условия:*

- а) наличие ровной или слабонаклонной поверхности, чтобы вода могла застаиваться и просачиваться внутрь по трещинам;
- б) толщина карстующихся пород должна иметь значительную мощность;
- в) уровень подземных вод должен стоять низко, чтобы было достаточное пространство для вертикального движения подземных вод;
- г) минерализация воды на входе в грунт должна быть меньше растворимости породы.

Карстообразование связано в выщелачиваемостью тех или иных пород и, следовательно, с растворимостью слагающих их солей. По глубине уровня подземных вод различают карст глубокий и мелкий. Различают также «голый», или средиземноморский карст, у которого карстовые формы рельефа лишены почвенного и растительного покрова и «покрытый» или

среднеевропейский карст, на поверхности которого сохраняется кора выветривания и развит почвенный и растительный покров. Карстообразование в известняках наблюдается и на больших глубинах, где оно связано с длительной, даже в геологическом смысле, глубинной циркуляцией подземных вод. Однако на больших глубинах развитие карста резко замедляется. Глинистый карст – специфическая форма карстообразования, характерная для засоленных и, в частности, загипсованных глинистых пород. В определенных условиях также образуются пещеры, воронки, провалы и т.д. Природа глинистого карста связана с легкой размываемостью пылеватых глинистых пород при постоянно чередующихся увлажнении и высыхании.

### 30. Аллювиальные отложения. Условия образования. Их разновидности.

*Аллювий*— не сцементированные отложения постоянных водных потоков (рек, ручьев), состоящие из обломков различной степени обкатаности и размеров (валун, галька, гравий, песок, суглинок, глина).

Образование аллювия происходит в результате непрерывного взаимодействия динамического водного потока с руслом: при врезке (донная и боковая эрозия) и аккумуляции осадков.

Аллювиальные отложения рек образуются и мигрируют:

- во время отложения в русле и прирусловых валах (барах) обломочного материала, размытого водным потоком выше по течению;
- во время наводнения или паводка, когда река выходит за пределы береговых уступов, и глина, ил и мелкий песок оседают по всей поверхности поймы (формирование пойменной фации)
- во время миграции речных меандров и образовании аллювиальных отложений вслед за прирусловой отмелью луга, которая смещается вдоль его внутреннего берега.

В зависимости от гидрологического режима реки, обусловленного климатом, тектоникой и рельефом земной поверхности, аллювиальные отложения разделяют на два основных генетических типа: *аллювий горных рек* и *аллювий равнинных рек*.

Мощности горного аллювия изменяются от нескольких метров до нескольких километров. Для аллювиальных отложений горных рек характерны следующие признаки:

- грубо-обломочный материал с преобладанием галечника (галька, гравий, валуны)
- полимиктовый (обломки представлены более, чем двумя минералами) состав с весьма непостоянным соотношением основных породообразующих компонентов
- слабая сортировка материала
- отсутствие четкой слоистости.

Для аллювия равнинных рек характерны другие признаки:

- мелкообломочный материал с преобладанием песка и супеси
- значительно однородный минеральный состав, вплоть до олигомиктового (при размыве осадочных пород)
- хорошая сортировка обломочного материала
- грубая косая слоистость, которая постепенно переходит в верхних горизонтах в мелкую косую слоистость.

Облик нашей планеты не является чем-то застывшим, раз и навсегда сформировавшимся. Благодаря разнообразным геодинамическим процессам происходит постоянное видоизменение земной коры и ее поверхности, создаются условия для возникновения новых горных пород и разрушения уже существующих. Эти процессы делят на две большие группы — эндогенные (внутренние) и экзогенные (внешние). Геодинамические процессы тесно связаны в пространстве и во времени, а само их взаимодействие имеет сложный и во многом противоречивый характер.

Рассмотрим основные геодинамические процессы и некоторые результаты их взаимодействия. *Эндогенными называют процессы, вызванные преимущественно внутренними силами Земли и происходящие в ее недрах.* Они обусловлены энергией, выделяемой при развитии вещества Земли, действием силы тяжести и сил, возникающих при вращении Земли, а проявляются в виде тектонических движений (медленные поднятия и опускания земной коры, складчатости, образование крупных элементов рельефа, землетрясения), процессов магматизма (выплавления, перемещения и застывания магмы), метаморфизма горных пород и формирования месторождений полезных ископаемых [1, 10, 12, 22, 35].

*Тектонические движения* приводят к деформациям (нарушениям) верхних частей земной коры. Выделяют разрывные нарушения, сопровождаемые перемещением разорванных частей геологических тел друг относительно друга, и складчатые нарушения, когда происходит изменение залегания слоев без изменения сплошности горных пород, т.е. возникают изгибы пластов - складки; процесс их образования называют складкообразованием или складчатостью.

Тектонические движения можно разделить на горизонтальные и вертикальные. Горизонтальные движения играют значительную роль в формировании литосферы и рельефа земной поверхности и находятся в фокусе внимания тектоники литосферных плит, которая в настоящее время стала, пожалуй, наиболее универсальной концепцией, объясняющей многие явления на Земле.

В основе этой концепции лежат следующие положения [1, 28-30, 35]. Верхняя часть Земли разделяется на две оболочки - жесткую и хрупкую литосферу и более пластичную и подвижную астеносферу. Литосфера подразделяется на некоторое количество плит (рис. 8.5). Основанием для их разграничения служит размещение очагов землетрясений, так как сейсмическая энергия в основном выделяется на границах между плитами. В большинстве случаев, хотя и не всегда, эти границы четко выражены.



Наблюдает три рода взаимных перемещений плит: О дивергентные границы, вдоль которых происходит раздвижение плит (спрединг);

◇ конвергентные границы, вдоль которых происходит сближение плит, обычно выражающееся в пододвигании одной плиты под другую. При этом возможны: субдукция, когда океанская плита пододвигается под континентальную (образуется аккреционная призма, наращивающая континентальную, окраинную или островную дугу); обдукция, когда океанская плита (кора, литосфера) надвигается на континентальную; коллизия, когда сталкиваются две континентальные плиты (обычно с поддвигом одной под другую), которая порождает сложную коровую структуру и горообразование;

◇ трансформные границы, вдоль которых происходит горизонтальное скольжение одной плиты относительно другой по плоскости вертикального трансформного разлома.

В природе преобладают границы первых двух типов. Причем дивергентные границы приурочены к осевым зонам срединно-океанических хребтов и межконтинентальным рифтам (крупным линейным тектоническим структурам земной коры, образовавшимся главным образом при горизонтальном растяжении коры), а конвергентные - к осевым зонам глубоководных желобов, сопряженных с островными дугами. На дивергентных границах происходит непрерывное рождение новой океанической коры, которая перемещается астеносферным течением в сторону зон субдукции, где она поглощается на глубине. Считается, что объем поглощаемой в зонах субдукции океанической коры равен объему коры, образующейся в зонах спрединга. Благодаря этому радиус и объем Земли остаются более или менее постоянными.

Основной причиной горизонтального движения плит считается конвекция в мантии, вызываемая ее разогревом. При этом срединно-океанические хребты с их рифтами располагаются над восходящими ветвями течений, а глубоководные желоба - над нисходящими. Новообразованная океаническая литосфера движется к желобам, постепенно

охлаждаясь, уплотняясь и увеличивая свою мощность за счет астеносферы. Результатом этого являются нисходящие вертикальные движения. В конечном счете океанская литосфера становится тяжелее подстилающей астеносферы и погружается в нее вдоль океанских склонов глубоководных желобов.

Вертикальные движения имеют еще более разнообразные причины. Поднятия могут быть обусловлены подъемом более легких выплавов из астеносферы (который одновременно служит причиной расходящихся горизонтальных движений), а также разогревом литосферы над этими восходящими горячими мантийными струями. Опускания в океанах связаны с охлаждением литосферы по мере ее удаления от осей спрединга и максимальны в зонах глубоководных желобов. В зонах, выходящих на поверхность вдоль осей желобов, опускание вновь сменяется поднятием вследствие сучивания, нагромождения осадков и накопления продуктов вулканической деятельности. Процессы регионального метаморфизма и гранитообразования ведут здесь к увеличению мощности легкой континентальной коры, а это в свою очередь приводит к ее всплыванию. С данным процессом связано образование первичных горных сооружений. Вторичные горные сооружения формируются под влиянием столкновения континентальных плит, в результате чего увеличивается тепловой поток, что способствует подъему астеносферы и росту поднятий. Считается, что опускание территории может быть связано с формированием ледникового щита (Антарктида, Гренландия) и подъемом областей, освободившихся от ледникового покрова благодаря снятию нагрузки (Балтийский и Канадский щиты).

*Землетрясениями называют подземные толчки и колебания земной поверхности, возникающие в результате внезапных смещений и разрывов в земной коре или верхней части мантии и передающиеся на большие расстояния в виде упругих колебаний.* Наблюдения за землетрясениями ведутся с древнейших времен. Детальные описания землетрясений, наблюдавшихся с середины I тысячелетия до н.э., даны японцами. Систематические инструментальные наблюдения начаты во второй половине XIX в. (Б.Б. Голицын, Э. Вихерт, Б. Гутенберг, А. Мохоровичич, Ф. Омори и др.).

Сильные землетрясения носят катастрофический характер, уступая по числу жертв только тайфунам и значительно (в десятки раз) опережая извержения вулканов. Количество слабых землетрясений гораздо больше, чем сильных. Так, на сотни тысяч землетрясений, ежегодно наблюдаемых на Земле, приходится единицы катастрофических.

Территориальное распределение землетрясений неравномерно и определяется перемещением и взаимодействием литосферных плит. Известны два главных сейсмических пояса: Тихоокеанский, охватывающий кольцо берега Тихого океана, и Средиземноморский, простирающийся через юг Евразии от Пиренейского полуострова на западе до Малайского архипелага на востоке. В пределах океанов значительной сейсмической активностью отличаются срединно-океанические хребты. Очаги землетрясений располагаются на глубинах до 700 км, но 3/4 сейсмической энергии выделяется в очагах, находящихся на глубине не более 70 км. Размер очага катастрофических землетрясений может достигать сотен и тысяч километров.

Область наибольших разрушений располагается вокруг эпицентра — проекции на земную поверхность места начала перемещения масс — гипоцентра.

Интенсивность проявления землетрясений на поверхности измеряется в баллах и зависит от глубины очага и магнитуды землетрясения, служащей мерой его энергии. Известное максимальное значение магнитуды близко к 9. С увеличением магнитуды на единицу энергия возрастает в 100 раз, например при толчке с магнитудой 6 высвобождается в 100 раз больше энергии, чем при магнитуде 5. Шкала магнитуд именуется шкалой Рихтера. Наряду с ней используют ряд сейсмических шкал, которые можно свести к трем основным группам.

В России применяется наиболее широко используемая в мире 12-балльная шкала MSK-64 (Медведева-Шпонхойера-Карника), восходящая к шкале Меркали-Канкани (1902), в странах Латинской Америки принята 10-балльная шкала Росси-Форея (1883), в Японии - 7-балльная шкала. Оценка интенсивности, в основу которой положены бытовые последствия землетрясения, в шкале MSK-64 зафиксирована следующим образом:

1. балл - не ощущается никем, регистрируется только сейсмическими приборами;
2. балла — иногда ощущается людьми, находящимися в спокойном состоянии;
3. балла - ощущается немногими, более заметно в помещениях на верхних этажах;
4. балла - ощущается многими (особенно в помещениях), в ночное время некоторые просыпаются. Возможны звон посуды, дребезжание стекол, хлопанье дверей;
5. баллов - ощущается почти всеми, многие ночью просыпаются. Качаются висячие предметы, появляются трещины в оконных стеклах и штукатурке;
6. баллов - ощущается всеми, осыпается штукатурка, легкие разрушения зданий;

7 баллов - появляются трещины в штукатурке и откалываются отдельные ее куски, тонкие трещины в стенах. Ощущаются толчки в автомобилях;

8 баллов - большие трещины в стенах, падение труб, памятников. Трещины на крутых склонах и в сыром грунте;

9 баллов - обрушение стен, перекрытий кровли в некоторых зданиях, разрывы подземных трубопроводов;

10. баллов - обвалы многих зданий, искривление железнодорожных рельсов. Оползни, обвалы, трещины (до 1 м) в грунте;
11. баллов - многочисленные широкие трещины в земле, обвалы в горах, обрушение мостов, только немногие каменные здания сохраняют устойчивость;
12. баллов - значительные изменения рельефа, отклонение течения рек, предметы подбрасываются в воздух, тотальное разрушение сооружений.

Сильные землетрясения ощущаются на расстоянии тысячи километров и более. Так, в Москве время от времени наблюдаются толчки интенсивностью до 3 баллов как «эхо» катастрофических карпатских землетрясений в горах Вранча в Румынии; эти же землетрясения в близкой к Румынии Молдавии ощущаются как 7-8-балльные. Продолжительность землетрясений различна. Например, землетрясение на острове Лисса в Средиземном море длилось три года (1870-1873), общее количество толчков составило 86 тыс.

Всякое землетрясение с магнитудой свыше 7 может стать крупной катастрофой. Однако оно может остаться и незамеченным, если произойдет в пустынном районе. Например, в результате Гоби-Алтайского землетрясения 1957 г. с магнитудой 8,5 и интенсивностью 11-

12 баллов возникли два озера, мгновенно образовался огромный надвиг в виде каменной волны высотой до 10 м, максимальное смещение по сбросу достигло 300 м и т.п.; территория размером с Данию или Голландию была полностью разрушена. Если бы это землетрясение произошло в густонаселенном районе, число жертв могло измеряться миллионами.

Если землетрясения происходят в море, то они могут вызвать разрушительные волны - цунами, наиболее часто опустошающие побережья Тихого океана, как это произошло в 1933 г. в Японии и в 1952 г. на Камчатке. Общее число жертв землетрясений на планете за последние 500 лет составило около 5 млн человек, почти половина из них приходится на Китай. Большие потери при землетрясениях обычно связаны с высокой плотностью населения, примитивными методами строительства, особенно характерными для бедных регионов.

В конце XX в. деятельность человека, принявшая планетарные масштабы, стала причиной искусственно вызываемой сейсмичности, возникающей, например, при ядерных взрывах (испытания на полигоне Невада (США) инициировали тысячи сейсмических толчков), при строительстве водохранилищ, заполнение которых иногда провоцирует сильные землетрясения. Так случилось в Индии, когда сооружение водохранилища Койна вызвало 8-балльное землетрясение, при котором погибло 177 человек.

*Магматизм - процесс выплавления магмы, ее дальнейшего развития, перемещения, взаимодействия с твердыми горными породами и застывания. Магма - это расплавленная масса, образующаяся в глубинных зонах Земли. При внедрении магмы в земную кору или при ее излиянии на поверхность Земли формируются магматические горные породы. Магма периодически образует отдельные очаги в разных по составу и глубинности оболочках Земли.*

Магматизм - проявление глубинной активности Земли, тесно связан с ее развитием, тепловой историей и тектонической эволюцией. По глубине проявления магматизм разделяют на абиссальный (глубинный), гипабиссальный (проявившийся на небольшой глубине) и поверхностный (вулканизм). В результате магматизма формируются: интрузивные тела и горные породы - в процессе внедрения в толщу земной коры расплавленной магмы и эффузивные - в процессе излияния жидкой лавы из глубин Земли на поверхность с образованием лавовых покровов и потоков.

*Вулканизм — совокупность явлений, обусловленных проникновением магмы из глубин Земли на ее поверхность. Вулканизм приводит к появлению на поверхности Земли огромного количества вулканического материала (вулканическое стекло, пепел, газы и т.д.), а также к формированию такого грандиозного образования, как вулкан, который возникает над каналами и трещинами в земной коре. Именно по этим каналам и трещинам на земную поверхность извергаются лава, пепел, горячие газы, пары воды и обломки горных пород.*

По степени активности различают действующие, уснувшие и потухшие вулканы, а по форме - центральные, извергающиеся из центрального выводного отверстия, и трещинные, вулканические аппараты которых имеют вид зияющих трещин или ряда небольших конусов. Основными частями вулканического аппарата являются магматический очаг (в земной коре или верхней мантии); жерло - выводной канал, по которому магма поднимается к поверхности; конус - возвышенность на поверхности Земли из продуктов

выброса вулкана; кратер - углубление на поверхности конуса вулкана. Современные вулканы расположены вдоль крупных разломов и тектонически подвижных областей (главным образом на островах и берегах Тихого и Атлантического океанов). Среди активных действующих вулканов назовем Ключевскую сопку и Авачинскую сопку (Камчатка, Россия), Везувий (Италия), Исалько (Сальвадор), Мауна-Лоа (Гавайские о-ва).

### *Экзогенные (внешние) процессы*

*Экзогенными называют процессы, которые происходят на поверхности Земли или на небольшой глубине в земной коре и обусловлены энергией солнечного излучения, гравитационной силой и жизнедеятельностью организмов. Сущность экзогенных процессов сводится к следующему [8, 13, 26, 33]:*

◇ выветривание - механическое разрушение горных пород и химическое преобразование слагающих их минералов;

◇ денудация- удаление и перенос разрыхленных и растворенных продуктов разрушения горных пород водой, ветром и льдом. Большое влияние на ее темпы и характер оказывают размах и скорость тектонических движений, а также климатические условия территории. Преобладание денудации над тектоническим поднятием со временем приводит к снижению абсолютных и относительных высот региона и общему нивелированию рельефа;

◇ аккумуляция- отложение этих продуктов в виде осадков на суше или на дне водных бассейнов.

Процесс совместного формирования рельефа и рыхлых отложений в свою очередь именуется морфолитогенезом. Так, в результате деятельности реки формируются и ее долины, и отложения (аллювий).

Основу всех экзогенных процессов составляет *выветривание* — процесс механического разрушения и химического изменения горных пород и минералов в условиях земной поверхности и приповерхностных слоев литосферы, происходящий под влиянием различных атмосферных агентов (атмосферные осадки, ветер, сезонные и суточные колебания температуры воздуха, воздействие на породы атмосферного кислорода и др.), грунтовых и поверхностных вод, жизнедеятельности растительных и животных организмов и продуктов их разложения. Выветривание имеет большое значение для подготовки вещества к его транспортировке; с ним тесно связано почвообразование - зарождение и формирование почвы.

*Склоновые процессы* — класс экзогенных явлений. Их широкое распространение связано с тем, что большая часть земной поверхности представляет собой склоны - наклонные участки поверхности, формирующиеся в результате эндогенных и экзогенных процессов. Характер склонов определяется составом и строением слагающих пород, абсолютными и относительными высотами местности, интенсивностью склоновых процессов, особенностями климата, растительности и других компонентов природной среды, экспозиции склонов. По преобладанию гравитационных движений того или иного вида и характеру рельефообразующих процессов выделяют склоны обвальные, оползневые и др. Механизмы их достаточно разнообразны. Например, оползни (скользящее смещение масс горных пород вниз по склону под влиянием силы тяжести) могут образовываться вследствие подмыва склона, переувлажнения, сейсмических толчков и др.;

солифлюкционные процессы развиваются в результате медленного передвижения почв и рыхлых грунтов под влиянием попеременного протаивания - промерзания и силы тяжести.

Преобразованию земной поверхности в огромной мере способствуют *флювиальные* (эрозионно-аккумулятивные) процессы — совокупность процессов, осуществляемых текучими поверхностными водными потоками. Водные потоки разделяют на постоянные (реки) и временные, а временные в свою очередь - на русловые (овраги и балки) и нерусловые (склоновые) [15]. Результатом флювиальных процессов является размыв водными потоками земной поверхности в одних местах и одновременный перенос и отложение продуктов размыва в других, в результате чего в одно и то же время образуются как выработанные (эрозионные), так и аккумулятивные формы рельефа.

Флювиальные процессы развиваются в пределах речных бассейнов, в которые входят речные, овражно-балочные и склоновые системы. Центральным элементом речных бассейнов являются реки - водные потоки, текущие в естественных руслах и питающиеся за счет поверхностного и подземного стока со своих бассейнов. Реки разделяются на две группы: горные реки с быстрым течением, текущие обычно в узких долинах, и равнинные реки, имеющие более медленное течение и широкие террасированные долины. Наиболее крупные реки: в Российской Федерации - Обь, Енисей, Амур, Лена, Волга; в зарубежных странах — Нил, Миссисипи, Амазонка, Янцзы. Реки характеризуются своим режимом - изменением уровней, расходом, скоростью течения, температурой воды и другими явлениями, зависящими главным образом от характера питания рек и климатических условий местности, по которой они протекают. Суммарный годовой сток рек в Мировой океан - 42 тыс. км<sup>3</sup>. Реки - важнейший элемент природной среды: источник питьевой и промышленной воды, естественный водный путь, постоянно возобновляемый источник гидроэнергии, местообитание рыб и других пресноводных организмов, а также водной растительности.

*Гляциальные процессы* — процессы, связанные с деятельностью льда, т.е. с современным или прошлым оледенением территории. Такие процессы могут развиваться при условии оледенения некоторой территории — достаточно длительного существования большого количества льда в пределах участка земной поверхности, в первую очередь в виде ледников - движущихся скоплений льда. Эрозионная деятельность ледников (экзарация) сводится к выпаживанию коренного ложа ледника обломками горных пород, вмержшими в движущийся лед, аккумулятивная деятельность - к формированию специфических отложений в виде скопления несортированных обломков горных пород, переносимых или отложенных ледниками образований, — морены. В геологическом прошлом наиболее крупные колебания климата приводили к чередованию ледниковых эпох (ледниковий) и межледниковий. В наиболее близкое к нам время - в плейстоцене - насчитываются шесть ледниковых периодов и пять межледниковий. В результате таяния ледников образуются мощные водные потоки, которые формируют флювиогляциальные отложения (отложения водно-ледниковых потоков) и рельеф. В районах, характеризующихся отрицательной температурой горных пород и почв, наличием подземных льдов и многолетней мерзлоты, получили распространение специфические, криогенные процессы: пучение и наледообразование; криогенное выветривание, морозная сортировка, криогенный крип, солифлюкция и др.; морозное растрескивание; термокарст.

*Карстовые процессы* — процессы растворения, или выщелачивания, и отчасти размыва трещиноватых растворимых горных пород движущимися подземными и поверхностными водами и связанное с этим образование специфических карстовых западных форм рельефа на поверхности Земли и различных пустот, каналов и пещер в глубине. Помимо карстовых выделяют процессы псевдокарста (ложного карста), когда происходит образование форм, внешне напоминающих карст, но обусловленных иными процессами.

*Эоловые процессы* - процессы, обусловленные деятельностью ветра: выдувание или развевание рыхлого материала (дефляция), обтачивание и разрушение твердых пород обломочным материалом, влекомым ветром (корразионные ниши и эоловые «каменные грибы», «каменные столбы» и т.д.), перенос эолового материала и его аккумуляция (грядовые пески, барханы, барханные цепи и параболические дюны и пр.). Эти процессы распространены в местах разреженного растительного покрова и сильных ветров.

*Береговые морские процессы* происходят в пределах береговой зоны, на границе суши и океана. В результате трансформации и рассеивания энергии морских волн при взаимодействии с литосферой формируются абразионные берега - высокие отступающие берега водоемов и аккумулятивные берега - наступающие берега, сложенные наносами, приносимыми волнами и прибоем. В результате действия поперечного перемещения наносов формируется пляж — скопление наносов в зоне прибойного потока. Считается, что с процессом поперечного перемещения наносов связано также образование подводных валов - аккумулятивных форм, сложенных обычно песчаным материалом и тянущихся вдоль берега параллельно друг другу.

*В пределах дна Мирового океана распространены гравитационные процессы* — процессы, в возникновении и развитии которых основная роль принадлежит силе тяжести. В настоящее время среди гравитационных процессов дна Мирового океана выделяют процесс медленного сползания или оплывания толщ осадков на относительно пологих склонах (крип); подводные оползни; мутьевые потоки - течение водной суспензии твердых частиц; донные и постоянные поверхностные течения, формирующие огромные осадочные хребты; донная аккумуляция, ведущая к изменению рельефа дна за счет погребения коренных неровностей. Большую роль в формировании экзогенных форм рельефа дна Мирового океана играет биогенный фактор - деятельность рифостроителей, накопление рыхлого материала в результате отмирания организмов, разрушение и разрыхление горных пород вследствие деятельности различных камнеточцев, переработка донных грунтов илоедом и т.д.

Усиливающееся воздействие человека на земную поверхность обуславливает необходимость изучения *антропогенных рельефа и отложений* — совокупности форм земной поверхности и отложений, измененных или созданных деятельностью человека. Различают сознательно созданные формы антропогенных рельефа и отложений, производимые при мелиорации (террасирование и обвалование склонов, постройка оросительных и дренажных сетей), строительстве (насыпи, выемки, каналы, дамбы) и др., и стихийно возникающие в результате неправильного ведения сельского и лесного хозяйства, подземного строительства, прокладки дорог и т.п. (овраги, оседание поверхности над горными выработками, подвижные пески и др.).

Кроме представленных выше следует указать *космогенный процесс, связанный с падением метеоритов*, которые оставляют следы в виде кратеров. Помимо крупных тел на

поверхность Земли попадает космическое вещество в виде пыли и микрометеоритов, количество которого в общем балансе рыхлых отложений, перемещающихся на поверхности рельефа, невелико.

### *Взаимодействие экзогенных и эндогенных процессов*

Для понимания процессов формирования отложений и рельефа поверхности имеют большое значение концепции взаимодействия экзогенных и эндогенных процессов [8, 9, 13, 23, 26]. В науках о Земле обсуждение этого взаимодействия длится довольно давно. В 1763 г. М.В. Ломоносов уже рассматривал такую идею. Во второй половине XVIII в. были разработаны учения о силах, принимающих участие в образовании земной коры и вызывающих изменения ее поверхности, - нептунизм и плутонизм. Так, Г.А. Вернер (нептунист) считал, что Мировому океану принадлежит исключительная роль в образовании горных пород, слагающих земную поверхность, и в выработке рельефа. В свою очередь Дж. Геттон (плутонист) ввел в науку понятие о геологическом цикле, рассматривал изменения рельефа как составную часть геологического развития недр Земли. Концепцию медленного и непрерывного изменения земной поверхности под влиянием процессов, действующих и в настоящее время, выдвинул Ч. Лайель, который полагал, что основные формы рельефа возникают как результат движения земной коры, а затем нивелируются, разрушаются под действием внешних сил.

В 1899 г. В. Дэвис опубликовал учение о географических (геоморфологических) циклах, дав свое видение взаимодействия эндогенных и экзогенных процессов [9]. По признаку ведущего экзогенного процесса Дэвис выделил «нормальный» (водно-эрозионный), ледниковый, морской и аридный (эоловый) циклы развития рельефа. Деятельность каждого из этих ведущих процессов протекает стадийно и дает разные результаты в условиях разной геологической структуры, но в конечном счете ведет к выравниванию рельефа, к образованию почти равнины (пенеплена). Новый цикл развития, по Дэвису, наступает при тектоническом (эндогенном) поднятии пенеплена, а последовательное развитие рельефа от ранней (юной) стадии к стадии дряхлости может нарушаться тектоническими или климатическими изменениями.

Связь денудационных процессов с вертикальными движениями земной коры рассматривал немецкий ученый В. Пенка (1924), разработавший принцип изучения тектонических движений на основе анализа рельефа [23]. Он полагал, что при анализе взаимодействия экзогенных и эндогенных процессов следует учитывать непрерывность и одновременность действия обоих этих процессов. Впоследствии модели взаимодействия экзогенных и эндогенных процессов усложнялись и уточнялись.

## Лекция №

### Тема: № 9 Инженерно-геологические изыскания

#### План:

1. Что входит в инженерно-геологические изыскания для строительства.
2. Комплекс услуг по инженерно-геологическим изысканиям для строительства
3. Этапы инженерно-геологических изысканий
4. Виды инженерных изысканий.

*Ключевые слова и фразы: этапы проектирования инженерно-геологических изысканий, виды инженер-геологов, процедура геологической отчетности*

#### Рекомендуемая литература по теме:

1. С.А. О'Flaherty. Хейвэйс: расположение, проектирование, строительство и обслуживание тротуаров. Великобритания, Баттерворт Хайнеманн, 2005, 553 р.
2. Ф.Г. БЕЛЛ ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ, второе издание 2007 г.
3. В. П. Ананьев, А. Д. Потапов «Инженерная геология». Москва, Высшая средняя школа, 2005
8. В. Юнусов, З.С. Убайдуллаева "Инженерно-геологические изыскания" -1994.

Инженерно-геологические изыскания – комплекс работ по исследованию геологических условий площадки, на которой будет производиться строительство. В рамках исследований изучается рельеф, особенности и характеристики грунтов и подземных вод, анализируются, оцениваются и прогнозируются изменения геологической среды. В результате выполнения инженерно-геологических изыскательских появляется информация о наличии опасных геологических факторов (подтопление, оползневые и карстовые процессы, просадка грунта и пр.). Это, в свою очередь, дает возможность разработать рекомендации для принятия мер по ослаблению или предотвращению развития геологических процессов, способных привести к повреждению или разрушению объекта.

#### Комплекс услуг по инженерно-геологическим изысканиям для строительства

Объем работ при выполнении инженерно-геологических изысканий включает:

- Сбор и анализ материалов о геологических изысканиях из архивов;
- Бурение (проходака) разведочных геологических скважин;
- Отбор проб грунта и грунтовых вод;
- Производство полевых испытаний грунтов;
- Исследования в лаборатории химических и физико-механических свойств грунтов и грунтовых вод;
- Исследование геологическошл строения и гидрогеологических условий участка;
- Выявление опасных геологических процессов и оценка влияния на будущее строение;
- Составление технического отчета.

#### Этапы инженерно-геологических изысканий

Инженерно-геологические (изыскательские) работы производятся в три этапа:

- Подготовительный – изучают материалы по участку из архивов и фондов;
- Полевой – отбор проб, полевые исследования, изучение грунтовых вод и т.п.;

- Камеральный – обработка полученных материалов, составление отчета, разработка изысканий.

### **Этапы инженерно-геологических изысканий**

Инженерно-геологические (изыскательские) работы производятся в три этапа:

- Подготовительный – изучают материалы по участку из архивов и фондов;
- Полевой – отбор проб, полевые исследования, изучение грунтовых вод и т.п.;
- Камеральный – обработка полученных материалов, составление отчета, разработка изысканий.

### **Виды инженерных изысканий**

Под **инженерными изысканиями для строительства** понимают комплексное изучение природных условий района строительства для получения необходимых данных, обеспечивающих разработку технически правильных и экономически целесообразных решений.

Различают инженерно–геологические, инженерно–гидрометеорологические, инженерно–геодезические изыскания и др.

**Инженерно-геологические изыскания** должны обеспечивать комплексное изучение инженерно-геологических условий района (площадки, участка, трассы) проектируемого строительства, включая рельеф, геологическое строение, сеймотектонические, геоморфологические и гидрогеологические условия, состав, состояние и свойства грунтов, геологические и инженерно-геологические процессы, и составление прогноза возможных изменений инженерно-геологических условий в сфере взаимодействия проектируемых объектов с геологической средой с целью получения необходимых и достаточных материалов для обоснования проектной подготовки строительства, в том числе мероприятий инженерной защиты объекта строительства и охраны окружающей среды.

**Техническое задание** на производство инженерно-геологических изысканий является неотъемлемой частью договорной документации (контракта). Программа изысканий как внутренний документ организации, выполняющей изыскательские работы, включается в состав договора (контракта) по требованию заказчика.

К составлению технического задания и программы на инженерно-геологические изыскания в сложных природных условиях следует привлекать (при необходимости) специализированные или научно-исследовательские организации, участвующие в составлении прогноза изменений инженерно-геологических условий на данном объекте.

При гидрометеорологическом обосновании проектных решений для экологически опасных сооружений и градостроительной документации инженерно-гидрометеорологические **изыскания** следует выполнять в комплексе с инженерно-экологическими изысканиями.

Необходимость выполнения отдельных видов гидрологических и метеорологических работ, их состав и объем следует устанавливать в программе инженерных изысканий на основе технического задания заказчика в зависимости от вида и назначения сооружений, их уровня ответственности, стадии проектирования, а также сложности гидрологических и климатических условий района (площадки, трассы) строительства и степени их изученности.

**Технический отчет** по результатам инженерно-гидрометеорологических изысканий для обоснований инвестиций в строительство должен содержать материалы, позволяющие оценить по каждому из рассматриваемых вариантов размещения объекта строительства: возможность воздействия на намечаемый объект строительства (трассу линейного сооружения) опасных гидрометеорологических процессов и явлений (ураганных ветров, гололеда, селевых потоков, снежных лавин и т.д.); возможность затопления территории (либо части ее), намечаемой для размещения объекта (трассы) строительства, с определением ориентировочных границ затапливаемого участка; подверженность территории ледовым воздействиям и формы их проявления; наличие и характер деформационных процессов, их направленность, интенсивность и возможность воздействия на площадку (трассу) строительства.

**Инженерно-экологические изыскания** выполняются для оценки современного состояния и прогноза возможных изменений окружающей природной среды под влиянием антропогенной нагрузки с целью предотвращения, минимизации или ликвидации вредных и нежелательных экологических и связанных с ними социальных, экономических и других последствий и сохранения оптимальных условий жизни населения.

Инженерно-экологические изыскания и исследования выполняются в соответствии с установленным порядком проведения проектно-изыскательских работ для поэтапного экологического обоснования намечаемой хозяйственной деятельности.

**Инженерно-геодезические изыскания** выполняются в процессе всего существования любого сооружения.

Можно выделить **четыре основных этапа**, имеющих отношение к инженерным сооружениям:

- изыскания,
- проектирование,
- строительство,
- эксплуатация.

Геодезические работы **предполагают**:

- инженерно–геодезические изыскания,
- инженерно–геодезическое проектирование,
- инженерно–геодезические работы по разбивке и строительству сооружений и исполнительные съемки,
- инженерно–геодезические работы по изучению деформаций сооружений в процессе эксплуатации.

Инженерно–геодезические изыскания (**ИГИ**) **включают**:

- развитие геодезических сетей для обеспечения геодезических работ при строительстве,
- производство топоъемок для обеспечения строительства топографическими материалами (планами, картами).

# Самостоятельная работа

## Форма и содержание организации самостоятельного образования

### Рекомендуемые темы для самостоятельного обучения. Рекомендуемые темы в модуле «Инженерная геология и механика грунтов»:

#### Рекомендуемые темы для самостоятельного обучения

№	Темы	Задания	Время исполнения	Всего:
				ТПЕ и АУА
1.	Свойства водостойких скважин.	Краткое содержание литературы, отдельные задания	8 - неделя	2
2.	Месторождения и методы определения наземных сооружений.	Подведите итог литературы, выполняйте индивидуальные задания	9 - неделя	2
3.	Месторождения и методы определения наземных сооружений.	Подведите итог литературы, выполняйте индивидуальные задания	9 - неделя	2
4.	Высшая теория равновесия грунта.	Подведите итог литературы, выполняйте индивидуальные задания	10 - неделя	2
5.	Высшая теория равновесия грунта.	Подведите итог литературы, выполняйте индивидуальные задания	10 - неделя	2
6.	Теория высшего равновесия грунта.	Подведите итог литературы, выполняйте индивидуальные задания	10 - неделя	2
7.	Основные особенности геотехнической классификации почв и их типы.	Подведите итог литературы, выполняйте индивидуальные задания	11 - неделя	2
8.	Твердые вещества в почве и их влияние на прочность почвы	Подведите итог литературы, выполняйте индивидуальные задания	12 - неделя	2
9.	Твердые вещества в почве и их влияние на прочность почвы	Подведите итог литературы, выполняйте индивидуальные задания	12 - неделя	2
10.	Этапы образования переломов и их значение	Подведите итог литературы, выполняйте индивидуальные задания	13 - неделя	2
11.	Особенности классификации улиц и типы улиц	Подведите итог литературы, выполняйте индивидуальные задания	13 - неделя	2

12.	Распространенность уличных происшествий в Узбекистане	Подведите итог литературы, выполняйте индивидуальные задания	14 - неделя	2
13.	Сейсмические точки, присвоенные им дополнительные точки и их применение	Подведите итог литературы, выполняйте индивидуальные задания	14 - неделя	2
14.	Что такое микросистемная карта и ее значение	Подведите итог литературы, выполняйте индивидуальные задания	15 - неделя	2
15.	Что такое микросистемная карта и ее значение	Подведите итог литературы, выполняйте индивидуальные задания	15 - неделя	2
16.	Дислокация и ее виды, значение	Подведите итог литературы, выполняйте индивидуальные задания	15 - неделя	2
17.	Дислокация и ее виды, значение	Подведите итог литературы, выполняйте индивидуальные задания	15 - неделя	2
18.	Распределение суглинистых почв в Узбекистане	Подведите итог литературы, выполняйте индивидуальные задания	16 - неделя	2
19.	Распределение суглинистых почв в Узбекистане	Подведите итог литературы, выполняйте индивидуальные задания	16 - неделя	2
20.	Сейсмические точки, присвоенные им дополнительные точки и их применение	Подведите итог литературы, выполняйте индивидуальные задания	14 - неделя	2
	<b>Всего:</b>			<b>40 часов</b>

Цель независимого обучения - получить более глубокое понимание различных дисциплин, в том числе книг, журнальных статей, Интернета и т. Д. Студенты выбирают и защищают темы, которые они изучают в науке

## GLOSSARIY

<b>ENGLISH</b>	<b>RUSSKIY</b>	<b>O'ZBEKCHA</b>	<b>IZOHLAR</b>
<b>GEOLOGY</b>	<b>GEOLOGIYA</b>	<b>GEOLOGIYA</b>	“geo” – yer, “logiya” – fan, yerning tarkibini, hususiyatlarini o'rganuvchi fan.
<b>ROCK</b>	<b>GORNAYA PORODA</b>	<b>TOG' JINSI</b>	Bir yoki bir necha minerallardan tashkil topgan tog' jinsiga aytiladi.
<b>MINERALS</b>	<b>MINERALBY</b>	<b>MINERALLAR</b>	Bir yoki bir necha kimyoviy elementlardan tashkil topgan moddalarga aytiladi.
<b>SOIL</b>	<b>GRUNT</b>	<b>GRUNT</b>	Inshoot zamini va qurilish xom ashyosi sifatida ishlatiladigan har qanday tog' jinsiga aytiladi.
<b>SOIL</b>	<b>POCHVA</b>	<b>TUPROQ</b>	O'simlik osadigan qatlam.
<b>GEOTECHNICAL CONDITIONS</b>	<b>INJENERNO – GEOLOGICHESKIE USLOVII</b>	<b>MUHANDIS-GEOLOGIK SHAROIT</b>	Qurilish bo'ladigan joydagi gruntlarning fizik- mexanik xususiyatlari, ularning Yoshi, qalinligi, qaysi yo'l bilan hosil bo'lganligi, Yer osti suvlarining chuqurligi ularning agressivligi, kimyoviy tarkibi hamda qurilish bo'ladigan joyda jarayon va hodisalarning tarqalganligini va ularga qarshi chora tadbirlar ishlab chiqilganligi tushuniladi.
<b>MINERALOGY</b>	<b>MINERALOGIYA</b>	<b>MINERALOGIYA</b>	Minerallarni o'rganuvchi fan.
<b>PETROGRAPHY</b>	<b>PETROGRAFIYA</b>	<b>PETROGRAFIYA</b>	Tog' jinslarini o'rganuvchi fan
<b>HYDROGEOLOGICAL</b>	<b>GIDROGEOLOGIYA</b>	<b>GIDROGEOLOGIYA</b>	Yer osti suvlarini o'rganuvchi fan.
<b>SOIL</b>	<b>GRUNTOVEDENIE</b>	<b>GRUNTSHUNOSLIK</b>	Gruntlarning tarkibini, xususiyatini o'rganuvchi fan.
<b>ENGINEERING GEODYNAMICS</b>	<b>INJENERNAYA GEODINAMIKA</b>	<b>MUHANDISLIK GEODINAMIKASI</b>	Hodisa va jarayonlarni o'rganuvchi fan.
<b>TECTONICS</b>	<b>TEKTONIKA</b>	<b>TEKTONIKA</b>	Yerning harakatini o'rganuvchi fan.
<b>HISTORICAL GEOLOGY</b>	<b>ISTORICHESKAYA GEOLOGIYA</b>	<b>TARIXIY GEOLOGIYA</b>	Yerning tarixini o'rganuvchi fan.
<b>SUBJECT WHICH INVESTIGATES LOESS</b>	<b>LYOSSOVEDENIE</b>	<b>LYOSSSHUNOSLIK</b>	Lyoss va lyossimon tog' jinslarining hosil bo'lishini, tarkibini va xususiyatlarini o'rganuvchi fan.
<b>REGIONAL ENGINEERING</b>	<b>REGIONALNAYA GEOLOGIYA</b>	<b>REGIONAL MUHANDISLIK</b>	Joylarda hududlarga, viloyatlarga, tumanlarga, bo'limlarga muhandis-geologik sharoitiga qarab o'rganuvchi fan.

<b>INFILTRATION WATER</b>	<b>ИНФИЛТРАЦИОННЫЕ ВОДЫ</b>	<b>ИНФИЛТРАЦИОННЫЕ ВОДЫ</b>	Yog'ingarchilik natijasida yer ostiga shimilgan Yer osti suvlarga aytiladi.
<b>MAGMATIC WATERS</b>	<b>ЮВЕНИЛЬНЫЕ ВОДЫ</b>	<b>ЮВЕНИЛЬНЫЕ ВОДЫ</b>	Vulqon otilishi va yerga shimilishi natijasida xosil bo'lgan Yer osti suvlarga aytiladi.
<b>SHALLOW WATERS</b>	<b>МЕЛКОВОДЕ</b>	<b>ЮЗАКИ СУВЛАР</b>	Suv o'tkazmaydigan qatlam ustida xosil bo'lgan Yer osti suvlarga aytiladi.
<b>GROUND WATERS</b>	<b>ПОЧВЕННЫЕ ВОДЫ</b>	<b>ТУПРОҚ СУВЛАРИ</b>	Tuproq qatlamida xosil bo'lgan Yer osti suvlarga aytiladi.
<b>THE WATER BETWEEN THE LAYERS</b>	<b>МЕЖДУ ПЛАСТОВЫЕ ВОДЫ</b>	<b>QATLAMLARAR O SUVLAR</b>	Ikkita suv o'tkazmaydigan qatlam orasida xosil bo'lgan Yer osti suvlarga aytiladi.
<b>FISSURE WATER</b>	<b>ТРЕЩИННЫЕ ВОДЫ</b>	<b>YORIQ SUVLARI</b>	Qoya tog' jinslarining yoriqlarida xosil bo'lgan Yer osti suvlarga aytiladi.
<b>SOIL WATER</b>	<b>GRUNTOVЫЕ ВОДЫ</b>	<b>GRUNT SUVLARI</b>	Birinchi suv o'tkazmaydigan qatlam ustida hosil bo'ladigan va erkin yuzaga ega bo'lgan Yer osti suvlarga aytiladi.
<b>KARST WATER</b>	<b>КАРСТОВЫЕ ВОДЫ</b>	<b>KARST SUVLARI</b>	Karst yoriqlarida xosil bo'lgan Yer osti suvlarga aytiladi.
<b>KARST</b>	<b>KARST</b>	<b>KARST</b>	"o'pirilish" degan ma'noni anglatadi.
<b>EROSION</b>	<b>ЕРОЗИЯ</b>	<b>ЕРОЗИЯ</b>	"yuvaman" degan ma'noni anglatadi.
<b>ABRASION</b>	<b>АБРАЗИЯ</b>	<b>АБРАЗИЯ</b>	"yemiraman" degan ma'noni anglatadi.
<b>INUNDATION</b>	<b>SEL</b>	<b>SEL</b>	Arabcha so'zdan olingan bo'lib "kuchli tez oquvchan suv oqimi" degan ma'noni anglatadi.
<b>EARTHQUAKE</b>	<b>ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ</b>	<b>ZILZILA</b>	Yerning silkinishiga tushuniladi.
<b>EOLATION</b>	<b>ЕРОЗИЯ</b>	<b>NURASH</b>	Mineral va tog' jinslarini tabiiy omillar ta'sirida yemirilishiga aytiladi.
<b>ILLUVIAL SEDIMENTS</b>	<b>ЭЛЮВИАЛЬНЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ</b>	<b>ЭЛЮВИАЛЬНЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ</b>	Nuragan tog' jinsi o'z joyida qolishiga aytiladi.
<b>ALLUVIUM SEDIMENTS</b>	<b>АЛЛЮВИАЛЬНЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ</b>	<b>АЛЛЮВИАЛЬНЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ</b>	Nuragan mahsulotni doimiy suvlar olib kelib yotqizgan tog' jinsiga aytiladi.
<b>PROLUVIAL SEDIMENTS</b>	<b>ПРОЛЮВИАЛЬНЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ</b>	<b>ПРОЛЮВИАЛЬНЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ</b>	Nuragan mahsulotni vaqtinchalik suvlar suvlar olib kelib yotqizgan tog' jinsiga aytiladi.
<b>DELUVIAL SEDIMENTS</b>	<b>ДЕЛЮВИАЛЬНЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ</b>	<b>ДЕЛЮВИАЛЬНЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ</b>	Nuragan mahsulotni qor, yomg'ir suvlari tog' yon bag'irlariga olib kelib yotqizgan tog' jinsiga aytiladi.
<b>AEOLIAN SEDIMENTS</b>	<b>ЭОЛОВЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ</b>	<b>ЭОЛОВЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ</b>	Nuragan mahsulotni shamolning geologic ishi natijasida olib kelib yotqizgan tog' jinsiga aytiladi.
<b>ICE SEDIMENTS</b>	<b>ЛЕДЯНЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ</b>	<b>МУЗОВЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ</b>	Qorlarning xarakati natijasida nuragan mahsulotni olib kelib yotqizgan tog' jinsiga aytiladi.

			aytiladi.
<b>FLYUVIOGL YATSIAL SEDIMENTS</b>	<b>FLYUVIOGLY ASIALNĬE OTLOJENIYA</b>	<b>FLYUVIOGIATSI ONAL YOTQIZIQLAR</b>	Suv-muz yotqiziq-lari.
<b>STRUCTURE</b>	<b>STRUKTURA</b>	<b>STRUKTURA</b>	Mineral yoki tog' jinslarining ichki tuzilishi.
<b>TEXTURE</b>	<b>TEKSTURA</b>	<b>TEKSTURA</b>	Minerallarning joylashuvi.
<b>GRESSIVENE SS</b>	<b>AGRESSIVNO ST</b>	<b>AGRESSIVLIK</b>	Yer osti suvlarining muhandis inshootlarning beton qismini yemirishi.
<b>LAYER</b>	<b>SLOY</b>	<b>QATLAM</b>	Ma'lum qalinlikka va tarqalish masofasi uzun bo'lgan tog' jinsiga tushuniladi.
<b>A SMALL LAYER</b>	<b>PROSLOYKA</b>	<b>QATLAMCHA</b>	Qalinligi kichik, tarqalish masofasi uzun bo'lgan tog' jinsi tushuniladi.
<b>LENS</b>	<b>LINZA</b>	<b>LINZA</b>	Qalinligi katta, tarqalish masofasi kichik tog' jinsiga tushuniladi.
<b>FRACTION</b>	<b>FRAKSIYA</b>	<b>FRAKSIYA</b>	O'lchamlari va xususiyatlari bir biriga yaqin bo'lgan grunt donachalariga aytiladi.
<b>HYDROISO HYPSES</b>	<b>GIDROIZOGI PS</b>	<b>GIDROIZOGIPS</b>	TYer osti suvlarini harakatini ko'rsatuvchi xarita.
<b>EXOGENOU S PROCESSES AND PHENOMEN A</b>	<b>EKZOGENNĬE PROTSESSĬ</b>	<b>EKZOGEN JARAYON VA HODISALAR</b>	Yer ustida hosil bo'ladigan jarayon va hodisalarga tushuniladi
<b>ENDOGENO US PROCESSES AND PHENOMEN A</b>	<b>ENDOGENNĬE EPROTSESSĬ</b>	<b>ENDOGEN JARAYON HODISALAR</b> VA	Yer ostida hosil bo'ladigan jarayon va hodisalarga tushuniladi.

**РЕСПУБЛИКА УЗБЕКИСТАН**  
**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ**  
**ТЕРМИЗСКИЙ ФИЛИАЛ**  
**ТАШКЕНТСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА**

Принят по списки

№ “-----“ -----

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г.

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

\_\_\_\_\_ дотцент Ф.Ж. Носиров

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г.

**Практическое занятие ПО**  
**« Инженерная геология. Механика грунтов.**  
**Основания и фундаменты»**

для специальности  
«Строительство и эксплуатация зданий и сооружений»  
(базовая подготовка)

Сфера знания: 300 000 - Производство и техническая отрасль

Сфера образования: 340 000 - Архитектура и строительство зданий

Образовательная Направление: 5340600 – Эксплуатация транспортнх сооружеение.

5340800 –Автомобильные дороги и аэродромы

## • Практическое занятие № 1 (4 часа)

### • Тема: Определение геологических особенностей инженерных пород.

В земной геология (греч. "гео" - земля, "логос" - учение) - одна из важнейших наук о Земле. Она занимается изучением состава, строения, истории развития Земли и процессов, протекающих в ее недрах и на поверхности. По геофизическим данным в строении Земли выделяется несколько оболочек: земная кора, мантия и ядро Земли. Предметом непосредственного изучения геологии являются земная кора и подстилающий твердый слой верхней мантии - литосфера (греч. "литос" - камень). Одним из нескольких основных направлений в геологии является изучение вещественного состава литосферы: горных пород, минералов, химических элементов. Форма Земли обычно именуется земным шаром. Установлено, что масса Земли равна  $5976 \cdot 10^{21}$  кг, объем  $1,083 \cdot 10^{12}$  км<sup>3</sup>. Средний радиус 6371,2 км, средняя плотность 5,518 кг/м<sup>3</sup>, среднее ускорение силы тяжести 9,81 м/с<sup>2</sup>. Форма Земли близка к трехосному эллипсоиду вращения с полярным сжатием: у современной Земли полярный радиус 6356,78 км, а экваториальный 6378,16 км. Длина земного меридиана составляет 40008,548 км, длина экватора 40075,704 км. Земная кора сложена горными породами. Минералы входят в состав горных пород, хотя иногда создают и свои отдельные скопления. Минералы изучает наука *минералогия*, а горные породы — *петрография*. Минералами называются природные тела, имеющие определенный химический состав, физические свойства и образующиеся в результате различных физико-химических процессов, протекающих в коре. Минералы могут состоять либо из одного химического элемента (сера, алмаз, гранит и т. д.), либо из химических соединений ряда элементов (кварц, слюда, ортоклаз и т. д.) (табл.1). Они бывают твердыми (кварц, малахит, поваренная соль и др.), жидкими (ртуть, вода) и газообразными (метан, сероводород и др.). Большинство минералов – твердые кристаллические тела. В настоящее время известно около 7000 названий минералов. Около 50 минералов составляют основную массу горных пород и называются- породообразующими.. Различают следующие внешние физические свойства минералов: цвет, цвет черты, прозрачность, блеск, твердость, спайность, излом, плотность и др. Цвет. Для некоторых минералов цвет является постоянным признаком (малахит, азурит). Для большинства минералов этот признак непостоянен. Например: флюорит встречается белый, желтый, зеленый, красный, т.е. в семи цветах. Цвет черты. (цвет минерала в порошке). Цвет черты оставленной минералом на неглазированной фарфоровой пластинке, характеризует окраску минерала в порошке. У минералов одного и того же цвета в куске цвета черты может быть разным, что позволяет различать их по составу. Прозрачность. По прозрачности различают минералы: вообще не прозрачные (металлы и их руды), прозрачные, подобно чистому стеклу (горный хрусталь, кальцит и др.), просвечивающие, подобно матовому стеклу и просвечивающие по тонкому краю. К последним относится большинство минералов. Блеск. Зависит от способности минералов преломлять и отражать лучи света и от характера отражающей поверхности кристалла или от его излома. По характеру блеска минералы делятся следующие группы:- алмазный – интенсивный блеск, свойственный немногим прозрачным или просвечивающим минералам. стеклянный – встречается у большинства прозрачных и просвечивающих минералов (кварц, кальцит, каменная соль, галит) - жирный – поверхность минерала кажется смазанной пленкой жира (тальк и др.) шелковистый – у волокнистых минералов (асбест)- матовый – у минералов, поверхность которых практически не зависит-металлический – у большинства металлов и их руд обладает металлическим блеском. Минералы с таким блеском непрозрачны.

Твердостью минерала называют его способность противостоять давлению или резанию

острым предметом. Относительная твердость минерала определяется сопоставлением с другими минералами, твердости которых заранее известна. Для определения твердости по свежей поверхности испытуемого минерала проводят слегка надавливая, острым краем другого минерала, и если на испытуемом минерале получается углубленная черта, то его твердость ниже твердости минерала, с помощью которого проведена эта черта. Твердость минералов является в известной степени показателем их прочности и способности к истиранию. Эталонами твердости являются 10 минералов, составляющих шкалу твердости предложенную Ф.Моосом.

• Шкала твердости.

• Табл.2

Наименование минерала	Твердость	Заменители в полевых условиях
Тальк	1	мягкий карандаш оставляет царапину, легко чертится ногтем
Гипс	2	чертится ногтем
Кальцит	3	латунная монета оставляет царапину
Флюорит	4	стекло оставляет царапину
Апатит	5	перочинный нож оставляет царапину, а минерал на поверхности ножа оставляет неясную царапину, стекло не царапает
ортоклаз (полевой шпат)	6	нож оставляет едва заметную царапину, царапает стекло
Кварц	7	ножом не чертится
Топаз	8	режет стекло, кварц не царапает
Корунд	9	царапает кварц
Алмаз	10	-

Спайность. Способность кристаллических минералов раскалываться при ударе по определенным направлениям с образованием гладких плоскостей раскола. Она проявляется по направлениям наименьшей силы сцепления между частицами. Минералы отличаются друг от друга по наличию или отсутствию спайности. Спайность может быть: А) весьма совершенной, называется такая спайность, при которой минерал легко руками расщепляется на отдельные пластинки, разделенные гладкими блестящими параллельными поверхностями плоскостей спайности, Например: спайность слюды. Б) совершенной спайностью обладают минералы, при ударе молотком легко раскалывающиеся по равным параллельным плоскостям (каменная соль, ортоклаз) В) несовершенная спайность, когда на осколках минерала только местами бывают заметны небольшие гладкие площадки (апатит, пирит) Г) спайность отсутствует. При отсутствии спайности минерал при ударе раздробляется без образования признаков плоскостей (кварц). Излом. Неровная поверхность минерала, образующаяся при отколе. Различные минералы дают при раскалывании тот или другой характер поверхности излома. Различают излом по спайности (кальцит), раковистый (кварц), землистый (каолинит) и др. Плотность. Минералов с большой точностью определяет в лабораториях. При известном навыке его можно приблизительно определять взвешивая на ладони. Минералы с плотностью более 4 относятся к группе тяжелых, от 2-4 к средним, 1-2 к легким.

• Породообразующие минералы.

Группа	Название минерала и его химический состав	Твердость	Блеск	Цвет	Излом и спайность
Сульфиды	Пирит	6-6,5	Сильно металлический	Золотисто или ржаво желтый	неровный раковистый излом
Хлориды	Галит	2-2,5	Стеклообразный	бесцветный, белый	весьма совершенная спайность в 3-х направлениях под 90°
	Флюорит	4		бесцветный, белый, фиолетовый	совершенная спайность по кубу.
Окислы и водные окислы	Кварц	7	стеклянный, жирный	белый, бесцветный	раковистый, неровный излом
	Опал	5-6	тусклый, жирный	белый, желтый, серый	
	Лимонит	1-5	тусклый, матовый	желто-бурый	змеистый излом

Карбонаты	Кальцит	3	стеклянный, перламутровый	белый, бесцветный	совершенная спайность в 3-х направлениях
	Доломит	3,5-4		желтый, серый	соверш.спайность по ромбу
Сульфаты	Гипс	2			весьма совершенная спайность в 3-х направлениях под 90
	Ангидрид	3-3,5		белый, сероватый	соверщ. спай-ность в 2-х направ.под 90 <sup>0</sup>
Фосфаты	Апатит	5	сильный, стеклян.жирный	зеленый, белый, желтоватый, фиолетовый, бурый, бесцветный	неровный излом, не совершенная спайность
Силикаты	Оливин	6,5-7		оливково-зеленый, буроватый, прозрачный	
	Авгит	5-6,5	Стекло- на- ный	зелено- черный, черный	раковистый излом, соверш.спайность в 2-х направ.под 90 <sup>0</sup>
	Роговая обманка	6,5-7	Шелковистый	темно-зеленый, черный	занозистый излом, совер. спайн.в 2-х направ.под 90 <sup>0</sup>
Слюда	Мусковит	2-3	стеклянный, перламутровый	бесцветный, желтоватый	спайность весьма совершенная в одном направлении
	Биотит	2-3		зелено- черный, черный	
Силикаты	Тальк	2-2,5	жирный, перламутровый	светло-зеленый, белый	спайн.весьма соверш. В одном направлении
	Хлорит	2-2,5	стеклянный	зеленый	

			ый, перламут ровый		
	Серпентин	2,5-4	стеклянн ый, жирный	черно- зеленый	занозистый излом
Силикаты	Каолинит	1	тусклый, матовый	белый, желтоваый	змеистый излом
	Ортоклаз	6	Стеглянн ый	белый, кремовый, розовый	спайн.соверш.в одном направ.
Полевые шпаты	Микроклин	6			сов.спайн.в 2-х направ.
	Лабрадор	6	стеклянн ый, перламут ровый	серый, голубой, синий	сов.спайн.в 2-х направ.

- Рассмотрим и изучим физические свойства минералов в лабораторных условиях:

•



- Вопросы для самопроверки.
- 1.Что такое минерал?
- 2.Как образуются минералы?
- 3. Какие физические свойства у минералов?
- 4.Цель изучение минералов?

## Практическое занятие № 2

### Тема: Определение геологических особенностей четвертичных отложений.

Горные породы представляют собой естественные минеральные агрегаты, образовавшиеся в результате остывания расплавленной магмы, накопления осадков, преобразования ранее существующих пород в процессе метаморфизма и залегающие в земной коре в виде самостоятельных геологических тел.

Наука, занимающаяся изучением горных пород, называется петрографией.

Минералы, входящие в состав горной породы и определяющие ее свойства, называются породообразующими. Каждый из породообразующих минералов составляет всегда более 5 % объема породы, а в сумме не менее 95 %; второстепенные минералы слагают в сумме до 5 % объема породы.

Если горные породы состоят из одного минерала (кварцит, известняк, каменная соль), они называются мономинеральными, если же из нескольких минералов полиминеральными (гранит, глина).

### Строение горной породы характеризуется структурой и текстурой.

*Структура* – внутреннее строение породы, ее минеральных зерен, связанное со степенью ее кристалличности, абсолютным и относительным размером зерен или обломков, их формой.

*Текстура* – особенность внешнего сложения горной породы, обусловленная характером размещения минеральных зерен в пространстве, их ориентировкой и окраской.

По условиям образования (*генезису*) горные породы условно делятся на три класса:

– *магматические* горные породы, возникающие путем кристаллизации природных силикатных расплавов внутри Земли и на ее поверхности;

– *осадочные* горные породы, образовавшиеся на суше в результате разрушения любых ранее существовавших пород и в результате жизнедеятельности и отмирания организмов или выпадения осадков из пересыщенных растворов;

– *метаморфические* горные породы, образовавшиеся путем коренного преобразования любых ранее существовавших пород под влиянием высоких температур и давления, а также гидротермальных растворов.

**Магматические** горные породы возникают путем кристаллизации природных силикатных расплавов внутри земной коры или на ее поверхности.

Тип магматических пород устанавливается, прежде всего, по фациальным условиям образования на два класса:

– класс *плутонических (интрузивных)*, т.е. полнокристаллических пород, происхождение которых связано с относительно длительной кристаллизацией магматического расплава в земной коре;

– класс *вулканических (эффузивных)*, т.е. порфировых или афировых пород с микрокристаллической или стекловатой основной массой, являющихся продуктами кристаллизации магмы, вышедшей на земную поверхность по вулканическим каналам и застывшей в течение короткого промежутка времени.

Рассмотрим и изучим физические свойства магматических горных пород в практических условиях:



Гранит



Кварцевый диорит



Сиенит



Туф



Пемза



Базальт



Габбро



Порфир



Лабродорит



Валуны



Глыбы



Гравий



Щебень



Песок



Лёсс



Супесь



Суглинок



Глина



**Конгломерат**



**Брекчия**



**Кварцевый песок**



**Красный песчанник**



**Аргелит**



**Алевролит**

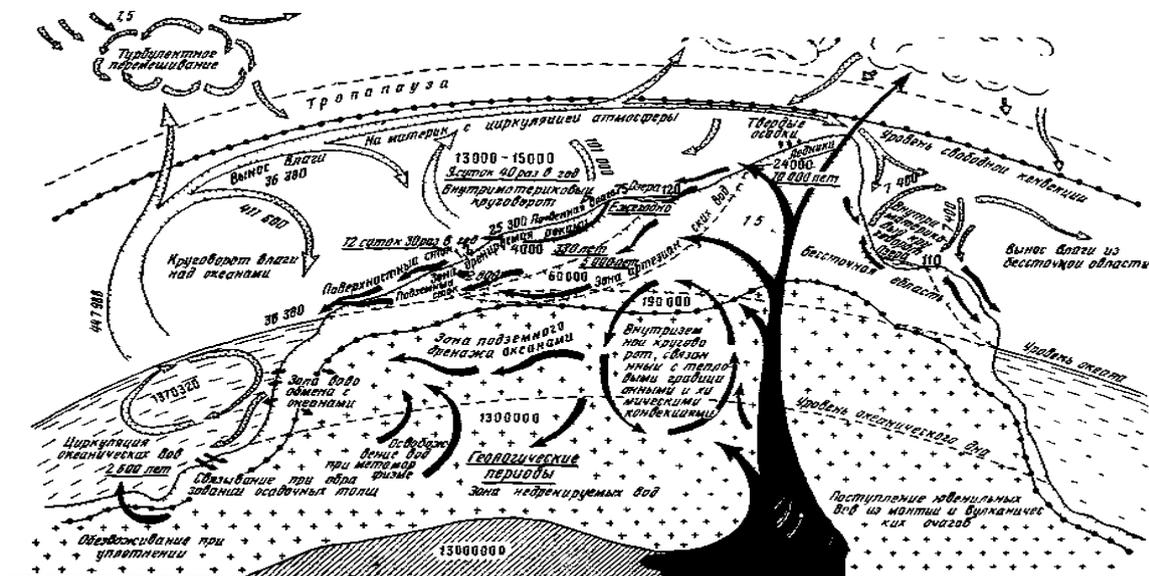
Вопросы для самопроверки.

- 1.Что такое горная порода?
- 2.Какие виды горных пород Вы знаете?
- 3.Как образуются магматические горные породы?
- 4.Какие разновидности магматических пород вы знаете?
- 5.Как образуются обломочные осадочные породы?
- 6.Какие породы относятся к обломочным породам и дайте их характеристику?
- 7.Как образуются химические осадки?
- 8.Какие породы относятся к химическим породам и их характеристики?
- 9.Как образуются органогенные осадочные горные породы?
- 10.Как образуются метаморфические горные породы?
- 11.На какие виды подразделяются метаморфические горные породы?

## Практическое занятие № 3

Тема: Определение гидрологических местности.

**Гидрогеология** – наука о происхождении, движении, развитии и распространении подземных вод в земной коре.



Принципиальная схема вод и земли.

1) Гидроизогипс – это линии соединяющие одинаковые абсолютные отметки поверхности грунтовых вод. Гидроизогипс составляется для самых высоких и самых низких уровней подземных вод.

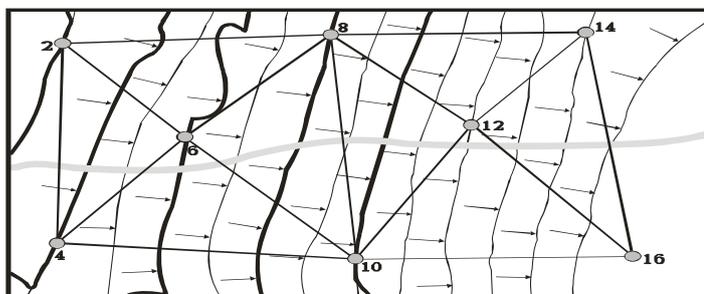
Для составления карты гидроизогипса необходимо топокарты территории строительства сооружений. На топокарте должна быть линия горизонталов показывающая рельеф территории. На карту заносится данные буровых скважин и шурфов и заодно данные об уровне подземных вод. Абсолютные отметки буровых скважин определяется нивелированием. Разность абсолютных отметок поверхности скважин и уровня подземных вод даст абсолютный уровень грунтовых вод. Например: абсолютные отметки поверхности скважин равен 418 м., уровни грунтовых вод составляет 4 м. от  $418\text{ м} - 4\text{ м} = 414\text{ м}$  абсолютная отметка поверхности грунтовых вод.

Далее произведем расчет абсолютных отметок поверхности грунтовых вод для всех разновидностей выработок по всей территории строительства сооружений. По методу интерполяции необходимо определить абсолютные отметки поверхности грунтовых вод между скважинами. Для этого разность абсолютных отметок грунтовых вод двух скважин разделяем на расстояние между скважинами.

Например: абсолютные отметки скважин №1 414м, скважины №2 410м, тогда разность абсолютных отметок грунтовых вод составляет  $414\text{ м} - 410\text{ м} = 4\text{ м}$ . Расстояние между скважинами 4м, значит на каждые см соответствует 1м. Находим точку абсолютными отметками между скважинами 413м, 412м, 411м. По равным способом находим абсолютные отметки грунтовых вод между всеми скважинами. Все точки с одинаковыми абсолютными отметками соединяем и образуются линия гидроизогипса. Линии гидроизогипсов можно провести через 0,5; 1; 1,5м в зависимости от расположения местности и от глубины залегания уровня грунтовых вод.

На карте гидроизогипса определяем направления движения грунтовых вод. Для этого на линии гидроизогипсов проводим перпендикуляр от большого значения по линии гидроизогипсов к меньшему.

По карте гидроизогипса можно определить характер движения подземных вод. По расположению гидроизогипса по отношению к руслу реки можно судить о взаимосвязи между поверхностными и подземными водами.



2) При составлении карты глубин залеганий подземных вод используют данные разведочных работ т.е данные измерений буровых скважин, шурфов и колодцев. Карты глубин залегания подземных вод составляют по сезону года. Для составления карты глубин залегания, необходимо следующие данные:

- 1.Топографическая карта территории.
- 2.Данные буровых скважин, шурфов и колодцев пробуренных в данной территории.
- 3.Результаты замера уровня грунтовых вод.
- 4.Карта гидроизогипса территории.

Для составления карты глубин залегания подземных вод все буровые скважины, шурфы и колодцы наносятся в карту с условием обозначения и на левой стороне по числителю пишутся номера выработки, по знаменателю глубина залегания подземных вод. На правой стороне выработки по числителю пишутся абсолютные отметки скважин, по знаменателю абсолютные отметки грунтовых вод. Определяется разность абсолютных отметок поверхности и глубины залегания подземных вод. Это даст глубину залегания подземных вод в данной точке. В зависимости от сложности рельефа определяют границу глубин залегания подземных вод горизонта 0,5; 1; 2; 3; 5; 10м и т.д. Что бы провести границы соединяются точки с одинаковым значением глубин залегания подземных вод. На карте выделяются участки с глубиной 0-0,5м; 0,5-1м; 1-2м; 2-3м; 3-5м; 5-10м и глубже 10м. выделенные участки заштриховываются или цветным карандашом раскрашиваются. Карты глубин залегания подземных вод используются при проектировании инженерных сооружений и в том числе транспортных сооружений.



Вопросы для самопроверки.

1. Как образуются метаморфические горные породы?
2. На какие виды подразделяются метаморфические горные породы?
3. Приведите пример к метаморфическим породам и дайте им характеристику?
4. В каких отраслях используют метаморфических горных пород?

#### Практическое занятие № 4

### Тема: Определение физических свойств грунтов методом расчета.

**Физические свойства грунтов.** Инженерно-геологические свойства горных пород являются весьма емким понятием, охватывающим их физические, водно-физические и механические свойства. *Плотность грунта* — это отношение массы породы, включая массу воды в ее порах, к занимаемому этой породой объему. Плотность породы зависит от минералогического состава, влажности и характера сложения (пористости)

$$P = m/V.$$

$$P_s = (m - m_B) / V_T,$$

где  $p_s$  — плотность грунта, г/см<sup>3</sup>, кг/м<sup>3</sup>, т/м<sup>3</sup>;  $m_B$  — масса воды в порах грунта, г;  $V_T$  — объем твердой части грунта, см<sup>3</sup>.

Плотность частиц грунта изменяется для всех горных пород в небольших пределах от 2,61 до 2,75 г/см<sup>3</sup> и для каждой генетической разновидности породы определяется только ее минералогическим составом.

*Удельный вес грунта* характеризует отношение веса грунта, включая вес воды в его порах, к занимаемому этим грунтом объему, включая поры, и может быть рассчитан следующим образом:

$$Y = P/g$$

где  $y$  — удельный вес грунта, Н/м<sup>3</sup>;  $g$  — ускорение свободного

$$p_d = (m - m_B) / V,$$

где  $p_d$  — плотность скелета породы (плотность сухого грунта),  $\text{г/см}^3$ ,  $\text{кг/см}^3$ ,  $\text{т/м}^3$ ;  $m—m_s = T$ , — масса сухого грунта, г;  $V$ — объем, занимаемый породой,  $\text{см}^3$ .

*Плотность скелета породы* — величина более постоянная по сравнению с плотностью породы и обычно вычисляется по данным определений плотности и влажности по формуле

$$p_d = p / (1 + 0,01Ж),$$

где  $p$  — плотность породы,  $\text{г/см}^3$ ;  $p_d$  — плотность скелета породы,  $\text{г/см}^3$ ;  $Ж$ —влажность породы, %.

$$Y = Y \&$$

где  $y_s$  — удельный вес частиц грунта,  $\text{Н/м}^3$ ,  $\text{кН/м}^3$ ,  $\text{МН/м}^3$ .

*Удельный вес сухого грунта* характеризует отношение веса сухого грунта ко всему занимаемому этим грунтом объему и может быть рассчитан следующим образом:

$$Y_d = P d g$$

где  $y_d$  — удельный вес сухого грунта,  $\text{Н/м}^3$ .

Физические значения плотности применяют для характеристики физических свойств горной породы грунта основания или строительного материала, а также в динамических расчетах оснований.

*Пористость пород* представляет собой характеристику пустот или свободных промежутков между минеральными частицами, составляющими породу.

Пористость обычно выражают в виде процентного отношения объема пустот к общему объему породы:

$$n = (V/V) \setminus m,$$

где  $V_{,}$  — объем пустот породы,  $\text{см}^3$ ;  $V$  — объем, занимаемый породой,  $\text{см}^3$ .

15. По какой формуле определяется число пластичности грунта?

16. К какой разновидности относится глинистый грунт, число пластичности которого  $IP > 5\%$ ?

17. Какое максимальное значение приобретает коэффициент насыщения грунта  $S_r$  ?

18. В каких единицах измеряется плотность грунта?

19. По какой формуле определяется плотность грунта?

20. В каком состоянии находится супесь, показатель текучести которой  $IL < 0$ ?

21. По какой формуле определяется пористость грунта?

22. В каких единицах измеряется плотность сухого грунта?

23. По какой формуле определяется показатель текучести грунта?

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 5

### Определение сопротивления сдвигу глинистых грунтов.

Изучение сопротивления грунтов сдвигающим усилиям, возникающим в результате воздействия различных инженерных сооружений, имеет большое значение для расчета давления грунтов на подпорные стенки, устойчивости оснований, оценки устойчивости откосов и для других инженерных расчетов.

Сопротивление сдвигу грунта зависит от его физического состояния- степени нарушенной естественной структуры, плотности, влажности. Сопротивление сдвигу грунта получают зависимостью, выражающийся уравнением Кулона:

$$S = P \cdot \tan \varphi_w + c_w$$

где  $P$ - нормальная нагрузка;  
 $\varphi_w$ - угол внутреннего трения;  
 $c_w$ - коэффициент сцепления.

В связанных грунтах сила сцепления имеет значительные величины и изменяется в зависимости от влажности структуры грунта.

Соппротивление сдвигу глинистых грунтов определяют по прибору Маслова-Лурье. Берут кольцо и срезают из монолита образец. Ставят кольцо на прибор и дают вертикальную нагрузку- $P_1$ . При помощи вертикальной нагрузки грунт сжимается. Потом дают постепенно горизонтальную (сдвигающую) нагрузку- $\tau_1$  до тех пор, пока грунт не сдвинется. Это испытания проводят 3 раза.

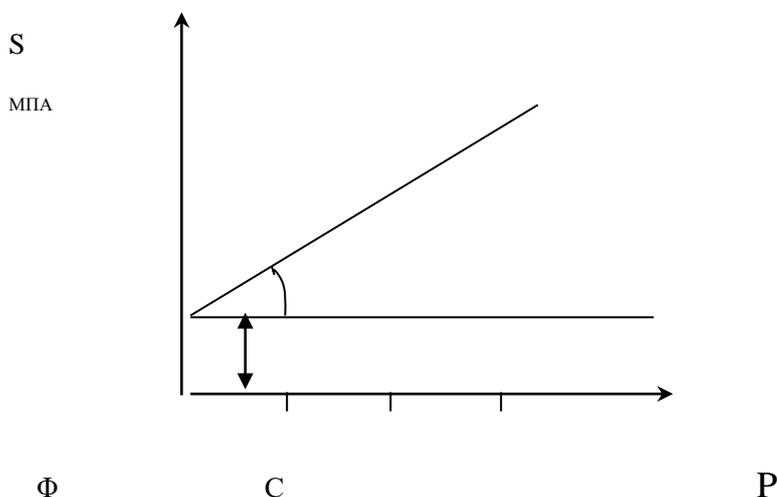


Берут показатели и заполняют таблицу:

$Z=10\text{см}$ ,  $F=40\text{см}^2$ ,  $Z$ -длина рычага,  $F$ - поперечное сечение кольца

№ Опы-тов	Вертикальная нагрузка		Сдвигающее напряжение		Параметры сдвига	
	Вес груза на подвесках $Q_{\text{вер}}$	Удельное давление $P = \frac{Q_{\text{вер}} \cdot Z}{F}$	Вес груза на подвеске $Q_{\text{гор}}$	Удельно есопроти вле-ние сдвига $\tau = \frac{Q_{\text{гор}} \cdot Z}{F}$	$\phi_w$	$C_w$
1						
2						
3						

График сопротивление сдвигу связанных грунтов изображается следующим образом:



По значениям угла внутреннего трения  $\phi_w$  и силы сцепления-  $c_w$  Определяется наименование и состояние глинистых грунтов(Приложение, таблица-1)

**Пример.** Глинистый грунт был подвергнут испытанию на сдвиг в приборе прямого по методу незавершенной консолидации.

В результате испытания получены следующие данные.

**Таблица**

Нормальная нагрузка $p_1=1\text{кГ/см}^2$	Влажность $W$ грунта после сдвига, %	25	28	32	37
	Сопротивление сдвигу $S_p W$ , $\text{кГ/см}^2$	0,95	0,65	0,45	0,35
Нормальная нагрузка $p_2=2\text{кГ/см}^2$	Влажность $W$ грунта после сдвига, %	25	30	34	36
	Сопротивление сдвигу $S_p W$ , $\text{кГ/см}^2$	1,30	0,85	0,70	0,65
Нормальная нагрузка $p_3=3\text{кГ/см}^2$	Влажность $W$ грунта после сдвига, %	25	27	32	37
	Сопротивление сдвигу $S_p W$ , $\text{кГ/см}^2$	1,75	1,40	1,05	0,95

Определить значение параметров сдвига  $\phi_w$  и  $c_w$  глинистого грунта при влажности  $W_1=26\%$ ,  $W_2=36\%$ .

Вопросы для самопроверки.

1. От чего зависит сопротивление сдвигу глинистых грунтов?
2. Чем отличается сопротивление сдвигу связных грунтов от несвязных?
3. Какие параметры сопротивления сдвигу вы знаете?

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 6

Определение степени сжатия грунта Компрессионные испытания грунтов.

**Сжимаемость грунтов (способность уплотняться под нагрузкой) определяют при прочих равных условиях величину осадки сооружения.**

Показатели сжимаемости, определенные в условиях невозможности бокового расширения грунта, называются компрессионными характеристиками.

Компрессионные характеристики имеют вид графиков зависимости коэффициента пористости грунта от нагрузки или модуля осадки грунта.

Построение графиков производится по данным компрессионных испытаний образца грунта, вполне определенными начальными минимальными размерами и параметрами физического состояния грунта.

Компрессионные испытания проводятся в компрессионных приборах конструкции Гидропроекта и состоят в уплотнении образца грунта, увеличивающейся ступенями нагрузкой (в условиях невозможности бокового расширения грунта) с фиксацией деформации сжатия.

### Ход определения

1. Кольцо компрессионного заряжают грунтом, компрессионные характеристики следует определить.
2. Фиксируют:
  - а) наименование грунта;
  - б) плотность грунта;
  - в) объемную массу грунта;
  - г) влажность грунта;
  - д) коэффициент водонасыщения;
  - е) начальный коэффициент пористости;
  - ж) начальную высоту образца;
  - з) сечение образца.
3. Устанавливают кольцо с грунтом в стакан компрессионного прибора.
4. Устанавливают штамп на поверхность образца, приводят в рабочее положение рычажную систему прибора и устанавливают два индикатора часового типа для фиксации деформаций уплотнения.
5. Фиксируют начальные отсчеты индикатора и прикладывают первую ступень нагрузки, которую выдерживают до условной стабилизации осадки, соответствующей приращению деформации условной стабилизации осадки, (соответствующей приращению) от первой ступени нагрузки, прикладывают вторую ступень и т.д.
6. Интенсивность нагрузки, отсчета по индикатором и результаты дальнейшей обработки данных опыта фиксируются в таблице.



прибора  
которого

Тип грунта	Нагр Q	П е р е ч и с л о Z	Поп е р е ч н о е сече ние обра зца F	Удельная нагрузка образца P	Отсчеты по деформации					Отн. Деформация L	Коеф. пористости E <sub>p</sub>	Модуль осадки мм/м L <sub>p</sub>
					Индикатор		Уплотнение грунта по индикат.					
					Левый	Правый	Левый	Правый	Средний Δh <sub>ср</sub>			
Супесь	2 кг	30 см	60 см <sup>2</sup>									
	4 кг											
	8 кг											
	12 кг											
	12 кг + вода											

$$L = \frac{\Delta h_{\text{ср}}}{h}; E_p = E_0 - L(1 + E_0);$$

$$L_p = L \cdot 1000 = \frac{\Delta h}{h} \cdot 1000 \text{ мм/м}$$

h- высота кольца, h=24мм

### Задание

По результатам выполненной работы:

а) построить график зависимости  $E=f_1(P)$ ;  $L_p=f_2(P)$  для испытанных разновидностей грунтов;

б) определить коэффициент сжимаемости по формуле:

$$a = \frac{E_1 - E_2}{P_2 - P_1},$$

где  $a$  - коэффициент сжимаемости или уплотнения грунта;

$E_1$ - начальный коэффициент пористости грунта;

$E_2$ - конечный коэффициент пористости;

$P_1$ - начальное давление на грунт;

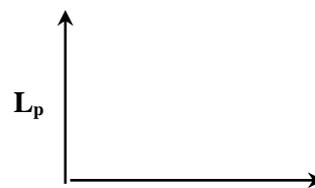
$P_2$ - конечное давление на грунт.

в) определить степень сжимаемости по коэффициенту сжимаемости

(приложение, таб.№2).



0 Р  
Компрессионная кривая вида  
 $E=f_1(P)$ ;



0 Р  
Компрессионная кривая вида  
 $L_p=f_2(P)$

Вопросы для самопроверки

1. Что называется компрессионными испытаниями грунта?
2. Какие параметры компрессионных испытаний Вы знаете?
3. Как определяется коэффициент сжимаемости грунтов?
4. Что такое просадка грунта?
5. Что такое осадка грунта?

## Практическое занятие № 7

### Определение угла естественного откоса песков.

Углом естественного откоса называют угол, при котором неукрепленный откос песчаного грунта сохраняет равновесие или угол, под которым располагается свободно насыпаемый песок. Угол естественного откоса определяют в воздушно-сухом состоянии и под

водой. Угол естественного откоса определяется прибором «УО» конструкции Д.И. Знаменского.

А. Определение угла естественного откоса песка в воздушно-сухом состоянии.

Ход определения.

1. Вынуть вкладыш из банки прибора и поставить его на ровную поверхность.
2. Насыпать испытуемый грунт обе части вкладыша.
3. Придать песку ровную горизонтальную поверхность и удалить избыток песка с помощью линейки.
4. Осторожно поставить вкладыш с грунтом внутрь банки так, чтобы оси вкладыша в пазы подшипников.
5. Плавно, без толчков и сотрясения повернуть вкладыш при помощи ручки на угол  $45^{\circ}$  до упора.



При повороте вкладыша часть грунта отсыпает в банку, а оставшаяся часть образует с нижней стенкой вкладыша угол, который и является углом естественного откоса.

6. Определить угол откоса грунта в обеих частях вкладыша по делениям, нанесенным на его стенках.

В таблицу занести отсчет по двум частям вкладыша и определить среднее значение угла естественного откоса.

Б. Определение угла естественного откоса под водой.

1. Насыпать во вкладыш песок как в пункте А.
2. Заполнить банку водой до верхней метки.
3. Остальной ход определения угла естественного откоса под водой так же, как в пункте А.
4. Замерить угол откоса в обеих частях вкладыша и среднее значение из двух отсчетов занести в таблицу.

№ Опыта	Описани е образца	Угол откоса песка в градусах		
		воздушно-сухой состоянии	Под водой	Водонасыщенный
1				
2				
Среднее				

Вопросы для самопроверки.

1. Что называют углом естественного откоса?
2. Для чего определяется угол естественного откоса песка?

### Практическое занятие № 8

#### Расчет физических свойств грунн методом расчета

Расчёт параметров сдвига по методике Гидропроектa при небольшом количестве опытных данных.

При проведении опытов на приборах прямого сдвига параметры сдвига определяются по формуле:

$$tg \varphi_w = \frac{n \sum_l^l s_i p_i - \sum_l^l p_i \sum_l^l s_i}{n \sum_l^l p_i^2 - \left( \sum_l^l p_i \right)^2};$$

$$c_w = \frac{n \sum_l^l p_i^2 \sum_l^l s_i - \sum_l^l p_i \sum_l^l s_i p_i}{n \sum_l^l p_i^2 - \left( \sum_l^l p_i \right)^2}$$

где  $\varphi_w$  - угол внутреннего трения;

$c_w$ - общее сцепление;

$S_i$ - сопротивление сдвигу при нормальной нагрузке  $p_i$ ;

$n$ - число различных значений  $p_i$ ;

$$\sum_{i=1}^n s_i p_i = s_1 p_1 + s_2 p_2 + \dots + s_n p_n;$$

$$\sum_{i=1}^n s_i = s_1 + s_2 + \dots + s_n;$$

$$\sum_{i=1}^n p_i = p_1 + p_2 + \dots + p_n;$$

$$\sum_{i=1}^n p_i^2 = p_1^2 + p_2^2 + \dots + p_n^2;$$

$$\left( \sum_{i=1}^n p_i \right)^2 = (p_1 + p_2 + \dots + p_n)^2.$$

**Пример.** Глинистый грунт был подвергнут испытанию на сдвиг в приборе прямого по методу незавершенной консолидации.

В результате испытания получены следующие данные.

**Таблица**

Нормальная нагрузка $p_1=1\text{кГ/см}^2$	Влажность $W$ грунта после сдвига, %	25	28	32	37
	Сопротивление сдвигу $S_p W$ , $\text{кГ/см}^2$	0,95	0,65	0,45	0,35
Нормальная нагрузка $p_2=2\text{кГ/см}^2$	Влажность $W$ грунта после сдвига, %	25	30	34	36
	Сопротивление сдвигу $S_p W$ , $\text{кГ/см}^2$	1,30	0,85	0,70	0,65
Нормальная нагрузка $p_3=3\text{кГ/см}^2$	Влажность $W$ грунта после сдвига, %	25	27	32	37
	Сопротивление сдвигу $S_p W$ , $\text{кГ/см}^2$	1,75	1,40	1,05	0,95

Определить значение параметров сдвига  $\varphi_w$  и  $c_w$  глинистого грунта при влажности  $W_1=26\%$ ,  $W_2=36\%$ .

Вопросы для самопроверки.

1. От чего зависит сопротивление сдвигу глинистых грунтов?
2. Чем отличается сопротивление сдвигу связных грунтов от несвязных?
3. Какие параметры сопротивления сдвигу вы знаете?

## Практическое занятие № 9

Определить сопротивление групп Сопротивление несвязных  
грунтов сдвигу.

Сопротивляемости сдвигу несвязных (песок, гравий, галька)  
грунтов основную роль играют силы внутреннего трения, сцепление  
имеет подчиненное значение, практически их можно приравнять  
нулю.

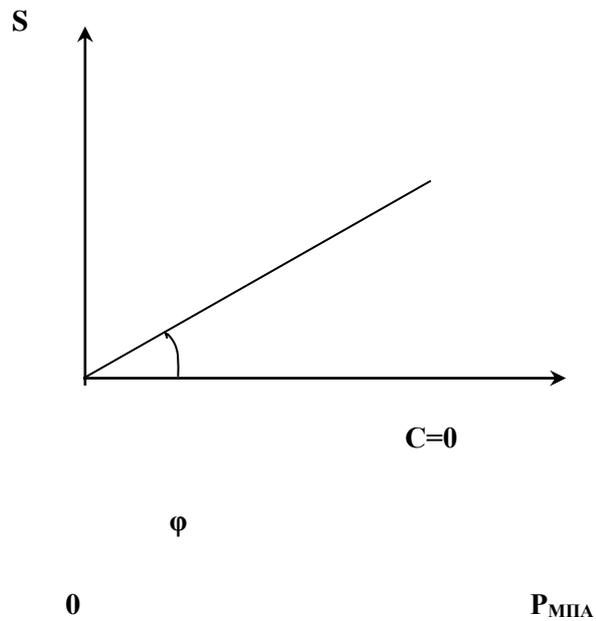


Поэтому для таких грунтов формула выражается следующим уравнением:

$$S = P \cdot \tan \varphi$$

№ Опы- тов	Вертикальная нагрузка		Горизонтальная нагрузка		Параметры сдвига	
	P кг,см	$Q_{вер}$	$\tau$	$Q_{гор}$	$\varphi_n$	$C_n$
1						
2						
3						

Графически эта зависимость изображается прямой, проходящей  
через начало координат.



Вопросы для самопроверки.

1. От чего зависит сопротивление сдвигу несвязанных грунтов?
2. Чем отличается сопротивление сдвигу связных грунтов от несвязных?
3. Какие параметры сопротивления сдвигу вы знаете?

**РЕСПУБЛИКА УЗБЕКИСТАН**  
**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО**  
**ОБРАЗОВАНИЯ**  
**ТЕРМИЗСКИЙ ФИЛИАЛ**  
**ТАШКЕНТСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО**  
**УНИВЕРСИТЕТА**

Принят по списки

№ “-----“ -----

« \_ » \_\_\_\_\_ 2020 г.

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

\_\_\_\_\_ дотцент Ф.Ж. Носиров

« \_ » \_\_\_\_\_ 2020 г.

**РАБОЧАЯ УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА**  
**УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**« ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ. МЕХАНИКА ГРУНТОВ. ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ»**

Сфера знания: 300 000 - Производство и техническая отрасль

Сфера образования: 340 000 - Архитектура и строительство зданий

Образовательная Направление: 5340600 – Эксплуатация транспортных сооружений.

5340800 – Автомобильные дороги и аэродромы

Учебный нагрузки студентов.								Часы семестров.	
Объем общей нагрузки.	Аудиторная занятия.							5	х
	Общие учебной часы.	Лекция	Практическое занятия	Лабораторное занятия	Семинар	Проект курсового	Самостоятельное обучение		
96	54	36	18	-	-	-	40	4	-
всего	54	36	18	-	-	-	40	4	-

Рабочая программа утверждена на основе приказа № \_\_\_\_\_ от «\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 года Министерства высшего и среднего специального образования Республики Узбекистан в соответствии с учебной программой по курсу «Инженерная геология. Механика грунтов. Основания и фундаменты»

Составитель:

Н.С.Файзудинов                      Ассистент кафедры «Эксплуатация транспортных сооружений и Автомобильные дороги» Термезского филиала ТГТУ

Л.Ш.Каюмова.                      Ассистент кафедры «Эксплуатация транспортных сооружений и Автомобильные дороги» Термезского филиала ТГТУ

З.Ч.Аманов                      «Эксплуатация транспортных сооружений и Автомобильные дороги» Термезского филиала ТГТУ

Рецензенты:

Ашуров Э.Т-

Старший преподаватель кафедры «Архитектура и строительство зданий» Термезского государственного университета

Ж.Д.Авазов-

Начальник учебно-методического отдела Термезского филиала ТГТУ

Рабочая учебная программа была обсуждена на заседании кафедры «Транспортные средства и технологические машины» и рекомендована к утверждению на Совет факультета “\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2020 г. протоколом № 1.

**Зав.кафедры:** \_\_\_\_\_

Рабочая программа обсуждена и рекомендована к утверждению на учебно методическом Совете факультета “\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2020 г. протоколом № 1.

**Председатель Совета:**

**Б.Х.Хушбоков.**

**Руководител учебно методической отдела**

**Ж.Авазов.**

Рабочая программа утверждена и рекомендована к использованию на заседании учебно-методического Совета университета “\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2020 г. протоколом № 1.

## **1.1. Область применения программы. Актуальность науки и ее роль в высшем образовании.**

В настоящее время в стране приоритетное внимание уделяется на развитию таких секторов, как инженерные коммуникации и транспортные системы, в решении проблем стабилизации и ускоренного развития экономики. Эта рабочая программа предназначена для инженерно-геологических условий, которые влияют на долговечность проектирования, строительства и эксплуатации современных и будущих объектов, в том числе автомобильных дорог, аэродромов, мостов и транспортных тоннелей. методы определения уровней прочности, грунтовых напряжений при внешних нагрузках, методы построения осадконакопления, расчет и проектирование естественного грунта в условиях равновесия и динамических (сейсмических) воздействий, а также расчет конструкций на прочность, сырость и приоритетность.

Программа этого курса является базовым документом, который определяет объем, структуру и последовательность конкретных тем и вопросов по курсу «Инженерная геология, механика грунтов и фундаменты». Этот предмет преподается в третьем и четвертом семестрах как общий предмет.

## **1.2. Место дисциплины в структуре основной, профессиональной образовательной программы:**

Учебная дисциплина входит в профессиональный цикл, относится к общепрофессиональным дисциплинам.

## **1.3. Цели и задачи дисциплины— требования к результатам освоения дисциплины:**

**Целью курса** «Инженерная геология, механика грунтов и фундаментов» является предоставление студентам точных знаний о различных инженерно-геологических условиях при проектировании и строительстве зданий, выборе дорожного полотна и тротуара. Типы, состав, структура, свойства грунта и структуры, лежащие в основе процессов и событий, которые в них происходят, и решение различных проблем, связанных с проблемами первого этажа при проектировании и строительстве зданий и сооружений. Формирование знаний, умений и навыков.

**Цель данного предмета** - дать учащимся возможность определить типы пород, встречающихся в природе, их свойства, методы идентификации, причины их возникновения и меры против них, расчет прочности грунта и устойчивости конструкций. методы обучения.

В результате изучения обязательной части учебного цикла обучающийся должен:

### **уметь:**

- читать геологическую карту и разрезы
- пользоваться учебной, справочной и инженерно-геологической документацией.
- оценивать ситуацию при наличии поверхностных и грунтовых вод. выбирать способы их водоотведения и водопонижения.
- пользоваться данными результатов инженерно-геологических изысканий.

### **знать:**

- свойства горных пород. Условия залегания. Использование в строительстве пород, как грунта.
  - строение земли. Происхождение минералов. Возраст горных пород.
  - классификацию и виды подземных вод, законы их движения. Водопонижение.
  - разновидности всех грунтов, основные параметры их состава, состояния, свойства, их применение;
  - значение геоморфологии для строительства. Понятие литосферы. Формы рельефа земли.
- Теоретические основы инженерной геологии, процессов и событий, происходящих в земле в результате образования, структуры, типов и распределения полезных ископаемых, типов и деформаций, строительства и эксплуатации транспортных

сооружений, искусственных инженерных сооружений, подземных иметь представление о надводных и подводных устройствах, выборе фундаментов, их использовании, проектировании и строительстве, а также расчете фундаментов;

- основные характеристики горных пород и их конструкционные свойства, происхождение и влияние подземных вод, состав, физико-механические свойства и классификация грунтов, процессы формирования и свойства грунтов, проблемы механики грунтов, природа и физические свойства грунта, основные законы механики грунта, закон проницаемости и фильтрации грунтовых вод, степень сжатия почвы и факторы, влияющие на нее, природные процессы и меры против них, и выбор фундамента зданий и сооружений; знать и уметь использовать строительные и проектные работы, проектирование неглубоких фундаментов, строительство глубоких фундаментов, расчет свайных фундаментов;
- определять строительные свойства горных пород, учитывать типы и свойства грунтовых кластеров при проектировании автомобильных дорог и дорожных сооружений, анализировать и сообщать результаты инженерно-геологических изысканий, определять физические свойства почвы в лабораторных условиях; классификация грунтов в соответствии с нормативными документами, решение различных задач механики грунтов, определение скорости фильтрации, оценка деформации грунта с использованием различных методов и схем, оценка прочности грунтового пола, анализ инженерно-геологических условий при проектировании и строительстве зданий и транспортных сооружений, геологических карт и навыки использования разрезов, четких и точных грунтовых условий, определения методов расчета фундаментов, работы с нормативами ГОСТ и КМК, соблюдения норм, выбора правильного оборудования и проектирования на месте иметь
- владеть навыками оценки законов механики грунта для частиц мелких частиц, воздействия временных и постоянных нагрузок на слои грунта и устойчивости грунтовых сил

#### **1.4. Количество часов на освоение программы дисциплины:**

максимальной учебной нагрузки обучающегося 184 часа, в том числе:

обязательной аудиторной учебной нагрузки обучающегося 104 часов;

самостоятельной работы обучающегося 70 часа.

## **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

### **Введение в науку**

### **III. Основная теоретическая часть (лекции)**

#### **Модуль 1: Основы инженерной геологии**

#### **Тема 1 Социально-экономическое значение инженерной геологии и механики грунтов**

Некоторые из наиболее важных вопросов "Инженерная геология и механика почвы", методы исследования, история и общая информация. Роль инженерной геологии и механики грунтов в проектировании, строительстве и эксплуатации сооружений. Региональные проблемы в строительстве транспортных средств и достижения в науке, технике и технологии. Основные задачи науки.

Используемые образовательные технологии: дидактические подходы, проблемное обучение, лекции, демонстрации, блиц-запросы, самооценка.

Ссылки: A1, A2, A3, Q2, Q3, IS1, IS2, IS3, IS4, IS5

## **Тема 2: Основы общей геологии**

Форма, состав и строение Земли. Тепловые режимы Земли и их влияние на строительство. Законы формирования, строения, типы, распределение и распределение полезных ископаемых. Основные минералы, которые используются для формирования горных пород. Физические свойства минералов. Основная классификация горных пород и их конструкционные свойства. Процесс формирования и его роль в формировании горных пород. Виды, продукты облучения. Геологический Ежегодник. Абсолютный и относительный возраст горных пород. Геохронологический ежегодник. Возраст горных пород и их влияние на свойства строения. Ген четвертичных отложений

Прикладные технологии обучения: дидактический подход, лекции, демонстрации, проблемное обучение, блиц-опрос, классификатор, дискуссия, ВВВ,

Ссылки: А1, А2, А3, Q2, Q3, Q4, IS1, IS2, IS3, IS4, IS5

## **Тема 3: Гидрогеология - подземные воды**

Концепция подземных вод. Гидросфера, водный цикл в природе. Происхождение, классификация, расположение, распределение и расположение подземных вод, их влияние на строительство. Физические свойства, химический состав, агрессивность и значение подземных вод. Движение подземных вод. Закон урка, скорость фильтрации и методы ее определения. Карты, показывающие глубину воды и глубину.

образовательные технологии: лекция, демонстрация, дидактический подход, проблемное обучение, структура, работа в малых группах, диалог

Ссылки: А1, А2, А3, Q1, Q2, Q3, IS1, IS2, IS3, IS4, IS5

## **Модуль 2: Основы механики грунтов, геодинамические процессы и явления**

### **Тема 4: Грунтоведение**

Природа и физические свойства почвы; ключевые понятия и термины. Земля состоит из мелких частиц. Внутренние соединения в земле. Классификация грунтов по государственным стандартам, основные законы механики грунтов и их строительные свойства. Свободная и суглинистая почва. Свойства лессов и суглинистых почв. Определение предельного уровня выщелачивания и профилактические меры против него. Структура зерен почвы, методы определения и их свойства. Физические свойства грунта, водные свойства, механические свойства. Сопротивление грунта скольжению. Сжатие грунта. Время погружения.

Прикладные технологии обучения: дидактический подход, лекции, демонстрации, проблемное обучение, метод 4x4, скелет рыбы, диаграмма Венна, кластер.

Ссылки: А1, А2, А3, А4 Q2, Q3, IS1, IS2, IS3, IS4, IS5

### **Тема 5 Напряжение земельных грунтов. Высшая теория равновесия грунта**

Сила и приоритетность транспортных конструкций земли. Земельные напряжения. Определение риска единичных нагрузок, длинных поверхностей и нагрузок одинакового удара. Угрозы на многоэтажных площадках. Гравитация, вызванная гравитацией. Основные проблемы: способность первого этажа переносить грузы. Три стадии деформации грунта под давлением. Концепция условий высокого равновесия. Определите количество граничных нагрузок грунта-нагрузки. Пластическая деформация. Определение границ их распространения. Частота деформации при многократных нагрузках. Оценка уровня долговечности подземных сооружений.

Поддерживаемые технологии обучения: дидактический подход, блиц-запрос, метод 4x4, диаграмма Венна, работа в малых группах, диалог, кластер

Ссылки: A1, A2, A3, Q1, Q2, Q4, IS1, IS2, IS3, IS4, IS5

## **Тема 6 Обрушение и осадки здания**

Причины обрушения здания. Другие способы определения осадка. Расчет утопления по методу «утопления», предложенному Н. Н. Масловым Граничные значения утопления Определение опускания фундамента с течением времени, реологических явлений в глинистой почве.

Поддерживаемые технологии обучения: дидактический подход, блиц-запрос, метод 4x4, диаграмма Венна, работа в малых группах, диалог, кластер

Ссылки: A1, A2, A3, Q1, Q2, Q4, IS1, IS2, IS3, IS4, IS5

## **Тема 7: Устойчивость первого этажа и теория давления на подпорные стенки.**

Причины нарушения устойчивости грунта. Устойчивость хрупкой и глинистой почвы. Методы оценки прочности склонов. Условия застоя. Метод горизонтальных сил. Способ прокатки по катящейся цилиндрической поверхности. Активные и пассивные давления на стенках спускового крючка. Влияние реологического феномена на полюсы.

Поддерживаемые технологии обучения: дидактический подход, блиц-запрос, метод 4x4, диаграмма Венна, работа в малых группах, диалог, кластер

Ссылки: A1, A2, A3, Q1, Q2, Q3, IS1, IS2, IS3, IS4, IS5

## **Тема 8. Геодинамические процессы и явления.**

Общая информация о геологических и инженерно-геологических процессах. Экзогенные процессы и события. Грязевой поток Карстовое событие, условия его формирования, виды и меры против него. Эрозийные процессы, виды. Формирование и значение речных долин. Овраги. Истирание и его важность. Оползень. Причины, виды, значение, меры против них. Эндогенные процессы и события. Тектонические и сейсмические события. Их влияние на инженерные сооружения.

Используемые технологии обучения: дидактический подход, блиц-запрос, метод 4x4, диаграмма Венна, работа в малых группах, диалог, кластер

Ссылки: A1, A2, A3, A4, Q1, Q2, Q3, IS1, IS2, IS3, IS4, IS5

### **Тема 9: Инженерно-геологические изыскания.**

Цели и задачи геологоразведочных работ. Этапы проектирования инженерно-геологических изысканий. Виды инженерно-геологических работ. Инженерно-геологическая станция. Раскопки и их виды. Лабораторные работы. Наблюдение работает. Экспериментальная работа. Комнатная работа. Геологические карты и разрезы.

Поддерживаемые технологии обучения: дидактический подход, блиц-запрос, метод 4x4, диаграмма Венна, работа в малых группах, диалог, кластер

Ссылки: A1, A2, A3, Q1, Q2, Q3, IS1, IS2, IS3, IS4, IS5

## **Модуль №3. Проектирование грунтов и фундаментов**

### **Тема №10 Основные особенности при проектировании фундаментов**

“Основания и фундаменты” содержание, предмет и метод науки. Общие правила проектирования оснований и фундаментов. Расчет несущей способности фундаментного перекрытия. Материалы, необходимые для оформления фундамента. Определение глубины фундамента. Виды фундаментов.

Поддерживаемые технологии обучения: дидактический подход, блиц-запрос, метод 4x4, диаграмма Венна, работа в малых группах, диалог, кластер

Ссылки: A1, A2, A3, Q1, Q2, Q3, IS1, IS2, IS3, IS4, IS5

### **Тема №11 Устройство фундаментов мелкого заложения в естественных грунтах и их расчет**

Общие правила устройства фундаментов мелкого заложения на естественном грунте. Расчет размеров поверхности метки цельного фундамента под действием центральной нагрузки. Расчет размеров поверхности метки цельного фундамента при децентрализованной нагрузке. Расчет фундаментов под воздействием значительных опорных сил. Расчет подвалов. Расчет фундаментов, расположенных в ряд. Расчет фундаментов на деформацию грунта с наибольшим уплотнением. Расчет фундаментов на несущую способность грунта.

Поддерживаемые технологии обучения: дидактический подход, блиц-запрос, метод 4x4, диаграмма Венна, работа в малых группах, диалог, кластер

Ссылки: A1, A2, A3, Q1, Q2, Q3, IS1, IS2, IS3, IS4, IS5

## **Тема № 12 Свайные фундаменты**

Общие сведения о свайных фундаментах. Виды свайных фундаментов. Устройство свайных фундаментов. Расчет свайных фундаментов. Проектирование свайных фундаментов.

Поддерживаемые технологии обучения: дидактический подход, блиц-запрос, метод 4х4, диаграмма Венна, работа в малых группах, диалог, кластер

Ссылки: A1, A2, A3, Q1, Q2, Q3, IS1, IS2, IS3, IS4, IS5

## **Тема № 13 Глубокий совмистимост фундамента.**

Общие сведения о глубинных фундаментах. Скважины, спускающиеся под собственным весом. Фундаменты кессона. Оболочки железобетонные. Грунтовая стена.

Поддерживаемые технологии обучения: дидактический подход, блиц-запрос, метод 4х4, диаграмма Венна, работа в малых группах, диалог, кластер

Ссылки: A1, A2, A3, Q1, Q2, Q3, IS1, IS2, IS3, IS4, IS5

## **Тема № 14 Способы искусственного укрепления почвы грунтов.**

Общие сведения об искусственном укреплении почвенных грунтов. Замена рыхлых грунтовок. Способы уплотнения грунта. Оболочки железобетонные. Способы уплотнения грунта.

Поддерживаемые технологии обучения: дидактический подход, блиц-запрос, метод 4х4, диаграмма Венна, работа в малых группах, диалог, кластер

Ссылки: A1, A2, A3, Q1, Q2, Q3, IS1, IS2, IS3, IS4, IS5

## **Тема № 15 Проектирование фундаментов в сильно затопленных грунтах.**

Общие сведения о супернатантах почв. Индикаторы экстремального проседания грунтов. Строительство фундаментов в сильно затопленных грунтах.

Поддерживаемые технологии обучения: дидактический подход, блиц-запрос, метод 4х4, диаграмма Венна, работа в малых группах, диалог, кластер

Ссылки: A1, A2, A3, Q1, Q2, Q3, IS1, IS2, IS3, IS4, IS5

## **Тема № 16 Расчет и проектирование сейсмо стойкост грунтов.**

Общие сведения о сейсмических грунтах. Землетрясение строительной площадки.

Землетрясение наземным методом. Изменение прочности грунтов под влиянием землетрясений. Конденсация землетрясений водонасыщенных грунтов Несущая способность сейсмоустойчивых грунтов. Меры по повышению сейсмоустойчивости грунтов.

Поддерживаемые технологии обучения: дидактический подход, блиц-запрос, метод 4х4, диаграмма Венна, работа в малых группах, диалог, кластер

Ссылки: A1, A2, A3, Q1, Q2, Q3, IS1, IS2, IS3, IS4, IS5

### **Тема № 17 Фундамент вибродвижущихся машин и оборудования.**

Общие сведения об основании вибрационных машин и оборудования. Вибрация пола машин и оборудования. Способы укрепления грунтов машин и оборудования. Фундаменты машин и оборудования.

Поддерживаемые технологии обучения: дидактический подход, блиц-запрос, метод 4x4, диаграмма Венна, работа в малых группах, диалог, кластер

Ссылки: A1, A2, A3, Q1, Q2, Q3, IS1, IS2, IS3, IS4, IS5

### **Тема № 18 Ремонт полов и фундаментов. Копия благоустроенной земли и фундаментов**

Общие сведения о ремонте полов и фундаментов Причины ремонта земли и фундаментов. Методы ремонта земли и фундаментов. Установка фундамента возле существующей конструкции. Общие сведения о подходящем перекрытии и копии фундамента. Выбираем удобный фундамент

Поддерживаемые технологии обучения: дидактический подход, блиц-запрос, метод 4x4, диаграмма Венна, работа в малых группах, диалог, кластер

Ссылки: A1, A2, A3, Q1, Q2, Q3, IS1, IS2, IS3, IS4, IS5

## **2. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **2.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы**

№	Название тем:	Всего часов	лекции	практические	лабораторные	Самостоятельная работа
		ТГЕ va АУА				
1	« Инженерная геология. Механика грунтов. Основания и фундаменты»	94	36	18	-	40
	<b>Всего</b>	<b>94</b>	<b>36</b>	<b>18</b>	<b>-</b>	<b>40</b>

Примечание. При разработке тем отчета необходимо полностью охватить содержание основной темы.

Например: Социально-экономическое значение инженерной геологии и механики грунтов.

## Тема: Социально-экономическое значение инженерной геологии и механики грунтов.

### План отчетности:

1. Инженерная геология и механика грунтов
2. Роль инженерной геологии и механики грунтов в проектировании, строительстве и эксплуатации сооружений.
3. Региональные проблемы в строительстве транспортных средств и достижения в науке, технике и технологии.
4. Основные задачи науки.

### 2.2. Тематический план и содержание рабочей программы учебной дисциплины «Основы инженерной геологии»

№	1- семестр Название темы	Лекционные часы:
1	<b>1-модуль: Основы инженерной геологии</b>	<b>6</b>
1.1	<b>Тема 1:</b> Социально-экономическое значение инженерной геологии и механики грунтов.	2
1.2	<b>Тема 2:</b> Основы общей геологии.	2
1.3	<b>Тема 3:</b> Гидрогеология - подземные воды.	2
2	<b>Модуль 2: Основы механики грунтов, геодинамические процессы и явления</b>	<b>12</b>
2.4	<b>Тема 4:</b> Грунтоведение.	2
2.5	<b>Тема 5:</b> Напряжение земельных грунтов. Высшая теория равновесия грунта.	2
2.6	<b>Тема 6:</b> Обрушение и осадки здания	2
2.7	<b>Тема 7:</b> Устойчивость первого этажа и теория давления на подпорные стенки.	2
2.8	<b>Тема 8:</b> Геодинамические процессы и явления.	2
2.9	<b>Тема 9:</b> Инженерно-геологические изыскания.	2
3	<b>Модуль №3. Проектирование грунтов и фундаментов</b>	<b>18</b>
3.10	<b>Тема10:</b> Основные особенности при проектировании фундаментов.	2
3.11	<b>Тема11:</b> Устройство фундаментов мелкого заложения в естественных грунтах и их расчет	2
3.12	<b>Тема12:</b> Свайные фундаменты.	2
3.13	<b>Тема 13:</b> Глубокий совместимость фундамента.	2
3.14	<b>Тема14:</b> Способы искусственного укрепления почвы грунтов.	2
3.15	<b>Тема15:</b> Совместимость фундаментов в сильно затопленных грунтах.	2

3.16	<b>Тема16:</b> Расчет и проектирование сейсмо стойкост грунтов.	2
3.17	<b>Тема17:</b> Фундамент вибродвижущихся машин и оборудования.	2
3.18	<b>Тема18:</b> Ремонт почвы и фундаментов. Копия благоустроенной земли и фундаментов.	2
<b>Общий:</b>	<b>Всего:</b>	<b>36</b>

**Инструкции и рекомендации для практических занятий**  
**Следующие темы рекомендуются для практических занятий.**  
**Рекомендуемые темы в модуле «Инженерная геология и механика**  
**грунтов»:**

**1.Тема: Определение геологических особенностей горных пород.**

Прикладные технологии обучения: дидактический подход, блиц-запрос, метод 4x4, диаграмма Венна, работа в малых группах, диалог, кластер,

**Справочная литература:** A1, A2, A3 Q2, Q3, Q4, IS1, IS2, IS3, IS4, IS5

**2.Тема: Определение геологических особенностей четвертичных отложений**

Используемые образовательные технологии: дидактический подход, лекция, дискуссия, BBB, Insyert, самоконтроль, метод 4x4, скелет рыбы, диаграмма Венна,

**Справочная литература:** A1, A2, A3, Q2, Q3, Q4, IS1, IS2, IS3, IS4, IS5

**3.Тема:Определение гидрогеологических условий места.**

Прикладные образовательные технологии: лекция, демонстрация, дидактический подход, проблемное обучение, блиц-опрос, метод Вина, бумеранг, кластер.

**Справочная литература:** A1, A2, A3, Q2, Q3, Q4, IS1, IS2, IS3, IS4, IS5

**4. Тема: Определение физических свойств почвы методом расчета.**

Прикладные образовательные технологии: лекция, демонстрация, дидактический подход, проблемное обучение, блиц-опрос, метод Вина, бумеранг, кластер.

**Справочная литература:** A1, A2, A3, A4, Q2, Q3, Q4, IS1, IS2, IS3, IS4, IS5

**5. Тема: Определение сопротивления грунта.**

Прикладные технологии обучения: дидактический подход, блиц-запрос, метод 4x4, диаграмма Венна, работа в малых группах, диалог, кластер,

**Справочная литература:** A1, A2, A3, Q2, Q3, Q4, IS1, IS2, IS3, IS4, IS5

**6. Тема: Определение степени сжатия грунта.**

Прикладные технологии обучения: лекция, демонстрация, дидактический подход, проблемное обучение, блиц-запрос, метод Вина, бумеранг, кластер.

**Справочная литература:** A1, A2, A3, Q2, Q3, Q4, IS1, IS2, IS3, IS4, IS5

**7. Тема: Определение жесткости**

Прикладные технологии обучения: дидактический подход, блиц-запрос, метод 4х4, диаграмма Венна, работа в малых группах, диалог, кластер,

**Справочная литература:** A1, A2, A3 Q2, Q3, Q4, IS1, IS2, IS3, IS4, IS5

**Время и предмет практического обучения**

<b>№</b>	<b>Темы:</b>	<b>Время</b>
1.	<b>1.Тема:</b> Определение геологических особенностей горных пород.	<b>2</b>
2.	<b>2.Тема:</b> Определение геологических особенностей четвертичных отложений.	<b>2</b>
3.	<b>3.Тема:</b> Определение гидрогеологических условий места.	<b>2</b>
4.	<b>4. Тема:</b> Определение физических свойств почвы методом расчета.	<b>2</b>
5.	<b>5. Тема:</b> Определение сопротивления грунта.	<b>2</b>
6.	<b>6. Тема:</b> Определение степени сжатия грунта.	<b>2</b>
7.	<b>7. Тема:</b> Определение жесткости.	<b>2</b>
8.	<b>8. Тема:</b> Расчет физических свойств групп методом расчета.	<b>2</b>
9.	<b>9. Тема:</b> Определить сопротивление групп.	<b>2</b>
	<b>Итого:</b>	<b>18</b>

## **В инженерной геологии контроль знаний студентов на основе системы**

### **оценивания, критерии:**

Основная цель изучения инженерной геологии в университетах - развить у студента воображение геологических измерений, его мышление как инженера, усовершенствовать его теорию и методы решения практических задач.

В ходе курса студенты по инженерной геологии выполняют домашнее задание и решают практические задачи.

Максимальная оценка за курс инженерной геологии в течение семестра - 5 балл

Оценка основана на текущем, среднесрочном и итоговом контроле для определения уровня успеваемости и обучения студента в течение семестра.

Присвоение текущих и промежуточных баллов зависит от своевременного и качественного выполнения и сдачи студенческих работ, а также от активного участия в образовательной деятельности, научно-методической работе и других образовательных мероприятиях.

Текущий контроль оценивается ежедневно в течение семестра.

В течение семестра есть 2 промежуточных контроля. (1 час по предметам преподают 2 часа в неделю)

Первый промежуточный экзамен проводится на 9 неделе семестра.

Второй промежуточный экзамен проводится на 18 неделе семестра.

Промежуточные экзамены предоставляются в письменной или тестовой форме по завершении разделов программы курса.

Письменная работа состоит из 3 или 4 вопросов, которые охватывают основные темы программы курса. Каждый вопрос должен быть представлен по 2,3,4,5 в зависимости от сложности и объема.

Вариант Если тестовая форма содержит 30 вопросов, она оценивается следующим образом:

27-30 "5" (отлично)

21-26 "4" (хорошо)

18-20 "3" (удовлетворительно)

17 или меньше «2» (неудовлетворительно)

Студент, который не прошел ПК и получил 2 (неудовлетворительные) оценки, не будет принят в ИК и будет считаться академическим должником. Учащиеся, выбывшие из класса, будут допущены к промежуточному и итоговому контролю, только если они сообщат об этих курсах в качестве судей

Итоговый контроль не учитывает количество баллов, собранных в текущем и промежуточном контроле. Если студент не участвует в делах ПК и ИК по причинам студента, повторное назначение этого вида контроля будет разрешено деканом факультета;

## **Баллы, полученные на курсе, будут оцениваться по следующим результатам обучения:**

*Оценка уровня знаний студента*

**Отлично (5)** Для того, чтобы студент самостоятельно принимал решения, творчески мыслил, применял знания и понимал суть вопроса.

**Хорошо (4)** Когда студент может принимать самостоятельные решения, применять творческое мышление и применять свои знания, он может понять суть вопроса.

**Удовлетворительно (3)** Когда студент может применить свои знания на практике, вопрос состоит в том, чтобы представить суть

**Неудовлетворительно (2)** студент не знает по теме ничего.

Окончательный вид контроля будет получен от декана факультета по согласованию с учебно-методическим отделом и подписан проректором по учебной работе без участия преподавателя, преподающего нужный предмет. осуществляется.

Окончательная форма контроля определяется отделом в зависимости от характера предмета и часов занятий.

### **Итоговый контроль**

При администрировании в качестве теста опция состоит из 30 вопросов:

27-30 "5" (отлично)

21-26 "4" (хорошо)

18-20 "3" (удовлетворительно)

17 или меньше «2» (неудовлетворительно)

При написании в письменном виде, анкета будет состоять из 3 вопросов, и каждый вопрос будет оцениваться по 5-балльной оценке и усредняется.

Если итоговый контроль проводится в форме теста, оценка для дневника учителя будет записана в этот день. Если ПК и ИК находятся в письменной форме, преподаватель регистрирует оценки в течение 3 дней.

Учащийся с оценкой «5» (отлично), 4 (хорошо) или 3 (удовлетворительно) не будет допущен повторно;

Знак «0» пропускается, если учащийся не может участвовать в контрольной работе без причины;

Когда оценка для ИК записывается в журнал, тетрадь учащегося также должна быть записана в тот же день;

Когда в журнале вводится 2 (неудовлетворительно) отметки об оценке на РN или «0», эта отметка и отметка не заносятся в тетрадь учащегося;

Декан и преподаватель естественных наук обязаны обеспечить своевременность и точность журнала, а также отсутствие неоправданных изменений цен.

## **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ:**

### **Основная литература**

1. С.А.О'Flaherty. Хейвэйс: расположение, проектирование, строительство и обслуживание тротуаров. Великобритания, Баттерворт Хайнеманн, 2005, 553 р.
2. Ф.Г.БЕЛЛ ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ, второе издание 2007 г.
3. В. П. Ананьев, А. Д. Потапов «Инженерная геология». Москва, Высшая школа, 2005
4. Х.З. Расулов «Механика грунта, грунта и фундаментов», Т., Издательство Тафаккур, 2014
5. Основания и основы. Сайфуддинов 2010
6. Брайче М., Дас, Продвинутая механика грунтов. Третье издание 2014 г.

### **Дополнительная литература**

7. Мирзиёев Ш.М. Вместе мы построим свободный и процветающий, демократический Узбекистан. Выступление на совместном заседании палат Олий Мажлиса, посвященном инаугурации Президента Республики Узбекистан / Мирзиёева Ш.М. - Ташкент: Узбекистан, 2017. - 56 с.
8. З.С. Бузруков «Механика грунтов, фундаменты и фундаменты». Ташкентское издательство «Наука и развитие», 2009.
9. С.А. Пьянков, З. Азизов "Механика грунта" Ульяновск-2008.
10. Швецов Г.И. «Инженерная геология, механика, фундамент, модернизация и основы» Высшая школа. М. 1997.
11. В.Юнусов, З.С. Убайдуллаева "Инженерная геология" -1994.
12. М.З. Назаров "Инженерная геология и охрана окружающей среды", Т., Узбекистан, 1994.
13. Далматов Б.Ю. Механика фундамента, фундамента и фундамента. Л .: Строиздат, 1988 г.р. Ул. -415
14. Далматов Б.И., Мораерский Н.Н., Науменко В.Г. Проектирование фундамента и продвижение. М .: Вышш. школа., 1986 г. - 239 ул.

15. Проектирование и сопровождение основ и подземных сооружений с использованием струйной техники. Никитенко М.И. я д.р. 2006

### **Веб-сайты**

16. [www.gov.uz](http://www.gov.uz); Портал Правительства Республики Узбекистан.
17. [www.lex.uz](http://www.lex.uz). - База данных законодательства Республики Узбекистан.
18. [www.geology.RU](http://www.geology.RU)
19. [www.Hilinxplanahead](http://www.Hilinxplanahead).
20. [www.gidrogeology.RU](http://www.gidrogeology.RU)
21. [www.Гидродинамические.RU](http://www.Гидродинамические.RU)
22. [www .. ziyonet.uz](http://www..ziyonet.uz)
23. [www.Construct.org](http://www.Construct.org)
24. [www.MADI.ru](http://www.MADI.ru)

## **Глоссарий**

В отличие от ранее изданных словарей по гидрогеологии и инженерной геологии в данном Словаре более полно представлены известные в русской и иностранной литературе гидрогеологические и инженерно-геологические термины. Кроме того, в Словаре включены термины, заимствованные из смежных наук, а также некоторые сведения справочного характера.

Словарь предназначен для гидрогеологов, инженеров-геологов, геологов-разведчиков, горняков, специалистов по водоснабжению, мелиораторов, гидротехников, санитарных врачей и других специалистов, соприкасающихся в своей научной и практической деятельности с гидрогеологией и инженерной геологией.

### **А**

**АБИССИНСКИЙ (забивной, нортонский) КОЛОДЕЦ** — колодец для получения воды с небольшой глубины. Проходка А. к. осуществляется путем забивания или заливания трубы, имеющей на нижнем конце острый ударный наконечник, над которым помещается перфорированная труба-фильтр.

**АБСОЛЮТНАЯ ВЛАГОЕМКОСТЬ** — см. *Полная влагоемкость породы*.

**АБСОЛЮТНАЯ ВЛАЖНОСТЬ ГОРНОЙ ПОРОДЫ** — влажность, выраженная по отношению к весу абсолютно сухой породы (высушенной при температуре 105 — 107°).

**АБСОЛЮТНАЯ (физическая) ПРОНИЦАЕМОСТЬ** — проницаемость горной породы при заполнении в ней порового пространства на 100% однородной инертной жидкостью или газом. Все горные породы при применении тех или иных давлений (иногда очень высоких) имеют известную проницаемость для газов и жидкостей. Измеренная в подобных условиях проницаемость называется абсолютной (физической)

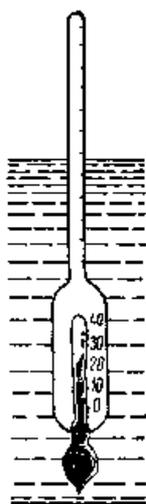
в отличие от эффективной (полезной) проницаемости, представляющей свойство породы пропускать через себя жидкость и газы в природных условиях. Чтобы получить данные об *A. п.*, сравниваемой с физической проницаемостью другой породы, следует пользоваться инертными газами и жидкостями (азотом, керосином, очищенным от смол).

**АБСОРБЦИЯ** — физическое поглощение вещества из раствора 1 частицами грунта (абсорбента), причем абсорбируемое; вещество поглощается равномерно (объемное поглощение) по всему объему частиц грунта. *A.* не следует смешивать с адсорбцией — поверхностным физическим поглощением.

**АГРЕГАТЫ ПОЧВЕННЫЕ** — комки почвы диаметром 1 — 10 мм, образующиеся в результате цементирования частичек почвы не растворимым в воде деятельным перегноем, содержащим поглощенный кальций; отличаются прочностью (не распадаются в воде). Такие комки придают почве комковатую структуру, наиболее благоприятную для роста и развития растений.

**АРЕОМЕТР** — прибор для измерения плотности жидкости. Стекланный поплавок в виде трубки с делениями и грузом внизу (рис. 1). *A.* погружается в жидкость тем ниже, чем

меньше плотность жидкости. В нижней части *A.* имеется термометр для измерения температуры испытуемой жидкости, в которую *A.* погружается. В Советском Союзе приняты *A.* со шкалой плотности при нормальной температуре 20° или 4°. В случае отклонения температуры испытуемой жидкости от нормальной в показание *A.* вносится температурная поправка. *A.* широко используется для гранулометрического анализа рыхлых пород. (См. *Ареометрический, метод.*)



**Рис. 1.** Ареометр.

**АРЕОМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД** — метод гранулометрического анализа рыхлых пород при помощи ареометра. Основан на определении плотности (удельного веса) суспензии, изменяющейся по мере выпадения из нее более крупных частиц. Этим

методом определяют содержание в грунте частиц диаметром менее 0,25 мм. А. м. принят в качестве основного метода гранулометрического анализа грунтов для инженерно-геологических целей.

**АРТЕЗИАНСКИЙ СКЛОН** — асимметричный бассейн артезианских подземных вод, обусловленный моноклинально залегающими или выклинивающимися водоносными пластами на окраинах горных стран (рис. 3). В А. с. область питания и область разгрузки расположены рядом, а область напора в стороне. В результате в месте стыка областей питания и разгрузки наблюдаются как нисходящие, так и восходящие источники. Напор создается в области питания; пьезометрический уровень определяется абсолютной высотой выхода на поверхность контакта водоносного слоя с покрывающим водоупором. В результате происходит подтягивание (вытеснение) напорных вод из пониженных частей артезианского бассейна.

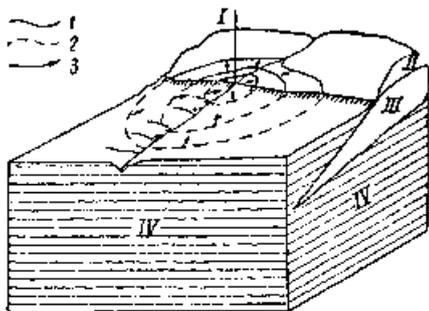


Рис. 3. Схема артезианского склона.

*I* — гидроизогипсы, *a* — гидроизопьезы; *a* — направление движения воды; *I* — очаг разгрузки; *II* — уровень воды; *III* — водоносный слой; *IV* — водоупор.

**АСЕКВЕНТНЫЕ (консистентные) ОПОЛЗНИ** — оползни в однородных (неслоистых) породах. Смещение пород происходит по кривой поверхности, называемой динамической поверхностью оползания.

**Б**

**БАЗИС ОПОЛЗНЯ** — низший уровень скольжения оползня.

**БАРЕЖИН (глерий)** — органический осадок, образующийся в местах выхода на поверхность вод с сероводородными водорослями, живущими в серной воде, особенно при температуре выше 30°.

**БАРРАЖ** — подземная плотина или шпунтовое ограждение, сооружаемое для устройства подземного водохранилища или предотвращения поступления воды, ухудшающей качество каптируемой воды.

## Г

**ГАЗОВАЯ ДИНАМИКА** — учение о движении газов и газонасыщенных жидкостей.

**ГАЗОВОЕ ДАВЛЕНИЕ** — 1. В гидрогеологии — давление газа на водную поверхность. Г. д. может обусловить образование газонапорных вод и усилить напорное движение подземных вод. 2. Давление газов (*vat*), заключенных в газоносном пласте.

**ГАЗОВЫЙ ИСТОЧНИК** — естественный выход струй газа на поверхность земли из пор или трещин горных пород или выделение газа в виде пузырьков на поверхности воды, нефти и грязи.

**ГАЗОВЫЙ РЕЖИМ** — в нефтяной гидрогеологии — режим работы нефтяной залежи, при котором нефть увлекается к забоям скважин более подвижными массами расширяющегося газа, перешедшего при снижении давления в пласте ниже давления насыщения из растворенного состояния в свободное.

В процессе эксплуатации по мере снижения пластового давления газонасыщенность пласта увеличивается вследствие выхода из нефти новых порций газа и расширения ранее образовавшихся пузырьков газа. В связи с этим эффективная проницаемость (см.) породы для нефти уменьшается, а для газа увеличивается. Это приводит к быстрому снижению дебита нефтяных скважин.

**ГУМИДНАЯ ОБЛАСТЬ** — область с влажным климатом, при котором количество атмосферных осадков превышает испарение, включая транспирацию растений.

**ГУМУС В ПРИРОДНЫХ ВОДАХ** — соединение, получающееся в результате неполного распада и химического взаимодействия остатков растительных тканей с минеральными веществами почвы. В речных водах содержание Г. равно в среднем 10 — 50 мг/л и в некоторых случаях достигает 200 мг/л. Особенно богаты им реки, берущие начало из болот, воды которых имеют интенсивную бурю окраску. Так, в реках Финляндии, берущих начало из болот, органические вещества составляют около 50% от сухого остатка, в тропических реках Южн. Америки до 70%. Содержание Г. в озерных водах колеблется в пределах 1 — 150 мг/л (Б. А. Скопинцев, 1950 г.). Меньше всего Г. в озерах степей и пустынь, дно и берега которых сложены карбонатными породами, много его в озерах, расположенных среди болот таежной зоны (дистрофные озера); подобные озера имеют воду, по цвету напоминающую крепкий чай, и на их дне нередко откладываются гумусовые вещества. Количество Г. в грунтовых водах, как правило, не превышает 10 мг/л, в среднем составляя 4 — 6 мг/л, по оно возрастает до 80 мг/л в грунтовых водах болот в бассейне Оби (по Б. А. Скопинцеву). В Г. преобладают различные высокомолекулярные органические кислоты сложного и непостоянного состава (гуминовая кислота, фульвокислота). Для гумусовых веществ характерна высокая степень дисперсности; они являются типичными коллоидами, обладающими высокой красящей и поглощательной способностью.

## Д

**ДАВЛЕНИЕ НА УСТЬЕ** — давление, возникающее на устье скважины в случае пересечения ею горизонтов с пластовым давлением, превышающим давление столба жидкости. Д. п. у, отмечается монометром. Величина его зависит от веса столба раствора и численно равна разности пластового давления и давления веса столба жидкости от устья скважины до вскрытого горизонта.

**ДАВЛЕНИЕ ПОТОКА ГРУНТОВЫХ ВОД** — см. *Гидродинамическое давление*.

## К

**КАМЕННЫЙ ЛЕД** — см. *Ископаемый лед*.

**КАПЕЖ (капель)** — подземные воды, поступающие в виде капель из кровли и со стенок горных выработок.

**КАПЕЛЬНОЖИДКАЯ СВОБОДНАЯ ВОДА** — см. *Гравитационная вода*.

**КАПИЛЛЯРИМЕТР** — прибор для определения отрицательного капиллярного давления и высоты капиллярного поднятия воды в горных породах.

**КАПИЛЛЯРНАЯ ВЛАГОЕМКОСТЬ** — количество воды, удерживаемое капиллярными пустотами при полном заполнении их водой в пределах зоны капиллярного поднятия. Выражается отношением веса воды к весу сухой породы (в %).

## Л

**ЛАМИНАРНОЕ ТЕЧЕНИЕ** — течение жидкости (или газа) в виде отдельных, очень тонких слоев (или параллельных струй), не перемешивающихся друг с другом. Л. т. происходит только до определенной (критической) скорости (см.). При скоростях, превышающих критическую, Л. т. переходит в турбулентное течение (см.).

**ЛЕНИВЫЙ ТЕРМОМЕТР** — термометр, медленно воспринимающий температуру окружающей среды и удерживающий ее продолжительное время вследствие того, что шарик Л. т. заделан в материал плохой теплопроводности (например, резину или пчелиный воск). Л. т. применяется в практической геотермике при измерении температуры горных пород и подземных вод в горных выработках, в скважинах и т. д.

## М

**МАКРОКОМПОНЕНТЫ МИНЕРАЛИЗАЦИИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД** — компоненты минерализации, часто находящиеся в водах в повышенных относительно других компонентов содержаниях. К макрокомпонентам относятся  $G1$ ,  $Mg$ ,  $Na$ ,  $Ca$ ,  $SO_4$ ,  $HCO_3$  (являются преобладающими катионами или анионами в ряде типов подземных вод регионального распространения),  $Fe$ ,  $Al$  (преобладают только в локальных подземных водах, имеющих низкий рН),  $Si$  (преобладающий компонент минерализации

некоторых локальных типов грунтовых и поверхностных вод с очень малой минерализацией и в высокотемпературных акротермах).

**МЫШЬЯКОВИСТЫЕ ВОДЫ** — природные воды, содержащие в своем солевом составе повышенное количество мышьяковистой кислоты ( $H_3AsO_3$ ).

**МЫШЬЯКОВЫЕ ВОДЫ** — природные воды, содержащие в своем солевом составе повышенное количество мышьяковой кислоты.

## Н

**НАДМЕРЗЛОТНЫЕ ВОДЫ** — подземные гравитационные воды мерзлой геозоны, залегающие на мерзлых породах как на водоупорном ложе. Подразделяются на три группы: 1) сезоннопромерзающие воды; 2) отчасти замерзающие воды; 3) незамерзающие воды многолетних таликов.

**НАДСОЛЕВЫЕ ВОДЫ** — воды и рассолы, которые передвигаются в покровных породах над солью. Н. в. вызывают наиболее интенсивные карстовые процессы и представляют наибольшую опасность для соляных рудников.

**НАЖИМНЫЕ КОЛОДЦЫ** — колодцы, устраиваемые в нижнем бьефе плотины, котлирующие фильтрующуюся под плотиной воду.

**НАЛЕДЬ** — слой замерзающей воды или пропитанного водой снега на поверхности ледяного покрова рек, озер или ледяных полей другого происхождения.

**НУЛЕВАЯ ПЛОСКОСТЬ СРАВНЕНИЯ** — см. *Плоскость сравнения напоров*.

## О

**ОБЛАСТЬ ВЛИЯНИЯ** — 1. В горном деле — область в окружающем выработку массиве горных пород, в которой перераспределяются напряжения вследствие проведения выработки. 2. В гидрогеологии — область влияния водозабора на водоносный горизонт.

**ОБЛАСТЬ ВЫКЛИНИВАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД** — часть площади распространения водоносной породы, на которой подземные воды выходят на дневную поверхность в виде источников, заболоченностей, мочажин; характеризуется обычно более пышной растительностью.

**ОБЛАСТЬ ДРЕНАЖА ПОДЗЕМНЫХ ВОД** — область влияния дренажа на водоносный горизонт (см.).

**ОБЛАСТЬ ИНФИЛЬТРАЦИИ** — часть площади распространения водоносной породы, в пределах которой происходит просачивание (инфильтрация) поверхностной и атмосферной воды в водопроницаемые породы. **ОБЛАСТЬ ПИТАНИЯ**

## П

**ПАДЕНИЕ НАПОРА** — уменьшение (потеря) напора по пути фильтрации.

**ПАЛЮСТРАЛЬНЫЕ ВОДЫ** (по Ланге) — почвенные воды в местах избыточного увлажнения. П. в. подразделяются на три ряда: 1) тундровые; 2) такырные; 3) плавневые.

**ПЕНЕТРАЦИЯ (проникновение)** — определение консистенции пластичных грунтов путем измерения глубины погружения в образец грунта стандартной иглы, нагруженной в течение определенного времени известным грузом.

## Р

**РАВНОМЕРНОЕ ДВИЖЕНИЕ ЖИДКОСТИ (по Н. Н. Павловскому)** — движение жидкости, при котором величина скорости в любых живых сечениях потока одинакова.

**РАДИАЛЬНЫЙ ПОТОК ПОДЗЕМНЫХ ВОД** — см. *Плоско радиальное движение.*

**РАДИОГИДРОГЕОЛОГИЯ** — отрасль гидрогеологии, занимающаяся изучением природных радиоактивных вод, условиями их формирования и распространения, выяснением их роли в жизни месторождений радиоактивных элементов и значения вод как поисковых критериев на уран.

**РЫХЛО СВЯЗАННАЯ ВОДА** — см. *Пленочная вода.*

## С

**САМОИЗЛИВАЮЩАЯСЯ СКВАЖИНА** — скважина, из которой напорная вода изливается на поверхность земли, переливаясь через края обсадных труб.

**САНИТАРНАЯ ОХРАННАЯ ЗОНА ВОДОЗАБОРОВ** — см. *Зона санитарной охраны водоисточников.*

**СБРОСОВЫЕ (пароклазовые) ИСТОЧНИКИ** — выходы подземных вод на земную поверхность по сбросовым трещинам. По существу С. и. — один из видов барьерных или плотинных источников.

## Т

**ТАЛИК** — участок горной породы в районе многолетней мерзлоты с положительной средней годовой температурой, сухой или заключающий в себе капельножидкую воду. Т. может находиться над мерзлой геозоной, или в ней, или под ней. Т. имеет большое значение для водоснабжения в зоне многолетней мерзлоты.

**ТАМПОНАЖ СКВАЖИН** — изоляция водоносных и поглощающих пластов от нефтеносных и газоносных пластов в процессе бурения.

**ТАРТАНИЕ** — способ извлечения жидкости из скважины при помощи желонки. В гидрогеологии Т. применяется для ориентировочного определения притока воды в скважину, прокачки скважин, предназначенных для наблюдений за режимом подземных вод, и пр.

**ТАРЫН (Якутск.) (гидроаффизив, накипь)** — ледяное поле, покров обычно из слоистого льда, возникающие зимой в результате последовательного промерзания слоев грунтовой или грунтово-речной воды, излившейся на поверхность.

## **Ф**

**ФАБРИКА ПОДЗЕМНЫХ ВОД** — совокупность технических мероприятий наземных (снегозадержание, водоотводящие канавы, взрыхление покровных отложений и др.) и подземных (плотины, поглощающие колодцы и др.), направленных на сбор поверхностных вод и атмосферных осадков и отвод их в толщу литосферы (в водопроницаемые горные породы).

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВОДЫ** — параметры, определяющие физико-химические особенности природных вод. К ним относятся показатели концентрации водородных ионов (рН) и окислительно-восстановительный потенциал (Eh).

**ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВОДЫ** — удельный вес, температура, прозрачность, цвет, мутность, запах, вкус, электропроводность и др.

**ФИЛЬТРАЦИОННЫЕ ПОТЕРИ ИЗ ВОДОХРАНИЛИЩА** — разность между величиной грунтового питания реки до устройства водохранилища и после.

**ФИЛЬТРАЦИЯ** — движение жидкости в пористой среде.

## **Х**

**ХАКИ** — мелкие бессточные водоемы с соленой водой и гязями. Термин является местным названием в Прикаспийской низменности.

**ХОЗЯЙСТВЕННО-ПИТЬЕВЫЕ ВОДЫ** — природные воды, используемые для питьевого и хозяйственного водоснабжения.

## **Ц**

**ЦЕМЕНТАЦИЯ ГОРНЫХ ПОРОД** - способ повышения монолитности и уменьшения водопроницаемости трещиноватых горных пород путем нагнетания в них через систему скважин цементного раствора.

**ЦЕМЕНТАЦИЯ СКВАЖИНЫ** — способ предотвращения сообщения подземных вод различных водоносных горизонтов по затрубному пространству или через ствол скважины. Ц. с. производится путем нагнетания специальных, быстро схватывающихся цементов под большим напором в затрубное пространство.

**ЦИРК ОПОЛЗНЕВЫЙ** — см. *Оползневый цирк*.

## Ч

**ЧАСТИЧНО СВЯЗАННЫЕ (молекулярные, адгерентные) ВОДЫ** — подземные воды, которые молекулярно тесно связаны с породой и не могут быть извлечены обычными каптажными сооружениями и приборами.

**ЧАСТОТА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ** — см. *Кларки*.

**ЧЕТОЧНАЯ ВОДА (по Коссовичу)** — вода, находящаяся в капиллярных трубках с сужениями и расширениями или заключенная между гофрированными пластинками. В пустотах горных пород Ч. в. могут удерживаться в более высоких колонках, чем обычные капиллярные воды.

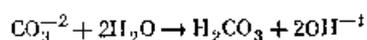
**ЧИСЛО ПЛАСТИЧНОСТИ ГРУНТОВ** - см. *Пластичность глинистых пород*.

## Ш

**ШУРФ (дудка)** — вертикальная или наклонная подземная выработка (обычно малого сечения и небольшой глубины), имеющая непосредственный выход на земную поверхность и предназначенная для разведки полезных ископаемых, вскрытия и опробования вод и т. п.

## Щ

**ЩЕЛОЧНОСТЬ ВОДЫ** — свойство, обусловленное наличием анионов слабых кислот, главным образом угольной кислоты. Эти анионы гидролизуются с образованием гидроксил-ионов, например:



**ЩЕЛОЧНЫЕ ПАРЫ ВОДЫ (по В. И. Вернадскому)** - пары  $\text{CNH}_3$  в стратосфере и магматической оболочке.

## Э

**ЭКВИВАЛЕНТНЫЙ (приведенный) КОЭФФИЦИЕНТ ФИЛЬТРАЦИИ (по П. Я. Кочиной)** — средний коэффициент фильтрации слоистой водоносной толщи при движении воды по напластованию.

**ЭКВИПОТЕНЦИАЛИ (линии равных напоров)** — линии, перпендикулярные к линиям токов. Проекция этих линий на горизонтальную плоскость называются гидроизогипсами (если водоносный горизонт имеет свободную поверхность) или гидроизопьезами (если воды напорные).

**ЭКВИПОТЕНЦИАЛЬНАЯ ПОВЕРХНОСТЬ** — поверхность равных напоров.

**Ю**

**ЮВЕНИЛЬНЫЕ ВОДЫ (по Э. Зюссю)** — воды, образующиеся из паров, и, возможно, из диссоциированных атомов Н и О на больших глубинах. Начало этим водам дают либо газовые магматические выделения, либо га вода, которая в качестве кристаллизационной или конституционной воды входит в состав гак называемых гидратных минералов. 10 в. в чистом виде на земную поверхность не вытекают.

## Тестовые задания к экзамену

### по дисциплине «Геологическая съемка и картографирование»

#### Вариант 1

1. Первая карта, на которой условными знаками изображалось распространение горных пород и минералов, составлена в 1644 году

а) **Ж. Кулоном**; б) Д. Аубреем; в) М. Листером; г) А. Палласу

2. Справедливо ли мнение о том, что «Геофизические методы получили широкое применение при геологической съемке территории Беларуси в начале 60-х годов XX в.»?

а) да; **б) нет**

3. Районирование территории по геологическим условиям размещения полезных ископаемых, выделение перспективных геологических структур и определение условий проведения дальнейших геологосъемочных и поисковых работ предусматривает геологическая съемка масштаба

а) **1:200 000 (1:100 000)**; б) 1:50 000 (1:25 000); в) крупнее 1:25 000.

4. Назовите вид геологической съемки, при которой определяется несущая способность грунтов под фундаменты различного рода промышленных сооружений:

а) **инженерно-геологическая**; б) геоморфологическая; в) литогеохимическая.

5. Геологическая карта должна иметь следующие обязательные составные части

а) <b>топооснову</b> ; б) <b>картографическое изображение</b> ;	в) <b>геологический разрез</b> ; г) фрагмент аэро или космического снимка.
--	---

6. Для составления геологической карты в полевых условиях и ориентировки на местности используется

а) топографическая основа; б) физико-географическая карта; **в) топографическая карта.**

7. Гравитационные, магнитные, электрические аномалии в литосфере используются для заключений об геологических телах

а) <b>глубине залегания</b> ; б) размерах и форме;	в) естественной радиоактивности; г) <b>вещественном составе.</b>
---	---

8. Назовите максимальные глубины изучения строения платформенного чехла методом отраженных волн (МОВ):

а) 100-200 м; б) 1,5-4,5 км; **в) 5-7 км.**

9. Полевой период геологосъемочных работ в организационном плане делится на последовательные стадии:

а) организационную; б) обзорных маршрутов;	в) производственно-полевую; г) заключительную.
---	---

10. Горные породы описываются в следующей последовательности:

а) минеральный состав породы, цвет, текстура, название, включения, органические остатки, контактовые поверхности геологических тел, другие характеристики;

**б) название породы, текстура, цвет, минеральный состав, включения, органические остатки, контактовые поверхности геологических тел, другие характеристики.**

Тестовые задания к экзамену

по дисциплине «Геологическая съемка и картографирование»

**Вариант 2**

1. Назовите геолога конца XVIII в. открывателя последовательности в залегании слоев горных пород, или стратиграфии

а) М. Листер; **б) В. Смит;** в) А.П. Карпинский

2. В каком году была издана Тектоническая карта Белоруссии масштаба 1:500 000 (под ред. Р.Г. Гарецкого и Р.Е. Айзберга)?

а) 1966; б) 1971; **в) 1974**

3. Закончите фразу: «Структурная геологическая съемка заключается в прослеживании и нанесении на карту с помощью стратоизогиПС опорных горизонтов, отражающих...» (укажите наиболее полный вариант ответа)

а) структуры, благоприятные для скоплений нефти и газа;

**б) погребенные структуры платформенного чехла и кристаллического фундамента;**

в) структуры, контролирующие залегание полезных ископаемых в краевых и межгорных прогибах.

4. Как называется гидрогеологические карты масштаба 1:200 000 и 1:100 000?

а) обзорные; б) районные; **в) бассейновые.**

5. При окраске стратиграфических подразделений в ранге отделов придерживаются традиционного правила – чем

**а) моложе горная порода, тем светлее ее окраска;**

б) старше порода, тем светлее ее окраска;

в) моложе порода, тем темнее ее окраска.

6. Какие виды геологических карт относят к группе специальных карт?

а) геологическая; <b>б) гидрогеологическая;</b> в) размещения полезных ископаемых;	<b>г) тектоническая;</b> д) фактического материала.
--	--

7. Назовите вид лабораторных исследований, который применяется для выяснения структурных и текстурных особенностей горных пород, их минерального состава, определения структуры порового пространства и т.д.:

**а) петрографическое изучение шлифов;** б) химический метод; в) гранулометрический анализ.

8. Как называется бурение неглубоких (до 100-150 м) скважин при структурной съемке и составлении геологических карт масштаба 1:200000 и 1:50000 районов, где коренные породы перекрыты мощной толщей четвертичных отложений?

а) опорное; б) разведочное; **в) картировочное.**

9. Основным первичным документом, отражающим работу геолога, является

а) журнал регистрации каменного материала;

**б) дневник (полевая книжка);**

в) фотографии естественных и искусственных обнажений;

г) журнал документации буровых скважин.

10. Камеральная обработка материалов геологосъемочных работ преследует цель составления

а) окончательного варианта обязательных геологических карт и объяснительного текста к ним;

**б) окончательного варианта обязательных и специальных геологических карт и объяснительного текста к ним;**

в) карты закономерностей размещения и прогноза полезных ископаемых.

### **Тесты по дисциплине: Геология и основы горного дела**

1. Геология – это наука, изучающая

а) Землю, ее происхождение, состав, развитие

б) исторические события

с) экономические предпосылки

д) исторические предпосылки

е) развитие индустрии.

2. С какими науками связана геология?

а) экономика, политология

б) география, геохимия, геофизика

с) астрономия

д) культурология

е) история

3. Практическое значение геологии?

а) строительство горных выработок

б) размещение сооружений

с) размещение инфраструктур

д) строительство сооружений

- e) разработка вопросов о закономерностях образования и размещения месторождений полезных ископаемых
4. Выделяют три главных направления в геологии, определившиеся в последние годы
- a) стратиграфия, палеонтология, литолография
  - b) геохимический цикл дисциплин, историческая геология и динамическая геология.
  - c) геодезия, геофизика, геохимия
  - d) гидрогеология, промышленная гидрогеология, геодезия
  - e) маркшейдерское дело, геодезия, гидрогеология
5. Петрология исследует
- a) горные породы, их состав, структуру, условия образования и изменения
  - b) коллоидные вещества
  - c) взвешенные частицы
  - d) искусственные минералы
  - e) естественные минералы
6. Минералогия изучает
- a) коллоидные вещества
  - b) электрические свойства минералов
  - c) природные химических соединений, их происхождение, состав и изменения
  - d) взвешенные частицы
  - e) условия возникновения месторождений
7. Обобщающей наукой о вещественном составе земной коры является
- a) геохимия
  - b) геодезия
  - c) гидрогеология
  - d) промышленная гидрогеология
  - e) маркшейдерия

8. В центральной части вулкана имеется круглое углубление называемое:

- a) фирн
- b) горст
- c) кратер
- d) грабен
- e) кристалл

9. Характер расположения зерен минералов в породе называется:

- a) текстурой
- b) структурой
- c) изломом
- d) стойкостью
- e) крепостью

10. Осадочные горные породы образовались в результате:

- a) больших давлений и высокой температуры
- b) накопления минеральных масс
- c) застывания магмы
- d) химических процессов
- e) образование кристаллов

11. В составе магмы содержится от 80 до 85%:

- a) кремнезема  $\text{SiO}_2$
- b)  $\text{Al}_2\text{O}_3$
- c)  $\text{Fe}_2\text{O}_3$
- d)  $\text{MgO}$
- e)  $\text{O}_2$

12. Самый твердый минерал по шкале Мооса?

- a) топаз
- b) корунд
- c) алмаз
- d) кварц
- e) тальк

13. Самый мягкий минерал по шкале Мооса?

- a) топаз
- b) корунд
- c) алмаз
- d) кварц
- e) тальк

14. Самый широко применяемый в практике метод определения минералов:

- a) оптический
- b) кристаллографический
- c) химический
- d) полевой
- e) лабораторный

15. Историческая геология включает

- a) геохимию, палеонтологию, гидрогеологию
- b) гидрогеологию, геодезию
- c) стратиграфию, палеогеографию и четвертичную геологию.
- d) геодезию, литолографию
- e) маркшейдерию

16. Стратиграфия изучает

- a) последовательность образования и залегания слоев горных пород, накапливающихся в виде осадков на дне водных бассейнов, и определяет их относительный возраст

- b) химический состав
- c) физические свойства d) текстурные характеристики e) диагностические свойства

17. С помощью палеогеографии

- a) образуются новые минералы
- b) восстанавливаются физико-географические условия прошлых геологических эпох
- c) изучают физический состав
- d) изучают химический состав
- e) изучают текстурные особенности

18. Четвертичная геология изучает

- a) физико-химический состав
- b) историю развития Земли за последний период геологического времени длительностью 1,7 млн. лет
- c) изучают текстурные особенности
- d) образуются новые минералы
- e) изучаются диагностические свойства

19. В третий раздел геологии — динамическую геологию включены

- a) геологические процессы, разрушающие одни горные породы и создающие другие
- b) разделы гидрогеологии
- c) основы палеогеографии
- d) законы почвообразования
- e) свойства горных пород

20. Геологические процессы делятся на

- a) на эндогенные и экзогенные
- b) геодезические
- c) гидрогеологические
- d) экологические
- e) биологические

21. Эндогенные процессы это

- a) поддерживаемые глубинной энергией Земли
- b) обусловленные солнечной энергией и силой тяжести
- c) обусловленные химическим строением
- d) обусловленные физическими свойствами
- e) обусловленные физико-химическими свойствами

22. Экзогенные процессы

- a) обусловленные солнечной энергией и силой тяжести
- b) поддерживаемые глубинной энергией Земли
- c) обусловленные физико-химическими свойствами
- d) обусловленные физическими свойствами
- e) обусловленные химическим строением

23. Большая часть информации, накапливающейся в процессе сбора геологического материала находит свое отражение

- a) на геологических картах и производных от них разновидностях.
- b) на пробах
- c) на минералах
- d) на кристаллах
- e) на горных породах

24. Методы, использующиеся для этой цели, подразделяются

- a) на прямые и косвенные.
- b) на первичные
- c) на вторичные
- d) на систематические
- e) на дополнительные

25. К прямым относятся

- a) лабораторные исследования

- b) геологические методы непосредственного изучения горных пород и структур в естественных нарушениях и в искусственных горных выработках
- c) полевые исследования
- d) лабораторные и полевые исследования
- e) снимки с космоса

26. Косвенные методы основаны

- a) на анализе космологических и геофизических данных
- b) геологические методы непосредственного изучения горных пород и структур в естественных нарушениях и в искусственных горных выработках
- c) полевых исследованиях
- d) лабораторных исследованиях
- e) структурных исследованиях

27. Земная кора образует самую верхнюю твердую оболочку, которая по отношению к общему объему планеты.

- a) представляет собой тонкую оболочку
- b) кристаллическую массу
- c) магматическую массу
- d) твердую массу химических элементов
- e) ядро Земли

28. Средний радиус Земли составляет:

- a) 6371 км
- b) 5200 км
- c) 4700 км
- d) 3500 км
- e) 2700 км

29. Мантия Земли является самой крупной геосферой

- a) она составляет 83 % объема планеты и около 66 % ее массы.

- b) она составляет 98 % объема планеты и около 65 % ее массы.
- c) она составляет 95 % объема планеты и около 64 % ее массы.
- d) она составляет 95 % объема планеты и около 63 % ее массы.
- e) она составляет 97 % объема планеты и около 65 % ее массы.

30. Верхняя мантия

- a) это хорошо фиксирующийся внутренний сейсмический раздел
- b) геологический разрез
- c) состав горных пород
- d) химический состав горных пород
- e) горная выработка

**Ответ вариантов**

- 1. a
- 2. b
- 3. e
- 4. b
- 5. a
- 6. c
- 7. a
- 8. c
- 9. a
- 10. b
- 11. a
- 12. c
- 13. e
- 14. d
- 15. c

16. a

17. b

18. b

19. a

20. a

21. a

22. a

23. a

24. a

25. b

26. a

27. a

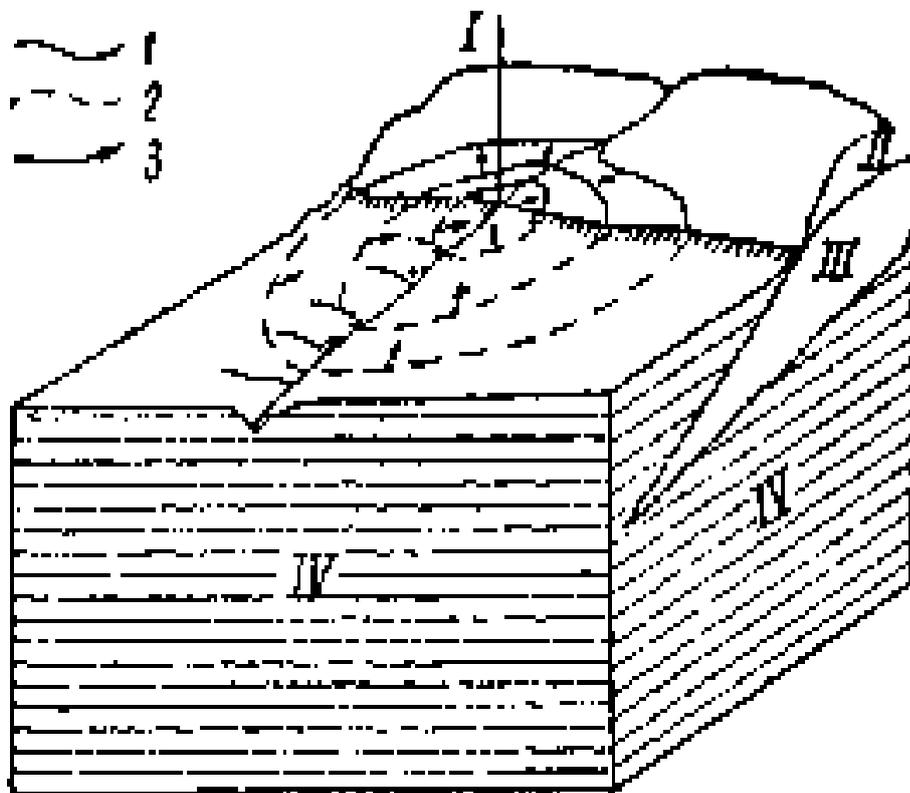
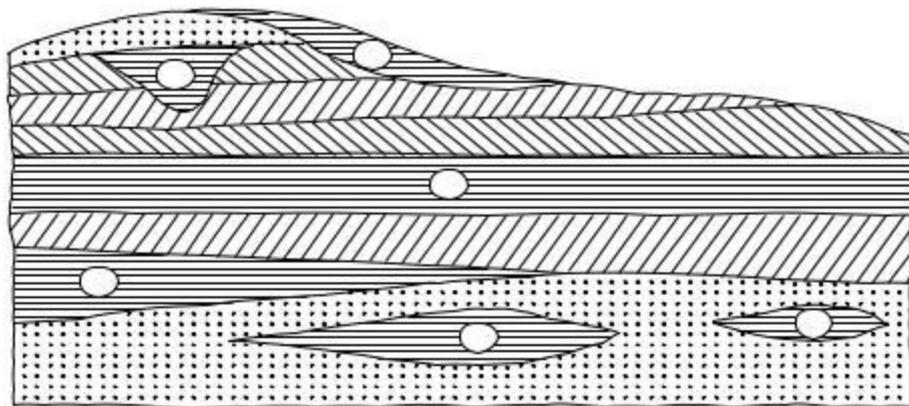
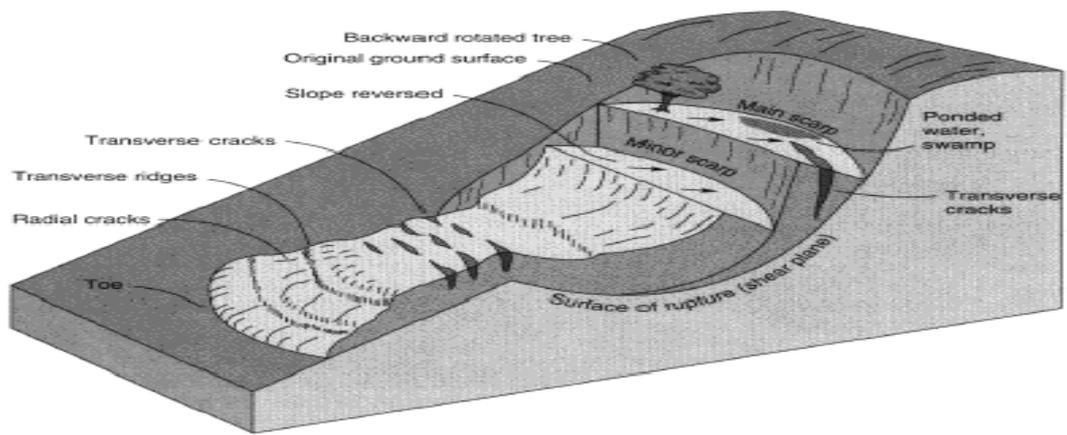
28. a

29. a

30. a

## Раздаточного материала





## ЛИТЕРАТУРЫ

### Список основной литературы

1. С.А.О'Flaherty. Хейвэйс: расположение, проектирование, строительство и обслуживание тротуаров. Великобритания, Баттерворт Хайнеманн, 2005, 553
2. Ф.Г.БЕЛЛ ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ, второе издание 2007 г.
3. В. П. Ананьев, А. Д. Потапов «Инженерная геология». Москва, Высшая средняя школа, 2005
4. Х.З. Расулов «Механика грунтов, основы и фундаменты», Т., Изд-во, 2010.  
а. Подробнее:
  5. Бузруков З.С. «Механика грунта, грунт и фундаменты». Ташкентское издательство «Наука и развитие», 2009.
  6. С. А. Пьянков, З. К. Азизов «Механика земляных работ» Ульяновск-2008.
  7. Швецов Г.И. «Инженерная геология, механика, основы, модернизация и основы». Высшая школа. М. 1997.
  8. В.Юнусов, З.С. Убайдуллаева "Инженерно-геологические изыскания" -1994.
  9. М.З. Назаров "Инженерная геология и охрана окружающей среды", Т., Узбекистан, 1994.

### 1. Дополнительная литература:

10. Мирзиёев Ш.М. Критический анализ, строгая дисциплина и личная ответственность - ежедневная рутина каждого лидера. Выступление Президента Республики Узбекистан на заседании Кабинета Министров Республики Узбекистан по итогам 2016 года и перспективам на 2017 год Газета Народное Слово. 16 января 2017 года Выпуск 11.
11. Электронная версия лекций по науке.
12. Электронная версия методического указания к практике в науке.
13. Информационные раздаточные материалы по темам науки.
14. Электронная версия основной научной литературы.
15. Веб-сайты: [www.doroga.ru](http://www.doroga.ru); [www.avtodor.ru](http://www.avtodor.ru); [www.roads.ru](http://www.roads.ru); [www.Informavtodor.ru](http://www.Informavtodor.ru).