

Белорусский национальный технический университет  
Строительный факультет  
Кафедра «Геотехника и строительная механика»

**ЭЛЕКТРОННЫЙ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС  
по учебной дисциплине**

**«ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ»**

**для студентов специальностей**

7-07-0732-01 «Строительство зданий и сооружений»

6-05-0732-01 «Техническая эксплуатация зданий и сооружений»

Авторы: Уласик Т.М., Медведев Л. Ю.

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Целью ЭУМК по дисциплине «Инженерная геология» является приобретение студентами практических и теоритических знаний, необходимых в дальнейшем при изучении специальных инженерных строительных дисциплин «Механика грунтов», «Основания и фундаменты». Предназначен для студентов дневной и заочной форм обучения, с целью приобретения будущими инженерами современных знаний в области инженерной геологии, а также для формирования навыка эффективной самостоятельной работы. Рекомендован к изучению для студентов строительных специальностей БНТУ.

Электронный учебно-методический комплекс разработан в соответствии со следующими нормативными документами: 1. Положение об учебно-методическом комплексе на уровне высшего образования, утвержденное Постановлением Министерства образования Республики Беларусь №427 от 08.11.2022г.; 2. Образовательный стандарт ОСВО 7-07-0732-01-2023. 3. Учебная программа по дисциплине «Инженерная геология» (УД-СФ64- 5/ уч от 30.06.2023г.).

Содержание и объем ЭУМК полностью соответствует образовательному стандарту высшего образования (первая ступень), а также учебно-программной документации образовательных программ высшего образования (первая ступень). Электронный учебно-методический комплекс разработан в печатном виде, доступен в электронном виде.

ЭУМК включает такие разделы как: **Теоретический раздел.** Содержит информацию по лекционному теоретическому курсу дисциплины, необходимую для самостоятельного изучения и подготовки к промежуточной форме аттестации – зачету. **Практический раздел.** В нем предусмотрено изучение коллекций порообразующих минералов, посредством описания их физических свойств. Уделяется внимание разнообразию свойств минералов, их классификации. Это отражено в лабораторном практикуме, позволяющем применяя методику описания минералов и используя эталоны твердости (шкала Мооса), а также таблицы описания базовых физических характеристик, дать наименование минералов. В лабораторном практикуме дается полное описание главных групп горных пород и приводится методика определения их в соответствии с классификацией. Дана ссылка на электронную версию лабораторного практикума. **Раздел контроля знаний.** Содержит темы рефератов по дисциплине, перечень вопросов по темам, примеры тестовых заданий, список литературы.

**Сведения об авторах:** Составителями ЭУМК по дисциплине «Инженерная геология» являются: Уласик Т.М. – кандидат технических наук, доцент, зав. кафедрой «Геотехника и строительная механика» строительного факультета БНТУ; Медведев Л.Ю. – магистр технических наук, ассистент кафедры «Геотехника и строительная механика» строительного факультета БНТУ.

ЭУМК рекомендуется использовать для выполнения следующих видов внеаудиторной работы студентов: подготовка к лекциям, подготовка к лабораторным занятиям (допуск к выполнению лабораторной работы, защита), подготовка рефератов, подготовка к зачету. ЭУМК по дисциплине «Инженерная геология» предназначен для успешного усвоения студентами учебного материала, дает возможность планировать и осуществлять самостоятельную работу студентов, обеспечивает рациональное распределение учебного времени по темам учебной дисциплины и совершенствование методики проведения занятий. Электронный учебно-методический комплекс направлен на повышение эффективности учебного процесса по дисциплине «Инженерная геология». Организация изучения дисциплины на основе ЭУМК предполагает эффективную учебную деятельность, позволяющую сформировать профессиональные компетенции будущих специалистов специальностей 7-07-0732-01 «Строительство зданий и сооружений», 6-05-0732-01 «Техническая эксплуатация зданий и сооружений».

## СОДЕРЖАНИЕ

### УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ»

<b>Пояснительная записка</b> .....	2
<b>1.Теоретический раздел</b> .....	5
Тема 1. Введение.....	5
Тема 2. Основные сведения о Земле.....	7
Тема 3. Геофизические поля и основные геосферы Земли.....	9
Тема 4. Вещественный состав Земной коры.....	11
Тема 5. Магматизм.....	12
Тема 6. Метаморфизм.....	14
Тема 7. Тектонические процессы.....	14
Тема 8. Основы стратиграфии и геохронологии.....	18
Тема 9. Основы инженерной геодинамики .....	28
Тема 10. Гидродинамические процессы .....	35
Тема 11. Теплофизические процессы и явления .....	42
Тема 12. Гравитационные процессы и явления.....	50
Тема 13. Основы геоморфологии .....	57
Тема 14. Общие сведения о подземных водах.....	61
Тема 15. Закономерности движения подземных вод.....	67
Тема 16. Гидрогеологические условия и охрана геологической среды Беларуси.....	80
Тема 17. Методы инженерно-геологических исследований в строительстве.....	92
<b>2.Практическая часть</b> .....	103
2.1.Лабораторные работы.....	103
<b>3.Раздел контроля знаний</b> .....	146
<b>4.Литература</b> .....	151

# 1. Теоретический раздел

## Тема 1. Введение

*Инженерная геология, её объект, цели и задачи. История формирования и развития инженерной геологии. Современное состояние инженерной геологии: характеристика ее основных разделов. Роль инженерной геологии при охране геологической среды. Связь инженерной геологии с другими науками. Задачи инженерно-геологических изысканий.*

**Геология** – комплекс наук о составе, строении, истории развития Земли, движении земной коры, размещении полезных ископаемых, которые сформировались в конце 18-го ст. при большом объеме сведений о Земле и происходящих в ней явлениях, хотя накопление данных о строении Земли началось в глубокой древности.

Развитию геологии как науки содействовали труды многих ученых мира, включая русского М.В.Ломоносова (1711-1765), шотландского Д.Паттона (1726-1795) и немецкого А.Г.Вернера (1750-1817).

18-й век явился периодом становления геологии как науки, а 19-й – ее развития, когда французский естествоиспытатель Ж.Б.Ламарк (1744-1829) и английский геолог Ч.Лайель (1797-1875) выдвинули эволюционную теорию постепенного преобразования Земли.

Выявить закономерности распространения различных полезных ископаемых позволили работы В.И. Вернадского, А.Е. Ферсмана, А.П. Карпинского, А.Д. Архангельского, И.М. Губкина и др.

Далее возникли самостоятельные дисциплины, изучающие:

**минералогия** – состав, происхождение и свойства природных соединений (минералов), слагающих земную кору;

**петрография** – агрегаты минералов (горные породы), их состав, строение, происхождение и условия залегания;

**динамическая геология** – процессы на поверхности и в недрах Земли;

**стратиграфия** – слои земной коры;

**тектоника** – строение или структуру земной коры в их исторической последовательности;

**историческая геология** – историю земной коры от начала ее развития до настоящего времени;

**гидрогеология** – подземные воды, условия их залегания, режим движения;

**инженерная геология** – геологические условия строительства различных сооружений и хозяйственного использования территорий, вопросы

использования горных пород в качестве оснований, среды и материала для сооружений, а также процессы, влияющие на устойчивость пород, и ряд других.

В развитии **инженерной геологии** большую роль внесли акад. Ф.П. Саваренский, К. Терцаги, Н.В. Коломенский, И.В. Попов, В.А. Приклонский, Н.Я. Денисов, Е.М. Сергеев, В.Д. Ломтадзе, Л.Д. Белый, Н.В. Бобков, Н.Н. Маслов, В.И. Осипов, В.П. Ананьев, В.Т. Трофимов, Г.К. Бондарик, И.С. Комаров, Г.С. Золотарев и др.

В развитии **гидрогеологии** важная роль принадлежит Ф.П. Саваренскому, Г.Н. Каменскому, А.Н. Семихатову, В.С. Илину, О.К. Ланге, А.Ф. Лебедеву и др. Первый этап становления **инженерной геологии**, как самостоятельной отрасли геологии, относится к концу 18-го века и характеризуется накоплением опыта использования геологических данных для строительства различных объектов, особенно железных дорог в промышленно развитых странах мира. Были выявлены различные геологические условия на обширных территориях с практическим применением в решении конкретных строительных задач.

На 2-м этапе, во второй половине 20-го века, **инженерная геология** утвердилась как самостоятельная наука и стала необходимой и неотъемлемой частью строительного производства. Инженеры-строители разработали **методики оценки свойств горных пород (грунтов)** качественно и количественно, что особенно важно для проектирования объектов. Появились **нормы и технические условия** на строительство в различных, порой весьма сложных геолого-климатических условиях и при развитии опасных природных процессов (вечная мерзлота, сейсмические районы, лессовые просадочные грунты, оползнеопасные районы и т.п.). Созданы **специализированные инженерно-геологические изыскательские организации**, оснащенные необходимым оборудованием, приборами и высококвалифицированными кадрами.

**Современная инженерная геология** изучает геологическую среду для целей строительства, рационального использования и охраны от неблагоприятных для человека процессов и явлений, что способствует сближению ее с комплексом экологических наук.

Она базируется на естественных науках - физике, химии, высшей математике, биологии, экологии, географии, астрономии и прикладных – гидравлике, геодезии, климатологии, информатике и др.

**Инженерная геология** включает:

**грунтоведение** – горные породы (грунты) и почвы;

**инженерная геодинамика** – природные и антропогенные геологические процессы и явления;

**региональная инженерная геология** – строение и свойства геологической среды определенной территории.

В состав современной инженерной геологии входят специальные разделы, имеющие уровень самостоятельных наук: **механика грунтов; механика скальных пород; инженерная гидрогеология; инженерная геофизика; геокриология (мерзловедение).**

Интенсивно развиваются **морская инженерная геология**, а также комплексная дисциплина по **охране окружающей среды**, основой которой является **экология**. При изысканиях применяют следующие виды обнажений горных пород (грунтовых напластований): **горные выработки, шурфы, штольни, закопушки, буровые скважины.**

**Главная цель инженерных изысканий** - изучение природной геологической обстановки местности до и прогноз изменений в геологической среде (в грунтах) при строительстве и эксплуатации сооружений.

**Основные задачи изыскательских работ** еще до начала проектирования при принятии решения о строительстве и инвестировании объекта:

- выбор оптимального (благоприятного) в геологическом отношении места (площадки, района) строительства данного объекта;
- выявление инженерно-геологических и гидрогеологических условий для определения наиболее рациональных конструкций фундаментов, а также технологии производства работ;
- выработка рекомендаций по необходимым мероприятиям инженерной защиты территорий и охране геологической и окружающей среды при строительстве и эксплуатации сооружений.

## **Тема 2. Основные сведения о Земле**

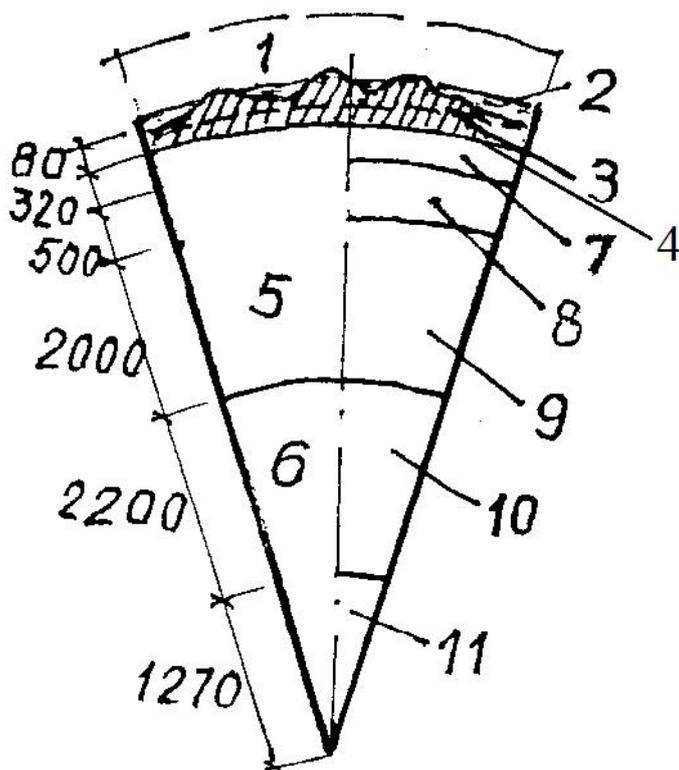
*Состав и строение Земли, её происхождение. Происхождение Вселенной. Физические параметры Земли. Внешние и внутренние геосферы Земли и их взаимодействие. Значение геологических данных о Земле для промышленного и гражданского строительства.*

### **2.1. Состав и строение земной коры**

Гипотезы о происхождении Земли можно разделить на две группы. Согласно первой Земля возникла как тело с большой температурой и затем остывала (Канта-Лапласа). По второй Земля возникла из газового пыльного облака с малой температурой и была разогрета при прохождении через него Солнца от радиоактивного распада элементов (О.Ю.Шмитдт сформулировал в 1943-44 гг., доложил в 1951 г.).

#### **Форма и размеры Земли**

**Форма** – геоид в виде эллипсоида вращения с поднятиями и опущениями (рис. 2) **Размеры** в км: полярный радиус 6357, экваториальный 6378, средний 6370.



**Рис. 1.** Схема деления земного шара на геосферы:

- 1 – атмосфера (21 % кислорода, 78% азота, 1% другие газы);
- 2 – гидросфера;
- 3 – земная кора (литосфера);
- 4 – граница Мохоровичича;
- 5 – мантия Земли;
- 6 – ядро Земли;
- 7 – верхняя зона;
- 8 – переходная зона;
- 9 – нижняя зона;
- 10 – верхняя оболочка;
- 11 – ядрышко

### **Химический состав земной коры**

В земной коре находятся все химические элементы. Впервые попытался установить состав американский ученый Кларк в 80-е годы 19-го столетия. Он собрал анализы горных пород и обработал статистически. Позже были получены уточненные данные о химическом составе земной коры в %: кислород – 46,8; кремний – 27,4; алюминий – 8,7; железо – 5,1; кальций – 3,6; натрий – 2,6; калий – 2,6; магний – 2,1; другие – 1,2.

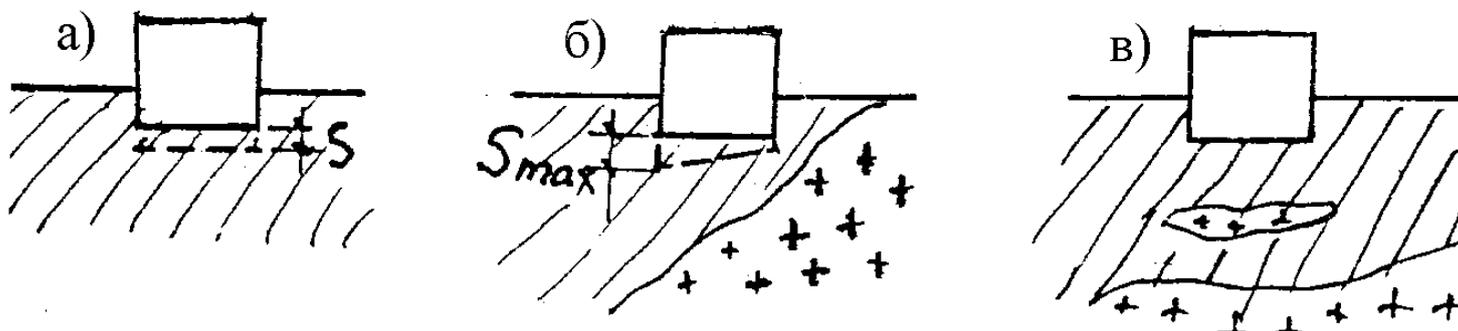
### **Значение данных о горных породах (грунтах), используемых в качестве оснований сооружений и их среды**

В зависимости от свойств грунтов возведенные на них сооружения могут испытывать *осадку* или *подъем* самой разной величины.

Осадка возникает вследствие уплотнения грунтов или их выдавливания из-под фундаментов здания или сооружения. Выдавливание грунта может служить причиной полного разрушения основания, а осадка – не всегда. Деформации оснований происходят также и от увлажнения лессов или набухающих грунтов, возникновения оползней, землетрясений и т.д. Важно также знать условия залегания подземных и надземных вод и их приток в строительные котлованы при возведении сооружений.

Геологические условия строительных площадок представляют на геологических разрезах с разными вертикальными и горизонтальными масштабами. На них условными обозначениями показывают распределение по

глубине тех или иных пород (грунтов) в пределах вертикальных плоскостей, секущих территорию по соответствующим направлениям. На рис. 2 приведены примеры сложений грунтовых оснований.



**Рис. 2. Сложение грунтовых оснований:**  
 а – однородное; б – неоднородное с наклоном пластов;  
 в – то же с линзой слабого грунта

### Тема 3. Геофизические поля и основные геосферы Земли

*Гравитационное, магнитное, тепловое и электрическое поля. Причины их возникновения, основные характеристики, аномалии, изменения во времени и пространстве. Значение изучения геофизических полей для инженерно-геологических исследований. Атмосфера, литосфера, гидросфера, магнитосфера, ноосфера и их взаимодействие.*

**Атмосфера** – воздушная оболочка, постоянно движется и колоссально влияет на процессы на поверхности Земли.

**Гидросфера** – водная оболочка Земли (примерно 71% ее поверхности), очень активный геологический фактор. Мощность различная, максимально свыше 11 км (Марианская впадина).

**Земная кора - литосфера** (литос – камень) мощностью от 3 до 80 км (в среднем – примерно 50 км) и средней плотностью вещества 2,8 г/см<sup>3</sup>, неоднородна по составу и имеет ряд слоев (рис. 3).

Исследована земная кора на глубину порядка 8 км, а за последнее время в сверхглубоких скважинах (Кольская – свыше 11 км). Ниже этих глубин оценка производится по результатам сейсморазведки.

**Гранитный слой** включает граниты, гнейсы и базальты. **Базальтовая оболочка** состоит из базальта, оливина и перидотита.

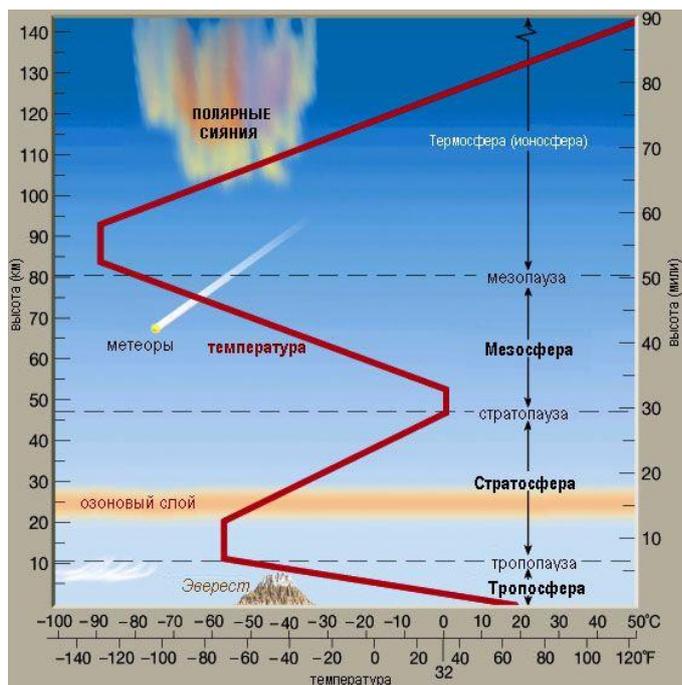
**Мантия** включает оболочки: а) **симатическую** (барисферу) – верхнюю мантию с плотностью 2,2-4,5 г/см<sup>3</sup>; б) **промежуточную** с плотностью 5,3-6,6 г/см<sup>3</sup>, включающую **хрофесиму** (от 900 до 1800 км) и **нифесиму** (от 1800 до 2900 км).

О составе мантии судят предположительно. Бурение выполняют с поверхности дна океана, где нет гранитного слоя. Мантия состоит из

силикатных пород, примерно как в базальтовом слое, но они находятся в другом состоянии (давление и температура больше).

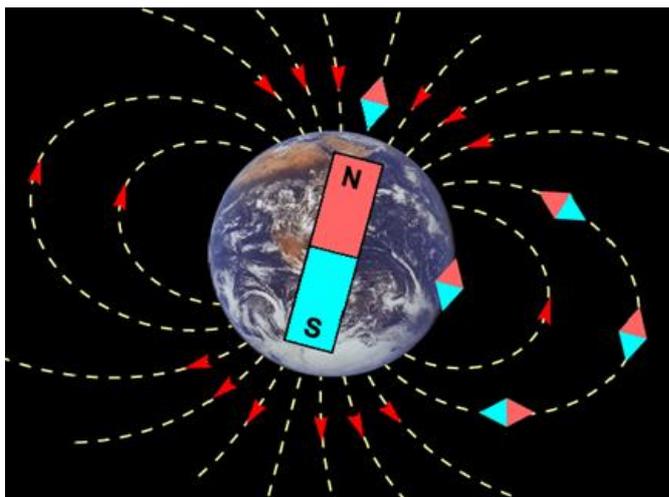
**Ядро** с плотностью 7-11 (9-12) г/см<sup>3</sup>, в среднем 8,5 г/см<sup>3</sup> как у стали, тоже неоднородно по составу. Волны не проходят на внешней оболочке со свойствами жидкости.

Одна из гипотез утверждает, что ядро состоит из элементов типа железа и никеля, а другая – из пород силикатного состава (как мантия и базальтовый слой). Высокая плотность обусловлена колоссальным давлением (порядка 3,5 млн. атм.).



**Биосфера** (сфера жизни, по определению акад. В.И. Вернадского) – более или менее равномерно распределенный по земной поверхности покров живого вещества (более 500 растений и более 100 организмов и живых существ). Самой внешней геосферой является магнитосфера. Магнитосфера формируется магнитным полем земли в районе полюсов магнитные силовые линии сходятся, а на экваторе они удаляются от поверхности земли до 50 тыс. км.

Рис.3. Изменение температуры в атмосфере.



Магнитное поле- это ловушка для космических лучей высоких энергий захваченные магнитные поля вокруг земли 1) внешний 2) средний 3) внутренний. Внешний – нестабилен и напрямую зависит от активности солнца.

Рис.4. Магнитное поле Земли.

## Тема 4. Вещественный состав Земной коры

*Понятие о минералах. Химический состав минералов. Полиморфизм и изоморфизм. Морфология минералов и их агрегатов. Физические свойства минералов. Классификация и происхождение минералов. Понятие об искусственных минералах. Понятие о горных породах. Минеральный состав горных пород. Структура и текстура горных пород. Физические свойства горных пород. Классификация и происхождение горных пород. Литогенез. Технические породы. Понятие о грунтах. Инженерно-геологическая характеристика грунтов.*

**Минералами** называются природные химические соединения или самородные элементы, образующиеся в результате естественных физико-химических процессов в земной коре, на поверхности Земли. **Горные породы** могут быть по их внешнему виду разделены на: **скальные** (гранит, песчаник и т.д.) и **рыхлые** (песок, глина и т.д.). Согласно взглядам Н.А. Цытовича, рыхлые горные породы называются **грунтами**. С горными породами и слагающими их минералами человек имеет дело не только при разведке и добыче полезных ископаемых. *Все, что строит человек, создается на горных породах, в них, либо в той или иной мере из горных пород.*

### Генетическая и химическая классификация минералов

**Генетическая** – по происхождению (подобно горным породам). Возникшие в земной коре на глубинах – **эндогенного** генезиса (кварц), а на поверхности и границе литосферы с гидросферой и атмосферой – **экзогенные** (галит). В зоне высоких температур – **метаморфического происхождения** (талек, серпентин, асбест).

Часто употребляют упрощенную классификацию минералов:

**первичные** (при остывании магмы); **вторичные** (видоизмененные).

**Химическая классификация** Четверикова:

1 – **силикаты** (около 800, 75 % массы земной коры. В составе – кремний, кислород, алюминий, железо, калий, кальций, магний, водород):

а) **полевые шпаты** (шпат – пластинка). Ортоклазы, микроклин, плагиоклазы (кососкальвающиеся). В пределах этого ряда – лабрадор. Находятся в зоне выветривания и переходят во вторичные;

б) **мета** и **ортосиликаты** (темные силикаты): роговая обманка, авгит, оливин;

в) **водные алюмосиликаты**: талек, хлорит, серпентин (змеевик), слюды (мусковит, биотит), глинистые минералы;

2 – **карбонаты** (соли угольной кислоты: кальцит, доломит. Вскипают от HCl. Растворимы водой. В известняках возникают карстовые явления);

3 – **окислы**; 4 – **гидроокислы**. Это соединения химических элементов с кислородом: а) кварц, халцедон и опал – окислы кремния. Высокая твердость, стеклянный блеск и неровный излом;

5 – **сульфиды** (около 350, 25% массы земной коры). Пирит и халькопирит. При их преобладании в породе происходит быстрое разрушение;

6 – **сульфаты** (соли серной кислоты: гипс, ангидрит), похожи на карбонаты, но не взаимодействуют с HCl, растворимы водой и возникают карстовые явления;

7 – **галлоидные** (галит, сильвин, всего 100). Сравнительно мягкие, соленые на вкус, растворимые водой с образованием карста;

8 – **фосфаты**; 9 – **вольфраматы**; 10 – **самородные**.

### Горные породы

Это – **агрегаты минералов**: состоящие из одного минерала – **мономинеральные** или из нескольких – **полиминеральные**.

Найдено и изучено свыше 1000 различных горных пород в земной коре. Они обладают различной прочностью: гранит плотный и прочный, песок рыхлый обладает малой прочностью.

Основными **признаками классификации горных пород** являются **минеральный и химический состав, структура, условия (формы) залегания и генезис (происхождение)**. Свойства пород в решающей мере определяются их происхождением (генезисом).

#### Генетическая классификация.

1. **Магматические** (изверженные): а – глубинные, б – излившиеся.

2. **Осадочные**: а – химические, б – механические (обломочные), в – органогенные, г – смешанные.

3. **Метаморфические**: а – контактового, б – регионального метаморфизма.

### Тема 5. Магматизм

*Понятие о магматизме. Типы магм. Причины многообразия магматических пород. Интрузивный магматизм. Эффузивный магматизм.*

*Поствулканические явления. Формы залегания магматических пород.*

**Магма** – сложный по составу силикатный расплав, обогащенный парами воды и различными газами, который внедряется в земную кору и изливается на поверхность в виде **лавы**. Его температура – 1000-1500°. Очаги магмы возникают при резком понижении давления и деформациях земной коры.

Породы глубинные(гранит) отличаются по внешнему виду от излившихся (вулканическое стекло) за счет условий их образования. .

**Глубинные** породы остывают в земной коре сравнительно медленно (тысячи и миллионы лет), поэтому все минералы в составе магмы образуют кристаллы.

**Излившиеся** породы образуются за счет быстрого остывания магмы на поверхности, поэтому не все минералы образуют кристаллы и создается стекловидная масса.

При изучении пород обращают внимание на структуру и текстуру.

**Структура** – строение породы, обусловленное степенью ее кристалличности, величиной, формой и взаимным расположением кристаллов.

**Глубинные** породы имеют полнокристаллическую структуру равномернозернистую и неравномернозернистую (порфировидную) с зернами мелкими (< 2 мм); средними (2-5 мм); крупными (> 5 мм).

**Излившиеся** породы имеют неполнокристаллическую структуру (часть – стекла, часть – кристаллы). Разновидностью является порфировая структура (габбро и сиенит).

Структура стекловатая (нет кристаллов) характерна для вулканического стекла (обсидиана).

**Текстура** – сложение породы с учетом расположения ее составных частей: **массивная, пористая, слоистая, полосчатая** и т.д.

**Глубинные** породы имеют текстуру **массивную**, **излившиеся** – чаще **пористую** и **массивную**.

### Формы залегания магматических пород

Такие породы могут залегать на больших глубинах, достигая нескольких тысяч км. В Беларуси выходят на поверхность только в районе г. Микашевичи. Исходя из характера излияния подразделяют формы залегания магмы на **глубинные** и **излившиеся** (рис. 5).

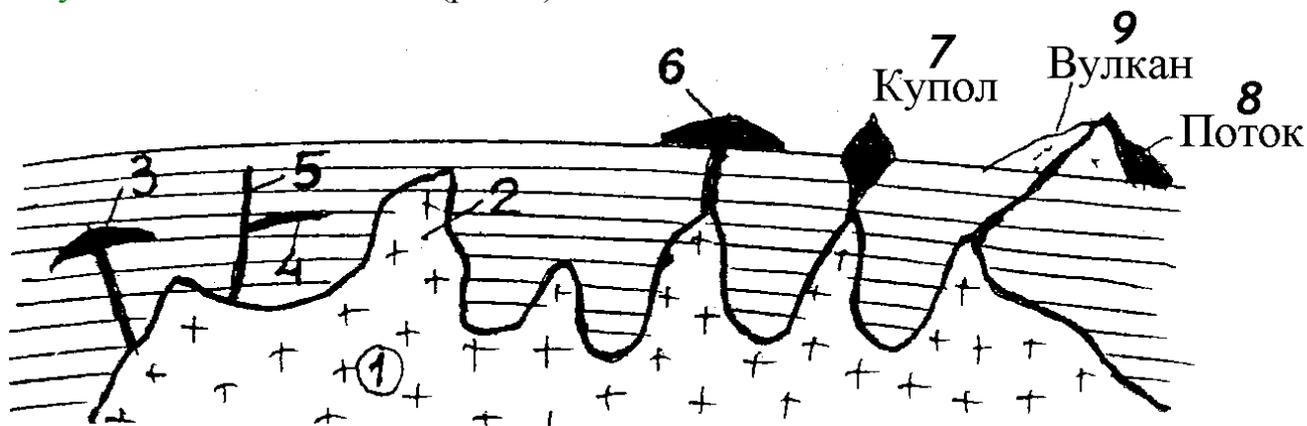


Рис. 5. Виды форм залегания магматических пород

#### Глубинные:

- 1) **баталит** – массив направленной формы, имеет в поперечнике 10-100 км;
- 2) **шток** – ответвление от баталита меньших размеров;

3) **лакколит** – по трещинам внедряется в поверхностные слои пород. Часто лакколиты выходят и на поверхность пород (Медвежья гора – Аю Даг в Крыму);

4, 5) **жилы** – **пластовые** и **секущие**.

#### **Излившиеся:**

6) **покров** – размеры в плане переменные, мощность от нескольких метров до нескольких километров;

7) **купол** – изливается на поверхность с ориентацией по вертикали;

8) **поток** – изливается из вулкана;

9) **вулкан** – ширина больше длины.

## **Тема 6. Метаморфизм**

*Метаморфизм и факторы метаморфизма. Типы метаморфизма. Фаши метаморфизма. Метасоматоз. Мигматиты. Формы залегания метаморфических пород.*

### **Метаморфические породы**

Возникли из пород магматических или осадочных путем их изменения под воздействием высоких давлений и температур, газовых компонентов, т.е. процессов **метаморфизма**.

Породы **контактового метаморфизма** образовались при внедрении магмы в земную кору при высокой температуре на контакте.

Породы **регионального метаморфизма** возникли в подвижных зонах земной коры, называемых геосинклиналями, в больших масштабах при высоких давлениях.

**Динамоморфизм** – образование горных пород в результате большого давления и деформаций земной коры (тектонические движения).

По **структуре** эти породы – **кристаллические**. Их **текстура**: **массивная, сланцеватая, полосчатая, пльчатая**.

Важно иметь представление как о первичной, так и о вторичной слоистости (рис. 6). При высоком давлении (10-1000 МПа) и перегруппировки минералов появляются трещины, а при движении под углом по отношению к первичной - вторичная слоистость (кливаж).

## **Тема 7. Тектонические процессы**

*Типы тектонических движений земной коры: колебательные и дислокационные. Их сравнительная характеристика по скорости, распределению в пространстве и во времени, направлению обратимости. Дислокации пликативные (складчатые) и дизъюнктивные (разрывные), их геометрические элементы и классификация. Элементы залегания горных*

пород и методы их определения. Трещиноватость и отдельность горных пород, их происхождение, виды, методы анализа. Сейсмические явления. Землетрясения и моретрясения. Продольные и поперечные волны при землетрясениях и скорость их движения. Оценка силы землетрясения. Сейсмографы. Особенности строительства в сейсмических районах.

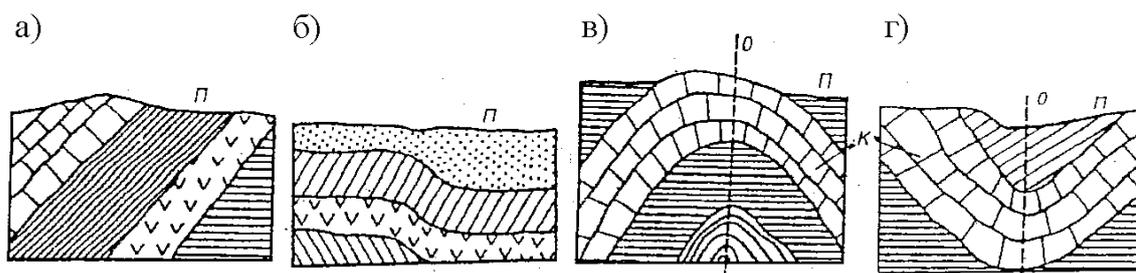
Движения земной коры с её деформациями и изменением залегания пород называются тектоническими процессами. Их можно разделить на три основных типа:

- *колебательные* - медленные поднятия и опускания участков земной коры с образованием крупных выпуклостей и прогибов;
- *складчатые* - смятие горизонтальных слоев земной коры в складки без их разрыва;
- *разрывные* - с разрывом слоев и массивов горных пород.

**Колебательные движения.** Отдельные участки земной коры на протяжении многих столетий поднимаются, другие в это же время опускаются с их изменением наоборот со временем. Различают виды таких движений земной коры: 1 – прошедших геологических периодов; 2 – новейшие четвертичного периода; 3 – современные с изменением высот поверхности земли в данном районе.

**Складчатые дислокации.** Под дислокациями понимают вторичные формы залегания горных пород. При колебаниях часто происходит смятие слоев (пластов) пород в складки или их наклон (рис.6) без разрыва сплошности. В вершинах складок они всегда бывают трещиноваты, а иногда даже раздроблены. При *первичном* (ненарушенном) залегании осадочных пород их расположение не меняется и остается таким же как при формировании.

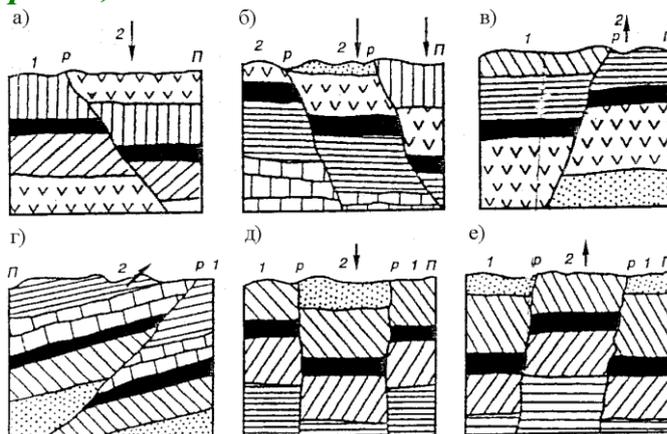
**Разрывные дислокации** имеют нарушения сплошности пластов. На территории Беларуси новейшие дислокации не образуются, но старые встречаются. Примером служит Припятский грабен, поверху которого очень много отложений морского происхождения.



**Рис. 6. Складчатые дислокации:**

а – моноклираль; б – флексура; в – антиклираль;  
г – синклираль; О – ось складок; П – поверхность земли

К разрывным дислокациям относятся (рис.7) *сбросы, взбросы, сдвиги, грабены, горсты, надвиги.*



**Рис.7.** Разрывные дислокации:  
 а – сброс; б – ступенчатый сброс; в – взброс; г – надвиг; д – грабен; е – горст;  
 1 – неподвижная часть толщи; 2 – смещаемая часть; П – поверхность земли;  
 р – разрыв слоев

### Элементы строения земной коры и ее колебательные движения

По характеру тектонических движений земная кора может быть разбита на 2 области, которые принято называть:

- 1 – *платформы*;
- 2 – *геосинклинали* (земные впадины).

Беларусь находится на устойчивой платформе.

*Платформы* - малоподвижные, устойчивые участки земной коры. Для них характерны вертикальные колебания.

### Сейсмические явления

*Сейсмические явления* (от греческого – сотрясения) проявляются в виде упругих колебаний земной коры. Типичны районам геосинклиналей с разрывами, подвижками, расколами и другими остаточными деформациями земной коры. В наиболее резком появлении сейсмические явления называются *землетрясениями*. В год их регистрируется более 100 тысяч, из которых около 100 приводят к опасным последствиям, а отдельные – даже к катастрофам с гибелью людей, массовыми разрушениями зданий и сооружений.

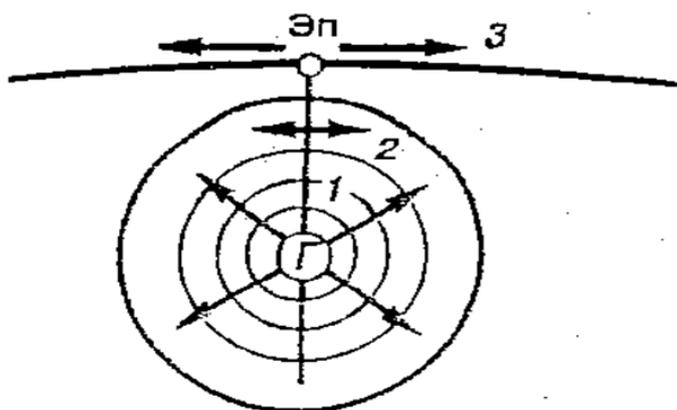
Землетрясения могут происходить при извержении вулканов (например, на Камчатке), а также в результате мощных взрывов.

*Моретрясения* возникают на дне глубоких впадин Тихого, реже Индийского и Атлантического океанов. Быстрые поднятия и опускания дна вызывают смещение крупных масс горных пород и порождают на поверхности океана

пологие волны (*цунами*) с расстояниями между гребнями до 150 км. При подходе к берегу вместе с подъемом дна, а иногда сужением берегов в бухтах, высота волн увеличивается до 15-20 м и даже 40 м.

*Цунами* перемещаются на расстояния в сотни и тысячи километров со скоростью 500-800 и даже более 1000 км/ч. По мере уменьшения глубины моря крутизна волн резко возрастает и они со страшной силой обрушиваются на берега, вызывая разрушения сооружений и гибель людей.

**Землетрясения. Сейсмические волны.** Очаг зарождения сейсмических волн называют **гипоцентром** (рис. 13). Различают землетрясения: поверхностные – от 1 до 10 км глубины, коровые – 30-50 км и глубокие (или плутонические) – от 100 до 700 км. Наиболее разрушительны поверхностные и коровые землетрясения.



**Рис. 8.** Гипоцентр (Г), эпицентр (Эп) и сейсмические волны:  
1 – продольные, 2 – поперечные; 3 – поверхностные

Различают *продольные* и *поперечные* сейсмические волны. Скорость поперечных волн примерно в 1,7 раза меньше продольных. Оценивают силу землетрясений сейсмографами. В России и странах СНГ распространена 12-балльная шкала по Рихтеру.

**Вулканизм** – это процесс прорыва магмы из глубин земной коры на поверхность земли. **Вулканы** – геологические образования в виде гор и возвышений конусовидной, овальной и других форм, возникшие в местах прорыва магмы на земную поверхность.

### **Учет влияния землетрясений на устойчивость зданий и сооружений**

Воздействие землетрясений на здания и сооружения зависит от ряда факторов:

- 1 – геологических и гидрогеологических условий;
- 2 – глубины очага и эпицентра (гипоцентра) землетрясения;

3 – частот сейсмических колебаний и самих зданий и сооружений;  
4 – конструктивных особенностей зданий и сооружений.

Влияние **геологического** и **гидрогеологического строения**.

При колебаниях за счет переупаковки изменяется пористость грунтов и возникают большие осадки фундаментов, причем неравномерные в неоднородных грунтах, что особенно опасно для зданий и сооружений. При обводнении бальность увеличивается на 1,5-2.

## Тема 8. Основы стратиграфии и геохронологии

*Возраст Земли. Геологическое время – абсолютное и относительное. Относительная геохронология. Изотопные способы определения возраста минералов и горных пород (абсолютная геохронология). Геохронологическая и стратиграфическая шкалы. Геологические разрезы и стратиграфическая колонка.*

Историю и общие закономерности развития и образования земной коры изучает **историческая геология**. Для этого используют геологические «документы» в виде толщ пород, которые характером своих напластований, остатками ископаемых организмов свидетельствуют об этапах развития земной коры.

Различают *относительный* и *абсолютный* возраст горных пород, устанавливаемые для оценки их свойств и определения положения среди других пород с отражением в геологической документации (картах и разрезах).

**Относительный возраст** определяют по отношению друг друга двумя методами: *стратиграфическим* и *палеонтологическим*.

**Стратиграфический метод** применяют для толщ с ненарушенным горизонтальным залеганием слоев (рис. 9). При этом нижележащие слои считают древнее вышележащих. Этот метод не используют при залегании слоев в виде складок.

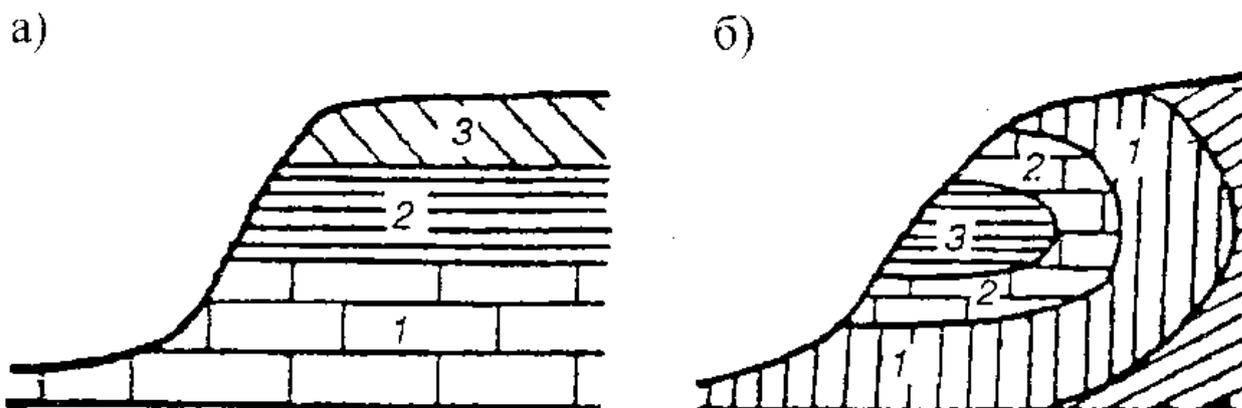


Рис. 9. Залегание слоев:  
а – горизонтальное, б – в виде складок

Из рис. 9,а видно, что самым молодым является верхний слой 3, самым древним – нижний 1. На рис. 9,б показан выход на склон рельефа слоев, смятых в складки. Видно, что более древние слои 1 и 2 лежат на более молодом слое 3.

**Палеонтологический метод** определения относительного возраста пород базируется на истории развития органической жизни на Земле по остаткам вымерших организмов в осадках.

**Абсолютный возраст** – это срок существования («жизни») породы в годах, определяемый по радиоактивным превращениям в уране, калии, рубидии и др., входящим в состав пород. По образованию свинца из 1 г урана в год находят абсолютный возраст минерала и породы в млн. лет, по углероду  $^{14}\text{C}$  с периодом полураспада 5568 лет - более молодых образований. Абсолютные значения возраста пород приведены в хронологической шкале.

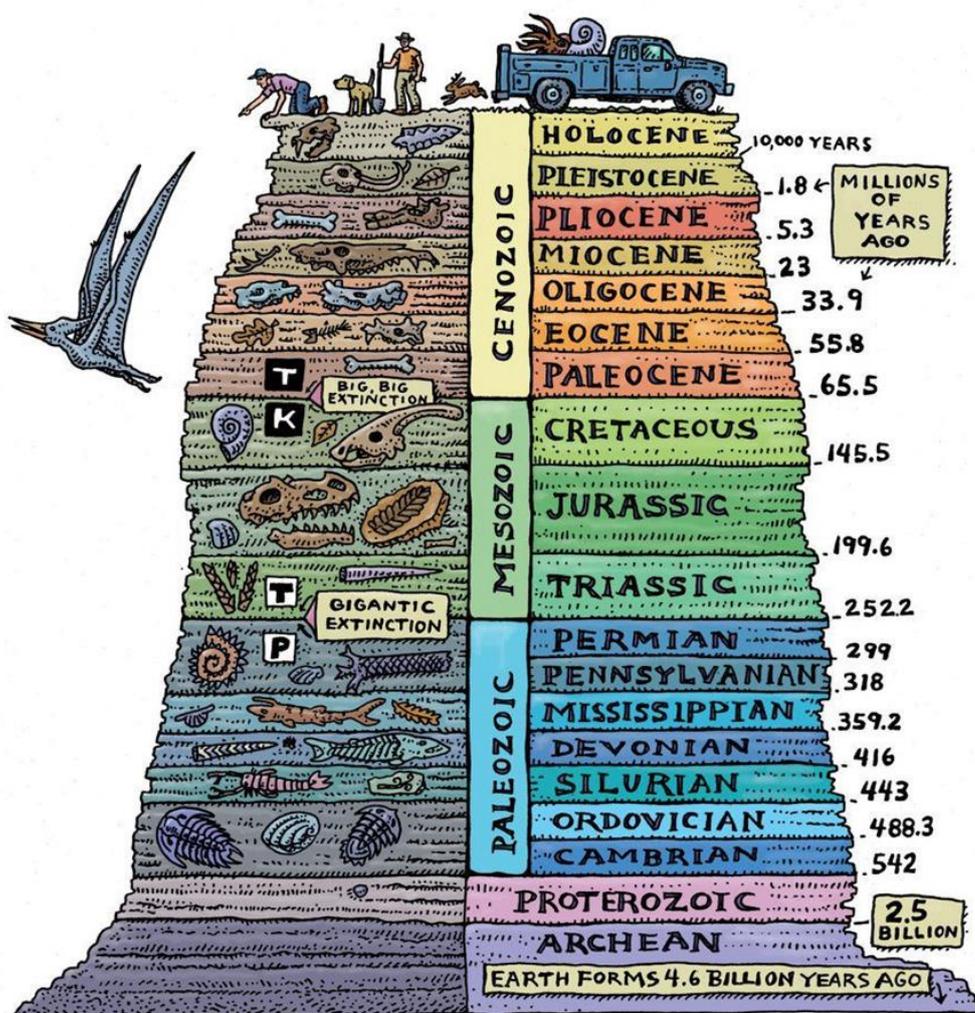


Рис.10. Наглядная шкала истории Земли

**Шкала геологического времени Земли.** Путем раздела геологического времени на отрезки создана геохронологическая шкала.

Для слоев пород, образовавшихся в эти отрезки времени, предложены их названия и создана стратиграфическая шкала (табл. 1).

Таблица 1

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

Наиболее крупными стратиграфическими подразделениями являются *акротемы* и *эонотемы*. В шкале история Земли подразделяется на 2 главных этапа: Докембрий и Фанерозой. Архейскую и протерозойскую акротемы объединяют под названием «докембрий» (т. е. толщи пород, накопившиеся до кембрийского периода – первого периода фанерозоя) или «криптозой». Рубежом докембрия и фанерозоя служит появление в слоях горных пород остатков скелетных организмов. В докембрии органические остатки редки, поскольку мягкие ткани быстро разрушаются, не успев захорониться. Сам термин «криптозой» образовано при слиянии корней слов «*криптос*» – *скрытый* и «*зоэ*» - *жизнь*. При расчленении докембрийских толщ на мелкие стратиграфические подразделения важнейшую роль имеют методы изотопной геохронологии, поскольку органические остатки редки или вообще отсутствуют, определяются с трудом и, главное, не подвержены быстрой эволюции (однотипные комплексы микрофауны остаются неизменными на протяжении огромных интервалов времени, что не позволяет расчленять толщи по этому признаку).

Архейский эон (AR) (древнейшая жизнь), которому соответствует стратиграфическая толща пород — архейская эонотема.

Протерозойский эон (PR) (первичная жизнь) — ему соответствует стратиграфическая толща пород — протерозойская эонотема

Эонотемы включают в свой состав эратемы. Эратема, или группа – отложений, образовавшихся в течение **эры**; продолжительность эр в фанерозое составляет первые сотни миллионов лет. Эратемы отражают крупные этапы развития Земли и органического мира. Границы между эратамами соответствуют

переломным рубежам в истории развития органического мира. В фанерозое выделяют три эратемы: палеозойскую, мезозойскую и кайнозойскую.

Фанерозойский эон, подразделяющийся на три эры:

— палеозойская эра (PZ) (эра древней жизни) — ей соответствует палеозойская толща пород — палеозойская эратема (группа);

— мезозойская эра (MZ) (эра средней жизни) — ей соответствует мезозойская толща пород — мезозойская эратема (группа);

— кайнозойская эра (KZ) (эра новой жизни) — ей соответствует кайнозойская толща пород — кайнозойская эратема (группа).

Эратемы, в свою очередь, включают в свой состав системы. Система – это отложения, образовавшиеся в течение **периода**; длительность периодов составляет десятки миллионов лет. Одна система от другой отличается комплексами фауны и флоры на уровне надсемейств, семейств и родов. В фанерозое выделяются 12 систем: кембрийская, ордовикская, силурийская, девонская, каменноугольная (карбоновая), пермская, триасовая, юрская, меловая, палеогеновая, неогеновая и четвертичная (антропогеновая). Названия большинства систем происходят от географических названий тех местностей, где они были впервые установлены. Для каждой системы на геологических картах приняты определенный цвет, являющийся международным, и индекс, образованный начальной буквой латинского названия системы.

В **палеозойской эре** (эратеме) выделены соответственно:

1. Кембрийский период (б) — кембрийская система (Є) — по древнему названию провинции Уэльс в Англии — Cambria;
2. Ордовикский период (О) — ордовикская система (O) — по названию древних племен Англии, населявших те районы, — «мордовиков»;
3. Силурийский период (S) — силурийская система (S) — по названию древних племен Англии — «силуров»;
4. Девонский период (D) — девонская система (D) — по названию графства Девоншир в Англии;
5. Каменноугольный (карбоновый) период (C) — каменноугольная (карбоновая) система (O) — по широкому развитию в этих отложениях залежей каменного угля;
6. Пермский период (P) — пермская система (P) — по названию пермской губернии в России.

В **мезозойской эре** (эратеме) выделены соответственно:

1. Триасовый период (T) — триасовая система (T) — по делению периода

(системы) на три части;

2. Юрский период (J) — юрская система (J) — по названию Юрских гор в Швейцарии;

3. Меловой период (K) — меловая система (K) — по широкому развитию в отложениях этой системы пещерного мела.

В **кайнозойской эре** (эратеме) выделены соответственно:

1. Палеогеновый период (P) — палеогеновая система (P) — наиболее древняя часть кайнозойской эры;

2. Неогеновый период (N) — неогеновая система (N) — новорожденные;

3. Четвертичный период (Q) — четвертичная система (Q) — по предложению акад. А.А. Павлова, называемая иногда антропогеном.

Геохронологическая шкала, являясь системой, имеет следующие части:

**Отдел** - часть системы, соответствующая отложениям, образовавшимся в течение одной **эпохи**; длительность эпох обычно составляет первые десятки миллионов лет. Отличия между отделами проявляются в различии фауны и флоры на уровне родов или групп. Названия отделов даны по положению их в системе: нижний, средний, верхний или только нижний и верхний; эпохи соответственно называют ранней, средней, поздней.

В составе отдела выделяются ярусы. **Ярус** - отложения, образовавшиеся в течение **века**. Наряду с основными подразделениями стратиграфической и геохронологической шкал применяются региональные и местные подразделения.

К региональным стратиграфическим подразделениям относятся горизонт и лона.

**Горизонт** - основное региональное подразделение стратиграфической шкалы, объединяющее разновозрастные отложения, характеризующиеся определенным комплексом литологических и палеонтологических признаков. Горизонтам присваиваются географические названия, соответствующие местам, где они наиболее хорошо представлены и изучены. Геохронологическим эквивалентом служит **время**.

**Лона** является частью горизонта выделяемой по комплексу фауны и флоры, характерному для данного региона, и отражает определенную фазу развития органического мира данного региона. Название лона дается по виду-индексу. Геохронологическим эквивалентом лона является время.

## **Значение геохронологических данных для строительства**

В цикл геологических наук включена историческая геология, изучающая историю и закономерности развития Земли с момента образования земной коры до современного её состояния. В задачи исторической геологии входят установление последовательности и воссоздание условий образования горных пород, изучение истории тектонических движений и развития тектонических структур.

Геологические события запечатлены в горных породах, поэтому, зная условия образования пород и их возраст, можно произвести периодизацию всех геологических событий. К тому же, знание возраста горных пород имеет большое практическое значение, т. к. им во многом определяется строение толщ горных пород, их прочность и деформативные характеристики. При прочих равных условиях более древние породы значительно плотнее и прочнее, чем более молодые, соответствующие им по составу.

Инженеры-строители и архитекторы должны знать возрастные индексы горных пород (грунтов) и использовать для чтения геологической документации (карт, разрезов) при проектировании зданий и сооружений.

Индексы (символы) эр (эратем) обозначаются двумя первыми буквами латинской транскрипции, а периодов (систем) — по первой букве.

На геологических картах и разрезах для удобства изображения каждой возрастной системе присвоен определенный цвет. Периоды (системы) разделены соответственно на эпохи (отделы). Длительность геологических периодов неодинакова — от 20 до 100 млн лет. Исключение составляет четвертичный период — 1,8 млн лет, но он еще не закончился.

Известно, что грунты, образовавшиеся в одно и то же время в одинаковых геологических условиях, обладают одинаковым минеральным составом. Если они не изменились под воздействием геологических процессов, то обладают одинаковыми физико-механическими свойствами. Поэтому в таких районах можно сокращать объёмы буровых, опробовательских, лабораторных и других видов работ без ущерба для их достоверности, что значительно уменьшит затраты на их выполнение.

Сведения об основных формах залегания горных пород в том или ином районе позволяют выбрать наиболее благоприятное направление трассы или участок для застройки.

### **Геологические разрезы и стратиграфическая колонка**

В результате проведения инженерно-геологических изысканий

выполняют работы по обобщению и систематизации полученных материалов. Дается общая характеристика природных геоморфологических, геологических, гидрогеологических и инженерно-геологических условий территории. Работы завершаются составлением различного рода инженерно-геологических карт, разрезов и др. Для всестороннего освещения и оценки инженерно-геологических условий составляются как общие, так и специальные **инженерно-геологические карты**.

**Общие инженерно-геологические карты** отображают все главнейшие показатели, определяющие инженерно-геологические условия: геолого-структурные и литологические характеристики грунтов, возраст, генезис, обводненность отложений, характер подземных вод, процессы и явления, а также др. Детальность изображения показателей определяется масштабом карты.

**Специальные инженерно-геологические карты** предназначаются для оценки территории с позиций требования одного вида строительства или показа закономерностей по одному какому-либо фактору (оползни, карст и т.п.) и использование этой информации для различных видов строительства. В зависимости от сложности инженерно-геологических условий составляется одна общая карта или несколько различных вспомогательных карт. **По масштабу инженерно-геологические карты** можно классифицировать на **обзорные** (масштаб 1:2500000; 1:500000), выполняются для крупных регионов, на них выделяются комплексы отложений, для которых могут быть даны обобщающие характеристики. **Мелкомасштабные** (1:200000; 1:100000), они сопровождают государственную геологическую съемку и на них отдельно картируются все основные компоненты инженерно-геологических условий, отражаются рельеф, гидрография, тектоника, процессы и т.д. **Среднемасштабные** (1:50000; 1:25000), они выполняются на территориях перспективного крупного строительства или в районах развития отрицательных процессов и явлений. **Крупномасштабные** (1:10000; 1:5000), их применяют при составлении проектов технико-экономического обоснования (ТЭО), генеральных планов, планировки, в инженерно-геологическом районировании. **Детальные (планы)** (1:2000), их используют при проектировании объектов строительства в сложных условиях.

**Геоморфологическая карта** отображает генетические формы, тип и возраст отдельных элементов рельефа; отдельные элементы рельефа, влияющие на характер использования территории (крутизна склонов террас, степень эрозионной расчлененности и т.п.); физико-геологические процессы и явления (карст, оползни, мерзлотные, эоловые процессы и т.п.); гидрографическую сеть и др.

**Геолого-литологическая карта** отображает возраст и генезис пород, залегающих на поверхности в соответствии с принятой стратиграфической шкалой, а также генетическими обозначениями; состав пород, залегающих с

поверхности, в соответствии с условными обозначениями; элементы залегания слоев; фактический материал – буровые скважины, опорные обнажения, линии геологических разрезов, абсолютные отметки устья выработок и поверхности отдельных слоев. В зависимости от сложности инженерно-геологических условий составляется одна общая карта или несколько различных вспомогательных карт. **Гидрогеологическая карта** в значительной степени обосновывает инженерно-геологическую оценку территории. На ней показывают глубину и абсолютные отметки поверхности подземных вод, характер водовмещающих пород, развитие верховодки, прогнозы амплитуды колебания грунтовых вод. По своему содержанию гидрогеологические карты весьма разнообразны, так как отображают сложность гидрогеологических условий и удовлетворяют различным целям, преследуемым при исследовании подземных вод. Так, гидрогеологические карты используют при выяснении возможностей водоснабжения, орошения или осушения территории, а также в целях борьбы с карстовыми провалами и оползнями. Из всех видов специальных гидрогеологических карт наибольший интерес и практическое значение для инженерных целей имеют **карты гидроизогипс**. Такие карты характеризуют поверхность грунтовых вод, т.е. вод первого от поверхности земли водоносного горизонта, выдержанного по площади. Именно с этими водами чаще всего приходится сталкиваться в практической работе.

**Инженерно-геологический разрез** представляет вертикальное сечение участка земной коры с изображением на нем геологических факторов, собранных и охарактеризованных в соответствии с требованиями, которые ставит проектирование и строительство инженерных сооружений. Разрезы могут составляться по геологическим картам или непосредственно по материалам бурения, шурфования, геофизических работ, по описанию естественных обнажений.

**Инженерно-геологические разрезы** часто составляются не только по прямым, но и по ломаным линиям для наиболее полного отражения изменений в пространстве всех основных факторов, влияющих на инженерно-геологическую оценку местности. Геологические разрезы должны дать представление об изменении геологического строения и гидрогеологических условий в том или ином направлении, в частности, по осям будущих сооружений. При построении разрезов прибегают к уменьшению горизонтального масштаба по сравнению с вертикальным, с целью уменьшения длины чертежей. Вертикальный масштаб принимается в 10 и более раз крупнее горизонтального. Если инженерно-геологические разрезы составляются для характеристики естественных оснований конкретных сооружений, при выборе их направления учитывается размещение сооружений и его отдельных ответственных частей. В зависимости от цели исследования направлением для составления разреза или профиля могут служить оси проектируемых сооружений, мостовых переходов и дорожных трасс, створы плотин и т.д. Масштаб выбирается в соответствии с целью, для

которой составляется разрез и от масштаба зависит степень детальности разрезов. Для характеристики оснований сооружений обычно строят разрезы в масштабе 1:200 - 1:500. **Инженерно-геологические колонки** предназначены для изображения инженерно-геологических условий в какой-либо одной точке наблюдения. *Инженерно-геологическая колонка* (рис.1) представляют собой вертикальное сечение земной коры в какой-либо одной точке наблюдения с изображением на ней геологических факторов. Часто составляют колонки для скважин, которые не могут быть объединены в разрезы вследствие проходки в стороне от линий разрезов или в отдаленных друг от друга точках.

На инженерно-геологических картах и разрезах выделяют **инженерно-геологические элементы (ИГЭ)** — геологическое тело в пространстве, некоторый объем грунта одного и того же номенклатурного вида (слой, прослой, линза и т.д.). ИГЭ может быть описан обобщенными показателями состава и свойств слагающих его пород. В пределах генетически однородного геологического тела объем ИГЭ может быть различным в зависимости от того, какие из показателей состава, свойств, состояния либо комплекса показателей приняты в качестве критерия выделения. Это характеристики физического состояния грунтов, такие как число пластичности, показатель консистенции, пористость, а также механические характеристики грунтов, прочностные, и деформационные. Таким образом, для одного и того же инженерно-геологического разреза можно выделить различные инженерно-геологические элементы в зависимости от решаемой задачи (стадия изысканий, характер проектируемых сооружений). В зависимости от характера структурных связей минеральных агрегатов и зерен горные породы подразделяются на два принципиально различных класса: **класс грунтов с жесткими** (кристаллизационными или цементационными) **структурными связями** и **класс грунтов без жестких структурных связей**.

## Скважина №

Абс. отм. XXX,Х м X=XXXXX,Х Y=XXXXX,Х

Дата бурения:

Способ бурения: механический

Стратиграф. индекс	Глубина залегания, м		Мощность, м	Литологическое описание	Геологический разрез, ИГЭ
	от	до			
thIV	0,0	4,0	4,0	Насыпной грунт состоящий из супеси моренной, перемешаной с песком, с гравием и галькой до 10-15%, бурого цвета	
	4,0	6,0	2,0	Супесь моренная красно-бурая, твердая, опесчаненная, с гравием и галькой до 10%, очень прочная, с прослойками песка мало-влажного	
gtIIsz	6,0	8,3	2,3	Песок гравелистый желто-серый, прочный, маловлажный	
	8,3	10,8	2,5	Супесь моренная красно-бурая, твердая, опесчаненная, с гравием и галькой до 10%, очень прочная, с прослойками песка мало-влажного с глубины 10,5 водонасыщенного	
	14,1	15,0	0,9	Песок гравелистый желто-серый, прочный, водонасыщенный	

Рис.11. Инженерно-геологическая колонка

## Тема 9. Основы инженерной геодинамики

*Классификация природных инженерно-геологических процессов и явлений. Физико-химические и биохимические процессы: выветривание, набухание, усадка, просадка, карст. Виды выветривания и коры выветривания. Значение выветривания в изменении строения и свойств горных пород. Борьба с процессом выветривания. Геологическая деятельность ветра и эоловые отложения. Методы закрепления подвижных песков. Поверхностный и глубинный карст. Зона карстообразования и зона цементации. Элювий. Особенности строительства на элювии и карстующихся породах. Мероприятия по предотвращению карстообразования и повышению прочности карстующихся пород.*

Природные геологические процессы совершаются на поверхности земли или на малых глубинах в результате геологической работы воды, льда, организмов, ветра, гравитации, деятельности людей при замачивании просадочных грунтов под зданиями и сооружениями, от сдвижения грунтовых толщ над подземными выработками и т.д.

Геологические процессы можно расчленить на 3 стадии:

- а) разрушение грунтов;
- б) перенос продуктов разрушения;
- в) образование из продуктов разрушения новых осадков.

В результате этих процессов происходит изменение рельефа, сглаживаются его крупные элементы и образуются слегка приподнятые равнины – пенеплен. **Выветривания** – это разрушение и изменение состава грунтов под воздействием различных агентов, среди которых основную роль играют колебания температур, замерзание воды, кислоты, щелочи, углекислоты, ветер, организмы и т.д.

Выветривания бывают: **физическое, химическое и органическое (биологическое).**

**Физическое выветривание** - механическое дробление пород почти без изменения их минералогического состава (рис. 14). Это происходит в результате колебания температур, замерзания воды, ударов переносимых ветром песчинок, кристаллизации солей в капиллярах, давления от роста корневой системы растений и т.д.

Весьма интенсивно выветриваются наружные части зданий и сооружений, особенно в местностях с сухим резко континентальным или холодным климатом.

**Химическое выветривание** изменяет состав пород. Активные реагенты - вода, кислород, углекислота и органические кислоты.

Примерами химического выветривания служат **растворение в воде** каменной соли и гипса, **переход ангидрита в гипс** ( $\text{CaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) с резким увеличением объема (до 50-60%), что вызывает разрушительное давление на окружающие породы.



Рис. 12. Выветривание грунтов

Химическое выветривание интенсивнее в теплом и влажном климате. Наиболее устойчивыми являются кварц, мусковит, корунд; менее устойчивы – кальцит, доломит и др.

**Биологическое (органическое) выветривание** проявляется в процессе жизнедеятельности живых организмов и растений (рис. 15) и играет ведущую роль в образовании почв. Породы дробятся и разрушаются органическими кислотами при отмирании растений. Корни деревьев расщепляют даже скальные грунты, а бактерии поглощают одни вещества и выделяют другие. При выветривании пород изменяются их физико-механические свойства, снижается устойчивость оснований сооружений, возникают откосы, подземные выработки и т.д.



Рис. 13. Разрушение асфальтового покрытия растущими грибами

Продукты выветривания остаются на месте образования или переносятся. Без переноса возникает **элювий** (el) с неокатанными частицами и переменной мощностью.

Степень выветрелости пород оценивается **коэффициентом выветрелости**  $K_w$ , т.е. отношением плотностей выветрелой породы к неветрелой.

#### **Борьба с процессом выветривания.**

Для предотвращения выветривания грунтов применяют:

- покрытие грунтов непроницаемыми для агентов выветривания материалами;
- пропитывание грунтов различными стойкими веществами;
- нейтрализацию агентов выветривания;
- планировку территорий и отвод или дренирование вод.

### **Геологическая деятельность ветра**

Ветер совершает большую геологическую работу: разрушение земной поверхности (**выдувание** или **дефляция**, **обтачивание** или **коррозия**), перенос продуктов разрушения и отложение (аккумуляция) этих продуктов в виде скоплений различной формы. Все эти процессы носят общее название **эоловых** и наиболее ярко проявляются в пустынях, долинах рек и на морских побережьях.

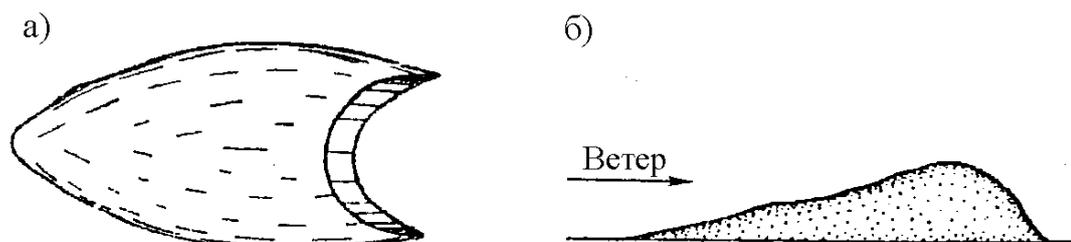
**Выдувание (дефляция)** возникает за счет механической силы ветра, весьма сильно в рыхлых и мягких породах, на почвах пахотного слоя без дернового покрова, при вырубке кустарников и деревьев. При этом ветер выдувает котловины, борозды и траншеи.

Под напором ветра переносятся **пыль**, **песок** и даже **гравий**. Эти частицы при ударе о породы перетирают, сверлят и обтачивают их поверхность, возникают **останцы** в виде столбов, грибообразных эоловых ваз, мостов (эоловых ворот), качающихся камней и т.д.

**Эоловые отложения** представлены **пескам** разной крупности и **глинистыми грунтами** в зависимости от скорости ветра и размера переносимых ветром частиц. Их делят на подвижные (**дюны**, **барханы**) и закрепленные (**грядовые**, **бугристые**) пески.

**Дюны** образуются по берегам рек и морей возле кустарников, неровностей рельефа и зданий. Дюны обычно создают цепь холмов.

**Барханы** (рис. 14) создаются в пустынях сильными ветрами.



**Рис. 14.** Барханы: *а* – план, *б* – продольный разрез

Подвижные пески заносят поля, оазисы, каналы, дороги (рис. 15), здания, селения и даже города. Эоловые пески за счет различий направления и скорости ветра имеют слоистость и наклон при слабом уплотнении (пористость > 50%) особенно в сухих условиях.

Для борьбы с подвижными песками используют методы:

- установку на пути движения песков деревянных щитов;
- посадку растительности (травы, и кустарников);
- обработку песков различными закрепляющими растворами;
- армирование геосинтетическими материалами (сетками, пленками, ячеистыми каркасами и т.п.);
- возведение сооружений, облегчающих пропуск движущегося песка.

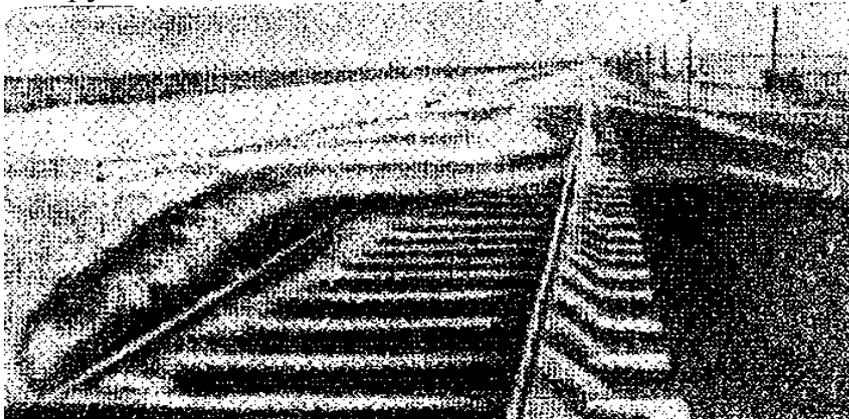


Рис. 15. Засыпанная песком железная дорога

Пылеватые накопления древнего возраста в сухих условиях формируют *лѣссы*, характеризующиеся просадочностью при замачивании. Во влажном климате Беларуси сформировались непросадочные лёссовидные супеси и суглинки.

### Карст

Карст (от нем. *Karst*, по названию известнякового плато Карст в Словении) — совокупность процессов и явлений, связанных с деятельностью воды и выражающихся в растворении горных пород и образовании в них пустот, а также своеобразных форм рельефа, возникающих на местностях, сложенных сравнительно легко растворимыми в воде горными породами — гипсом, известняком, мрамором, доломитом и каменной солью.

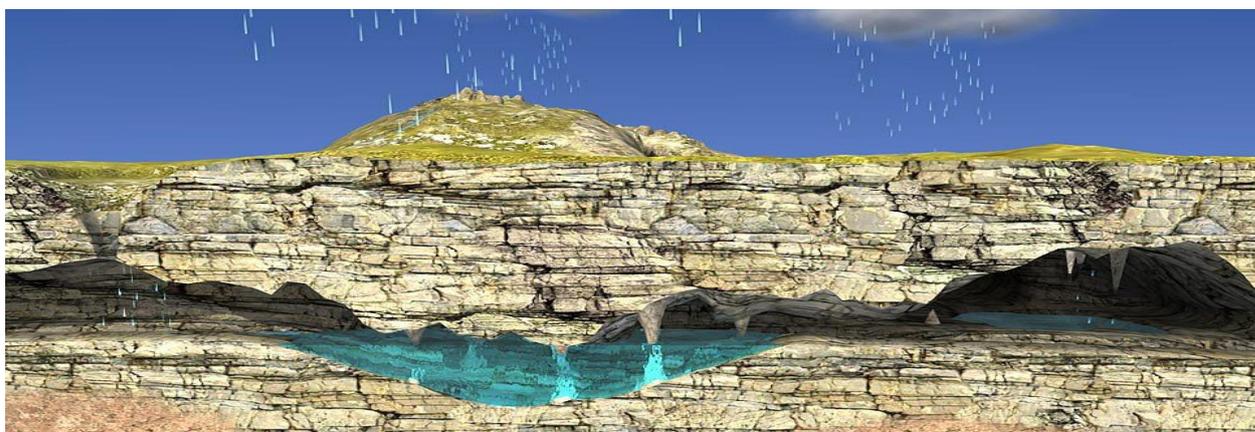
*К важнейшим условиям, определяющим развитие карста, относятся:*

- 1) рельеф — на горизонтальных и пологонаклонных поверхностях, как правило, карстовые образования возникают быстрее и представлены разнообразнее, чем на крутых склонах;
- 2) чистота и мощность известняков — чем чище и мощнее толща известняков, тем интенсивнее они подвержены карстообразованию;
- 3) структура породы — грубообломочные или ракушечные известняки карстуются гораздо меньше, чем однородные

мелкозернистые известняки;

4) климат, т.е. температурный режим, количество и характер выпадающих осадков, наличие вечной мерзлоты, препятствующей проникновению воды в карстующиеся породы; климатом обуславливается также характер растительного покрова, способствующего повышению химической агрессивности воды (вследствие разложения растительных остатков вода обогащается  $\text{CO}_2$ , гуминовыми кислотами, азотной кислотой и др.);

5) трещиноватость карстующихся пород — при наличии трещиноватости возникает возможность проникновения агрессивных вод в толщу породы и образования различных форм подземного карста, а также оттока вод, насыщенных диоксидом углерода, с поверхности в глубь карстующихся пород.



**Рис.16.** Карстовая пещера

Комплекс поверхностных и подземных карстовых форм наиболее полно выражен в том случае, когда поверхность растворимых горных пород обнажена (голый карст); менее выражен, когда эти горные породы перекрыты слоем почвы и дёрна (задернованный карст), нерастворимыми рыхлыми осадками (покрытый карст), полускальными и скальными образованиями (бронированный карст).

**Суффозия** – механическая и химическая (карст) породы, вынос, вымыв частиц из горной породы при определенном значении напорного градиента подземной воды. Последствиями суффозии являются провалы грунта и проседание вышележащей толщи, а также образование отрицательных форм рельефа на территории застройки и прилегающих территориях. По размерам суффозионные воронки достигают до 10, а иногда, и 100 м. Сам же процесс может протекать как на значительной глубине, так и вблизи поверхности. Глубинные суффозионные процессы, являются одной из причин образования подземных пещер, что в свою очередь ведет к проседанию всей вышележащей толщи грунтов и пород, а в условиях увеличения нагрузки на поверхность (при

строительстве различных объектов) способно привести к провалу.



Рис.17. Провал грунта на территории завода «Уралкалий»

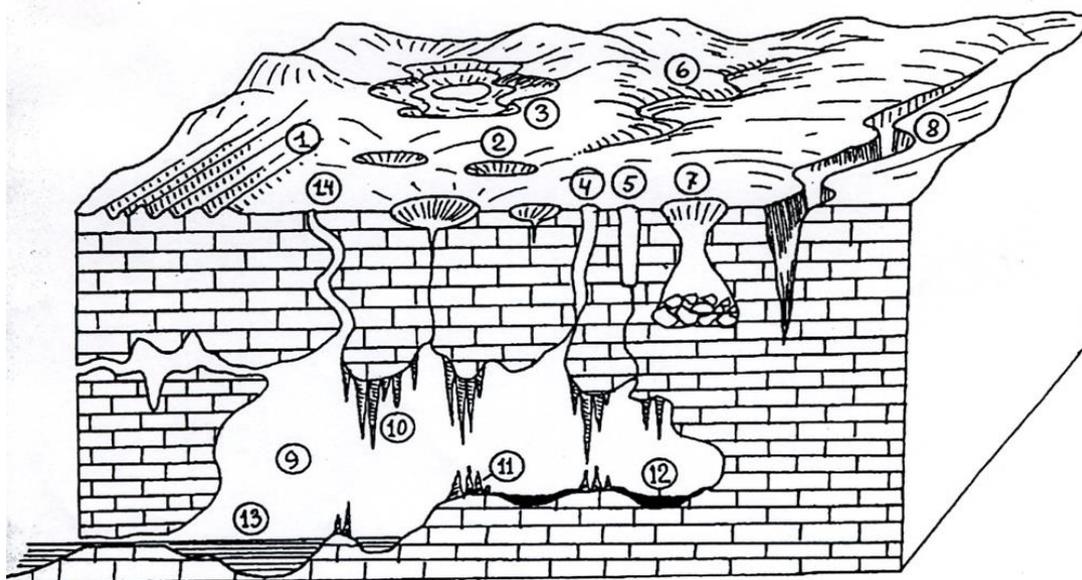


Рис.18. Карстовые формы: 1- карры; 2-воронки; 3-полье; 4-колодцы; 5-шахты; 6-исчезающие реки;7-провальные воронки; 8- ущелье; 9 - пещера; 10- сталактиты; 11- сталагмиты; 12- «terra-роса»; 13- пещерное озеро; 14- сифоны

**Карры** являются микроформами карстового рельефа и представляют собой рытвины и борозды, глубиной от нескольких см до 1-2 м. Борозды и разделяющие их гребни либо протягиваются почти параллельно друг другу, совпадая с направлением уклона рельефа или падения слоёв горных пород, либо располагаются хаотично, ветвятся и сливаются друг с другом. Образование карров связано с воздействием атмосферных осадков и талых снеговых вод, основную роль при этом играет выщелачивание, лишь на крутых

склонах проявляется также и эрозия стекающими водными струями. Карры иногда покрывают обширные площади, образуя карровые поля.



**Рис.19.** Карровое поле

Типичными подземными формами являются карстовые пещеры. Обычно они имеют причудливые очертания, что обусловлено сложностью систем трещин (определяющих направление фильтрации растворяющих вод), их пересечением и неоднородностью состава карстующихся пород. Наиболее крупные карстовые пещеры возникают в зоне полного насыщения при заполнении трещинных зон напорными подземными водами. Одна из крупнейших пещер мира Мамонтова с пещерной системой Флинт-Ридж (США, Кентукки) достигает 341 км суммарной длины; самая крупная пещера в Украине — гипсовая Оптимистическая (Подолія) длиной около 150 км. Суммарную длину более 100 км имеют пещеры Хёллох (Швейцария, Альпы), Джуэлл (США, Южная Дакота) и Озёрная (Украина, Подолія), 9 пещер мира длиной более 50 км, 14 — более 40 км.

***Противокарстовые мероприятия*** должны:

предотвращать активизацию, а при необходимости и снижать активность карстовых и карстово-суффозионных процессов;

исключать или уменьшать в необходимой степени карстовые и карстово-суффозионные деформации грунтовых толщ, или, наоборот, способствовать стабилизации условий строительства ускорением карстовых деформаций;

предотвращать повышенную фильтрацию и прорывы воды из карстовых полостей в подземные помещения и горные выработки;

обеспечивать возможность нормальной эксплуатации территорий, зданий, сооружений, подземных помещений и горных выработок при допущенных карстовых проявлениях.

Противокарстовые мероприятия следует выбирать в зависимости от характера выявленных и прогнозируемых карстовых проявлений, вида карстующихся

пород, условий их залегания и требований, определяемых особенностями проектируемой защиты и защищаемых сооружений, предприятий, территорий.

В качестве основных противокарстовых мероприятий при проектировании зданий и сооружений следует предусматривать:

устройство оснований зданий и сооружений ниже зоны опасных карстовых проявлений;

заполнение карстовых полостей;

искусственное ускорение формирования карстовых проявлений;

создание искусственного водоупора и противодиффузионных завес;

закрепление и уплотнение грунтов;

водопонижение и регулирование режима подземных вод;

организацию поверхностного стока;

применение конструкций зданий и сооружений и их фундаментов, рассчитанных на сохранение целостности и устойчивости при возможных деформациях основания.

При исследовании грунтов необходимо выявлять их способность к суффозии, определять критические градиенты. Выбор этих приемов строительства зависит от геологических и гидрогеологических условий строительной площадки, типа и вида грунтов оснований, характера засоления, конструкции объекта, технических возможностей строительной организации. Суффозионные явления отрицательно сказываются на устойчивости зданий и сооружений. С суффозией следует активно бороться. Основой всех мероприятий является прекращение фильтрации воды. Это достигается различными путями: регулированием поверхностного стока атмосферных вод и гидроизоляцией поверхности земли; перекрытием места выхода подземных вод тампонированием или присыпкой песка; устройством дренажей для осушения пород или уменьшением скорости фильтрации воды; упрочнением ослабленных суффозией пород методами силикатизации, цементации, глинизации, применением особых видов фундаментов, например, свайных.

## **Тема 10. Гидродинамические процессы**

*Гидродинамические процессы: плоскостная и струйчатая эрозии, аккумуляция осадков, пльвуны, подтопление, высачивание грунтовых вод на склонах и откосах. Геологическая деятельность озер, водохранилищ и болот. Геологическая деятельность поверхностных текучих вод. Свойства делювия и пролювия. Оврагообразование. Меры предотвращения появления и развития*

*оврагов. Строение речных долин и базис эрозии. Эрозионная и аккумулятивная деятельность рек. Аллювиальные отложения. Защитные мероприятия по укреплению берегов.*

### **Геологическая деятельность атмосферных осадков (поверхностных текущих вод)**

Атмосферные осадки при дожде и таянии снега растекаются многочисленными струйками и потоками воды. На склонах возникает **плоскостной смыв** (эрозия без создания русла) с выглаживанием местности. Отдельные струи вызывают **струйчатую эрозию** (рис.20), а крупные потоки (ручьи) создают промоины и овраги.

В зависимости от силы потоков и крутизны склонов продукты выветривания пород (элювий) смываются на склонах и перемещаются к их подножию в виде **частиц глинистых, пылеватых, песчаных и даже более крупных обломков**.

На склонах и у подошвы скапливается **делювий** (dQ), в понижениях на примыкании к склонам – **пролювий** (pQ) (рис. 21). Эти наносы покрывают лежащие под ними древние (коренные) породы.



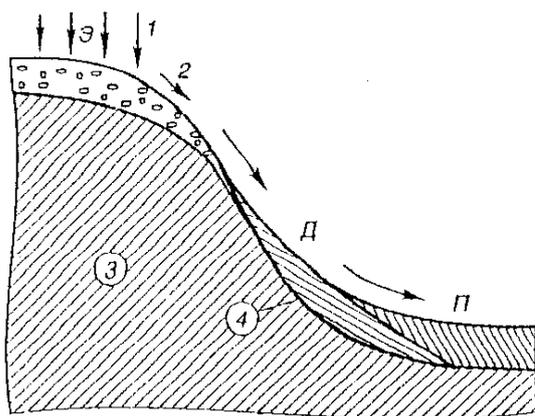


**Рис. 20** Образование промоин на откосе при струйчатой эрозии (а) и оврага на склоне за подпорной стеной на ул. Жудро в Минске (б) при нарушении одерновки

Делювиальные отложения чаще всего **неотсортированы** и способны к сползанию по склонам с интенсивностью и мощностью в зависимости от крутизны склонов и состава наносов.

В верхней части склона **делювий** представлен **суглинками, супесями, песком с включениями крупных обломков**, внизу – **супесями, суглинками и реже глинами**. В сухих районах делювий представлен **лессовидными суглинками**.

**Пролювий** (рQ) состоит из неоднородных рыхлых **суглинков и супесей**, переслаиваемых **с песком и крупными обломками**.



**Рис. 21.** Схема образования наносов на склоне рельефа:  
 Э – элювий; Д – делювий;  
 П – пролювий; 1 – атмосферные осадки; 2 – плоскостной смыв;  
 3 – коренные породы; 4 – первоначальная поверхность склона

**Образование оврагов.** Воды на склонах создают ручьи и струйчатую эрозию, приводя к образованию **оврагов** (рис. 22), у которых различают **устье, ложе** и **вершину** (рис. 23).

**Мелиоративные меры по уменьшению овражной эрозии:**

- планировка склонов и засыпка мелких оврагов;
- выполаживание оврагов с устройством лотков, быстротоков;

- устройство водозадерживающих и водоотводящих валов, нагорных канав, дамб-перемычек, донных запруд и др.;
- подсыпка на склонах оврагов, одерновка и залесение;

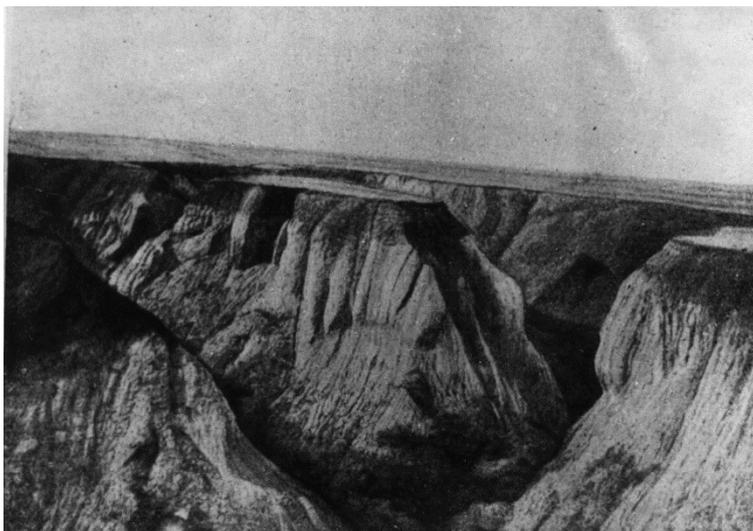


Рис.22. Овраг в лёссовых грунтах

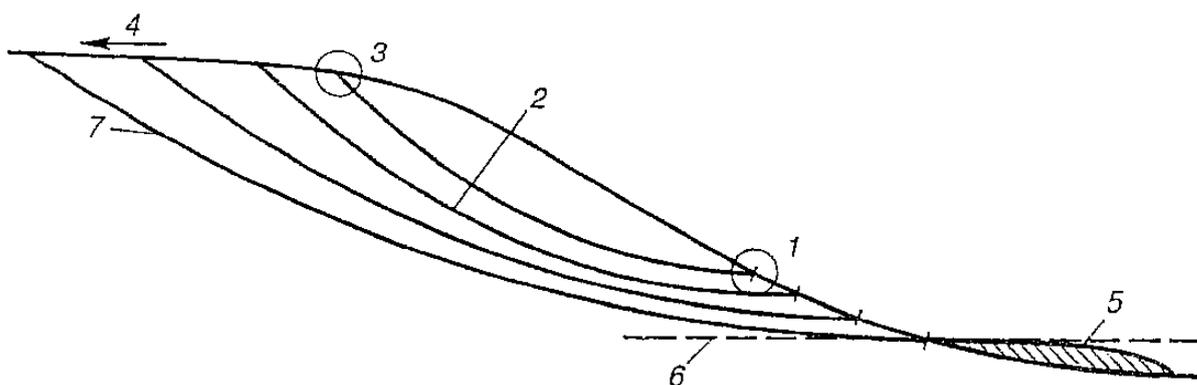


Рис. 23. Продольный разрез оврага:

1 – устье; 2 – ложе; 3 – вершина; 4 – направление роста оврага; 5 – конус выноса; 6 – базис эрозии; 7 – максимальная глубина оврага

**Селевые потоки.** *Сели* представляют собой бурные грязекаменные (водокаменные) потоки в горных районах, приводящие к большим разрушениям на своем пути (рис. 24).



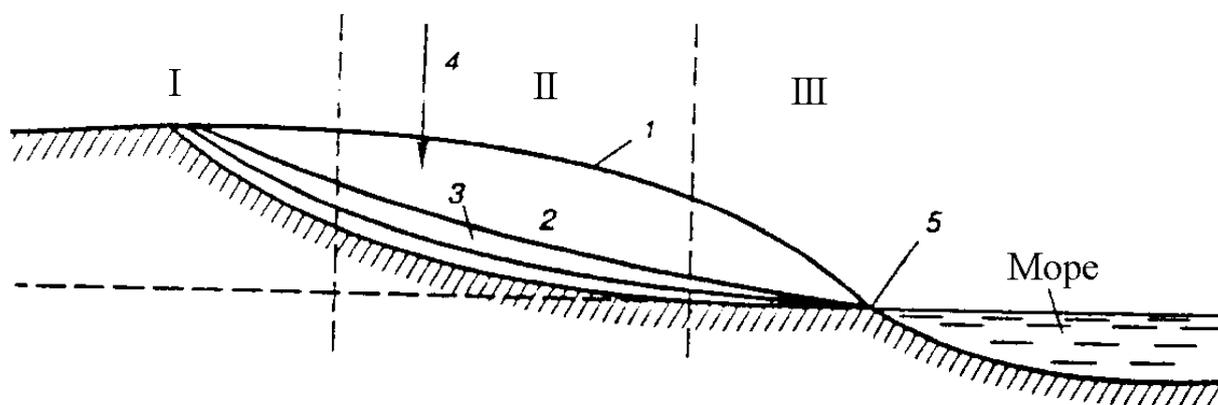
**Рис. 24.** Последствия селевого потока

Для борьбы с селями требуется, сохранение дернового покрова на пастбищах, недопущение пересыхания верхнего слоя почвы и поверхностной эрозии, посадка леса, выполнение организованного отвода потоков, создание плотин.

**Снежные лавины** возникают от обрушения больших масс снега с крутых склонов. Они бывают сухими в мороз и мокрыми при оттепели. В зависимости от особенностей местности и характера движения лавин для защиты склоны террасируют, сажают деревья, возводят подпорные стены, организуют инженерную защиту с возведением галерей над сооружениями, горными дорогами и др.

#### Геологическая деятельность рек

Полноводные реки совершают большую геологическую работу – разрушение (эрозию) грунтов, перенос и отложение (аккумуляцию) этих продуктов (рис. 25), которые называют **аллювиальными** (аQ).



**Рис. 25.** Продольный профиль долины реки:  
 I – течение верхнее; II – то же среднее; III – то же нижнее;  
 1-3 – последовательные стадии выработки профиля реки;  
 4 – направление донной эрозии; 5 – базис эрозии; 6 – море

Интенсивность донной и боковой эрозии зависит от скорости течения. При размыве берегов русло реки блуждает (меандрирует), на равнинах возникают старицы. В русле обломки оседают интенсивно, река мелеет, появляются отмели, перекаты, косы. На развитие рек влияет производственная деятельность человека.

**Строение речных долин.** Долины рек разнообразны по формам, размерам, строению. В поперечных разрезах они бывают *симметричные* и *асимметричные*.

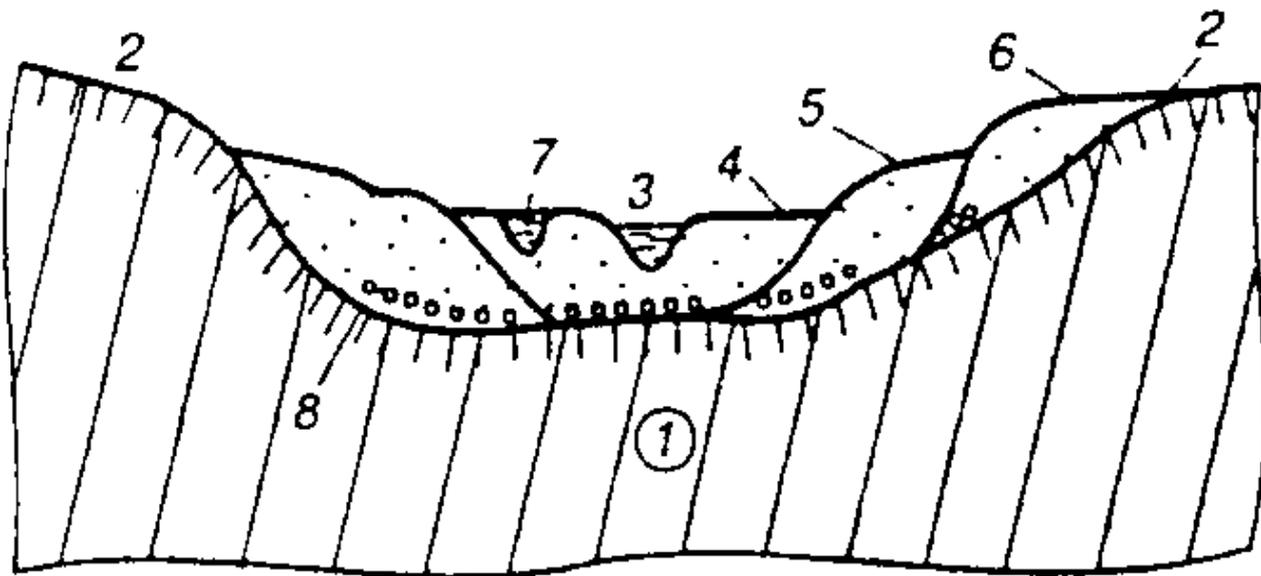
Долина имеет: *дно, русло, пойму* и *террасы* (рис. 26).

**Старицы** – изолированные русла рек с отсутствием движения воды подобно озерам.

Необходимо различать следующие уровни воды в реке:

- *расчетный горизонт высоких вод*, отвечающий средним из наибольших уровней реки, наблюдавшихся в течение многих лет;
- *наивысший горизонт высоких вод*, выше которого по многолетним наблюдениям вода не поднималась;
- *меженный горизонт* – низкий уровень воды.

На береговом участке поймы, вдоль русла, образуется прирусловый вал из песка. Центральная часть поймы содержит притоки, старицы, озера, старые прирусловые валы.

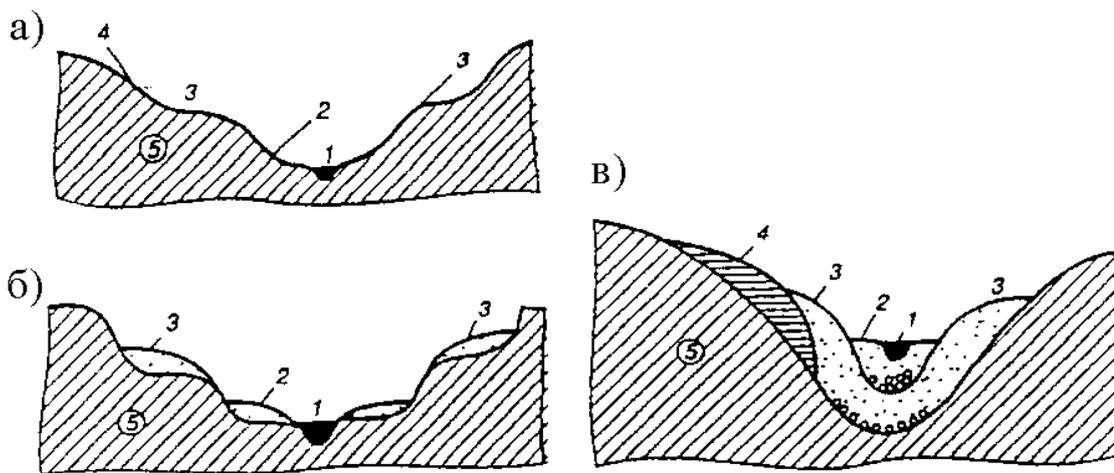


**Рис. 26.** Элементы строения долины реки:  
1 – коренные породы; 2 – склон; 3 – русло; 4 – пойма;  
5 – первая надпойменная терраса; 6 – то же, вторая;  
7 – старица; 8 – дно долины

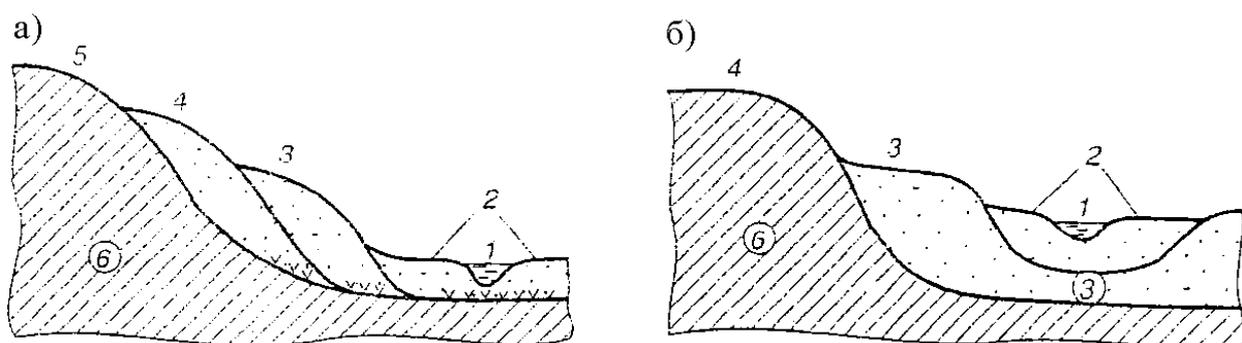
**Террасы** – уступы (поперечные и продольные) на склонах долин рек. По слагающему материалу их подразделяют на *эрозионные*, *цокольные* и *аккумулятивные* (аллювиальные) (рис. 27). Дальнейшее углубление дна долины поднимает надпойменные террасы.

*Эрозионные* террасы возникают в верхнем течении реки. Эти террасы, перекрытые маломощным аллювием, называют *цокольными*. *Аккумулятивные* террасы из аллювия в долинах равнинных рек подразделяются на *вложенные* и *наложенные* (рис. 28).

**Борьба с эрозией рек.** Для зданий и сооружений в речных долинах подмыв берегов и древних террас с заглублением дна реки весьма опасны. Это приводит к обрушению берегов, обвалам, оползням и другим нежелательным явлениям.

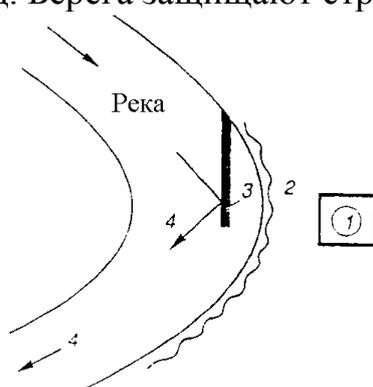


**Рис. 27.** Типы надпойменных террас: а – эрозионные; б – цокольные; в – аккумулятивные; 1 – русло; 2 – пойма; 3 – первая надпойменная терраса; 4 – то же, вторая, 5 – коренные грунты



**Рис. 28.** Виды надпойменных аккумулятивных террас: а – вложенные; б – наложенные; 1 – русло; 2 – пойма; 3-5 – надпойменные террасы; 6 – коренные породы

С боковой эрозией борются укреплением берегов с регулированием течения реки. В зависимости от геологического строения берега, характера и места размыва устраивают набережные, подпорные стенки, набрасывают бутовые камни свободно или в фашинных тьюфяках, укладывают железобетонные плиты и т. д. Берега защищают струенаправляющими стенками (рис. 29).



**Рис.29.**Струенаправляющая стенка в русле реки: 1 – здание; 2 – размываемый берег; 3 – струенаправляющая стенка; 4 – течение реки

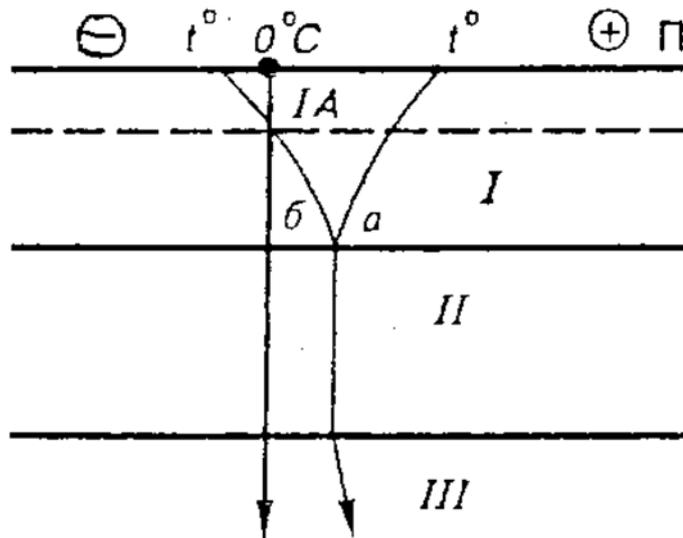
## Тема 11. Теплофизические процессы и явления

*Температурный режим поверхности Земли и геотермические зоны земной коры. Геологические процессы в криолитозоне. Промерзание, протаивание, термокарст, солифлюкция. Геологическая работа снега и льда. Ледниковые периоды на Беларуси. Формирование и типы ледниковых отложений. Морены, ленточные глины, флювиогляциальные пески и покровные суглинки. Сезонная и многолетняя мерзлота и ее виды. Деятельный слой, его естественная, нормативная и расчетная мощности. Два принципа строительства сооружений в зоне вечной мерзлоты.*

### Тепловой режим земной коры

Он определяется (рис. 30) влиянием двух факторов: солнечной энергией и внутренней энергией самой Земли.

**Геотермальная ступень** – расстояние, на котором температура горных пород увеличивается на 1. Для стран СНГ – примерно равна 33 м. Эта закономерность справедлива до глубины порядка 20 км.



**Рис.30.** Распределение температур в земной коре: I – зона сезонного колебания температур (мощность 12-15 м); II – зона постоянных температур (10-30 м); III – зона увеличения температур

### Геологическая деятельность ледников

За последних 500 – 600 тыс. лет на территории Европы произошло несколько больших оледенений, двигавшихся из Скандинавии.

На Русской равнине в течение 240 тыс. лет было три крупных оледенения, а между ними наступали потепления на определенных участках земной поверхности. Наиболее значительно днепровское оледенение достигло Среднего Дона. На территории Беларуси было 5 оледенений. Последнее, **поозерское** оледенение происходило 95—14 тыс. лет назад. Ледниковые отложения поозерского возраста встречаются только на севере Беларуси. С этим оледенением связано формирование рельефа северной части республики.

Моренные отложения **поозерского** ледника имеют максимальную мощность 75м. Благодаря поозерскому оледенению сформировался рельеф, сильно отличающийся от остальной территории страны, с большим количеством озерных котловин, камами и озами.

**Сожское оледенение** — оледенение, произошедшее на территории современной Республики Беларусь 220—110 тысяч лет назад. Во время оледенения ледник продвинулся примерно до северной границы Белорусского

Полесья. За время сожского оледенения сформировался рельеф Белорусской гряды.

Основной стадией в сожском оледенении является ошмянская, во время которой образовались Дзержинский, Каменногорский, Загорский угловые массивы.

**Днепровское оледенение**, (название от р. Днепр), ледниковый период, в течение которого льды достигали максимального распространения к югу на территории Беларуси и Русской равнины. Язык Днепровского оледенения двигался из Скандинавии по Приднепровской низменности до широты современного Днепропетровска (Украина). Днепровский ледниковый покров сыграл важную роль в формировании современного облика земной поверхности Беларуси.

**Березинское оледенение** (от названия р. Березина), 2-е в раннем антропогене оледенение на территории Беларуси. Ледник надвигался со Скандинавии и почти полностью перекрыл территорию Беларуси, за исключением участка к югу от линии Столин-Петриков-Ельск. Надвигание и деградация были довольно сложными. В развитии ледника выделяют не менее 2 стадий; деградация сопровождалась остановками, во время которых образовались 6 полос конечно-моренных гряд и возвышенностей. В результате экзарационной работы ледника были созданы глубокие ложбины ледникового выпахивания и размыва, особенно многочисленные в бассейне Немана. После его отступления на территории Беларуси значительно увеличились площади пологоволнистых моренных и водно-ледниковых равнин и низин (в области Центрально-Белорусских возвышенностей и гряд).

**Наревское оледенение**, древнейшее оледенение в плейстоцене Беларуси. Его отложения представлены мореной, водно-ледниковыми и перигляциальными образованиями. Наревский ледник покрывал северную и центральную, части территории Республики и положил начало формированию ледниковой формации Беларуси. Граница максимального распространения его льдов проводится примерно по направлению Брест-Гомель.

Сейчас льды занимают 10 % поверхности суши, 98,5 % полярные области и 1,5% – высокие горы. Различают 3 типа ледников: *горные, плоскогорий и материковые.*

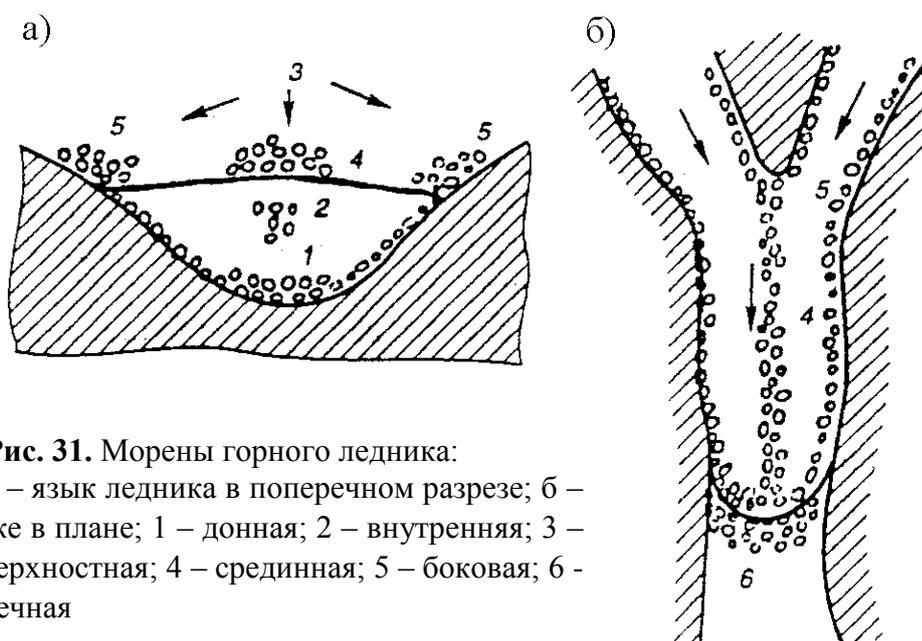
*Горные ледники* образуются высоко в горах на вершинах, в ущельях, впадинах, различных углублениях. Они движутся на Кавказе со скоростью 0,03 – 0,35 м/сут, на Памире — 1 – 4 м/сут.

*Ледники плоскогорий* залегают сплошной массой и по ущельям спускаются в виде языков. Такой ледник располагается сейчас на Скандинавском полуострове.

*Материковые ледники* залегают сплошным покровом в Антарктиде (4200 м), Гренландии (>2400 м) и в других местах. Скорость движения льда к океану в Гренландии составляет 4 – 38 м/сут. На побережье льды раскалываются, и огромные глыбы (айсберги) ветром и течениями уносятся в открытый океан.

**Разрушительная работа ледников.** При своем движении лед под действием тяжести и вмержших в него обломков истирает и вспахивает поверхность земли, создавая котловины, рытвины, борозды. При толщине ледника 100 м на его ложе давит 920 МПа. В результате обработки льдом образуются округленные формы скал в виде «бараньих лбов», «курчавых скал», «штрихованных валунов» и т. д.

Двигаясь по ущельям или другой наклонной плоскости, ледники захватывают замороженные в лед продукты разрушения, а при их таянии возникают мощные **ледниковые отложения**, называемые «моренами». Они бывают **поверхностные (боковые и срединные), внутренние и донные (рис. 31), береговые и конечные.**



**Рис. 31.** Морены горного ледника:  
а – язык ледника в поперечном разрезе; б – то же в плане; 1 – донная; 2 – внутренняя; 3 – поверхностная; 4 – срединная; 5 – боковая; 6 – конечная

Ледниковые отложения иногда образуют *друмлины* – эллипсо-идальные холмы в несколько десятков метров высоты, состоящие из отложений донной морены (**моренные глины с валунами**).

*Моренные отложения* представлены грубым неоднородным, неотсортированным, неслоистым обломочным материалом: **валунными**

*опесчаненными красно-бурыми суглинками и глинами или серыми разномерными глинистыми песками с валунами.* Морены залегают покровами мощностью в десятки метров. Конечные моренные *гряды* имеют высоту до 30 – 40 м и содержат обломки всех пород, по которым прошел ледник. *Донные морены* состоят из *неслоистых и неоднородных по составу валунных глин и суглинков.*

При таянии ледника водные потоки размывают донную и конечную морены, вынося и откладывая за его пределами размываемый материал: вблизи его границ крупные обломки: дальше - *пески* и еще дальше – *глинистый материал* (рис. 32). Такие водно-ледниковые отложения получили название *флювиогляциальных.*

При наступлении или отступлении ледника последовательно смещаются зоны накопления материала по его крупности. Если на глины накладываются пески и крупные обломки, то значит ледник наступал. Наложение на крупные обломки и пески глинистых осадков свидетельствует о периоде отступления ледника (рис. 33).

Флювиогляциальные отложения представлены толщами сравнительно отсортированных и слоистых *песков, гравия, галечника, глин и покровных пылеватых супесей и суглинков* мощностью много метров. Эти отложения имеют характерные формы рельефа:

*Озы* – накопления обломочного материала (песка, гравия) в виде высоких узких валов длиной от сотен метров до десятков километров при высоте 5 – 10 м.

*Камы* – беспорядочно разбросанные холмы, состоящие из слоистых *песков, супесей с примесью гравия и прослоев глины.*

*Зандровые поля* – широкие пологоволнистые равнины за краем конечных морен, включающие слоистые *пески, гравий и гальку.*

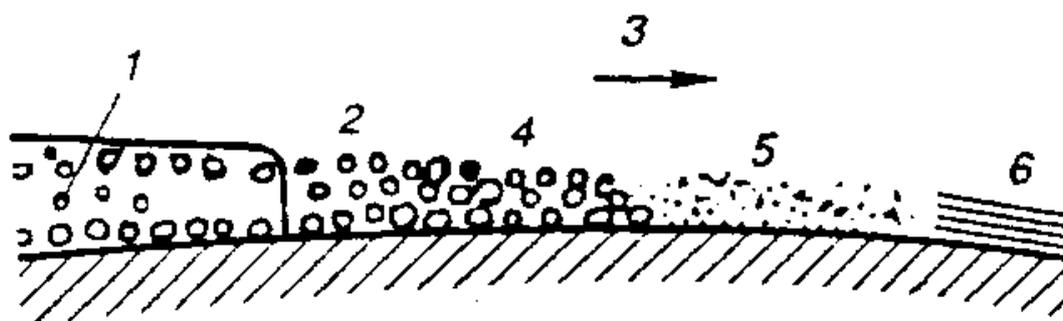
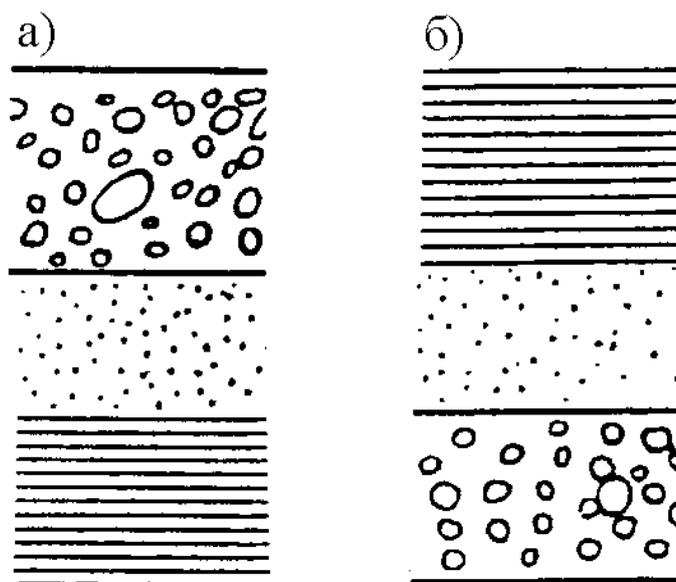


Рис. 32. Схема образования флювиогляциальных отложений:

1 – ледник; 2 – конечная морена; 3 – поток талых вод; 4 – 6 – флювиогляциальные отложения (крупные обломки, пески, глины)



**Рис. 33.** Разрезы толщ ледниковых отложений при наступлении (а) и отступлении (б) ледника

В озерах под ледниками накапливаются *мелкозернистые осадки* и *ленточные глины* с чередованием прослоек светлых опесчаненных и более темных глин.

Ледниковые моренные образования четвертичного периода обозначаются общим индексом  $gQ$ , а флювиогляциальные отложения  $fQ$ .

**Строительные свойства ледниковых отложений.** Моренные и флювиогляциальные отложения являются надежным основанием для сооружений различного типа. За счет давления мощных толщ льда они хорошо спрессованы и даже переуплотнены (пористость до 25 – 30 %), слабоводопроницаемы и служат водупором. Весьма высокими прочностными и деформационными свойствами обладают практически все разновидности морен, поэтому здания и сооружения на них дают малую осадку. Валунники с песком и валунные пески с гравием и галькой водопроницаемы и водоносны. Подземную воду используют для питьевых и технических целей. Флювиогляциальные песчано-гравелистые и глинистые отложения озов и зандров уступают моренным глинистым грунтам по прочности, но являются надежным основанием. Исключение составляют ленточные глины и покровные суглинки, которые размокают. Ленточные глины достаточно плотны, слабо водопроницаемы, но при насыщения водой могут быть текучими. Ледниковые отложения (камень, пески), пески озов, камов и зандров пригодны для насыпей, а валуны для изготовления пьедесталов памятников (например, памятник Петру I в Санкт-Петербурге).

## Сезонная и многолетняя мерзлота

К мерзлым грунтам относятся грунты с нулевой или отрицательной температурой в этих грунтах. Вода или часть её находящаяся в виде льда. Мерзлое состояние грунтов является многолетней и сезонной. *Сезонным промерзанием грунтов или сезонной мерзлотой называют промерзание грунтов в холодный период года с последующим оттаиванием в теплый период. В Беларуси нормативная промерзание грунтов принимается следующее: суглинки – 103см, супеси – 125см, песок среднезернистый к/з м/з – 134см, гравий – 152см.* Промерзание начинается с поверхности и распространяется в глубину. *Наибольшее промерзание грунтов отмечается в открытых грунтах с рыхлыми порами.* Глинистые грунты промерзают меньше. Сезонно промерзающие грунты относятся к неустойчивым основаниям. Замерзание влажных пылеватых и глинистых грунтов всегда приводит к увеличению их объема и в итоге к поднятию к поверхности земли. При возникновении препятствия этому поднятию в замерзающем грунте возникает давление трения которое приводит к разрушению фундаментов. Данный процесс называется *мерзлотным пучением*. Песчаные грунты не подвергаются морозному пучению.

В период весеннего оттаивания мерзлого грунта его влажность резко возрастает за счет оттаивания глинок в грунте. Этот процесс приводит к *разжижению* грунта и резкому падению *прочностных свойств*.

При подъеме подземных вод интенсивность морозного пучения резко возрастает.

Влияние зимнего пучения грунтов на устойчивость и водоводов предотвращаются путем заложения их на глубину зимнего замерзания.

*Многолетней или вечной мерзлотой* называют толщу горных пород всегда имеющую отрицательную или нулевую температуру, т.е. постоянно замороженная температура вечной мерзлоты от 0 до -5 и -7 °С редко достигает – 11°С. В бывшем СССР она занимает 47% территории.

По площади распространения мерзлота подразделяется на сплошную таликовую, островную, а по вертикали делится на 3 слоя. Верхний деятельный, 2-й собственно вечная мерзлота подмерзлотные породы, имеющие положительную температуру.

*Деятельный слой* – это верхняя часть многолетней мерзлоты, которая летом оттаивает, называется сезонной мерзлотой. Мощность слоя колеблется от 20см на севере до 3-4м на юге. Эта мощность имеет важнейшее значение для строительства. В инженерных условиях различают следующие виды мощности этого деятельного слоя. *Естественная мощность* (измеряется при инженерно-геологических изысканиях), *2-я нормативная* (она равна максимальной мощности оттаивания за многолетний период) *3-я расчетная мощность* (определяется с учетом теплового режима проектирования сооружений).

Мощность мерзлотного слоя в Сибири измеряется от десятков до сотни метров на севере Якутии она достигает 600м в тоже время под долинами крупных рек вечная мерзлота или отсутствует или опускается на значительную глубину толщи вечной мерзлоты в разрезе бывают непрерывным и слоистыми в последних пласты мерзлых пород перемешиваются со слоями талых пород. Главной особенностью мерзлоты является присутствие в ней льда при этом лед находится или в виде цементирующей массы или в виде чистых слое льда мощностью несколько метров.

В зоне вечной мерзлоты строительство зданий выдуться по одному из двух принципов 1) сохранение мерзлоты в естественном состоянии на протяжении всего периода строительства зданий и сооружений; 2) принцип устранения мерзлотного состояния грунта путем его оттаивания или замены льдосодержащих грунтов талыми грунтами. Принцип выбора строительства определяется 2-х типовых режимов – мерзлоты и проектируемого здания.

При строительстве сложных сооружений вечная мерзлота сохраняется в естественном состоянии, а строительство водоводов и канализационных сетей как на мерзлотных грунтах, так и на оттаивающихся основаниях. Водопроницаемость водонасыщенных мерзлых грунтов при их замерзании резко понижается и для мерзлых влажных песков принимается равной нулю. Глинистые грунты часто содержат небольшое количество незамерзшей воды и поэтому в некоторой степени водопроницаемы.

Прочность и деформируемость мерзлых грунтов при прочих равных условиях зависит от продолжительности действия нагрузки. Поэтому мерзлые грунты обладают двумя аномальными свойствами 1) ползучесть 2) реклаксация. Эти свойства выражаются в том, что при постоянной деформации сопротивление пород непрерывно уменьшаются во времени. Поэтому прочность мерзлых грунтов понятие условное и зависит от продолжительности действия нагрузки. При кратковременных нагрузках мерзлый грунт может выдерживать огромные напряжения, а при длительных меньше. В общем случае сопротивление мерзлых грунтов сдвигу определяется законом кулона. В законе Кулона начальный отрезок. С над сцеплением грунта а угол наклона  $\alpha$  называется углом внутреннего трения. Прочность мерзлотного грунта в значительной мере зависит от гранулометрического состава (разделение грунта на фракции зерен). С увеличением дисперсности грунта (больше мелких фракций) прочность уменьшается, поэтому у глин она в несколько раз меньше, чем у мерзлых песков – это объясняется большим количеством незамерзающей воды в глинах, чем в песках. Отметим, что с понижением температуры мерзлых грунтов их прочность возрастает, поэтому при испытаниях мерзлых грунтов на прочность и деформативность необходимо удерживать температурный режим. Изучение вечно мерзлоты занимается наука мерзлотоведение

## Тема 12. Гравитационные процессы и явления

*Гравитационные процессы и явления на склонах и откосах: оползни, обвалы, осыпи, лавины. Степень устойчивости склона и скорость движения оползневого тела. Признаки оползневого склона. Противооползневые мероприятия профилактические (пассивные), активные и специальные.*

### Движение грунтов и горных пород на склонах

Слагающие склоны грунты часто неустойчивы и за счет гравитации смещаются вниз по рельефу. В результате этого возникают осыпи, курумы, обвалы и оползни.

**Осыпи.** На крутых склонах у подножья склонов накапливаются глыбы, щебень, более мелкие обломки образуют валы – осыпи (рис. 37). Их мощность колеблется от нескольких до десятков метров. По признаку подвижности осыпи подразделяют на *действующие, находящиеся в стадии интенсивного движения, затухающие и неподвижные.*



**Рис. 34.** Осыпи в горах: 1 – коренные породы; 2 – накопленные осыпи

Из инженерных сооружений применяют улавливающие и подпорные стенки, козырьки или сетки над дорогами, галереи и тоннели для дорог (рис. 35) для спасения от падающих камней.

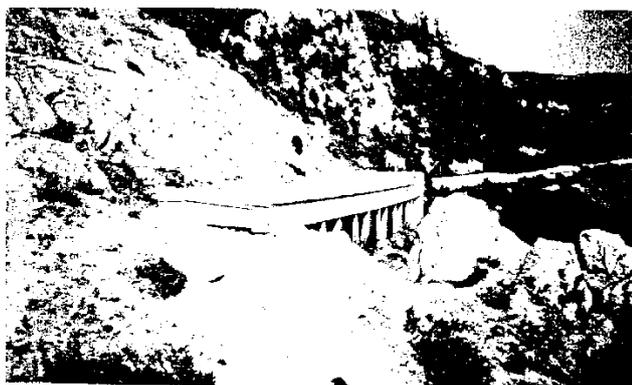


Рис. 35. Галерея для защиты дороги от осыпи

При борьбе с осыпями применяют методы осушения. Обломочно-щебенистые осыпи служат хорошим строительным материалом.

**Курумы.** У подошвы пологих склонов скапливаются крупные обломки и глыбы, которые образуют каменные россыпи или *курумы* (рис. 36) при мощности от нескольких метров до 15 м на дне долин. Движущийся по ложбинам курум называют *каменным потоком*. Курумы подразделяют на *действующие* и *затухшие*. Они разрушают сооружения, засыпают выемки и полезные площади. Останавливают курумы осушением их глинистой подстилки, для чего в верхней части склона отводят ручьи, перехватывают поверхностные воды нагорными канавами, используют дренажи. В зоне подвижных курумов дороги переносят или их проводят в тоннелях или галереях.



Рис. 36. Курумы на склоне речной долины

**Обвалы** - обрушение массы горных пород на крутых склонах (более  $45 - 50^\circ$ ) и обрывах естественных форм и рельефа (речные долины, ущелья, побережья

морей и т. д.), а также в строительных котлованах, траншеях, карьерах. **Вывалы** являются разновидностью обвалов отдельных глыб и камней в откосах выемок.

Все мероприятия по борьбе с обвалами и вывалами сводятся к предупреждению их возникновения и устройству защитных мероприятий: подпорных и улавливающих стен, рвов, траншей, отводу поверхностных вод.

**Оползни** — скользящее смещение грунтов на склонах долин, оврагов, балок, берегов морей, выемок под действием гравитации и напоре поверхностных или подземных вод. Оползни разрушают здания и сооружения на склонах и ниже их. Большой ущерб приносят оползни на берегах Черноморского побережья Кавказа, Крыма, в долинах рек и горных районов. Происходят оползни и в Беларуси.

Деформации в результате сползания подвергаются насыпи шоссейных и железных дорог, здания и сооружения. На оползневых склонах можно наблюдать разрушенные здания со значительными трещинами (рис. 37, 38) и иными повреждениями (рис. 39).



**Рис. 37.** Разрушение здания «Беларусбанка» в г. Шарковщина на склоне возле реки вследствие оползня, активизировавшегося при динамических воздействиях от забивки свай и разжижении ила в их основании



**Рис. 38.** Отрыв лестничной клетки от здания клуба-столовой в санатории «Белоруссия» в Мисхоре



**Рис. 39.** Здание Каложской церкви в г. Гродно на склоне у р. Нёман, часть которой обрушилась при подмыве и активизации оползневого процесса

Часто внешними признаками оползней являются так называемый «*пьяный лес*» и разорванные стволы деревьев, потеря вертикальности столбов телефонной связи и электролиний, заборов, стен, появление разрывных трещин на отмостке или поверхности грунта (рис. 40). На возникновение и развития оползней оказывают влияние: высота, крутизна и форма, геологическое строение, свойства пород, гидрогеологические условия.

Сползание может возникнуть под действием природных процессов или от производственной деятельности человека. Склоны с крутизной менее  $15^\circ$  оползней не образуют. Часто оползни проявляются при падении слоев, особенно обладающих «ползучестью» глинистых, в сторону склона. **Устойчивость** склона определяется соотношением сил, стремящихся

столкнуть массу пород вниз по склону, и сил, которые сопротивляются этому процессу.



**Рис. 40.** Оползневые трещины на поверхности грунта

**Основными причинами оползней** служат 3 группы процессов:

1. Изменяющие внешнюю форму и высоту склона: колебания базиса эрозии рек, оврагов; разрушающая работа волн и текучих вод; подрезка склона.
2. Изменяющие структуру и ухудшающие физико-механических свойства слагающих склон грунтов за счет выветривания; увлажнения подземными, дождевыми, талыми и хозяйственными водами; выщелачивания водорастворимых солей и выноса частиц текучей водой с образованием суффозионных пустот.
3. Создающие дополнительное давление на слагающие склон грунты: напор воды, статические и динамические нагрузки на склон, сейсмические воздействия.

Каждый случай образования оползня бывает связан с несколькими причинами.

В лессовидных суглинках возникают **оползневые цирки**. Между несколькими цирками располагаются **межоползневые гребни**.

На склонах речных долин образуются **террасовидные уступы** (оползневые террасы), наклоненные обратно падению склона.

Различают оползни *одно-, и многоярусные, действующие и недействующие*.

**Противооползневые мероприятия.** Прежде всего должно быть высококачественное выполнение инженерно-геологических изысканий. Для успешной реализации противооползневых мероприятий необходимы:

- установление природы возможных форм нарушения устойчивости склона и разработка рациональных расчетных схем;
- количественная оценка степени устойчивости склона;
- выявление наиболее эффективных путей повышения степени устойчивости склона до необходимых пределов;
- проектирование откосов с заранее заданной степенью устойчивости.
- разработка наиболее эффективных для конкретного случая оползнеудерживающих конструкций (заанкеренные подпорные стены и свайные ростверки, лучевые дрены).

*Мероприятия по обеспечению охранной обстановки* сводятся в основном к ограничению деятельности человека в районе склона:

- *по зеленому поясу* (запрещение рубки леса, корчевания и разработки участков под огороды, уничтожение кустарника, травяного покрова);
- *по строительству* (установление границы предельной застройки, типа и веса сооружений, снос существующих сооружений, замедление темпов строительства);
- *по земляным работам* (запрещение любых разработок в пассивной зоне – у подножья, загрузки склона в активной зоне – у бровки, увеличения крутизны откоса, вскрытие неустойчивых грунтов);
- *в области водного хозяйства* (запрещение спуска поверхностных вод и поливов, содержание в порядке водоотводящих и осушительных устройств, водопроводно-канализационных систем, заделка ям, трещин, установление уровней и темпов сработки омывающих откос вод);
- *по динамическим воздействиям* (запрещение применения взрывных работ, забивки свай, работы транспортных средств).

*Берегозащитные мероприятия и сооружения* на водотоках и водоемах у подножья склона включают отвод и выправление русел, устройство защитных покрытий, возведение лотков, быстротоков, перепадов, стен – набережных.

Водоотводные осушительные и дренажные мероприятия и устройства делят на:

- *работы на поверхности* – планировка местности, устройство покрытий, дамб, обвалования, нагорных и осушительных канав, лотков, каптаж источников;
- *обустройство дренажей* (продольные и поперечные прорезы и галереи, дренажные шахты, поглощающие скважины и колодцы);
- *выполнение изоляционных мероприятий* (устройство различных инъекционных завес, водонепроницаемых пленочных экранов, глинизация грунтов).

*Землеустроительные мероприятия* направлены на:

- разгрузочные работы в активной зоне (полный съём оползневых масс, срезка активной части оползня, очистка скальных откосов, террасирование и уполаживание склона, общая планировка склона) и пригрузки в пассивной зоне (отсыпка и отвал грунта);
- покрытие склонов плитами, металлическими и геосинтетическими сетками;
- армирование поверхности геосинтетическими материалами (сетками, ячеистыми каркасами и т. п.);

*Механическое крепление склона (откоса)* – устройство одиночных элементов в виде свай, проходящих сквозь оползень в коренные породы, или шпунтовых стенок, инъекционных завес и др.

*Подпорные сооружения* в виде шпунтовых стенок (металлических, железобетонных, деревянных), подпорных стен (каменных, бетонных, железобетонных), стен из свай-оболочек большого диаметра.

*Покрытия* предназначены для закрепления поверхности склона от воздействия ливневых и речных вод. Их выполняют из песчаных, гравелистых, галечных грунтов, каменной наброски и мощения, шлакоглинобетона, асфальта и асфальтобетона, бетона и железобетона, геосинтетических пленок из армированного высокопрочного полиэтилена. Для закрепления береговой зоны часто используют фашинные тьюфаки.

*Использование растительности* для закрепления и осушения склона предусматривает сплошное травосеяние, посадку влаголюбивого кустарника, облесение склона (вяз, дуб, клен, липа, лиственница).

*Искусственное уплотнение и закрепление грунтов* на склоне посредством инъекций (цементация, глинизация).

*Обеспечение устойчивости сооружений* в зоне действий оползня включает мероприятия:

- удаление неустойчивого массива до коренных прочных пород;
- закладку глубоких фундаментов на устойчивые породы;
- устройство фундаментов из буронабивных свай;
- использование каркасных конструкций;
- армирование откосов геосинтетическими сетками и каркасами;
- применение железобетонных поясов;
- устройство деформационных швов.

### Тема 13. Основы геоморфологии

*Рельеф. Тектонические, эрозионные и аккумулятивные формы рельефа. Типы рельефа: равнинный, холмистый и горный рельеф. Значение геоморфологии для строительной отрасли.*

**Рельеф** — это совокупность неровностей земной поверхности, слагающихся из разнообразных элементарных форм различного порядка.

Различают крупные, структурные формы рельефа, образующие поверхность сравнительно обширных географических районов (горы, равнины, нагорья), и менее значительные по размерам элементарные формы неровностей, составляющие поверхность этих объектов рельефа.

Сочетания однородных форм, сходных по своему облику, строению и величине и закономерно повторяющихся на определенной территории, образуют различные типы и разновидности рельефа.

По общему характеру поверхности различают равнины горизонтальные, наклонные, выпуклые и вогнутые.

Холмистый рельеф является одной из разновидностей равнинного рельефа. По форме и строению неровностей различают также плоскоравнинный, волнистый, ступенчатый, овражно-балочный и другие разновидности равнинного рельефа.

**Формы рельефа** — отдельные элементы рельефа, имеющие определенный внешний вид на картах горизонталями.

**Виды рельефа:**

- равнинный (слабопересеченная местность);
- холмистый (среднепересеченная местность);
- горный (сильнопересеченная местность).

Виды рельефа определяются по абсолютным высотам, относительным превышениям и преобладающей крутизне скатов.

**Равнины подразделяются на:**

- горизонтальные;

- наклонные;
- выпуклые;
- вогнутые.

**Холмистый рельеф подразделяют на:**

- плоскоравнинный;
- волнистый;
- ступенчатый;
- овражно-балочный и т.д.

По величине наклона земной поверхности выделяются *субгоризонтальные поверхности* с углами наклона до  $2^\circ$  и *склоны* — более  $2^\circ$ . Формы рельефа могут быть *замкнутыми* (холм) и *открытыми* (овраг), *вогнутыми* (воронка) и *выпуклыми* (бархан), *простыми* (западина) и *сложными* (горный хребет). По размеру выделяют планетарные формы, мега-, макро-, мезо-, микро- и наноформы рельефа.

**Формы рельефа классифицируются по своему происхождению:**

- тектонические формы, возникшие в результате процессов движения земной коры (крупные).

Формы рельефа: горные хребты, равнины, океанические понижения.

- эрозионная, связана с разрушающей работой текучих вод (атмосферные, речные, подземные). К ним относятся: ущелья, речные долины, овраги, промоины.

- аккумулятивные - речные террасы, дюны, барханы, все то, что является следствием накопления продуктов процесса разрушения горных пород водой и ветром.

Эрозионные и аккумулятивные формы рельефа активно меняют свои очертания во времени.

Наука, изучающая формы рельефа и их происхождение, называется геоморфологией. Под воздействием экзогенных агентов – ветра, атмосферной или текучей воды, а также под влиянием силы тяжести, идет непрерывный снос рыхлых продуктов разрушения горных пород. Таким образом, можно говорить о том, что денудационные процессы проявляют себя в разрушении горных пород, образовании новых форм рельефа, непрерывном накоплении продуктов разрушения, их переносе в места нового отложения.

**К типовым формам рельефа относятся:**

1. **Гора** — куполообразное или коническое возвышение с выраженным основанием - подошвой. Небольшая гора называется холмом или высотой, а искусственный холм - курганом.



Рис. 41. Гора, холм

2. **Котловина** — отрицательная форма рельефа, понижение в пределах суши, дна океанов или морей, преимущественно округлых очертаний. По происхождению наземные котловины делятся на тектонические (прогиб земной коры), ледниковые (понижения между моренными холмами), вулканические (кальдеры, кратеры), эрозионные, карстовые, мерзлотные (термокарстовые), эоловые, просадочные (суффозионные) и смешанного происхождения. Особый тип представляют подводные котловины на дне морей и океанов, замкнутое со всех сторон понижение.



Рис. 42. Котловина

3. **Хребет** — вытянутое в одном направлении возвышение. Линия, разделяющая противоположные скаты хребта называется водоразделом, топографическим гребнем или просто гребнем.



Рис. 43. Хребет

4. **Лощина** — вытянутое углубление, понижающееся в одном направлении. Перегибы скатов лощины называют бровками, а линия по дну, к которой направлены скаты - тальвером (водосливом). Разновидности лощин - долины, овраги, балки, ущелья, каньоны.



Рис. 44. Лощина

5. **Седловина** — понижение между возвышенностями, напоминающее по своей форме седло. В горах седловина, как правило, является перевалом через горный хребет.



Рис.45. Седловина

Для земных поверхностей характерны типы рельефа, т.е. определенные сочетания форм рельефа закономерно повторяющихся на обширных пространствах земли, имеющих сходное происхождение в геологическом строении, однотипную историю развития. Для каждой тектонической структуры свойственна определенная история движений земной коры, ее интенсивность, режим, накопление, проявления вулканизма и другие особенности. Характер рельефа поверхности Земли тесно связан с этими

тектоническими структурами, и с составом горных пород, которые их образуют. Поэтому самые главные области Земли с однородным рельефом и близкой историей своего развития – так называемые морфоструктурные области – прямо отображают основные тектонические структурные элементы земной коры.

Процессы на земной поверхности, которые влияют на главные формы рельефа, образованные внутренними, то есть эндогенными процессами, также тесно связаны с геологическими структурами.

#### **Тема 14. Общие сведения о подземных водах**

*Гидрогеология, её объект, содержание и связь с геологией, гидрологией, гидравликой. Виды воды в горных породах. Водные показатели горных пород (влагоемкость, водоотдача, водопроницаемость, естественная (природная) влажность, степень (коэффициент) влажности. Свойства подземных вод (плотность, температура, радиоактивность, примеси, жесткость и агрессивность). Понятие о водовмещающих и водонепроницаемых породах, водоносном горизонте и комплексе. Происхождение подземных вод. Классификация подземных вод. Геологическая работа подземных вод. Зона аэрации и зона насыщения. Верховодка, болотные и грунтовые воды. Капиллярная кайма. Свободная поверхность, зеркало или уровень грунтовых вод (УГВ). Питание грунтовых вод и режим УГВ. Места разгрузки грунтовых вод и родники. Карты гидроизогипс и их значение для инженерного строительства.*

#### **Общие сведения о подземных водах**

Воды верхней части земной коры называют **подземными**. Науку о подземных водах, их происхождении, условиях залегания, законах движения, физических и химических свойствах, связях с атмосферными и поверхностными водами называют **гидрогеологией**.

**Подземные воды служат источником водоснабжения** или **затрудняют строительство** при затоплении котлованов, карьеров, траншей. Они **ухудшают механические свойства** рыхлых и глинистых грунтов, могут являться агрессивной средой для строительных материалов, размывать и растворять породы с образованием пустот. Строители должны использовать подземные воды в производственных целях, уметь бороться с ними при строительстве и эксплуатации зданий и сооружений.

Вода в земле находится в постоянном движении. **Круговорот воды в природе** способствует постоянному возобновлению природных вод, в том числе и подземных. В круговороте воды на Земле ежегодно участвует более 500 тыс. км<sup>3</sup> воды. Наиболее активно возобновляются речные воды.

**Подземные воды** образуются преимущественно путем **инфильтрации**. Атмосферные осадки, речные и другие воды за счет гравитации просачиваются по крупным порам и трещинам пород. На глубине они задерживаются на водоупоре, возникают **горизонты подземных вод**. Количество воды зависит от многих факторов: характера рельефа, состава и водопроницаемости грунтов, климата, растительного покрова, деятельности человека.

Воды земной коры постоянно пополняются **ювенильными водами**, возникшими в глубине земли с выходом на поверхность Земли в виде паров и горячих источников при вулканической деятельности. В зонах замедленного водообмена образуются **минерализованные (соленые) воды** так называемого **седиментационного происхождения** из древних морских осадков в начале геологической истории земной коры.

### Водные свойства грунтов

**Влагоемкость** — способность грунта вмещать и удерживать в себе воду. Когда все поры грунта заполнены водой, такую влажность называют **полной влагоемкостью  $w_{п.в.}$** .

Грунты подразделяют на **весьма влагоемкие** (торф, суглинки, глины), **слабо влагоемкие** (мергель, мел, рыхлые песчаники, мелкие пески, лёсс) и **невлагоемкие** (галечник, гравий, песок).

**Водоотдача  $w_v$**  — способность насыщенных водой грунтов отдавать ее в виде свободного стока. При этом физически связанная вода из пор грунта не вытекает. Наибольшей водоотдачей обладают крупнообломочные грунты, пески и супеси, которые под влиянием гравитации способны отдавать почти всю имеющуюся в их порах воду. В глинах водоотдача близка к нулю.

**Водопроницаемость** — способность пропускать гравитационную воду через поры грунтов и трещины скальных грунтов. Чем больше размер пор и трещин, тем выше водопроницаемость пород. **Песок способен пропускать воду, а глина её не пропускает.**

Водопроницаемость грунтов (или их фильтрационные свойства) характеризуется **коэффициентом фильтрации  $K_f$**  (см/с, м/ч или м/сут), представляющим собой скорость движения подземной воды при гидравлическом градиенте, равном 1.

По величине  $K_f$  грунты разделяют на: 1) **водопроницаемые** —  $K_f > 1$  м/сут (галечники, гравий, песок, трещиноватые породы); 2) **полупроницаемые** —  $K_f = 1 - 0,001$  м/сут (глинистые пески, лёсс, торф, рыхлые разности

песчаников, реже пористые известняки, мергели); 3) *непроницаемые* –  $K_f < 0,001$  м/сут (скала, глины).

Непроницаемые грунты являются *водоупорами*, а полупроницаемые и водопроницаемые – *водоносными горизонтами*.

### Свойства и состав подземных вод

К **свойствам подземных вод** относят: **вкус, запах, цвет, прозрачность, температуру и др.**, т.е. так называемые **органолептические свойства** (определяемые при помощи органов чувств). Они могут ухудшаться за счет различных примесей (минеральных и органических веществ, химических элементов).

**Вязкость** воды характеризует внутреннее сопротивление частиц ее движению. При нагреве вязкость подземных вод уменьшается.

**Электропроводность** воды определяется растворенными солями и выражается удельным сопротивлением  $0,02 \dots 1,00$  Ом-м.

**Радиоактивность** подземных вод вызвана присутствием в ней элементов урана, стронция, цезия, радия, газообразной эманации радия-радоны и др. Даже ничтожно малые их концентрации могут быть вредными для человека.

**Химический состав подземных вод.** Все подземные воды содержат различное количество растворенных солей, газов ( $O_2$ ,  $CO_2$ ,  $CH_4$ ,  $H_2S$  и др.) и органических соединений.

**Соли.** По общему содержанию хлоридов, сульфатов и карбонатов подземные воды разделяются на **пресные** (до 1 г/л растворенных солей), **солончатые** (от 1 до 10 г/л), **солёные** (10 – 50 г/л) и **рассолы** (более 50 г/л). Результаты химического анализа воды выражают в виде состава катионов и анионов (в мг/л или мг-экв/л).

Суммарное содержание растворенных в воде минеральных веществ называют **общей минерализацией**. Её устанавливают по сухому остатку (в мг/л или г/л) после выпаривания воды при температуре  $105 - 110^\circ C$ . Наилучшими питьевыми качествами обладают воды при  $pH = 6,5 - 8,5$ . Количество растворенных солей не должно превышать 1,0 г/л. Вода для питьевых целей должна быть бесцветна, прозрачна, не иметь запаха, быть приятной на вкус.

**Агрессивность подземных вод** выражается в разрушении солями строительных материалов, в частности, портландцемента. При строительстве фундаментов и

подземных сооружений необходимо уметь оценивать степень агрессивности подземных вод и определять меры борьбы с ней.

Степень агрессивности вод по отношению к бетону зависит от коэффициента фильтрации грунтов. Чем выше скорость движения воды, тем сильнее проявляется агрессивность.

*По отношению к бетону* агрессивность подземных вод бывает:

- *общекислотная* – оценивается по величине рН, в песках вода считается агрессивной, если  $\text{pH} < 7$ , а в глинах –  $\text{pH} < 5$ ;
- *сульфатная* – по содержанию иона  $\text{SO}^{2-}$ ; при его содержании более 200 мг/л вода становится агрессивной;
- *магнезиальная* – устанавливается по содержанию иона  $\text{Mg}^{2+}$ ;
- *карбонатная* – по воздействию агрессивной углекислоты, этот вид агрессивности возможен только в песчаных грунтах.

В качестве меры борьбы с агрессивностью подземных вод используют специальные цементы, производят гидроизоляцию подземных частей зданий и сооружений, понижают грунтовые воды устройством дренажей и т.д.

*Агрессивное действие подземных вод на металлы (коррозия металлов)* проявляется в виде окисления (разъедания) их поверхностей с образованием ржавчины под действием кислорода, агрессивной углекислоты, минеральных и органических кислот, солей тяжелых металлов, сероводорода, хлористых и некоторых других солей. С учетом коррозионной активности вод по отношению к металлам выбирают меры по предотвращению возможной коррозии.

**Классификации подземных вод.** Подземные воды подразделяют: *по характеру их использования - хозяйственно-питьевые воды, технические, промышленные, минеральные, термальные; по условиям залегания в земной коре (рис. 52) - верховодки, грунтовые, межпластовые, трещинные, карстовые, вечной мерзлоты.* В инженерно-геологических целях подземные воды классифицируют *по гидравлическому признаку – безнапорные и напорные.*

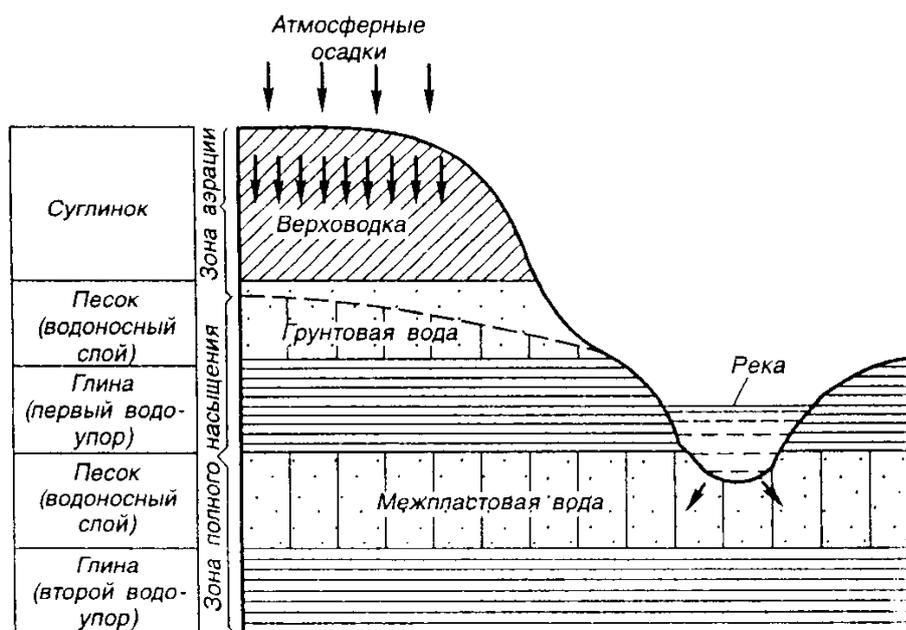


Рис. 46. Классификация подземных вод по условиям залегания в земной коре

### Характеристика типов подземных вод

**Зона аэрации** расположена между поверхностью земли и уровнем грунтовых вод. Над поверхностью подземных вод расположена зона повышенной влажности – **капиллярная кайма**.

**Зона насыщения** грунтов расположена ниже уровня грунтовых вод. В ней все поры, трещины, каверны и пустоты заполнены гравитационной водой. Подземные воды циркулируют в виде верховодок, грунтовых, артезианских, трещинных и вод вечной мерзлоты.

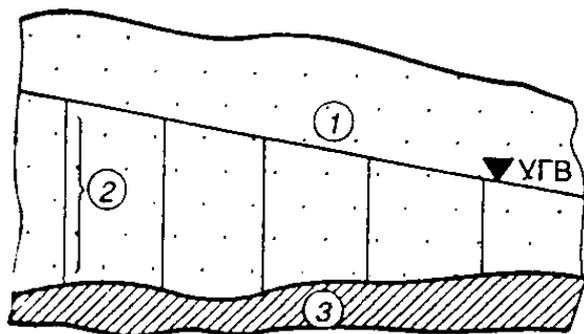
**Верховодки** — это временные скопления подземных вод в зоне аэрации над водоупором в периоды обильного снеготаяния и дождей. В остальное время эта вода испаряется или просачивается в нижележащие слои грунтов. Верховодки опасны для строительства подтоплением подземных частей зданий и сооружений (подвалы, котельные и др.) при отсутствии дренажей и гидроизоляции.

При инженерно-геологических изысканиях в сухое время года, верховодка не всегда обнаруживается. Поэтому ее появление для строителей может быть неожиданным.

**Грунтовые воды** - постоянные во времени и значительные по площади распространения горизонты подземных вод на первом от поверхности водоупоре. Они характеризуются рядом признаков:

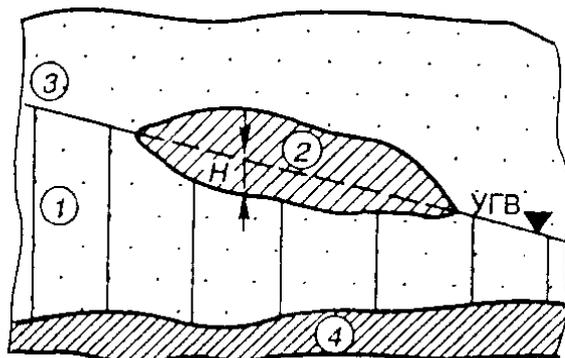
1. Имеют свободную поверхность, называемую **зеркалом** (в разрезе уровень). Положение зеркала часто отвечает рельефу местности, но непостоянно. Водоупор, на котором лежит водоносный слой, называют **ложем**, а расстояние от водоупора до уровня подземных вод – **мощностью** водоносного слоя (рис. 47).

**Грунтовые воды** при свободной поверхности **безнапорны**, но возможен **местный напор** при залегании линзы глины в уровне зеркала (рис. 48).



**Рис. 47.** Грунтовая вода:

1 – уровень грунтовой воды (ГГВ); 2 – мощность грунтовой воды; 3 – ложе (водоупор)

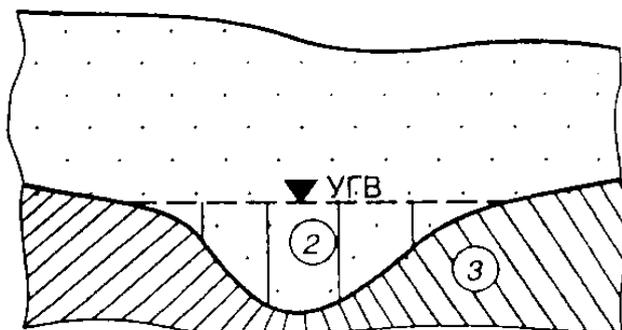
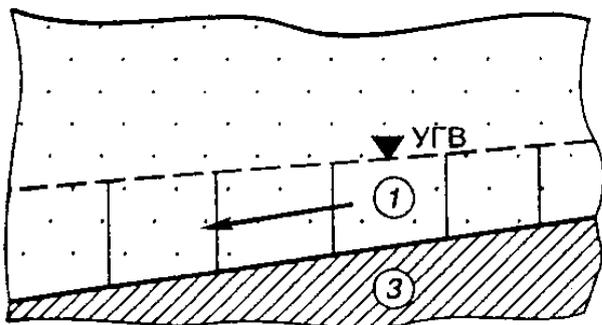


**Рис. 48.** Схема возникновения местного напора:

1 – грунтовая вода; 2 – линза глины; 3 – зеркало (уровень) грунтовой воды; 4 – водоупор; Н – высота напора

2. Питаются подземные воды за счет атмосферных осадков и поступления воды из водоемов и рек, что изменяет их состав.

3. Грунтовые воды при непрерывном движении и образуют потоки по уклону водоупора. Иногда залегают в форме грунтовых бассейнов (рис. 55) в неподвижном состоянии. При выходе на поверхность образуются родники или локальная по площади заболоченность.



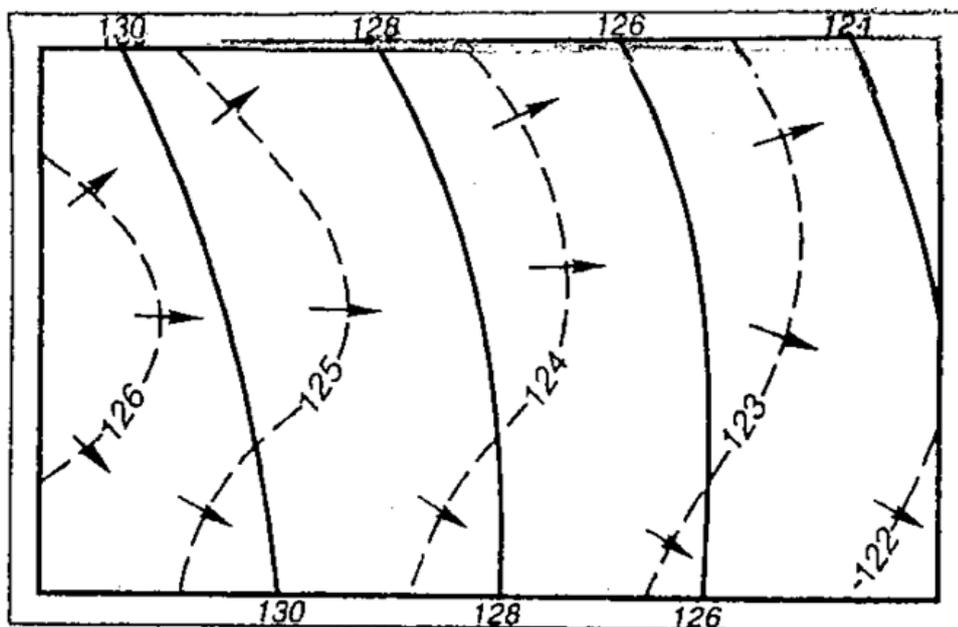
**Рис. 49.** Формы залегания грунтовых вод:

1 – грунтовый поток; 2 – грунтовый бассейн; 3 – водоупоры

4. Количество, качество и глубина залегания грунтовых вод зависят от геологических условий местности и климатических факторов. При строительстве часто встречаются с грунтовыми водами, которые заливают котлованы, траншеи, не позволяют нормально эксплуатировать здания и сооружения.

**Карты гидроизогипс** отражают характер поверхности (зеркала) грунтовых вод (рис. 56). **Гидроизогипсами** называют линии, соединяющие точки с одинаковыми абсолютными или относительными отметками урвней грунтовых вод.

Замерянные уровни грунтовых вод в скважинах выражают в абсолютных отметках и надписывают над каждой скважиной, а затем методом интерполяции строят гидроизогипсы. Сечение гидроизогипс (частоту их заложения) выбирают в зависимости от масштаба карты и густоты расположения точек замера от 0,5 до 10,0 м, чаще 0,5; 1,0 и 2,0 м. С помощью карты гидроизогипс (совмещенной с топографической картой) можно выяснить направление и скорость движения грунтового потока в любой точке, а также определить глубину залегания воды (по разности отметок горизонталей и гидроизогипс).



**Рис. 50.** Карта гидроизогипс (сплошные линии – горизонталы отметок поверхности Земли; пунктирные линии – уровни подземных вод (гидроизогипсы))

### **Тема 15. Закономерности движения подземных вод**

*Форма залегания грунтовых вод. Артезианские или напорные воды. Избыточный гидростатический напор над водоупорной кровлей*

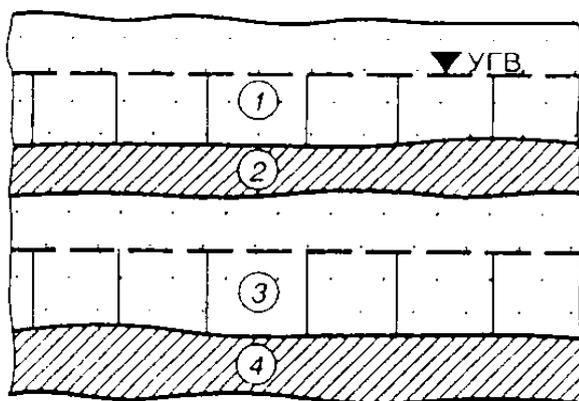
артезианского пласта. Пьезометрический напор и пьезометрический уровень. Артезианские бассейны, их области питания, напора и разгрузки. Карты гидроизопьез. Изображение подземных вод на разрезах.

Потоки подземных вод. Основные гидродинамические элементы фильтрационного потока: его мощность, ширина, расход, величина напора, гидравлический уклон (градиент), линии токов и линии равных напоров (эквипотенциалы). Понятие о действительной скорости движения и скорости фильтрации подземных вод. Закон Дарси и водопроницаемость грунтов. Определение направления и действительной скорости подземных вод. Плоский и радиальный потоки подземных вод. Вывод формул притока грунтовых и артезианских вод к скважине, канаве. Горизонтальный и вертикальный дренажи. Водопонижение.

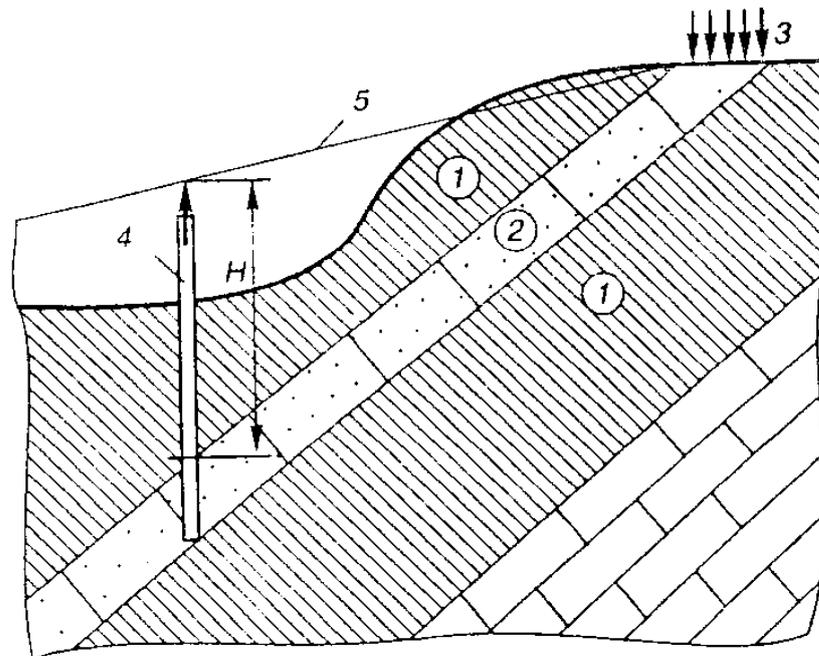
**Межпластовые подземные воды** располагаются в водоносных горизонтах между водоупорами. Они бывают **ненапорными** и **напорными (артезианскими)**. **Ненапорные воды** встречаются сравнительно редко. Они связаны с водоносными слоями, заполненными водой полностью или частично (рис. 51).

**Напорные (артезианские) воды** связаны с залеганием водоносных слоев в виде синклиналей или моноклиналей (рис. 52 и 53). Площадь распространения напорных водоносных горизонтов называют **артезианским бассейном**. Напорных подземных горизонтов может быть несколько. Напорность вод характеризуется пьезометрическим уровнем.

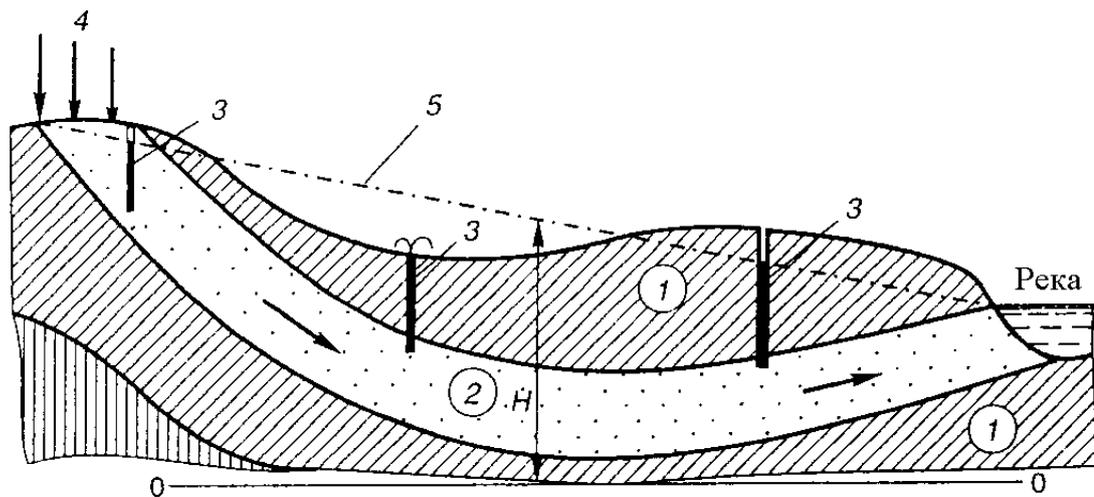
**Карты гидроизопьез.** Линии, соединяющие точки с одинаковыми отметками пьезометрического уровня, называют **гидроизопьезами** (или **пьезоизогипсами**). По карте гидроизопьез изучают условия формирования потоков артезианских вод, определяют направление их движения, выделяют участки возможного самоизлияния, устанавливают гидравлическую связь напорных вод с реками и др.



**Рис. 51.** Межпластовая ненапорная вода: 1 — грунтовая вода; 2 — первый водоупор; 3 — межпластовая вода; 4 — второй водоупор



**Рис. 52.** Артезианская вода при моноклиальном залегании слоев: 1 – водоупоры; 2 – водоносный слой; 3 – область питания водой; 4 – буровая скважина; 5 – пьезометрический уровень;  $H$  – высота напора



**Рис. 53.** Артезианский бассейн при синклиальном залегании слоев: 1 – водоупор; 2 – водоносный слой; 3 – буровые скважины; 4 – область питания водой; 5 – пьезометрический уровень;  $H$  – высота напора

### Движение подземных вод

**Законы движения.** Подземные воды могут передвигаться в грунтах путем инфильтрации и фильтрации. Инфильтрация воды происходит в порах с их частичным заполнением воздухом или водяными парами в зоне аэрации. Фильтрация в виде движущегося потока происходит при полном заполнении пор водой. Движение грунтового потока в водоносных слоях (галечнике, песке,

супеси, суглинке) имеет **параллельно-струйчатый** или **ламинарный характер** и подчиняется закону Дарси. В крупных пустотах происходит вихревое или **турбулентное движение** воды, но сравнительно редко. Движение подземных вод может быть **установившимся и неустановившимся, напорным и безнапорным**. **Ненапорные грунтовые воды** имеют водоупор снизу и свободную поверхность сверху. Такие воды передвигаются от более высоких мест к низким (рис. 54).

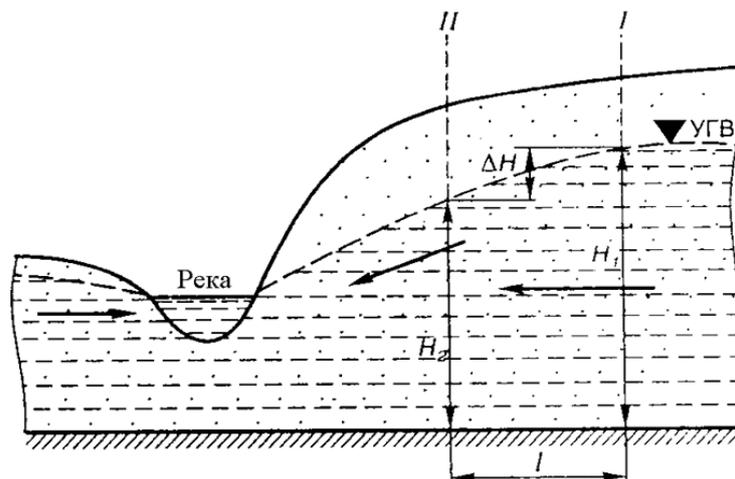


Рис. 54. Схема безнапорной фильтрации грунтовой воды

Разность напоров  $\Delta H = H_1 - H_2$  в сечениях I и II обуславливает движение воды в направлении сечения II. Скорость движения водного потока зависит от разности напора (чем больше  $\Delta H$ , тем больше скорость) и длины пути фильтрации  $l$ .

Отношение разности напора  $\Delta H$  к длине пути фильтрации  $l$  называют **гидравлическим уклоном (гидравлическим градиентом)**

$$I = \Delta H / l.$$

Современная теория движения подземных вод базируется на законе Дарси:

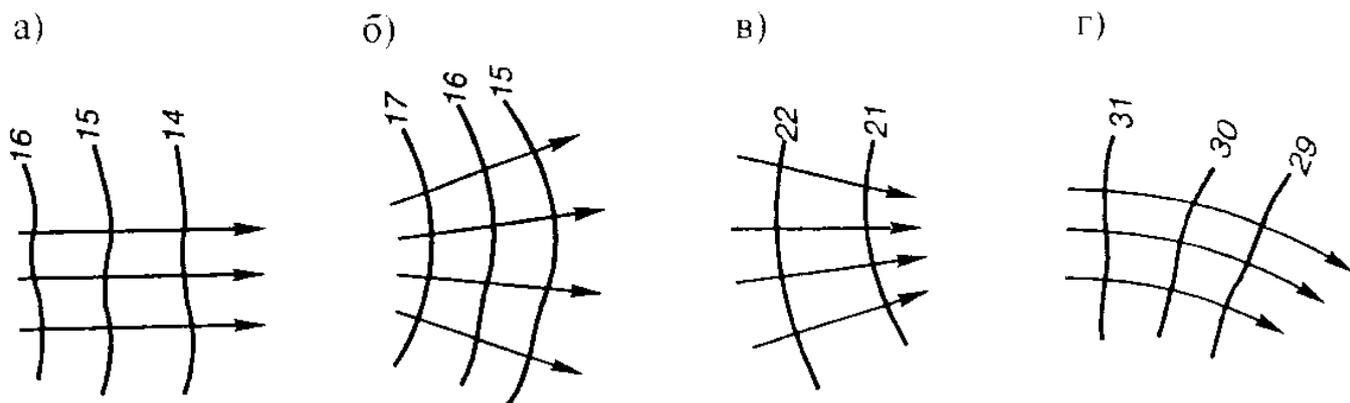
$$Q = K_f A \Delta H / l = k_f A I,$$

где  $Q$  – расход воды или количество фильтрующейся воды в единицу времени, м<sup>3</sup>/сут;  $K_f$  – коэффициент фильтрации, м/сут;  $A$  – площадь поперечного сечения потока воды, м<sup>2</sup>;  $\Delta H$  – разность напоров, м;  $l$  – длина пути фильтрации, м.

**Источники** (ключи, родники) - места естественных выходов воды на дневную поверхность. При прорезании грунтовой воды эрозией возникают **нисходящие** источники: **сосредоточенные** выходят потоком в одном месте,

**распредоточенные** – просачивание воды на склоне через слой глинистого грунта. Напорные воды могут давать **фонтанирующие (восходящие)** источники.

**Форма движения потоков грунтовых вод.** На строительных или хозяйственных площадках при устройстве дренажей необходимо знать направление движения потоков воды в зависимости от местных геологических условий, рельефа местности и других факторов. Различают потоки **плоские, радиальные (сходящиеся и расходящиеся) и криволинейные** (рис. 55).



**Рис. 55.** Формы потоков грунтовых вод: а – плоский; б – радиальный расходящийся; в – радиальный сходящийся; г – криволинейный

По карте гидроизогипс направление потока устанавливается по высотным отметкам гидроизогипс (см. рис. 50). Можно также использовать метод красителей (или солей), когда в центральную (опытную) скважину вводят сильный краситель (например, метиленовый голубой, щелочно-флюоресцеин и т.д.), появление которого в одной из наблюдательных скважин указывает направление потока воды.

**Фильтрационные показатели грунтов.** Одним из основных фильтрационных параметров является **коэффициент фильтрации  $K_f$**  – это скорость фильтрации при напорном градиенте  $I = 1$ . Он зависит от размеров и формы пор, свойств воды (вязкость, плотность), минерального состава грунтов, степени засоленности и др.

Вязкость воды зависит от температуры, поэтому нередко вводится поправочный температурный коэффициент (0,7 – 0,03) для приведения к единой температуре 10°C.

**Методы определения.** Приближенно оценивают  $K_f$  по табличным данным (табл. 2).

Таблица 2

Характеристика пород	Коэффициент фильтрации $K_f$ , м/сут
1	2
Очень хорошо проницаемые галечники с крупным песком, сильно закарстованные и сильно трещиноватые породы	100 – 1000 и более
Хорошо проницаемые галечники и гравий, частично с мелким песком, крупный песок, чистый средний песок, закарстованные, трещиноватые и другие породы.	100 – 10
Проницаемые галечники и гравий, засоленные мелким песком и частично глиной, средние пески и мелкие, слабозакарстованные, малотрещиноватые и другие породы	10 – 1
Слабопроницаемые тонкозернистые пески, супеси, слаботрещиноватые породы	1 – 0,1
Весьма слабопроницаемые суглинки	0,1 – 0,001
Почти непроницаемые глины, плотные мергели и другие монолитные скальные породы	< 0,001

Более обоснованные значения  $K_f$  дают *расчетные, лабораторные и полевые* методы. Расчетные методы используют преимущественно для песков и гравелистых пород. Они связывают коэффициент фильтрации грунта с его гранулометрическим составом, пористостью, степенью однородности и т. д.

*Лабораторные* методы основаны на изучении скорости движения воды через образец грунта при различных градиентах напора. Все приборы для этих целей могут быть подразделены на два типа: с постоянным напором и с переменным.

Приборы с моделированием постоянства напорного градиента, т.е. установившегося движения (приборы Тима, Тима-Каменского, трубка конструкции СПЕЦГЕО), применимы в основном для грунтов с высокой водопроницаемостью, например для песков.

**Расход плоского грунтового потока.** Типичный пример *плоского* потока – движение подземных вод к траншеям, штольням и другим горизонтальным выработкам. Плоский поток может быть грунтовым (безнапорным) и перемещаться в однородных и неоднородных пластах, при горизонтальных и наклонных водоулорах.

При определении расхода грунтового (безнапорного) потока на единицу его

ширины в однородных грунтах (рис. 56) на участке от сечения I до сечения II использован закон фильтрации Дарси.

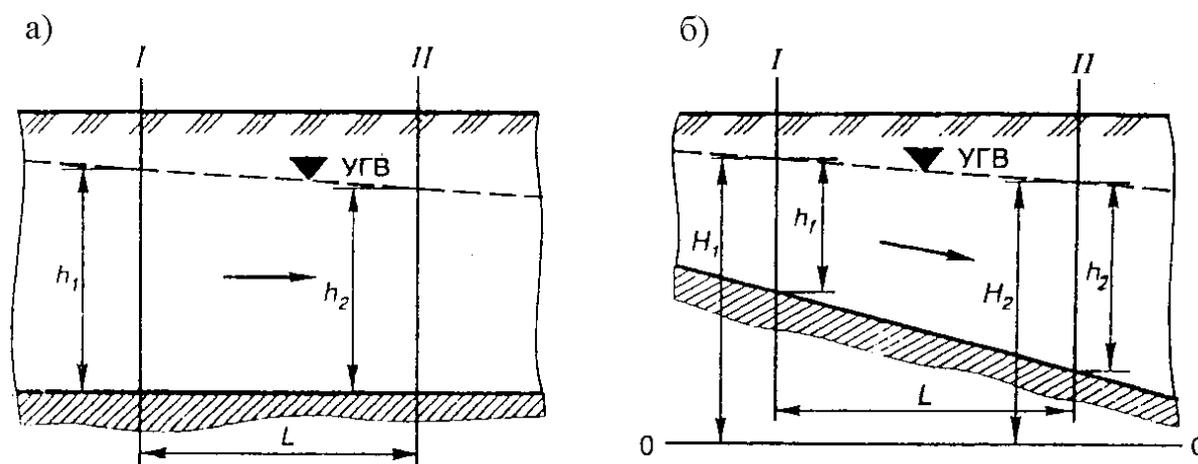


Рис. 56. Схема для расчета плоского потока грунтовых вод с горизонтальным (а) и наклонным (б) водоупорами

В неоднородных водоносных пластах для определения расхода потока подземных вод вводится среднее значение  $K_{ф.ср.}$

**Приток грунтовых вод к водозаборным сооружениям.** **Водозаборы** — это сооружения, с помощью которых происходит захват (забор) подземных вод для водоснабжения, отвод их с территорий строительства или просто в целях понижения уровней грунтовых вод. Существуют вертикальные, горизонтальные и лучевые типы подземных водозаборных сооружений.

**Вертикальные** водозаборы — буровые скважины и шахтовые колодцы, **горизонтальные** — траншеи, галереи, штольни, **лучевые** — водосборные колодцы с водоприемными лучами-фильтрами.

Водозаборы бывают **одиочные** и **групповые**. **Свершенные** вскрывают водоносный горизонт на полную его мощность, а **несовершенные** — на неполную.

Временный отвод воды (или снижение уровня) на период производства строительных работ называют строительным **водозабором**, а на весь период эксплуатации объекта — **дренажами**.

**Депрессионные воронки.** При откачке воды вследствие трения воды о частицы грунта возникает **воронка депрессии** с формой в плане близкой к кругу, а в вертикальном разрезе с криволинейными линиями (рис. 57).

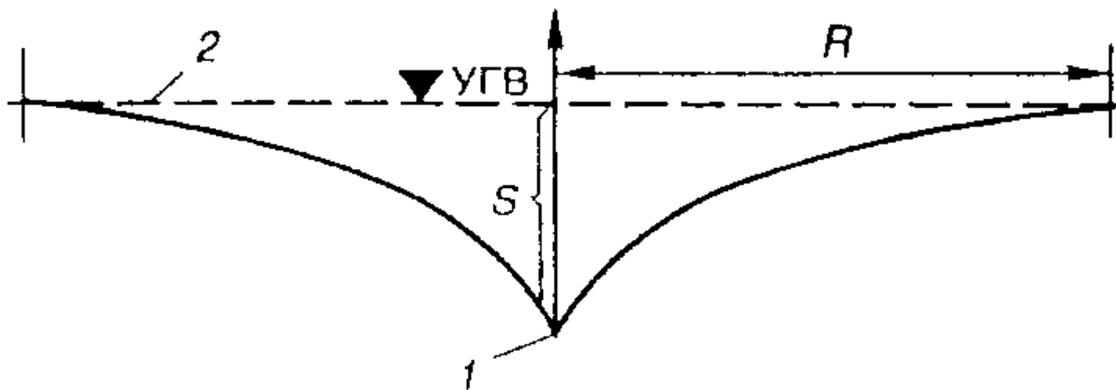


Рис. 57. Депрессионная воронка: 1 – точка откачки; 2 – нормальный уровень;  $S$  – понижение уровня в центре воронки;  $R$  = радиус воронки

**Радиус влияния** депрессионной воронки  $R$  и крутизна кривых депрессий зависят от водопроницаемости грунтов.

Значение  $R$  можно определять: 1) по формулам, 2) бурением скважин и 3) по аналогии с действующими водозаборами.

Из формул используют расчет Кусакина (для ненапорной воды).

Бурение скважин дает точные значения  $R$ , но это работа трудоемкая (рис. 67) Ориентировочные значения  $R$  на каждые 10 м понижения воды приведены в табл. 9 [2], а депрессионные воронки в разных грунтах – на рис. 68. Хорошо водопроницаемые гравий и песок имеют широкие воронки с большим радиусом влияния, у слабо водопроницаемых суглинков более узкие воронки с небольшим значением  $R$ .

Таблица 3

Грунты	Радиус влияния $R$ , м
Мелкозернистые пески	50 – 100
Средние пески	100 – 200
Крупные пески	200 – 400
Очень крупные пески, галечники	400 – 600 и более

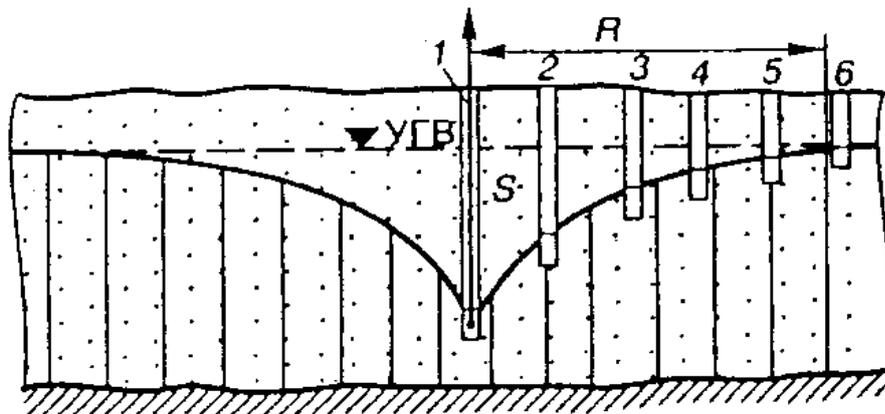
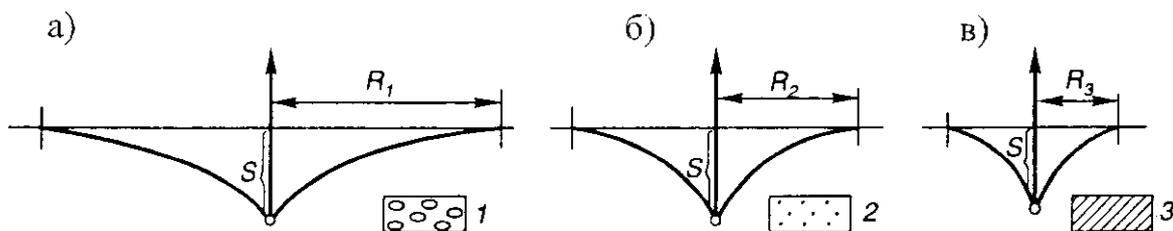


Рис. 58. Определение радиуса влияния откачки  $R$  по буровым скважинам: 1 – скважина для откачки воды; 2 – 6 – скважины для замера уровней воды



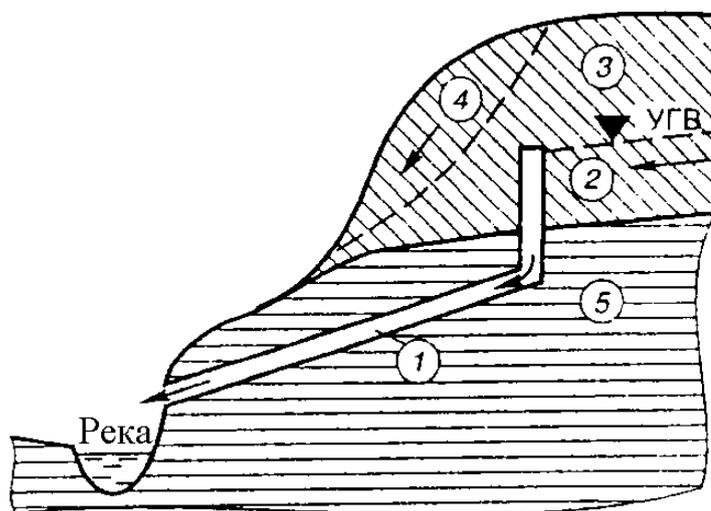
**Рис. 59.** Депрессионные воронки в разных грунтах:

1 – гравий; 2 – песок; 3 – суглинок

В песках уклоны кривых депрессий составляют 0,02-0,006, а в суглинках 0,1-0,05.

**Водопонижение уровней грунтовых вод на строительных площадях может быть достигнуто такими типами дренажей:**

- самотеком поды с помощью подземных галерей в глубине склона, перерезающих водоносные слои (рис. 60);
- принудительной откачкой открытым способом насосом, установленным за его пределами (рис.61) или закрытым способом установками (ЛИУ) в виде системы иглофильтров (рис. 62), которые устанавливаются вокруг котлованов или вдоль траншей и присоединяют к всасывающему коллектору;
- отводом воды по горизонтали или вертикали;
- откачкой воды .



**Рис. 60.** Подземная водосборная галерея:

1 – галерея, 2 – поток грунтовой воды, 3 – водоносный грунт;

4 – возможное оползневое тело; 5 – водоупор

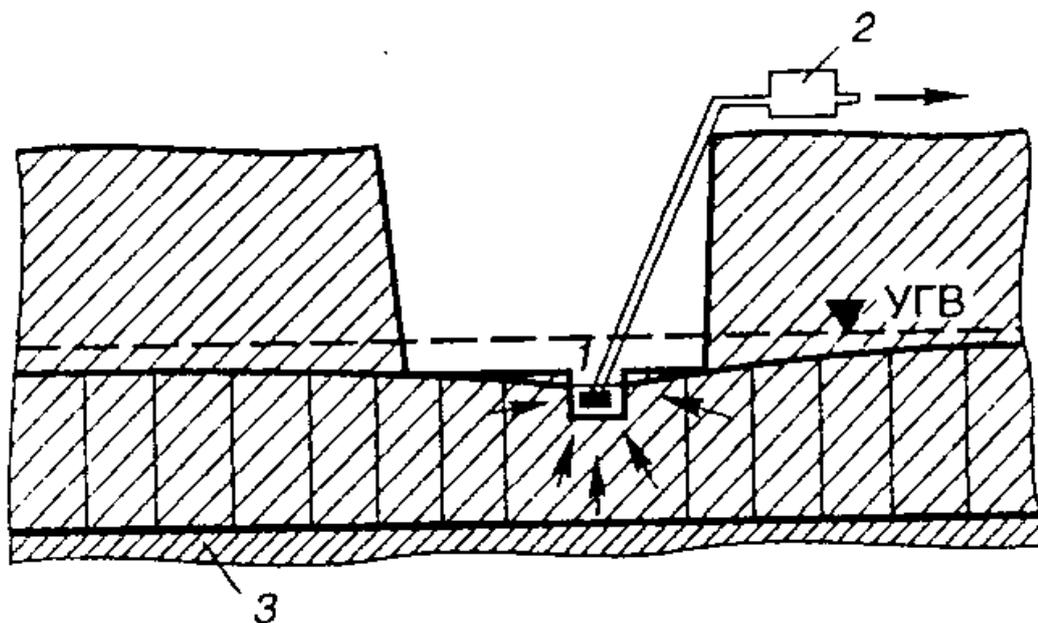


Рис. 61. Открытый водоотлив из котлована:

1 – приямок (зумпф) с фильтром; 2 – насос; 3 – водоупор

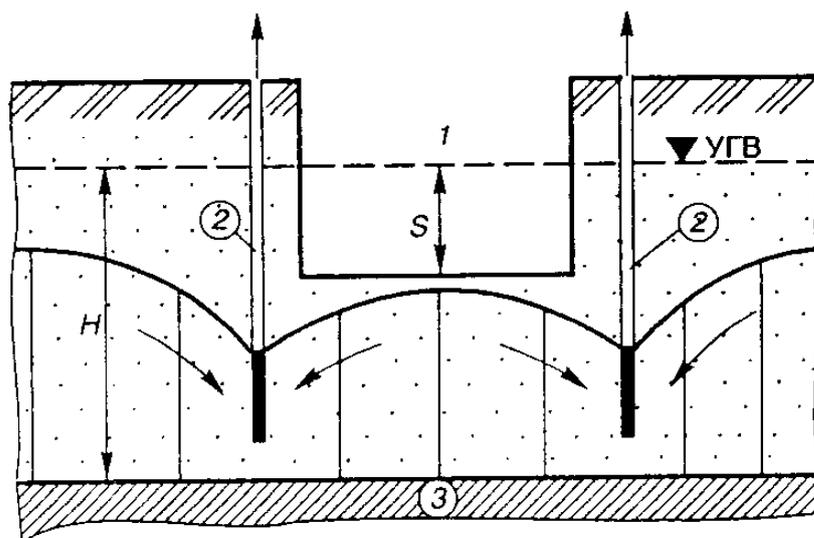


Рис. 62. Осушение котлована иглофильтрами: 1 – строительный котлован;

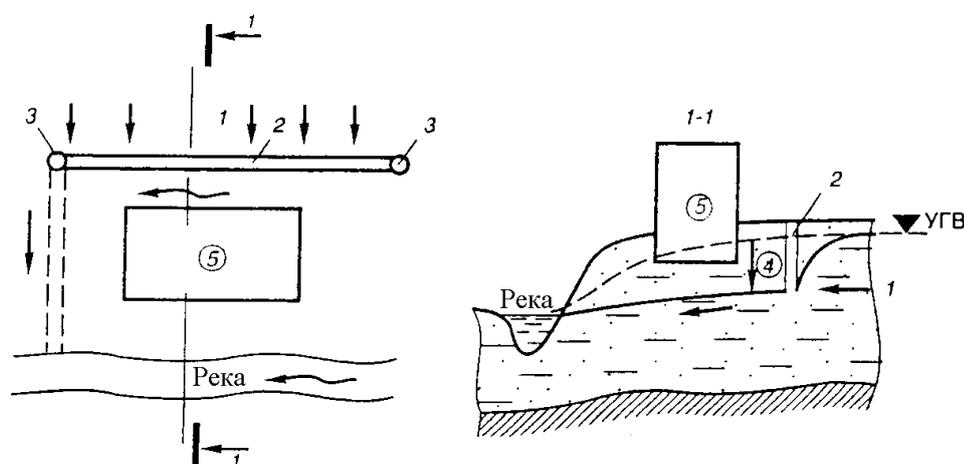
2 – иглофильтры; 3 – водоупор;  $H$  – уровень подземной воды;  $S$  – понижение уровня воды

С помощью ЛИУ понижают уровень воды на 4,5 м (одним ярусом) в песках с  $K_{\phi}$  от 1 – 2 до 40 – 50 м/сут. При глубоком водопонижении применяют 2 или 3 яруса установок. Для осушения мелких и пылеватых песков или супесей с  $K_{\phi} = 0,01 – 1,0$  м/сут применяют эжекторные иглофильтры, создавая вакуум в водонасыщенном грунте, улучшая водоотдачу и усиливая эффект водопонижения.

**Отвод воды** от котлована можно осуществлять по горизонтали дренажными траншеями, и по вертикали колодцами и буровыми скважинами. **Горизонтальные дренажные траншеи** заглубляются в водоносные слои и бывают *открытыми и закрытыми*.

**Системы дренажей.** На защищаемых от подтопления территориях применяют следующие схемы дренажей: *однолинейную, двухлинейную, многолинейную, кольцевую и комбинированную* с отводом воды за счет самотека.

**Линейная схема** в виде головного дренажа используется для перехвата потока грунтовой воды выше объекта (рис. 63).



**Рис. 63.** Головной дренаж (план и разрез участка): 1 – направление потока воды; 2 – головная дрена; 3 – смотровые колодцы; 4 – пониженный уровень воды; 5 – здания

**Береговой дренаж.** Однолинейная схема — это одиночная протяженная дрена, расположенная вдоль одной из границ защищаемой территории. Головная дрена перехватывает поток грунтовой воды от водораздела и располагается вдоль верхней границы защищаемой территории. Береговая дрена (рис. 64) у нижней границы вдоль берега водоема служит для перехвата грунтовых вод со стороны водораздела. Воды со стороны берега может перехватывать и головная дрена. Береговой дренаж в виде двухлинейной схемы обеспечивается двумя линейными дренами. Первая из двух дрена выполняет роль береговой, а вторая – головной дрена.

**Кольцевой дренаж** защищает от подтопления подвальные помещения отдельных зданий или небольшие участки, а также используется для борьбы с подтоплением отдельных сооружений с глубокими фундаментами путем перехвата воды по контуру участка. Дренаж выполняют в виде кольца

(см. рис. 64), полукольца П- или Г-образной формы. Сброс вод осуществляю самотеком при малом заглублении или насосной станцией при большом.

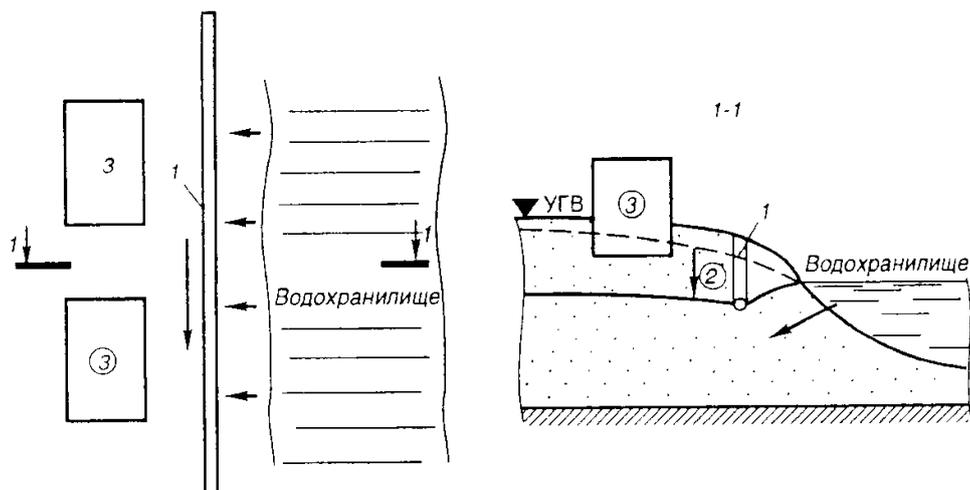


Рис. 64. Береговой дренаж (план и разрез участка):

1 – береговая дрена; 2 – пониженный уровень воды; 3 – здание

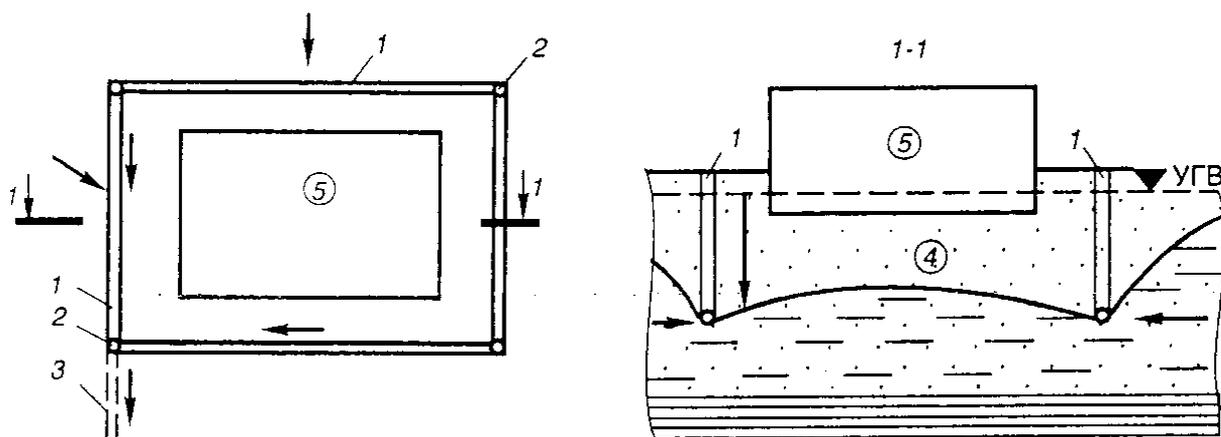
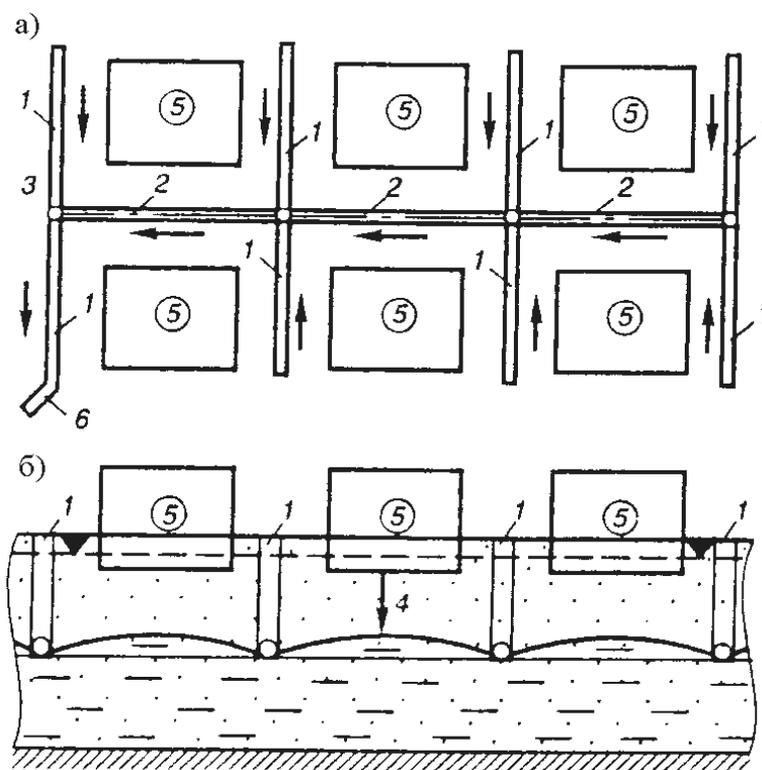


Рис. 65. Кольцевой дренаж (план и разрез участка): 1 – дрена; 2 – смотровые колодцы; 3 – сбросная часть дренажа; 4 – пониженный уровень воды; 5 – здания

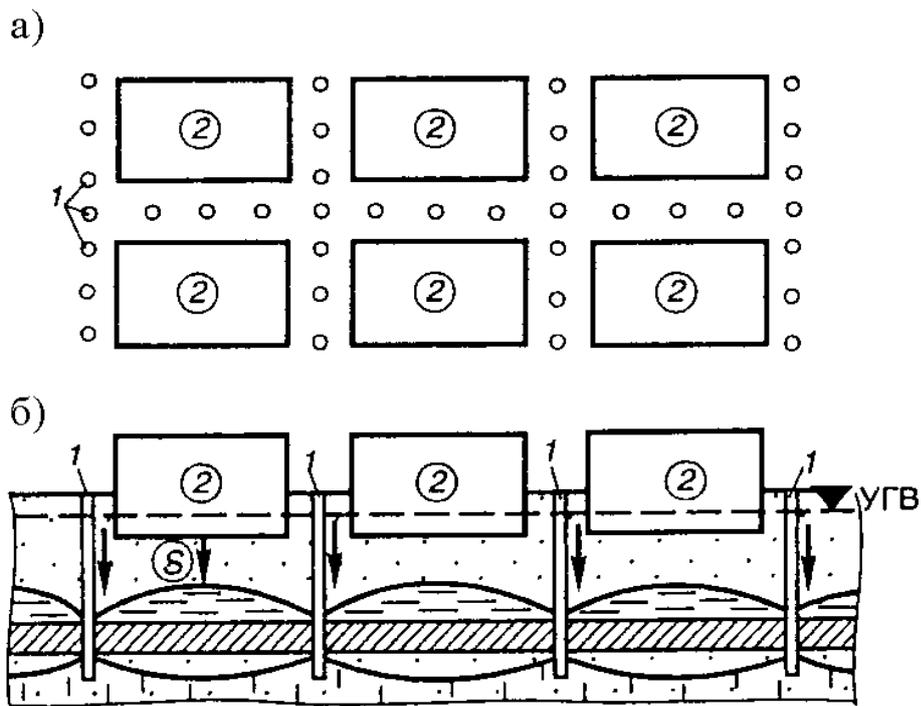
**Систематический дренаж** в виде многолинейной схемы применяют при малой мощности водоносного слоя для равномерного и длительного осушения значительных территорий. В зависимости от геологического строения территории этот дренаж может быть **горизонтальным** или **вертикальным** (рис. 66 и 67).



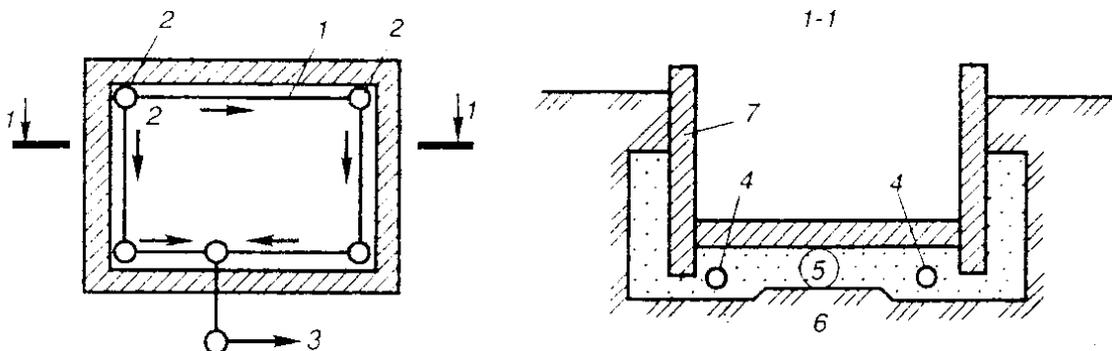
**Рис. 66.** Систематический дренаж горизонтального типа:  
 а – план; б – разрез; 1 – дрены; 2 – дренажный коллектор;  
 3 – смотровой колодец; 4 – пониженный уровень; 5 – кварталы  
 города; 6 – сброс воды

**Пластовые дренажи** являются точечной системой и служат для защиты отдельных зданий и дорог от возможного подтопления при подъеме уровня грунтовых вод. По контуру сооружений укладывается дренажный слой из песка (или гравия) с дренажной трубой (рис. 68).

**Комбинированная схема дренажа** включает линейные дренажи для всей территории и системы в виде кольцевого дренажа у значительно заглубленного здания.



**Рис. 67.** Систематический дренаж вертикального тала:  
 а – план; б – разрез; 1 – поглощающие скважины; 2 – кварталы  
 города; 5 – пониженный уровень



**Рис. 68.** Пластовый дренаж:

1 – дрены; 2 – смотровые колодцы; 3 – сброс воды; 4 – дренажные трубы; 5 – крупный песок; 6 – грунт основания; 7 – фунда

## Тема 16. Гидрогеологические условия и охрана геологической среды Беларуси

*Гидрогеология Беларуси: её артезианские бассейны, хозяйственно-питьевые, промышленные, термальные и минерально-лечебные воды. Региональные инженерно-геологические и гидрогеологические условия, охрана геологической среды Беларуси. Учёт гидрогеологических условий при захоронении вредных*

*веществ и отходов производства в недрах Беларуси. Мониторинг и рекультивация земель.*

### **Региональные инженерно-геологические и гидрогеологические условия Беларуси**

Территория Беларуси составляет *207,6 тыс. км<sup>2</sup>*, население – около *9 млн. чел.* Земная поверхность республики расположена над уровнем моря в среднем на 160 м с абсолютными отметками 80-346 м. На юге, западе и севере рельеф равнинный, нередко – заболоченный, с наличием плоских котловин, зарастающих озер и болот. Равнины низменные занимают *3/5*, а возвышенные и платообразные – *2/5* территории. На северо-западе Беларуси крупнохолмистые моренные возвышенности чередуются с водно-ледниковыми низинами и моренными равнинами. Белорусская гряда простирается от Гродно на восток и северо-восток до Орши, переходя далее в Смоленско–Московскую возвышенность. В средней части гряды расположена Минская возвышенность с горами Дзержинской (высотой 346 м) и Лысой (341 м). На юге Беларуси простирается обширная низменность Белорусского Полесья с основной частью в долине р. Припять, озерно-аллювиальная и водно-ледниковая равнины. Встречаются отдельные участки моренной равнины, холмы и гряды, конечно–моренные образования, имеется много эоловых отложений. **Древесная растительность занимает около 35% территории, болотная – 5%. Заболоченные земли охватывают около 1/3 площади республики, встречаются в лесах, на лугах и пахотных землях.**

*Почвообразующими являются отложения: водно-ледниковые – 29,1%, моренные – 11,5%, органогенные – 23%, пески аллювиальные и эоловые – 10,5%, лессовидные и другие грунты.*

#### *Геологические условия*

*Дочетвертичные отложения. Территория Беларуси является западной частью Русской платформы – древнейшего участка земной коры докембрийского геологического времени. Фундамент платформы составляют кристаллические породы, залегающие на разных глубинах под чехлом более молодых осадочных пород. Коренные магматические породы фундамента смещены, смяты в складки, метаморфизованы и трещиноваты.*

Кристаллический фундамент образует крупные поднятия и впадины (рис. 69). Докембрийские граниты, габбро, гнейсы и др. на юге Беларуси (Лельчицкий р-н) выходят на поверхность, а во впадинах опускаются до 5000 м от уровня моря.

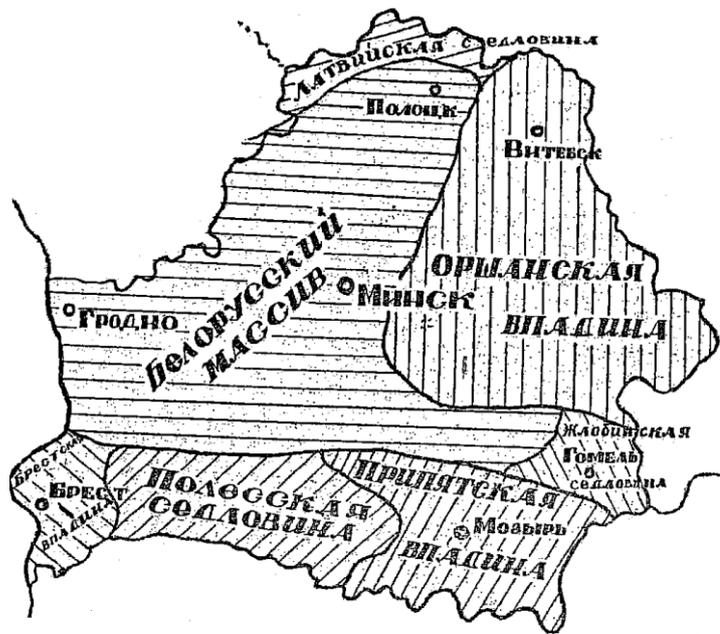


Рис. 69. Структурно-тектоническая карта Беларуси

Главным структурно-тектоническим элементом фундамента является поднятый Белорусский массив, сочлененный с отрицательными структурами: на юго-западе – с Брестской, на северо-западе – с Прибалтийской, на востоке – с Оршанской, на юго-востоке – с Припятской впадинами. Между впадинами расположены разделяющие их седловины – Латвийская, Жлобинская, Полесская. Чехол осадочных пород возник в послекембрийское время и отражает последствия геологической деятельности эндогенных и экзогенных процессов. Территория Беларуси неоднократно опускалась и заливалась морем, а затем поднималась и становилась сушей.

В разрезе осадочной толщи чехла встречаются морские отложения: калийные соли, известняки, доломиты, мел и др. континентальные отложения: крупнообломочные, песчаные, глинистые и другие породы, отложенные в разные геологические периоды.

Под четвертичными отложениями залегают: к северу от Минска – девонские отложения, представленные в основном мергельно-глинистыми пластами мощностью 25-30 м и доломитами мощностью до 29 м; меловые отложения мощностью до 120 м (песчаные и мергельно-меловые грунты); на юге – отложения палеогена и неогена мощностью до 50 м (пески кварцево-глауконитовые, мергели, алевролиты, глины и др.). Распространение четвертичных отложений в Беларуси дано на карте (рис. 97).

**Четвертичные отложения.** На территории Беларуси верхние пласты земной коры образовались преимущественно в четвертичном периоде, т.е. на протяжении последних 1-1,5 млн. лет. Для этого периода характерны

длительные и значительные колебания температуры, в результате которых происходили неоднократные похолодания климата, вызывавшие оледенения территорий, и последующее таяние ледников.

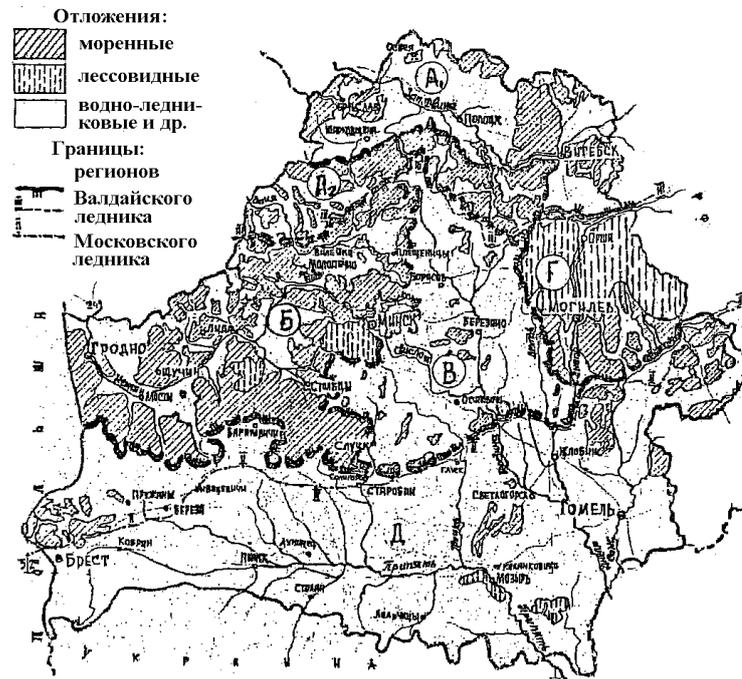
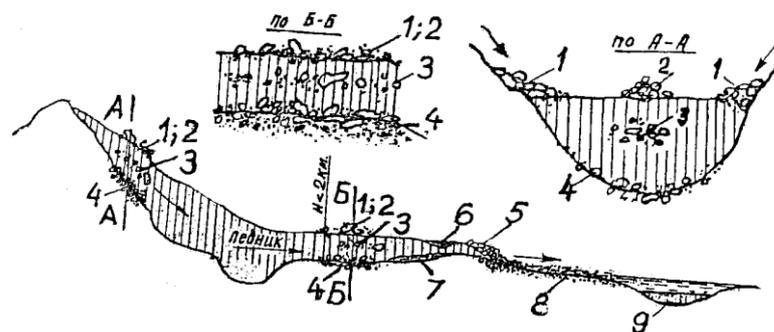


Рис. 70. Региональная карта грунтов Беларуси

За последние 500-600 тыс. лет **было не менее пяти оледенений территории Беларуси** и сравнительно теплых межледниковий. Общая схема оледенения территории Беларуси с указанием зон геологической деятельности ледника приведена на рис. 98. **Наиболее мощным было Днепровское оледенение**, проникшее далеко за южные границы республики, и **достигавшее Херсона и Волгограда**.



Зона разрушения    Зона перемещения    Зона отложений

Рис. 71. Схема оледенения Беларуси и виды отложений морены: 1 – боковая; 2 – срединная; 3 – внутренняя; 4 – донная; 5 – конечная; 6 – камы; 7 – озы; 8 – зандры; 9 – пески; 10 – ленточные глины

Во время оледенений ледники разрушали горные породы в зоне питания, захватывали их и переносили на огромные расстояния. При этом часть пород постепенно оседала на дно ледника и смешивалась с породами ложа его русла. Перетертые, спрессованные и отложенные обломки составляли собственно ледниковые (гляциальные) или моренные отложения. Толща ледников доходила до 2 км. Под таким огромным весом льда возникли исключительно плотные моренные супеси и суглинки основных (донных) морен. Кроме основной морены, ледники оставили и другие ледниковые отложения, водно-ледниковые и озерно-ледниковые осадки.

***Четвертичные отложения Беларуси сформированы в основном геологической деятельностью ледников.***

По геоморфологическим признакам (структуре поверхности) территорию республики можно расчленить на ***три области: ледниковую (гляциальную), переходную (субгляциальную) и внеледниковую.***

***Ледниковая область*** занимает северную часть Русской платформы примерно до городов Брест – Барановичи – Солигорск – Глуск – Жлобин, где развиты разнообразные по составу моренные и другие отложения (флювиогляциальные, аллювиальные, озерно-ледниковые, озерно-болотные, лессовидные). Мощные конечно-моренные гряды и пояса ледниковой области простираются с запада на восток через центральные районы Беларуси. Между конечно-моренными поясами находятся менее выраженные моренные ***гряды, донно-моренные волнистые равнины: камы, друмлины, озы, ложбины и ледниковые депрессии (котловины).***

Последнее оледенение на севере республики оставило множество озер и характерные ***озерно-ледниковые отложения – ленточные глины.***

***Субледниковая (переходная) область*** на юге Беларуси представлена заболоченной Полесской низменностью. Эта область сформирована ледниковыми водными потоками и послеледниковой речной сетью. Здесь развиты флювиогляциальные (водно-ледниковые) и аллювиальные (речные) отложения, обильные подземные воды, залегающие в песчаных зандровых и древнеаллювиальных отложениях примерно на 3-5 м от поверхности.

***Внеледниковая (экстрагляциальная) область*** лежит почти полностью вне южной границы Беларуси. Рельеф области (территория Украины) имеет развитую сеть речных долин, балок и оврагов. В этой зоне находятся лессовые и лессовидные грунты от переноса ветрами пылеватых частиц после таяния ледников. Лессовидные грунты имеются в Могилевской и Минской областях.

Речные долины характерны для каждой области. Поймы рек Беларуси заболочены на значительную глубину и имеют пойменные и старичные (озерно-болотные) отложения.

Ледниковые и переходные области формировались при каждом оледенении. Последующие оледенения и межледниковья перерабатывали и изменяли ранее сформированный рельеф. В результате сложных воздействий льда, воды, ветра и температурных воздействий на территории Беларуси возникла весьма пестрая картина распределения четвертичных отложений, представленная обобщенно на карте грунтов (см. рис. 71).

Вся территория Беларуси по распространенности основных видов грунтов и по геоморфологическим признакам разбита на пять грунтовых регионов:

А – Белорусское Поозерье (А<sub>1</sub> – северное, А<sub>2</sub> – южное);

Б – Белорусская гряда;

В – Центрально-Березинская равнина;

Г – Восточно-Белорусское плато;

Д – Белорусское Полесье.

В указанных регионах преобладают следующие виды грунтов:

А<sub>1</sub> – ленточные глины, суглинки, глины, илы;

А<sub>2</sub> – супеси и суглинки моренные, пески и гравийные грунты;

Б – моренные грунты, пески и гравийные грунты;

В – водно-ледниковые пески;

Г – лессовидные супеси и суглинки;

Д – аллювиальные и озерно-болотные грунты.

Собственно ледниковые (моренные) отложения

**Донные (основные) морены распространены почти на всей территории оледенения. Пласты основной морены более ранних оледенений погребены под водно-ледниковыми отложениями межледниковый и пластами последнего валдайского оледенения.**

Донная морена Днепровского оледенения вместе с водно-ледниковыми отложениями мощностью 20-120 м залегает почти везде на поверхности или перекрыта Московской мореной и современными осадками на севере республики с мощностью до 30 м.

**Основная морена** представлена *супесями, суглинками и глинами с включениями гальки, гравия и валунов*. Такие грунты являются водоупором для грунтовых и межморенных вод в песчаных отложениях. **Донная морена** в силу разнородности и большой плотности *обладает хорошими физико-механическими свойствами как естественное основание сооружений*.

**Конечные морены** возникли при длительной остановке ледника у его тающего языка *в виде гряд, поясов и цепи холмов* высотой до 100 м и состоят из обломков разной крупности. Они тянутся на сотни км в длину и до 50 км в ширину. На территории Беларуси насчитывают около 7 поясов конечно-моренных (краевых) образований. Внизу конечных морен отложены **донные морены**. Гряды и пояса с большим разнообразием и неоднородностью обломков представлены *моренными супесями и суглинками, которые часто переслаиваются песками, гравием, галькой и валунами*. Вершины и склоны гряд и холмов нередко покрыты плащом *лессовидных грунтов*. Грунтовые воды обычно залегают на значительной глубине. *Грунты конечных морен, как правило, являются хорошим естественным основанием сооружений и могут быть использованы как строительные материалы, для приготовления бетонов и дорожных покрытий*.

**Валуны и глыбы** из скальных пород достигают 5-6 м в поперечнике. Особенно много гранитных валунов диаметром 20-50 см рассеяно в Гродненской, Минской и Витебской областях. Крупные обломки в составе моренных песков, супесей и суглинков являются для них характерным показателем ледникового происхождения. Валунный материал наносит большой вред земледелию, но в то же время является ценным строительным материалом.

**Отторженцы** – громадные массивы пород весом до десятков млн.т отторгнуты ледником от коренных пород и перемещены на большие расстояния. В Беларуси насчитывают более 150 крупных отторженцев осадочных пород, включая много меловых, используемых как сырье для цементных и известковых заводов.

**Водно-ледниковые (флювиогляциальные) отложения**

**Зандровые равнины** (поля). У южных границ тающего ледника происходило непрерывное вымывание песчаных и пылеватых обломков из конечно-моренных и донных отложений. В результате их переноса и отложения образовались плоские или слабо волнистые зандровые равнины, которые на территории Беларуси широко распространены и простираются на юг от конечных моренных гряд, преимущественно в Гомельской и Брестской областях. Грунтовые воды в зандрах залегают на глубине 3-6 м, а в понижениях рельефа иногда выходят на поверхность. *При отсутствии*

*пльвунности зандровые пески являются удовлетворительными основаниями для сооружений.*

**Озы** – узкие гряды, сложенные *песком, гравием, галькой, валунами*, образованы под ледниками потоками или реками в промоинах и трещинах ледника в направлении его движения с юга на север и с северо-запада на юго-восток и тянутся на расстоянии до 40 км в виде насыпей шириной по основанию 40-200 м, по верху 4-20 м и высотой 15-90 м. Под озами обычно залегают обильные грунтовые воды. Озовые гряды распространены в конечноморенных поясах и на донно-моренных равнинах. *Грунты таких гряд являются хорошим основанием для сооружений и используются как дорожно-строительные материалы.*

**Камы** образованы в конечноморенных поясах в виде типичных холмов круглой или эллиптической формы – "пирогов" – высотой до 60 м, диаметром в сотни километров, со склонами крутизной в 5-45°. Их происхождение объясняют наличием проталин или западин в леднике, которые вместе с талой водой заполнялись моренным материалом. Камы сложены *слоистыми песками, гравием, супесями и суглинками*. Склоны и вершины холмов иногда покрыты "шапкой" из валунного суглинка. Камы часто используют как карьеры для добычи гравийно-песчаной смеси.

**Озерно-ледниковые (лимногляциальные) отложения.** Последнее оледенение на севере Беларуси оставило много малых и больших озер и равнину, сложенную озерными и озерно-ледниковыми отложениями в виде *ленточных глин и песков*.

**Ленточные глины** слоисты и состоят из тонких прослоек пылеватого песка (толщиной 3-7 мм) с прослоями глин толщиной не более 10 мм. Они распространены в Витебской области и *являются хорошим сырьем для производства кирпича*. В качестве оснований для сооружений проявляют отрицательные свойства: *подвергаются пучению, тиксотропному разжижению* и пр. Кроме выше описанных на территории Беларуси встречаются четвертичные отложения проблематичного и эолового происхождения: *лессовидные покровные супеси и суглинки* (регион Г), *эоловые холмы и материковые дюны* (район Калинковичи), *аллювиальные отложения речных долин* и др.

*Современные отложения представлены элювием и почвами, делювием, аллювием, озерными и болотными отложениями, насыпными грунтами.* Эти отложения, обычно небольшой мощности, покрывают грунты ледникового происхождения.

## Гидрогеологические условия

Гидрогеологические условия Беларуси определяются структурно-тектоническим строением кристаллического фундамента и особенностями генезиса осадочного чехла, в частности – четвертичных отложений. Крупная положительная структура – Белорусский массив – является областью питания, формирования и стока напорных пресных вод в окружающие его впадины – Прибалтийскую, Оршанскую, Припятскую и Брестскую (карта артезианских бассейнов дана на рис. 72).

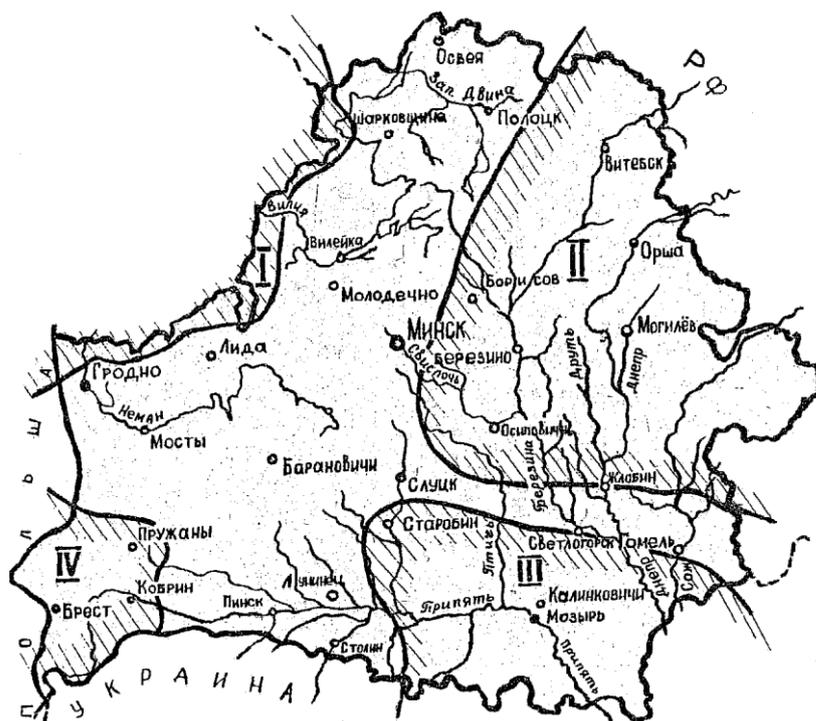


Рис. 72. Карта артезианских бассейнов Беларуси:

I - Прибалтийский; II – Оршанский; III – Припятский; IV – Брестский

**Прибалтийский бассейн** площадью 38322 км<sup>2</sup> расположен на северо-западе Беларуси. Воды залегают в трещинах пород кристаллического фундамента и в водоносных отложениях разных геологических периодов и в четвертичных отложениях. Они относятся к сульфатным и сульфатно-хлоридным. Выделяется три яруса водоносных комплексов - нижний, средний и верхний, – которые гидравлически взаимосвязаны. Воды слабо минерализованы; их минерализация повышается с глубиной до 50 г/л.

**Оршанский бассейн** площадью 71319 км<sup>2</sup> является западной частью Московского бассейна. В нем выделены две гидродинамические зоны – активного и замедленного водообмена: первая объединяет пресные воды четвертичных, меловых и девонских отложений; вторая, расположенная на

глубине более 800 м, с минерализацией вод до 163 г/л, не имеет активной связи с поверхностью.

**Припятский бассейн** площадью 65715 км<sup>2</sup> на юге сливается с **Днепровско-Донецким артезианским бассейном**. В нем выделяется три водоносных яруса: нижний – с замедленным водообменом и минерализацией вод до 440 г/л; средний – воды в известняках, мергелях, доломитах и песках и минерализацией до 50 г/л; верхний – пресные воды в юрских, меловых и четвертичных, преимущественно в межморенных отложениях.

**Брестский бассейн** площадью 31619 км<sup>2</sup> является восточной частью Полесского погружения. В нем выделен ряд водоносных горизонтов между водоупорами. В кристаллическом трещиноватом фундаменте залегают трещинные воды. Выше расположены воды в трещиноватых песчаниках, известняках, доломитах, мергелях и мелах. Минерализация вод повышается с глубиной до 12,2 г/л. Области питания всех артезианских бассейнов являются склоны Белорусского массива, седловины и прилегающие поднятия вне границ республики; областями разгрузки служат прилегающие погружения, соединенные с бассейнами Балтийского и Черного морей. Часть вод разгружается по долинам рек и их притоков. На всей территории республики широко распространены напорные воды в межморенных флювиогляциальных отложениях. Они вместе с водами палеогена, мела и девона дают около 80% подземного стока и широко используются в водоснабжении.

### *Геологическое строение Минска и окрестностей*

**Геологические условия.** В геологическом отношении район г. Минска и его окрестностей располагается в пределах Белорусской гряды, сформировавшейся при Московском оледенении. Гряда в виде широкой крупнохолмистой возвышенности образована ледниковыми и водно-ледниковыми отложениями. Она простирается от западных границ БССР на восток и северо-восток, выходя за пределы республики, достигая наибольшей высоты в средней своей части и образуя крупнохолмистую Минскую возвышенность.

Ее рельеф имеет типичный конечноморенный характер, причем гряды довольно высоки и вытянуты в широтном направлении, а холмы чередуются с понижениями, заполненными водно-ледниковыми отложениями. На поверхности размытых участков много валунов разного размера. Широко развиты эрозионные промоины, возникшие в результате деятельности поверхностных вод. Оледенение и процессы послеледниковой эпохи определили состав и характерные особенности отложений. Состав моренной

толщи здесь чаще всего *супесчаный со значительными прослойками глин*. *Суглинки и супеси* имеют красно-бурый, серовато-бурый цвет, содержат валуны кристаллических и осадочных пород; встречаются известняковые включения. Типичные моренные отложения *прослаиваются водно-ледниковыми песками и супесями, а также озерно-ледниковыми глинами*. Поверх морены отложены мощные толщи водно-ледниковых *песков, супесей и суглинков*, которые явились исходными для формирования покровных лессовидных отложений мощностью в несколько метров. На территории Логойского района ярко выражены современные процессы площадной и линейной эрозии, а также проявления суффозии. Распространены овраги, балки, делювиальные шлейфы, западины, имеют место процессы размыва и смыва. Общая мощность четвертичных отложений, вскрытая буровыми скважинами, достигает 120 м. В толще этих отложений можно выделить следующие генетические типы:

- 1) *современные болотные, озерно-болотные;*
- 2) *современные озерно-аллювиальные;*
- 3) *водно-ледниковые (флювиогляциальные);*
- 4) *лессовидные проблематического происхождения;*
- 5) *конечноморенные;*
- 6) *донные моренные.*

Ниже четвертичных отложений лежат пески среднего девона.

### **Охрана природной среды**

Последние десятилетия XX века ознаменовались стремительным ростом численности населения Земли (уже сейчас оно превышает 6 млрд. чел.) и его научно-технической вооруженностью. Все это создало невиданное до сего времени активное антропогенное воздействие на биосферу, масштабы антропогенных и естественных факторов влияния на среду стали сопоставимыми. В этом сбылось предсказание В.И. Вернадского, что человеческая деятельность превратилась в геологический фактор. Геологические процессы происходят неизмеримо медленнее, чем мощная строительная деятельность последних двухсот лет.

Строительство — один из самых мощных видов производственной деятельности XX века, превратилось в природообразующий фактор. Изменяемая при строительстве геологическая среда оказывает значительное влияние на протекание процессов в сложившемся круговороте вещества,

энергии и информации в биосфере, часто дестабилизируя круговоротные процессы. Повсеместное загрязнение окружающей среды разнообразными веществами представляет серьезную опасность для нынешнего и будущего поколений человека на Земле. Налицо наличие глобального экологического кризиса. Выходом из него для человека является сохранение природной среды.

Современная кризисная экологическая ситуация в своем разрешении требует экологизации многих сфер человеческой деятельности и, в частности, строительства, как чрезвычайно мощного фактора воздействия на природную среду. Необходимо учитывать, что строительство свое воздействие будет наращивать в связи с ростом общей численности населения Земли и с нарастающей урбанизацией (уже сейчас почти 60 % населения живет в городах). Кроме того, проявилась тенденция к созданию мегаполисов и промышленных зон большой территории. Строительная экспансия не обязательно связана с новым строительством и освоением территорий, но все больше будет направлена на реконструкцию имеющихся поселений и промышленных комплексов и активное освоение подземного пространства. При этом существенно возрастают роль инженера-геолога и инженера-строителя, обладающего геологическими знаниями. В условиях реконструкции существующих сооружений им придется использовать уже измененную геологическую среду, а также проектировать и возводить («переделывать») здания в условиях влияния других зданий при имеющейся плотной городской застройке. При этом нарастают требования по обеспечению безопасности и надежности сооружений даже при мощных природных и техногенных чрезвычайных ситуациях, так как при росте численности населения Земли все чаще надо использовать под строительство сложные в геолого-климатическом отношении территории. Для жизни человека и работе в комфортных условиях необходимо улучшать качество зданий и сооружений. Главнейшим требованием на ближайшую перспективу остается снижение техногенного натиска на биосферу, устранение загрязнений и т. д.

Ставшее классическим определение Е.М. Сергеева трактует инженерную геологию как науку о рациональном использовании и охране геологической среды от вредных для человека и природы процессов и явлений. Это определение высказано более 20 лет тому назад и во многом предопределило экологизацию самой «инженерной» из всех геологических дисциплин науки. При этом вся предыдущая история инженерной геологии имела вполне определенные экологические корни. Даже и возникновение инженерной геологии обусловлено вполне экологическим фактором – требованиями обеспечения строителей необходимыми для расчетов фундаментов сведениями о прочности и деформируемости грунтов. Поэтому встречающееся иногда *расхожее определение инженерной геологии как*

*геологии на службе у строителей, в общем-то, достаточно точное. Строительство, являясь чрезвычайно важным экологическим фактором, предопределило инженерную геологию как науку экологического цикла.*

Под «строительной системой» мы понимаем здания, сооружения и их комплексы с инфраструктурой инженерных сетей, обеспечивающих их функционирование, а также сосредоточенные в них технологии. Устойчивость строительной системы, ее надежность и безопасность для человека определяется в итоге качеством взаимодействия системы с геологической средой. Изменяемость геологической среды – это геологические процессы, которые усложняют задачи строителей и «провоцируют» свое дальнейшее развитие уже под воздействием созданной строительной системы.

Экологические аспекты взаимодействия строительства и геологической среды приводят к необходимости комплексного рассмотрения системы «сооружение – окружающая среда», что в значительной мере и предопределило формулирование экологической проблематики в геологии. Е.А. Козловский в 1989 г. назвал это новое научное направление геоэкологией. В разработках К.И. Сычева говорится, что *предметом геоэкологии являются знания не только о состоянии геологической среды и всех ее компонентов в отдельности, но и происходящих в них процессах.* В строительном деле важнейшей задачей является прогноз возможных нарушений природной среды и выработка рекомендаций по их устранению, т. е. нужна система управления природными процессами, сопровождающими строительство. Важнейшим управляющим инструментом является нормативно правовой механизм, регламентирующий в данном случае экологические аспекты производственной, в том числе строительной деятельности. Следует отметить, что в инженерно-геологические изыскания входит как составной элемент – обязательное выполнение требования по охране и рекультивации среды.

### **Тема 17. Методы инженерно-геологических исследований в строительстве**

*Инженерно-геологическое обоснование проекта промышленного и гражданского строительства. Задания на изыскания и программа изысканий. Состав и содержание отчёта по инженерно-геологическим исследованиям. Методы инженерно-геологических изысканий: инженерно-геологическая съёмка и разрезы, буровые методы разведки, полевые исследования грунтов: откачки, наливывы, прессиометрия, статическое и динамическое зондирование, опытные штампы. Понятие об электроразведке и георадаре как основных геофизических методах исследования геологического строения территории.*

*Инженерно-геологический отчет, заключение, карта, инженерно-геологическая экспертиза.*

### **Инженерно-геологические исследования для строительства**

Инженерно-геологические изыскания осуществляют специализированные изыскательские организации. Данный документ определяет порядок, состав, объем и виды выполняемых изыскательских работ для различных этапов проектирования, строительства и эксплуатации объектов в различных геологических обстановках, состав документации по результатам изысканий.

**Цель** инженерно-геологических исследований – *получить необходимые для проектирования объекта инженерно-геологические материалы. Задача исследований – изучение геологического строения, геоморфологии, гидрогеологических условий, природных геологических и инженерно-геологических процессов, свойств грунтов и прогноз их изменений при строительстве и эксплуатации различных сооружений.*

**Техническое задание** на инженерно-геологические изыскания выдают специалисты, занимающиеся проектированием объекта и владеющие знаниями по инженерной геологии. *Состав исследований определяется программой*, составленной в соответствии с техническим заданием и согласованной с проектной организацией. В состав работ входят: сбор, изучение и анализ имеющихся геологических материалов по району строительства; инженерно-геологическая и гидрогеологическая съемка; буровые и горнопроходческие разведочные работы; геофизические исследования; опытные полевые работы; стационарные наблюдения; лабораторные исследования грунтов и подземных вод; камеральная обработка и составление отчета. *Результаты изысканий в виде инженерно-геологического отчета передаются проектной организации.*

Во всех случаях исследования начинают со сбора имеющихся архивных материалов о природных условиях района (геологическом строении, гидрогеологических условиях, климате, гидрологии, почвенном покрове, топографии), об имеющемся опыте строительства и эксплуатации аналогичных сооружений в местных природных условиях. Тщательный сбор и анализ имеющихся материалов с рекогносцировкой района позволяет составить программу исследований и сократить их объем. После проведения необходимых подготовительных работ изыскательский отряд или партия выезжает на место будущего строительства и приступает к полевым работам (съемка, буровые, геофизические и другие).

Инженерно-геологические работы выполняют в **три этапа**:

1) **подготовительный**; 2) **полевой**; 3) **камеральный**.

**Подготовительные работы** включают изучение района по архивным, фондовым и литературным материалам. Ведется подготовка к полевым работам.

В **полевой период** производятся работы:

- инженерно-геологическая съемка;
- разведочные работы и геофизические исследования;
- опытные полевые исследования грунтов;
- изучение подземных вод;
- анализ опыта местного строительства и т. д.

В **камеральный период** обрабатывают результаты полевых и лабораторных исследований, составляют **инженерно-геологический отчет** с приложениями: картами, разрезами и т. д.

Объем инженерно-геологических исследований различен и обусловлен стадией проектирования, геологической изученностью района, сложностью геологического строения, особенностями свойств грунтов (требуемые и не требующие специальных работ), конструктивными особенностями сооружений и их капитальностью.

Сложность инженерно-геологических условий подразделяют на три категории:

**I категория** — участки с простой геологией; слои залегают почти горизонтально; несущая способность грунтов довольно велика; грунтовые воды под фундаментами залегают ниже активной зоны; мощность насыпных грунтов не превышает 2 м;

**II категория** — участки средней геологической сложности; толща сложена из 4 — 5 различных слоев; грунтовые воды залегают в пределах активной зоны; мощность насыпных грунтов — 3 – 4 м;

**III категория** — участки геологически сложные; расположены в пределах пересеченного рельефа; толща многослойная; залегание слоев линзовидное или несогласованное, складчатое; нарушенное; грунтовые воды находятся выше подошвы фундаментов; активная зона содержит ил, торф; мощность насыпных грунтов превышает 4 м; на участке развиты природные геологические явления.

**Основной объем инженерно-геологических работ выполняют до проектирования**, что позволяет получить необходимые данные о геологии местности, свойствах грунтов, глубине заложения фундаментов, величине допускаемых давлений на грунт и ожидаемых осадках, прогнозе устойчивости сооружения и т. д. **В процессе строительства** при проходке котлованов сверяют геологические данные с материалами инженерно-геологических исследований до проектирования. В случае расхождений назначают дополнительные инженерно-геологические работы.

**При эксплуатации зданий и сооружений** проводят наблюдения за характером и величиной осадок фундаментов, режимом грунтовых вод и рек, размывом берегов, устойчивостью склонов и т. д. В этот период производят инженерно-геологическую экспертизу выявления причин деформирования зданий и сооружений.

**Инженерно-геологический отчет** передается проектной организации и на его основе выполняется необходимая проектная документация для строительства. Он состоит из введения, общей и специальной частей, заключения и приложений.

**Во введении** указывают место и время проведения изыскательских работ года, исполнители и цель работ. В общей части дается описание:

- рельефа, климата, заселенности, растительности;
- геологии с приложением геологических карт и разрезов;
- карт строительных материалов.

**В специальных главах** дается характеристика грунтов, их нормативные и расчетные свойства, пригодность для строительства объекта. Приводятся сведения о подземных водах, их режиме и влиянии на свойства грунтов, строительство и эксплуатацию объекта. Даются рекомендации по водопонижению и устройству дренажей. **В заключительной части** отчета дается общая инженерно-геологическая оценка участка по пригодности для строительства, указываются пути освоения территории, отражаются вопросы охраны окружающей среды. **Отчет** обязательно должен иметь приложение с графическими материалами (карты, разрезы, колонки скважин и др.), таблицами свойств грунтов, химических анализов воды, каталогом геологических выработок и др. В последнее время значительное место в строительной практике занимают реконструкции, перепрофилирования и реставрации зданий и сооружений в пределах существующей городской застройки. Инженеры-геологи должны оценить степень изменений в

геологической среде за период эксплуатации зданий и сооружений, чтобы можно было выработать рекомендации по дальнейшим проектным решениям в связи изменившейся геологической обстановкой.

**Инженерно-геологические заключения** составляют трех видов: 1) *об условиях строительства объекта*; 2) *о причинах деформаций зданий и сооружений*, 3) *экспертные*.

Заключение о причинах деформаций зданий и сооружений могут содержать материалы ранее проведенных исследований, осмотра местности и сооружения. При необходимости выполняют дополнительные исследования. Вскрытые причины деформаций позволяют наметить пути их устранения и предложить требуемые инженерно-технические мероприятия.

Инженерно-геологическая экспертиза устанавливает:

- правильность приемов исследований;
- достаточность объемов работ;
- правомерность выводов и рекомендаций;
- причины аварий и т. д.

**Инженерно-геологическая съемка** представляет собой комплексное изучение геологии, гидрогеологии, геоморфологии и других естественно исторических условий района строительства, что позволяет оценить эту территорию для застройки.

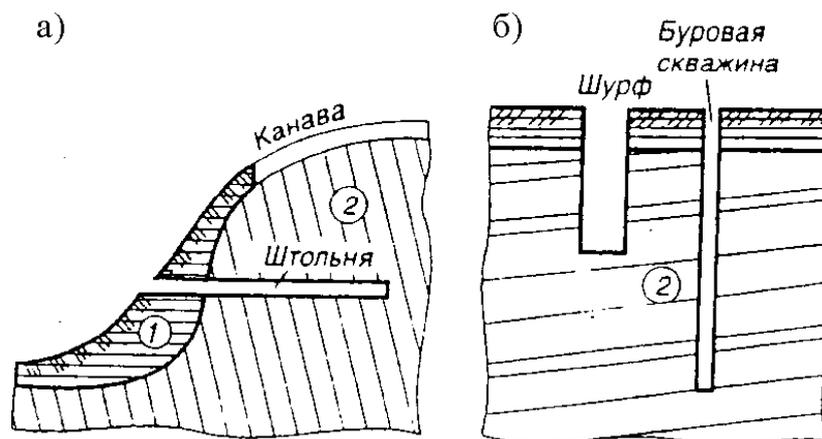
Масштаб съемки (от 1:200 000 до 1:10 000 и крупнее) определяется детальностью инженерно-геологических исследований. Основой для съемки служит геологическая карта данной территории.

При геологических работах уточняют характер, возраст и происхождение рельефа, определяют условия залегания, мощность и возраст грунтов, изучают естественные обнажения их слоев на склонах. Характерные обнажения зарисовывают и фотографируют. Выработки документируют и отбирают из них пробы грунтов для лабораторных исследований. Выявляют гидрогеологические условия, глубины залегания подземных вод, их режим и химический состав, геологические явления и процессы, изучают опыт строительства на данной территории, определяют физико-механические свойства грунтов полевыми методами.

На основе полученных данных составляют инженерно-геологическую карту района строительства, позволяющую выделить пригодные под строительство участки.

**Аэрокосмические методы.** Для ускорения съемочных работ используют аэрометоды, особенно в труднодоступных для наземного изучения районах (заболоченные низменности и т. д.).

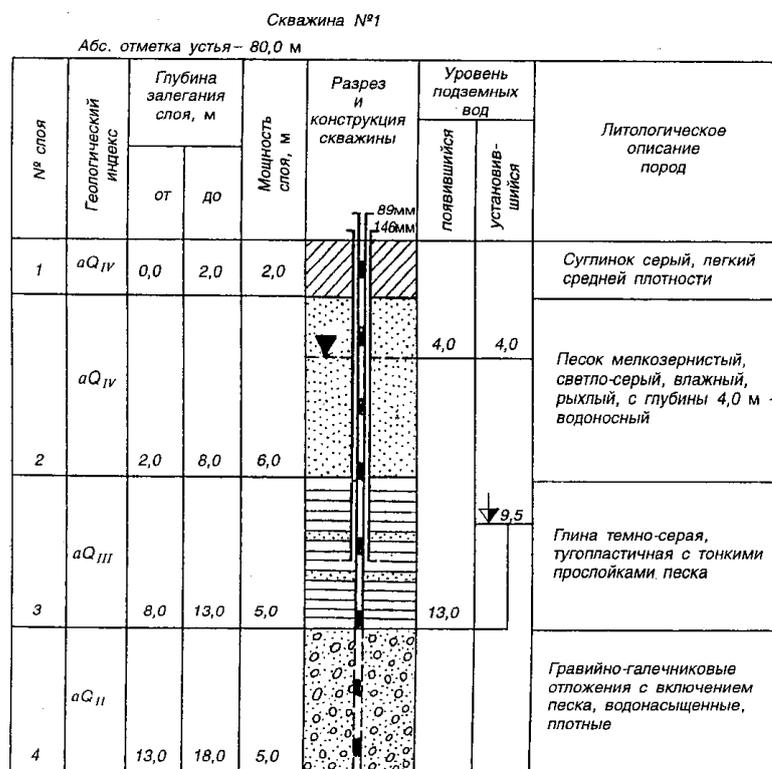
**При полевых исследованиях** при бурении скважин и устройстве горных выработок (шурфов, штолен и др., рис. 73) выясняют геологическое строение и гидрогеологические условия пятна застройки на требуемую глубину, отбирают пробы грунтов и подземных вод, проводят опытные работы и стационарные наблюдения.



**Рис. 73.** Разведочные выработки: а – горизонтальные (канавы, штольни); б – вертикальные (шурф, буровая скважина); 1 – наносы; 2 – коренные грунты

**Расчистки, канавы и штольни** относят к горизонтальным выработкам. Их применяют на участках, сложенных крутопадающими слоями. При слабонаклонном и горизонтальном залегании слоев следует проходить шурфы и буровые скважины. **Шурфы** (при круглом сечении – **дудки**) позволяют производить отбор любых по размеру образцов грунтов с сохранением их структуры и природной влажности. Развертка шурфа позволяет определить толщину слоев и характер их залегания в пространстве. **Буровые скважины** представляют собой круглые вертикальные или наклонные выработки малого диаметра. В буровых скважинах различают *устье*, *стенки* и *забой*. Бурение применяется в основном для исследования горизонтальных или пологопадающих пластов. Извлекая образцы грунтов из скважины по мере ее проходки, выясняют состав, свойства, состояние грунтов, условия их залегания. В зависимости от способа бурения и состава грунтов образцы бывают ненарушенной или нарушенной структуры (керны). Преимущества бурения: скорость проходки скважин с достижением больших глубин, высокая механизация работ, мобильность буровых установок. Для крепления скважин в слабых и водонасыщенных грунтах от обвалов и оплывания стенок применяют стальные обсадные трубы. По данным бурения оформляется

**геолого-литологическая колонка** в масштабе 1:100 – 1:500 с представлением толщины залегания слоев, литологического типа, глубины залегания уровня грунтовых вод, мест отбора образцов грунта, их возраста в индексах (рис. 86). Скважины после проходки засыпают.



**Рис. 74.** Геолого-литологическая колонка буровой скважины

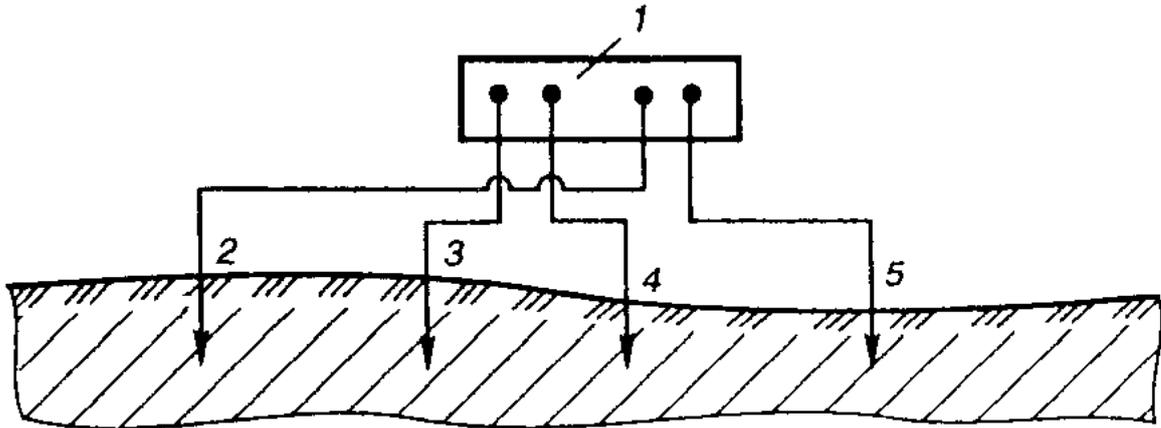
**Отбор образцов грунтов и проб воды** из обнажений, буровых скважин, шурфов и других выработок для последующих лабораторных анализов производят на всю глубину выработки не реже чем через каждые 0,5 – 1,0 м. Наиболее детально опробуется несущий слой основания сооружения. Из шурфов отбирают монолиты в форме кубов, а из скважин грунтоносом - цилиндрические монолиты с сохранением их структуры и природной влажности, что особенно важно для связных грунтов. Образцы нарушенной структуры отбирают обычно из рыхлых грунтов.

Пробы подземной воды берут в емкости (с тщательным их закупориванием) из каждого водоносного горизонта по 0,5-2 л.

**Геофизические методы** исследования (электрометрия, радиометрия или георадар и сейсмометрия) сопутствуют разведочным работам, **позволяя значительно сократить объем шурфования и бурения**. С их помощью можно изучать физические и химические свойства грунтов и подземных вод, условия

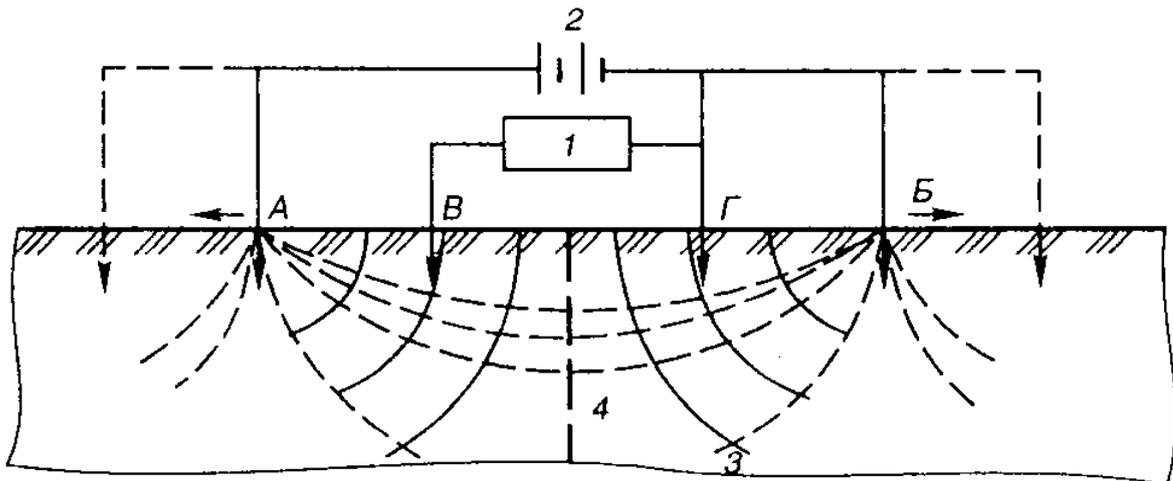
залегания, движение подземных вод, инженерно-геологические явления и процессы. Часто применяют вертикальное электрическое зондирование (**ВЭЗ**).

При *электропрофилировании* на исследуемом участке забивают в грунт серию электродов в створах и на каждом измеряют сопротивление грунтов (рис. 75).

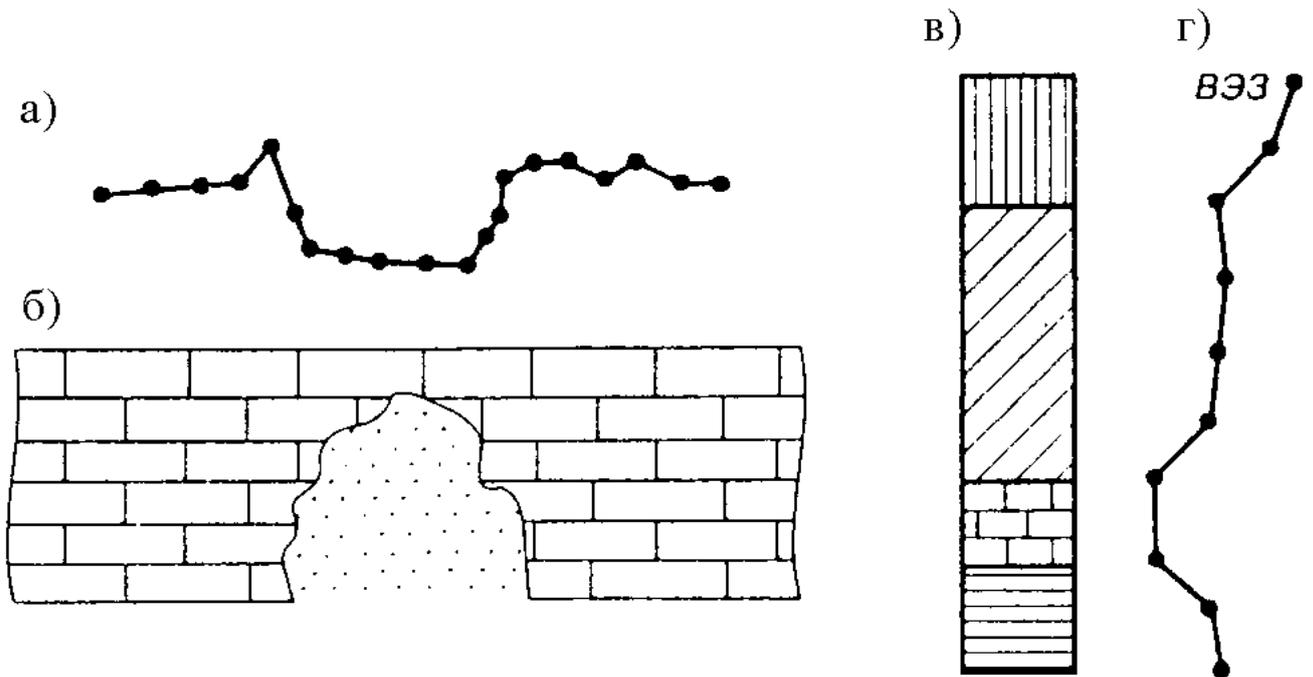


**Рис. 75.** Электропрофилирование толщи пород: 1 – прибор; 2-5 – электроды

**ВЭЗ** позволяет определять уровень подземных вод, дна речных долин, выделять слои различного состава и построить геологический разрез. Глубина такого зондирования зависит от расстояния между точками *A* и *Б* (рис. 76). На рис. 89 дано сопоставление с данными бурения кривой ВЭЗ, которая четко определяет геологическое строение данной толщи пород.

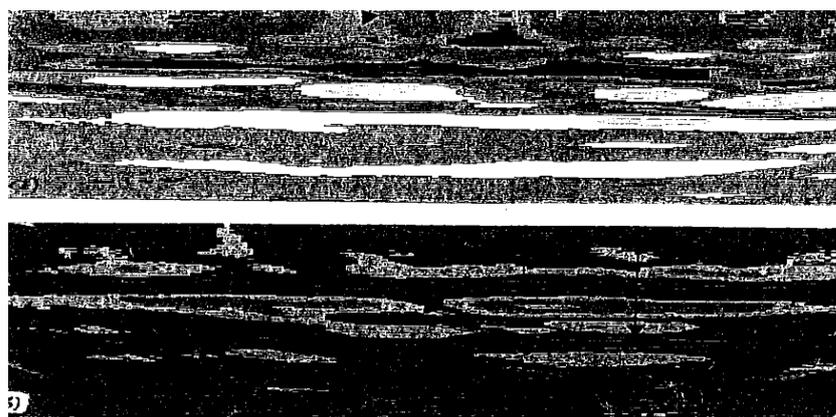


**Рис. 76.** Вертикальное электрическое зондирование (ВЭЗ) толщи пород: 1 – потенциометр; 2 – источник питания; А, Б, В, Г – электроды; 3 – эквипотенциальные линии; 4 – линии токов



**Рис. 77.** Электроразведка толщ пород: а – электропрофиль через карстовую полость, заполненную песком; б – карстовая полость в известняке; в – буровая колонка; г – кривая ВЭЗ

Наиболее полную информацию о характере залегания грунтов по глубине и непрерывно вдоль всего изучаемого профиля, а также о наличии обводнений или различных уровней подземных вод над водоупорами и в водовмещающих толщах сыпучих грунтов позволяет использование **георадара** (рис. 90).



**Рис. 78.** Примеры георадарных профилей:

а – грунтовые напластования с различными грансоставом и прочностью; б – то же с изменяющейся степенью обводнения

**Геологические карты и разрезы** создаются после окончания инженерно-геологических работ. Среди геологических карт коренных грунтов основное место занимают инженерно-геологические, гидрогеологические и карты строительных материалов.

*Инженерно-геологические карты* дают сведения о важнейших инженерно-геологических факторах в пределах изучаемой территории.

Инженерно-геологические карты бывают трех видов: 1) инженерно-геологических условий, 2) инженерно-геологического районирования и 3) инженерно-геологические карты специального назначения. Каждая такая карта включает условные обозначения (рис. 91), геологические разрезы и пояснительную записку.



**Рис. 79.** Условные обозначения пород для литологических разрезов и карт

*Карта инженерно-геологических условий* содержит информацию для всех видов наземного строительства.

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

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

**Геологические разрезы** представляют проекцию геологических структур на вертикальную плоскость и позволяют выявить геологическое строение по глубине. Их строят по геологической карте или по данным разведочных выработок (шурфов, буровых скважин). Вертикальный масштаб разрезов обычно принимается в 10 и более раз крупнее горизонтального. На геологическом разрезе показывают возраст, состав, мощность, условия залегания грунтов, гидрогеологические условия. **Выделение инженерно-геологических элементов на территориях строительных площадок**

позволяет целенаправленно размещать здания (сооружения) на территории, выделенной под строительство, и дает возможность решать вопрос выбора модели работы основания фундаментов. **Инженерно-геологический элемент (ИГЭ)** – это часть массива грунтов (слой, часть слоя и т. д.), однородная по возрасту, литологическому составу, показателям состояния и физико-механическим свойствам.

### **Инженерно-геологические изыскания для строительства**

**Общие положения.** Инженерно-геологические изыскания являются начальным этапом строительства любого объекта и находятся в полной зависимости от вида объекта (промышленное предприятие, жилой дом, автомобильная дорога и т. д.). Поэтому изыскания под каждый вид объекта имеют свою специфику, свои особенности, но все изыскания имеют нечто общее.

Проектируют крупные объекты по стадиям: технико-экономическое обоснование (ТЭО), технический проект, рабочие чертежи.

Содержание инженерно-геологических изысканий отличается и имеет свою специфику в различных областях строительства: **для промышленных сооружений; для градостроительных работ** (проекты детальной планировки, отдельных зданий); **для подземных сооружений** (резервуары, очистные канализационные сооружения, станции перекачки, а также различные объекты специального назначения: метро, подземные переходы и т.д.); **для гидротехнических сооружений** (плотины и водохранилища); **для объектов линейного строительства** (линии электропередачи, магистральные трубопроводы, автомобильные и железные дороги и т.д.).

Инженерно-геологические изыскания **в связи с надстройкой зданий, реконструкцией и изменением их этажности** выполняют в один этап. Если сохранился проект здания и материалы прежних инженерно-геологических изысканий, то объем работ может быть минимальным с отбором монолитов грунта для лабораторных анализов и проверкой состояния здания. Без этих материалов выполняют полный объем инженерно-геологических работ. При удовлетворительном состоянии здания и необходимой уплотненности можно производить надстройку здания без уширения существующих фундаментов. Все исследования, выполненные в связи с надстройкой здания, оформляют в виде инженерно-геологического заключения.

## 2. Практическая часть

### Лабораторная работа № 1 ПОРОДООБРАЗУЮЩИЕ МИНЕРАЛЫ

**Цель работы:** изучение физических свойств минералов и определение их с помощью определителя.

**Последовательность выполнения работы:**

1. Ознакомьтесь с краткими теоретическими сведениями о физических свойствах минералов;
  2. Ознакомьтесь с «Определителем минералов», приведенным в табл. 1.3;
  3. Составьте описание и определите по внешним признакам главные породообразующие минералы.
  4. Составьте описание породообразующих минералов по классам;
- Для определения названия минерала воспользуйтесь определителем (табл. 1.3).

#### 1.1. Физические свойства минералов

**Минералами** называют однородные по своему составу и строению природные химические соединения или элементы, образованные в результате определенных физико-химических процессов в земной коре и на ее поверхности. Известно, что в земной коре содержится более 7 000 минералов и их разновидностей. Из всего многообразия около 100 минералов встречаются довольно часто и лишь немногие из них имеют широкое распространение, слагая горные породы. Они называются главными или породообразующими, так как входят в состав тех или иных горных пород. Главные минералы в составе определенной горной породы образуют более или менее постоянные сочетания и обуславливают основные свойства породы.

Изучение минералов по внешним признакам заключается в определении и описании следующих физических свойств: цвета, твердости, блеска, спайности, формы кристаллов и т. д.

**Цвет минералов** является одним из основных внешних признаков. Минералы могут быть бесцветными, прозрачными и иметь самую разнообразную окраску всевозможных оттенков. Окраска минералов зависит от химического состава и примесей элементов – железа, никеля, меди, кобальта, хрома и др.

**Цвет черты.** Под цветом черты понимается цвет минерала в порошке, который определяется трением минерала по шероховатой фарфоровой пластинке. Многие минералы в порошке имеют иной цвет, чем в куске. Некоторые минералы дают характерную черту: пирит в куске соломенно-желтый,

а в порошке почти черный; гематит – свинцово-черный, а в порошке – кроваво-красный.

*Твердость* – способность минерала противостоять внешнему механическому воздействию (царапанию). Относительная твердость минералов определяется сравнением с эталонами (шкала Мооса), (табл. 1.1).

Каждый последующий минерал в этой шкале обладает более высокой твердостью, поэтому он оставляет царапину на предыдущем. Вспомогательными «эталонами» твердости могут служить: стальная булавка (твердость 5,5), гвоздь (твердость 4) ноготь (твердость 2–2,5).

Таблица 1.1

### Шкала Мооса

1. Тальк	2. Гипс	3. Кальцит	4. Флюорит	5. Апатит
6. Ортоклаз	7. Кварц	8. Топаз	9. Корунд	10. Алмаз

Используя шкалу Мооса, можно сравнивать минералы. Для определения относительной твердости минерала выбирают небольшую ровную поверхность на исследуемом образце и прочерчивают по ней острым ребром эталонного минерала. При отсутствии минералов-эталонов шкалы Мооса нередко используют для определения твердости такие предметы, как карандаш (твердость 1), бронзовую монету (твердость 3,5–4), стекло (твердость 5). Абсолютная твердость измеряется при помощи специальных приборов – скленометров.

*Блеск* минералов обусловлен отражением света поверхностью минерала и зависит от его показателя преломления. Минералы могут иметь металлический блеск, металловидный (блеск потускневшей поверхности металла), стеклянный, жирный, перламутровый, шелковистый, алмазный, восковой, матовый.

*Спайность* – способность минерала раскалываться при ударе по гладким плоскостям – плоскостям спайности. Это свойство минералов обусловлено их внутренним строением и отражает силу сцепления между ионами в кристаллической решетке, зависящую от характера связи и расстояния между ними.

У минералов различают следующие *виды спайности*:

*весьма совершенная* – минерал легко расщепляется с образованием одной плоскости спайности (биотит, мусковит);

*совершенная* – при легких ударах минерал, раскалываясь, образует три плоскости спайности и, как правило, дает правильные ограненные формы (галит, кальцит);

*средняя* – минерал раскалывается на обломки, на которых обнаруживаются две плоскости спайности (ортоклаз, роговая обманка);

*несовершенная* – плоскости спайности обнаруживаются с трудом (апатит);

*весьма несовершенная* – спайность отсутствует, все обломки минерала неправильной формы (кварц, корунд).

*Излом* в отличие от спайности не имеет правильных, ориентированных, блестящих поверхностей. При раскалывании или разламывании образуются следующие виды излома: раковистый (халцедон), занозистый (роговая обманка), волокнистый (асбест), землистый (каолинит) и др.

*Плотность* для различных минералов колеблется от 1,8 до 22,8 г/см<sup>3</sup> (самородное золото – 19–20 г/см<sup>3</sup>). Большинство минералов имеет плотность 2,5–4,0 г/см<sup>3</sup>.

Минералы могут обладать рядом особых свойств: магнитностью (магнетит), вкусом (галит – соленый), запахом (при трении, ударе, горении минералов), взаимодействием с соляной кислотой (кальцит, доломит) и др.

*Форма минералов* – один из признаков, определяемых их строением и позволяющих распознавать многие из них, например, у галита кристаллы в форме куба,

у кальцита – ромбоэдра, горного хрусталя – шестигранные призмы, завершающиеся пирамидой. В природе минералы могут встречаться в виде одиночных кристаллов

и их сростков ( друзы, щетки), а также минеральных агрегатов (зернистых, игольчатых, листоватых, пластинчатых, конкреций и др.). При медленности кристаллизации вещества из растворов образуются натечные формы, имеющие вид сосулек – сталактиты и сталагмиты. Сталактиты – натеки, свисающие в виде сосулек сверху, а нарастающие им навстречу снизу вверх – сталагмиты.

### ***Методика определения основных породообразующих минералов по их физическим свойствам***

Определение неизвестного минерала следует начинать с тщательного анализа его физических свойств по внешним признакам. При этом используются фарфоровая пластинка, шкала Мооса, разбавленная соляная кислота, стеклянная пластинка и др. подручные средства. После установления цвета, твердости и блеска исследуемого образца определяют его спайность, черту, проверяют реакцию с соляной кислотой, выявляют наличие магнитных и других особых свойств.

Запишите в лабораторную тетрадь основные сведения, характеризующие *основные свойства минералов, их роль в горных породах и в каких сферах они находят применение*. Такое описание составьте для следующих минералов: пирит, халькопирит, кварц, глауконит, халцедон, тальк, ангидрит, серпентин, ортоклаз, каолинит, микроклин, хлорит, лабрадор, гематит, магнетит, опал, лимонит, авгит, гипс, биотит, авгит, роговая обманка, оливин, мусковит, галит, кальцит, доломит.

### ***Характеристика важнейших породообразующих минералов***

Минералы классифицируются по различным признакам. Наиболее важной с инженерно-строительной точки зрения является классификация по химическому составу. Характеристика важнейших классов минералов

приведена  
в табл. 1.2.

Таблица 1.2

Основные свойства минералов

Классы	Важнейшие свойства	Представители
1	2	3
Самородные элементы	Металлы и неметаллы состоят из одного химического элемента или смеси двух элементов	Сера, графит
Сернистые соединения	Соединения элементов с серой. Металлический блеск, большая плотность, имеют окрашенную черту	Пирит, халькопирит
Галоидные соединения	Соли галоидно-водородных кислот. Имеют вкус, неметаллический блеск, среднюю твердость, растворяются в воде	Галит, сильвин, флюорит
Карбонаты	Соли угольной кислоты. Для них характерна способность вступать в реакцию с соляной кислотой. Имеют среднюю твердость, неметаллический блеск	Кальцит, доломит, магнезит, арагонит
Сульфаты	Соли серной кислоты. Характерна светлая окраска, невысокая твердость, стеклянный блеск, хорошая растворимость в воде	Ангидрит, гипс
Фосфаты	Соли фосфорной кислоты. Характеризуются неметаллическим блеском, пестрой окраской, отсутствием спайности, хрупкостью	Апатит
Силикаты	Соли кремниевых и алюмо-кремниевых кислот. Подразделяются на: 1. Алумосиликаты <i>K-Na</i> – полевые шпаты, <i>Na-Ca</i> – полевые шпаты, плагиоклазы Фельдшпатиты Слюды 2. Метасиликаты Пироксены Амфиболы 3. Ортосиликаты 4. Вторичные силикаты 5. Глинистые минералы	Ортоклаз, албит, олигоклаз, лабрадор, анортит Нефелин, лейцит Биотит, мусковит Авгит Роговая обманка  Оливин Тальк, серпентин Каолинит, монтмориллонит, гидрослюда

### **Методика работы с определителем минералов**

Прежде чем найти минерал в определителе (табл. 1.3), необходимо подробно описать все свойства образца: твердость, блеск, цвет, цвет черты и др. В основе определения минерала лежит свойство – твердость. Соответственно твердости все минералы разбиваются на семь групп. В каждой группе минералы разделяются по блеску в меньшие подгруппы, где каждый минерал имеет определенный порядковый номер, против которого указаны наиболее характерные признаки, отличающие данный минерал от его соседей по группе. Следует обратить внимание на то, что основные характеристики, по которым сгруппированы минералы в определителе – это твердость и блеск.

Для того чтобы наиболее полно составить представление о свойствах минерала необходимо прочитать более подробную характеристику в разделе «Описание минералов» (см. п. 1.2). Здесь минералы расположены под теми же номерами, что и в табл.-определителе 1.3.

Таблица 1.3

Определитель минералов		
Группы минералов определенной твердости		
Подгруппы	Блеск, цвет черты, спайность	Порядковый номер минералов в разделе «Описание минералов»
1	2	3
	<b>Минералы с твердостью до 2 включительно</b> <i>С металлическим блеском</i>	
а)	Черта темно-серая, до черной.	2
	<i>Со стеклянным или шелковистым блеском</i>	
а)	Черта белая, спайность весьма совершенная в одном направлении, агрегаты волокнистые, зернистые, пластинчатые.	21
	<i>С жирным блеском</i>	
а)	Бледно-зелёный, белый, черта белая, мыльный на ощупь.	26
б)	Белый, черта белая, землистый.	32

в)	Цвет жёлтый, черта белая, хрупкий.	1
----	------------------------------------	---

Продолжение табл. 1.3

	<i>Минералы с твердостью от 2 до 3 включительно</i>	
	<i>С металлическим блеском</i>	
а)	Цвет свинцово-серый, черта серовато-чёрная.	3
	<i>Со стеклянным и перламутровым блеском</i>	
а)	Белый, серый, черта белая, солёный на вкус.	7
б)	Бурый до чёрного, черта белая, расчленяется на тонкие листочки.	27
в)	Светлый, черта белая, расчленяется на тонкие листочки.	28
г)	Белый, серый, прозрачный, голубой, черта белая, вскипает от соляной кислоты.	15
д)	Светло-зелёный до тёмно-зелёного, черта бледно-зелёная, слюдоподобный.	29
	<i>С жирным или матовым блеском</i>	
а)	Зелёный разных оттенков, черта зелёная, зернистый.	30
	<i>Минералы с твердостью от 3 до 4 включительно</i>	
	<i>С металлическим блеском</i>	
а)	Золотисто-жёлтый, черта зеленовато-серая до чёрной.	4
	<i>Со стеклянным, жирным, шелковистым или перламутровым блеском</i>	
а)	Цвет зелёный, разных оттенков, черта белая или зеленоватая, часто с волокнистыми прожилками.	31
б)	Цвет белый, серый, желтоватый, черта белая, вскипает от соляной кислоты в порошке.	16

в)	Фиолетовый, зелёный, синий, прозрачный, черта белая.	6
г).	Бурый, серый до черного, черта серая или желто-бурая, вскипает в подогретой соляной кислоте.	17

Продолжение табл. 1.3

1	2	3
д)	Белый, серый, жёлтый, черта белая, вскипает в подогретой соляной кислоте.	19
е)	Белый, серый, голубой, черта белая, зернистый, не вскипает от соляной кислоты.	20
ж)	Ярко-зелёный, черта зелёная, вскипает в соляной кислоте.	18
	<b>Минералы с твердостью от 4 до 5 включительно</b>	
	<i>С жирным, стеклянным или матовым блеском</i>	
а)	Цвет различный, черта белая.	22
	<b>Минералы с твердостью выше 5 до 6 включительно</b>	
	<i>С металлическим, полуметаллическим и тусклым блеском</i>	
а)	Чёрный, черта чёрная, магнитный.	9
б)	Тёмно-бурый, жёлто-бурый, ржаво-жёлтый, черта жёлтая до бурой.	14
в)	Красный, железо-чёрный, черта вишнево-красная.	8
	<i>С жирным, шелковистым, тусклым блеском</i>	
а)	Цвет различный, блеск тусклый. Аморфный.	13
б)	Цвет различный, черта белая, жирный на изломе.	38
в)	Цвет зелёный, тёмно-зелёный, зеленовато-чёрный, черта серо-зелёная, игольчато-лучистого строения.	25
	<i>Со стеклянным блеском</i>	
а)	Тёмно-коричневый до чёрного, черта светлая, светло-зелёная...	24
б)	Цвет от серого до чёрного, синий отлив (ирризация на плоскости спайности)	35
в)	Белый, серый, бесцветный, черта белая, спайность совершенная.	34

г)	Светло-розовый до красного, голубоватый, иногда желтоватый, черта белая, спайность под прямым углом.	36 37
д)	Светло-серый, почти белый, черта белая, спайность совершенная в двух направлениях.	33

Окончание табл. 1.3

1	2	3
	<b><i>Минералы с твердостью от 6 до 7 включительно</i></b>	
	<i>С металлическим блеском</i>	
а)	Золотисто-жёлтый, черта зеленовато-чёрная.	5
	<i>С жирным, матовым и стеклянным блеском</i>	
а)	Цвет голубовато-серый, жёлтый, бурый, излом с острыми режущими кромками, черты не даёт, аморфный.	11
б)	Цвет различный, излом раковистый, блеск жирный на изломе, стеклянный на гранях.	10
в)	Оливково-зелёный, черта бесцветная, зернистый.	23
	<b><i>Минералы с твердостью выше 7</i></b>	
	<i>Со стеклянным блеском</i>	
а)	Цвет различный, черта белая.	12

В разделе «Описание минералов» для каждого минерала дано описание основных физических свойств, указывается также на роль минерала в горных породах, на условия образования и применение. Фотографии минералов приведены во вкладке 1–47.

## 1.2. Описание минералов

### Класс «Самородные элементы»

#### 1. Сера S

а) Твердость 1,5–2. Плотность 2,0–2,1 г/см<sup>3</sup>.

Цвет жёлтый различных оттенков. Блеск жирный. Черта белая до светло-жёлтой. Спайность несовершенная. При трении издаёт своеобразный запах. Встречается как в кристаллах, так и в виде землистых агрегатов. Излом землистый.

б) Образуется из вулканических газов на стенах кратеров вулканов, при разложении сернистых соединений металлов. Встречается в самой верхней части земной коры и на её поверхности.

в) Использование серы многостороннее: химическая промышленность, отбеливание, вулканизация.

#### Графит С

а) Твердость 1–2. Плотность 2,2 г/см<sup>3</sup>.

Цвет серо-стальной до чёрного. Черта тёмно-серая до чёрной. Блеск металлический, жирный. Спайность весьма совершенная в одном направлении. Встречается в виде чешуйчатых, тонкозернистых, плотных и землистых масс.

б) Встречается в гнейсах, кислых, средних и основных магматических породах.

в) Используется в гальванопластике, для производства карандашей и жаростойких тиглей и др.

### **Класс «Сернистые соединения»**

#### 2. Галенит PbS

а) Твердость 2,5–3. Плотность 7,5 г/см<sup>3</sup>.

Цвет серый, свинцово-серый. Черта серовато-чёрная до чёрной. Блеск сильный, металлический. Спайность совершенная в трёх направлениях. В большинстве случаев образует кубы, чаще в виде сплошных зернистых масс.

б) Встречается в рудных жилах, в контактах известняков и доломитов с магматическими породами.

в) Руда для получения свинца.

#### 4. Халькопирит CuFeS<sub>2</sub>

а) Твердость 3,5–4. Плотность 4,1–4,3 г/см<sup>3</sup>.

Цвет жёлтый, латунно-жёлтый до золотисто-жёлтого, на воздухе покрывается пёстрой побежалостью, иногда фиолетовой до чёрной плёнки. Черта зеленовато-серая до чёрной. Блеск металлический. Образует сплошные массы, кристаллы редки. Излом неровный.

б) Встречается в рудных жилах, в контактах магматических пород с известняками, в магматических породах, реже в осадочных.

в) Является важной медной рудой.

#### 5. Пирит FeS<sub>2</sub>

а) Твердость 6–6,5. Плотность 4,9–5,2 г/см<sup>3</sup>.

Цвет золотисто-жёлтый. Черта зеленовато-чёрная. Блеск металлический. Спайности нет. Излом неровный, иногда раковистый. Кристаллы чаще всего имеют форму куба. Характерна штриховка на гранях кристаллов. Широко распространён пирит в виде сплошных масс зернистого или плотного строения.

б) В качестве отдельных вкрапленников входит в состав многих горных пород: гранитов, сланцев, песчаников и др.

в) Вредная примесь в строительном камне. Используется для получения серной кислоты.

### Класс «Галоидные соединения»

#### 6. Флюорит $\text{CaF}_2$

а) Твердость 4. Плотность 3,1–3,2 г/см<sup>3</sup>.

Прозрачный или зелёного, красного, синего, фиолетового цветов. Черта белая. Блеск стеклянный. Спайность совершенная. Встречается в виде кубических кристаллов, а также в виде зернистых, плотных землистых масс.

б) Встречается в магматических породах.

в) Применяются в металлургии и для получения плавиковой кислоты.

#### 7. Галит $\text{NaCl}$

а) Твердость 2. Плотность 2,1–2,2 г/см<sup>3</sup>.

Цвет белый, бесцветный. Черта белая. Совершенная спайность по кубу. Блеск стеклянный. Солёный вкус. Хрупок. В воде легко растворяется. Кристаллы имеют форму куба. Часто встречается в виде зернистых и плотных масс.

б) Образует осадочную породу того же названия, в составе осадочных пород ухудшает их строительные свойства.

в) Используется в пищевой, химической, металлургической промышленности.

### Класс «Оксиды»

#### 8. Гематит $\text{Fe}_2\text{O}_3$

а) Твердость 5,5–6. Плотность 4,8–5,3 г/см<sup>3</sup>.

Цвет красный, бурый, железо-чёрный, цвет черты вишнёво-красный. Блеск металлический у кристаллических разновидностей, матовый – у землистых. Спайность отсутствует. Кристаллы в форме чешуек, табличек, образует сплошные зернистые массы.

б) Примесь в гранитах, сиенитах.

в) Ценная железная руда.

#### 9. Магнетит (магнитный железняк) $\text{Fe}_3\text{O}_4$

а) Твердость 5,5–6. Плотность 5 г/см<sup>3</sup>.

Цвет чёрный, черта чёрная. Блеск металлический. Магнитен. Обычно встречается в виде зернистых или плотных сплошных масс, изредка в виде

отдельных кристаллов. Спайность несовершенная. Кристаллы призматические, встречаются в виде зернистых и плотных масс.

б) Входит в магматические, осадочные и метаморфические породы.

в) Применяется для изготовления оптических приборов, для получения стекла, фарфора, в ювелирном деле.

#### 10. Кварц $\text{SiO}_2$

а) Твердость 7. Плотность  $2,65 \text{ г/см}^3$ .

Окраска различна: бесцветный, молочно-белый, желтый, розовый, серый, фиолетовый, черный. Черта белая. Излом раковистый. Блеск стеклянный на гранях, жирный на изломе. Спайность несовершенная. Форма кристаллов призматическая с пирамидальным окончанием. Кварц встречается в виде зернистых

и плотных масс.

б) Второй по распространению (после полевого шпата) минерал. Входит в состав магматических, осадочных и метаморфических горных пород.

в) Применяется для изготовления оптических приборов, для получения стекла, фарфора, огнеупоров, в ювелирном деле.

#### 11. Халцедон $\text{SiO}_2$ (кремень)

а) Твердость 7. Плотность  $2,6 \text{ г/см}^3$ .

Цвет различный: голубовато-серый, синий, жёлтый. Черты не даёт. Блеск матовый. При ударе искрит, издаёт запах жжёной кости. Спайности нет. Аморфный, встречается в виде желваков.

б) Содержится в кремнистых песчаниках.

в) Используется в ювелирном деле (агат), в точной механике, в часовом производстве.

#### 12. Корунд $\text{Al}_2\text{O}_3$

а) Твердость 9. Плотность  $3,9\text{--}4,3 \text{ г/см}^3$ .

Цвет различный: серый, синий, белый, розовый. Черта белая. Блеск стеклянный. Спайность несовершенная. Излом неровный. Образует одиночные

кристаллы в виде шестигранных бочонков или пластинок. Встречается также в виде зёрен.

б) Встречается среди метаморфических пород, в пегматитовых жилах.

в) Используется в приборостроении, в качестве абразивного материала, в ювелирном деле.

#### 13. Опал $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$

а) Твердость  $5,5\text{--}6$ . Плотность  $2,2\text{--}2,3 \text{ г/см}^3$ .

Цвет белый, жёлтый, серый, синий. Черта белая. Полупрозрачный. Блеск тусклый, жирный. Излом раковистый, кристаллов не образует. Часто встречается в виде плотных масс.

б) Встречается в осадочных породах.

в) Благородный опал используется как драгоценный камень.

14. Лимонит  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  (бурый железняк)

а) Твердость различная, но не более 5. Плотность 3,5–4 г/см<sup>3</sup>.

Цвет тёмно-бурый, жёлто-бурый, ржаво-жёлтый. Черта жёлтая до бурой. Блеск полу металлический, тусклый. Аморфный, образует натёки, сплошные массы, конкреции. Излом землистый.

б) Может являться цементом осадочных пород.

в) Является очень важной железной рудой. Применяется также как краска (охра).

### Класс «Карбонаты»

15. Кальцит (известковый шпат)  $\text{CaCO}_3$

а) Твердость 3. Плотность 2,6–2,8 г/см<sup>3</sup>.

Цвет белый, серый, голубой. Черта белая. Иногда прозрачен. Блеск стеклянный до перламутрового. Бурно вскипает от соляной кислоты. Спайность совершенная по трём направлениям. Кристаллы ромбоэдрические. Агрегаты зернистые, плотные, волокнистые.

б) Распространён в осадочных породах (мел, известняки, лессы), в метаморфических (мраморы). Сообщает карбонатную жёсткость воде.

в) Используется в строительстве (известь, цемент), в металлургии, земледелии, в оптике.

16. Доломит  $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$

а) Твердость 3,5–4,5. Плотность 2,8–2,9 г/см<sup>3</sup>.

Цвет белый, серый, иногда желтоватый. Непрозрачен. Черта белая. Блеск стеклянный, перламутровый. Спайность совершенная. Образует ромбоэдрические кристаллы, а также зернистые и плотные массы. Вскипает от подогретой соляной кислоты или в порошке.

б) Является породообразующим минералом осадочных и метаморфических пород.

в) Употребляется как флюс и стройматериал.

17. Сидерит  $\text{FeCO}_3$  (железный шпат)

а) Твердость 3,5–4. Плотность 3,8 г/см<sup>3</sup>.

Цвет бурый, жёлто-бурый, серый до чёрного. Черта серая или жёлто-бурая. Блеск стеклянный или полу-металлический. Встречается в виде плотных и зернистых масс. В соляной кислоте разлагается при нагревании.

б) Иногда встречается в известняках.

в) Является хорошей железной рудой.

18. Малахит  $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$

а) Твердость 3,5–4. Плотность 3,9–4,1 г/см<sup>3</sup>.

Цвет травяно-зелёный, ярко-зелёный. Черта зелёная. Блеск жирный до шелковистого. Спайность средняя. Вскипает в разбавленной соляной кислоте. Кристаллы редки. Обычно образует шарообразные, почковидные агрегаты. Встречается в виде плёнок и землистых масс.

б) Малахит в виде включений или примазок часто встречается в зонах окисления медных месторождений.

в) Декоративный поделочный камень. Руда для получения меди.

19. Магнезит  $\text{MgCO}_3$

а) Твердость 4–4,5. Плотность 2,9–3,1 г/см<sup>3</sup>.

Цвет серый, белый, жёлтый. Черта белая. Блеск стеклянный. Спайность в кристаллических разностях совершенная. Излом раковистый. Вскипает в подогретой соляной кислоте.

б) Встречается среди доломитов, известняков.

в) Употребляется для производства специальных кирпичей.

### Класс «Сульфаты»

20. Ангидрит  $\text{CaSO}_4$

а) Твердость 3,5–4. Плотность 2,8–3,0 г/см<sup>3</sup>.

Цвет серый, голубой. Черта белая. Прозрачный и непрозрачный. Блеск стеклянный до перламутрового. Спайность совершенная. Образует таблитчатые или призматические кристаллы. Но чаще встречается в виде сплошных землистых масс. Излом землистый.

б) Встречается в осадочных породах.

в) Употребляется в производстве специального цемента.

21. Гипс  $\text{CaSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$

а) Твердость 2. Плотность 2,3 г/см<sup>3</sup>.

Цвет белый, серый, розовый, иногда желтоватый. Черта белая. Блеск стеклянный, шелковистый, перламутровый. Спайность весьма совершенная в одном направлении. Обычно встречается в виде пластинчатых, листоватых, зернистых, волокнистых и плотных агрегатов.

б) Образует осадочную породу того же названия.

в) Применяется в производстве вяжущих веществ, в архитектуре, медицине и др.

### Класс «Фосфаты»

22. Апатит  $\text{Ca}(\text{F}, \text{Cl})(\text{PO}_4)_3$

а) Твердость 5. Плотность 3,1–3,2 г/см<sup>3</sup>.

Цвет голубой, зелёный, фиолетовый. Черта белая. Иногда прозрачен. Блеск жирный на изломе, стеклянный. Разлагается в соляной кислоте. Хрупкий. Образует игольчатые, таблитчатые кристаллы. Часто встречается в виде зернистых и плотных агрегатов.

б) В виде мелких зёрен присутствует во многих изверженных, метаморфических и осадочных породах.

в) Сырьё для изготовления удобрений.

### Класс «Силикаты»

23. Оливин (перидот)  $(\text{Mg}, \text{Fe})_2 \cdot \text{SiO}_4$

а) Твердость 6,5–7. Плотность 3,3–3,9 г/см<sup>3</sup>.

Оливково-зелёного цвета, черта бесцветная. Блеск стеклянный. Спайность несовершенная. Образует короткие столбчатые кристаллы, а также зернистые и плотные агрегаты. Излом неровный.

б) Является породообразующим минералом ультраосновных и основных магматических пород. Распространён в метеоритах.

в) Оливиновые породы применяются для изготовления огнеупорных кирпичей.

24. Авгит  $\text{Ca}(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Al})[(\text{Si}, \text{Al})_2 \cdot \text{O}_6]$

а) Твердость 5–6. Плотность 3,3–3,5 г/см<sup>3</sup>.

Цвет тёмно-зелёный, тёмно-коричневый до чёрного. Черта светлая. Блеск стеклянный. Кристаллы в виде восьмигранных призм и мелких столбиков, в породе встречается в виде отдельных кристаллов или мелких зёрен. Спайность несовершенная. Излом раковистый.

б) Породообразующий минерал основных магматических и метаморфических пород.

в) Пока практического применения не имеет.

25. Роговая обманка  $\text{Ca}_2\text{Na}(\text{Mg}, \text{Fe})_4(\text{Al}, \text{Fe})[(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{11}]_2$

а) Твердость 5,5–6. Плотность 2,9–3,1 г/см<sup>3</sup>.

Цвет зелёный, тёмно-зелёный иногда коричневатый, зеленовато-чёрный. Черта зеленоватая или серо-зелёная. Блеск шелковистый, стеклянный. Спайность совершенная. Излом занозистый. Одиночные кристаллы вытянутые (игольчатые), в сплошных массах игольчато-лучистого облика.

б) Составная часть многих пород. В процессе выветривания переходит в асбест, серпентин, тальк, хлорит.

в) Практического применения не имеет.

26. Тальк  $Mg_3[Si_4O_{10}] \cdot [OH]_2$

а) Твердость 1. Плотность 2,5–2,8 г/см<sup>3</sup>.

Цвет белый, зеленоватый, голубоватый. Черта белая. Блеск жирный, перламутровый. На ощупь жирный, мыльный. Спайность весьма совершенная. Кристаллы листоватые или чешуйчатые, образуют мелкозернистые агрегаты.

б) Образует тальковые сланцы.

в) Сырьё для производства огнеупорных, изоляционных материалов.

27. Биотит  $K(Mg, Fe)_3[Si_3AlO_{10}][OH, F]_2$

а) Твердость 2,5–3. Плотность 2,8–3,4 г/см<sup>3</sup>.

Цвет бурый до чёрного. Блеск стеклянный или перламутровый. При выветривании цвет становится бронзовым, а блеск металловидным. Черта белая до серой. Образует кристаллы в виде шестиугольных табличек, но чаще встречается как листоватый или чешуйчатый агрегат. Спайность весьма совершенная.

б) Породообразующий минерал магматических и метаморфических пород (гранит, слюдяные сланцы).

в) Применяется как электроизолятор.

28. Мусковит  $KAl_2[AlSi_3O_{10}] \cdot [OH]_2$

а) Твердость 2,5–3,0. Плотность 2,7–3,1 г/см<sup>3</sup>.

Светлый, с зеленоватым оттенком, листочки прозрачные, упругие. Черта белая. Блеск стеклянный до перламутрового. Спайность весьма совершенная. Строение кристаллическое, листоватое, пластинчатое.

б) Входит в состав магматических, метаморфических и осадочных пород.

в) Применяется в электро- и радиотехнике.

29. Хлорит  $(Fe, Mg)_5Al(OH)[AlSi_3O_{10}]$

а) Твердость 2–3. Плотность 2,7 г/см<sup>3</sup>.

Цвет светло-зеленый до тёмно-зелёного. Черта зелёная. Блеск стеклянный до перламутрового. Спайность весьма совершенная. Иногда жирный на ощупь. Кристаллы в виде чешуек, листочков.

б) Входит в состав хлоритовых сланцев.

в) Хлориты с высоким содержанием железа используются как железная руда.

30. Глауконит  $K(Fe, Al, Mg)_3 \cdot [OH] \cdot [AlSi_3O_{10}] \cdot nH_2O$

а) Твердость 2. Плотность 2,22,8 г/см<sup>3</sup>.

Цвет зеленый, жёлтый, бурый. Черта зелёная. Блеск матовый, стеклянный, жирный. Кристаллы редки, чаще зернистые агрегаты.

б) Входит в состав глауконитовых песков.

в) Используется как удобрение.

31. Серпентин  $Mg_6(OH)_8(Si_4O_{10})$  (волокнистая разновидность – горный лён)

а) Твёрдость 3–4. Плотность 2,5–2,7 г/см<sup>3</sup>.

Цвет желтовато-зелёный до тёмно-зелёного. Черта белая или зеленоватая. Блеск жирный, восковой, шелковистый. Кристаллы в виде волокон, пластинок, зёрен. Образует скрытокристаллические массы. Спайность у волокнистых агрегатов весьма совершенная. Излом занозистый, раковистый.

б) Образует метаморфическую породу того же названия.

в) Волокнистые разновидности (асбест) используются как огнестойкий материал (см. во вкладке фотографии 52 и 53).

32. Каолинит  $Al(OH)_3[Si_2O_5]$

а) Твёрдость 1. Плотность 2,2–2,6 г/см<sup>3</sup>.

Цвет белый, желтоватый, сероватый. Блеск тусклый, матовый, жирный. Черта белая. Кристаллы редки. Слагает землистые массы. Спайности нет. Излом землистый.

б) Входит как составная часть в большинстве глинистых пород.

в) Сырьё для изготовления гончарных, фаянсовых и фарфоровых изделий.

33. Альбит  $Na \cdot Al \cdot (Si_3O_8)$

а) Твёрдость 6. Плотность 2,6 г/см<sup>3</sup>.

Цвет почти белый. Черта белая. Блеск стеклянный до перламутрового. Спайность совершенная. Образует пластинчатые, зернистые агрегаты.

б) Является породообразующим минералом магматических пород.

в) Сырьё для стекольной и керамической промышленности.

34. Анортит  $CaAl_2 \cdot [Si_2O_7]$

а) Твёрдость 6. Плотность 2,7 г/см<sup>3</sup>.

Бесцветный, серовато-белый, серый. Черта белая. Блеск стеклянный, перламутровый. Спайность совершенная. Образует пластинчатые или зернистые агрегаты.

б) Входит в состав основных магматических пород.

в) Сырьё для стекольной промышленности.

35. Лабрадор (изоморфная смесь альбита и анортита)

Изоморфная смесь состоящая из анортита от 0 до 10 % и альбита от 90 до 100 %.

а) Твёрдость 6. Плотность 2,7 г/см<sup>3</sup>.

Цвет от серого до чёрного, с синим отливом. Черта белая. Блеск стеклянный, перламутровый. Спайность совершенная. Образует таблитчатые кристаллы.

б) Породообразующий минерал основных магматических пород (лабрадорит).

в) Используется как поделочный и облицовочный материал.

36. Ортоклаз  $K [Al \cdot Si_3O_8]$

а) Твёрдость 6. Плотность 2,6 г/см<sup>3</sup>.

Цвет светло-розовый до красного, иногда желтоватый. Блеск стеклянный, перламутровый. Черта белая. Спайность средняя под прямым углом. Образует пластинчатые кристаллы. Агрегаты плотные.

б) Породообразующий минерал кислых, средних магматических пород.

в) Используется как керамическое сырьё, удобрение.

### 37. Микроклин K [Al·Si<sub>3</sub>O<sub>8</sub>]

а) Твёрдость 6. Плотность 2,6 г/см<sup>3</sup>.

Цвет белый, серый, зелёный (амазонит), розовый. Черта белая. Блеск стеклянный, перламутровый. Спайность совершенная в двух направлениях под углом, близком к прямому. Образует пластинчатые кристаллы или сплошные массы.

б) Породообразующий минерал магматических и метаморфических пород.

в) Имеет такое же применение, как ортоклаз (см. во вкладке фотографии 50 и 51).

### 38. Нефелин Na [Al·SiO<sub>4</sub>]

а) Твёрдость 5,5–6,0. Плотность 2,6 г/см<sup>3</sup>.

Цвет белый с сероватым, желтоватым, зеленоватым оттенком. Черта белая. Блеск жирный, стеклянный. Спайность несовершенная. Образует призматические кристаллы и зернистые агрегаты.

б) Нефелин является породообразующим минералом щелочных магматических пород.

в) Применяется в стекольной, керамической промышленности.

## Лабораторная работа № 2

### ГЛАВНЕЙШИЕ ГРУППЫ ГОРНЫХ ПОРОД

**Цель работы:** изучение главных групп горных пород.

Горная порода – это природный агрегат, состоящий из одного или нескольких количественно постоянных минералов, образующих самостоятельное геологическое тело в земной коре. Каждая горная порода образуется

в определённых геологических условиях под воздействием разнообразных процессов внутренней и внешней динамики Земли. Горные породы обладают определённым строением, составом и свойствами.

*Известно около 1 000 видов горных пород. Главным принципом классификации горных пород служит генезис, который является основным фактором, формирующим строение, состав и свойства горных пород.*

Особенности строения горных пород определяют в значительной степени их свойства. Понятие строение включает в себя *структуру и текстуру* горной породы.

*Под структурой горной породы* понимается размер, форма слагающих её элементов (минералов), количественное соотношение и характер связи между ними. *Под текстурой* – взаиморасположение или относительное распределение элементов, т. е. минералов в породе.

По своему происхождению горные породы делятся на три генетические группы: магматические, осадочные, метаморфические. По каждому виду пород ниже приводится описание по схеме:

- а) цвет, минералогический и петрографический состав;
- б) структура, текстура, условия образования, формы залегания;
- в) распространение;
- г) основные физико-механические свойства и использование.

### ***Задание 1. Изучение свойств магматических горных пород***

Ознакомьтесь с краткими сведениями о магматических породах, классификацией магматических пород и характеристикой основных представителей.

На коллекционном материале определите структуру, текстуру, минералогический состав, цвет.

Используя схему классификации, отнесите породу к определённой группе. Основные сведения о породах данного типа запишите в лабораторную тетрадь.

## **Магматические горные породы**

Магматические или изверженные горные породы возникают в результате кристаллизации магмы – сложного силикатного расплава с температурой около 1 000–1 300 °С – при её остывании в недрах Земли и на её поверхности.

Магматические породы состоят из 600 различных видов и разновидностей. В зависимости от условий образования выделяются: глубинные (интрузивные), жильные, излившиеся (эффузивные) и вулканические породы.

Расплавленная магма, прорываясь по трещинам земной коры и застывая в её недрах, приводит к образованию глубинных пород.

Глубинные интрузивные породы образуются в среде ранее образованных пород в условиях высокого давления, медленного и равномерного остывания магмы, нередко при деятельном участии растворённых в ней газов и паров. В этом случае происходит спокойная кристаллизация магмы и образуются ясно кристаллические породы. Такая полная раскристаллизация магмы ведет к образованию плотных, массивных полнокристаллических пород, таких как гранит, габбро. Они залегают крупными массивами. Следовательно, глубинные породы имеют полнокристаллическую структуру, которая характеризуется тем, что порода целиком состоит из кристаллов.

Если размеры кристаллов, слагающих породу, приблизительно одинаковы, то такие породы называют равномернозернистыми и подразделяют на крупнозернистые (размер частиц более 5 мм), среднезернистые (5–2 мм) и мелкозернистые (мелкие 2 мм). Породы, в которых кристаллы отдельных минералов резко выделяются, называются неравномернозернистыми или порфировидными.

Жильные породы образуются при кристаллизации магмы в трещинах горных пород, зачастую с интенсивным гидротермальным воздействием. Обычно кристаллизация происходит без дифференциации вещества магмы, что приводит к образованию характерного полнокристаллического строения породы.

Излившиеся (эффузивные) породы образуются на поверхности Земли при низких давлениях и температурах, при быстром охлаждении и дегазации расплава магмы. В таких условиях невозможна полная дифференциация, часть расплава застывает в виде аморфной стекловатой массы и образуются неполнокристаллические породы. Часто кристаллизация осуществляется в две фазы: медленную в глубине земной коры, когда образуются отдельные кристаллы минералов, а затем быструю на поверхности, когда происходит интенсивное остывание расплава. В этом случае образуется неравномернокристаллическая (порфировая) структура.

Если для глубинных пород характерна массивная, плотная текстура, то у излившихся она зачастую может быть пористой.

Вулканокластические породы образуются при вулканических извержениях как на континентах, так и в морских бассейнах. Расплав магмы быстро остывает с одновременным процессом интенсивной потери растворённых газов и паров. В данных условиях образуются вулканические стёкла, скрытокристаллические высокопористые породы, а также специфические рыхлые породы.

Одной из наиболее важных характеристик, определяющих свойства магматических пород, является их химический состав, формирующий минералогический состав и облик породы.

При классификации магматических пород по химическому составу используются данные о содержании в них двуокиси кремния  $\text{SiO}_2$  (в % по массе), входящего как в виде свободного окисла кремния (кварц), так и в составе других силикатов.

Разделение магматических пород по содержанию  $\text{SiO}_2$  имеет практическое значение, так как с уменьшением  $\text{SiO}_2$  в глубинных породах возрастает их удельный вес, снижается их температура плавления.

Выделяют породы ультракислого, кислого, среднего, основного и ультраосновного состава, для которых характерны определённые (главные или обязательные) минералы.

Минералогический состав отражает химический состав исходной магмы. Установлено, что для глубинных и излившихся пород характерно совпадение

химического состава, поэтому излившиеся породы называют аналогами глубинных.

Основными первичными минералами, образовавшимися в процессе кристаллизации магмы, являются полевые шпаты, амфиболы, пироксены, кварц и слюды.

В наиболее древних магматических породах могут присутствовать вторичные минералы (карбонаты, глинистые минералы). Количество этих минералов указывает на степень выветрелости пород.

Минералогический состав пород от ультракислых к ультраосновным изменяется следующим образом: постепенно исчезает кварц, затем полевые шпаты, содержание тёмноцветных минералов (роговая обманка, авгит и др.) возрастает. С уменьшением содержания  $\text{SiO}_2$  окраска изменяется от светлой до тёмной, возрастает плотность, породы лучше поддаются полировке.

В табл. 2.1 приведена схематическая классификация магматических пород по составу и условиям образования.

Таблица 2.1

Схематическая классификация магматических пород по составу и условиям образования

Состав горной породы		Породы по условиям образования				
химический ( $\Sigma \text{SiO}_2$ ), %	минералогический (главные минералы)	глубинные (интрузивные)	излившиеся (эффузивные)		Жильные	Вулканокластические
			Палеотипные	Кайнотипные		
Ультракислые ( $> 75$ )	Ортоклаз (или кислый плагиоклаз), кварц, биотит	—	—	—	Пегматит, аплит	Обсидан, пемза
Кислые (65–75)	Ортоклаз (или кислый плагиоклаз), кварцы, слюды, роговая обманка	Гранит	Кварцевый порфир	Липарит	—	Туф, пепел
Средние (55–65)	Ортоклаз (или нефелин), слюды, роговая обманка	Сиенит (нефелиновый сиенит)	Ортофир	Трахит	—	—
	Средний плагиоклаз, роговая	Диорит	Порфирит	Андезит	—	

	обманка, авгит (иногда кварц)					
Основные (45–55)	Основной плагиоклаз (лабрадор), авгит, роговая обманка (иногда оливин)	Габбро (лабрадор ит)	Диабаз	Базальт	–	
Ультраоснов ные (< 45)	Авгит, оливин, роговая обманка, рудные минералы	Пирок- сенит, пери- дотит, дунит	–	–	–	

## *Описание магматических (изверженных) горных пород*

### Ультракислые породы

#### 1. Пегматит

а) Окраска светлая, розовая или серая пёстрая. В состав входят ортоклаз (редко кислый плагиоклаз), биотит, мусковит, эгирин. Часто содержит крупные кристаллы берилла, корунда, турмалина, урановые слюдки, литиевые слюды и др.

б) Крупнозернистая, массивная, иногда с закономерным прорастанием кварца и полевых шпатов – «письменная» структура (на поперечных разрезах поверхность напоминает рукопись с древнееврейскими буквами). Залегает в жилах с меняющейся мощностью, редко в массивах и гнёздах.

в) Встречается довольно часто (Украина, Кавказ, Урал, Ср. Азия, Казахстан, Забайкалье, Восточная Сибирь).

г) Скальная порода; при выветривании превращается в обломки различной крупности и каолиновые глины. Используется как керамическое сырьё.

С ними связаны месторождения ценных полезных ископаемых.

### Кислые породы

#### 2. Гранит

а) Порода имеет светлую окраску: розовую, серую, красную, желтоватую. Состоит из полевых шпатов 40–60 %, кварца 20–40 %, тёмных минералов (до 10 %), слюды, роговой обманки.

б) Полнокристаллическая, равномернозернистая, реже порфировидная. По крупности зёрен может быть крупно-, средне- и мелкозернистой. Образовался гранит в виде кристаллической массы при медленном остывании в виде батолитов, реже лакколитов, штоков, жил. Гранитные массивы разбиты системой вертикальных и горизонтальных трещин.

в) Образуют большие массивы на Кольском полуострове, в Карелии, на Украине, Кавказе, Урале, Средней Азии. Выходы гранита имеются на юге Беларуси (3 месторождения с промышленным запасом 5767,6 м<sup>3</sup>).

г) Плотность 2,6–2,8 т/м<sup>3</sup>, прочность (временное сопротивление одноосному сжатию) – 250–120 МПа, пористость 1 %. Прочность и устойчивость пород зависит от минералогического состава, структуры, текстуры. Более стойким при выветривании является мелкозернистый гранит с повышенным содержанием кварца и небольшим содержанием слюды. В процессе выветривания гранит распадается на глыбы, щебень, дресву, песок, глинистые породы. Коэффициент крепости 10–15. Широко применяется в строительстве. Хорошо обтёсывается и полируется. Из гранита изготавливают штучные камни (брусчатку, плиты и пр.), щебень (см. во вкладке фотографии 48 и 49).

### 3. Липарит и кварцевый порфир

а) Окрашены в светлые тона. У кварцевого порфира цвет основной массы часто красный до коричневого. Являются излившимися аналогами гранита и сходны с ним по минералогическому составу.

б) Имеют порфировую структуру. Основная масса скрытокристаллическая или стекловатая.

Порфиновые вкрапленники преимущественно представлены полевыми шпатами, кварцем, иногда биотитом и роговой обманкой. Залегают в виде куполов, небольших потоков и покровов.

в) Липариты встречаются на Кавказе, в Крыму, на Камчатке и др. Кварцевые порфиры широко распространены на Урале, в Казахстане, Средней Азии и др.

г) Плотность 2,4–2,6 т/м<sup>3</sup>. Прочность 130–180 МПа. Коэффициент крепости 10–15. Породы со стекловатой основной массой обладают хрупкостью. Применение аналогично граниту.

## **Средние породы (группа сиенита)**

### 4. Сиенит

а) Глубинная порода по окраске не отличается от гранита. Основными минералами являются: полевой шпат (преимущественно ортоклаз), роговая обманка, биотит, содержание кварца 0–5 %.

б) Структура полнокристаллическая, равномернозернистая или порфировидная. Залегают в краевых зонах гранитных массивов или в виде самостоятельных небольших интрузивных тел: штоков, жил.

в) Встречается реже гранитов на Урале, в Забайкалье, Казахстане, Кавказе и др.  
г) Плотность 2,0–2,8 т/м<sup>3</sup>. Прочность 120–180 МПа. Сиениты обрабатываются и полируются легче, чем граниты, так как в них отсутствует кварц. Применяются как дорожный камень, щебень для бетона, материал для облицовки сооружений и др.

#### 5. Трахит и ортофир (бескварцевый порфир)

а) Излившиеся аналоги сиенита. Характерна светлая окраска (белая, сероватая, желтоватая и др.). Ортофиры отличаются от трахитов более яркой окраской (красной, коричневой).

б) Структура порфировая, основная масса стекловатая или скрытокристаллическая, мелкие вкрапленники зёрен полевых шпатов.

в) Встречается в Крыму, на Урале, Алтае, Казахстане и др.

г) Плотность 2,2–2,6 т/м<sup>3</sup>. Прочность 60–70 МПа. Коэффициент крепости 15–12. Трахит имеет шероховатую поверхность, пористый, ортофир более плотный. Морозостойкость и сопротивляемость выветриванию невысокие. Благодаря шероховатой поверхности хорошо связываются цементным раствором. Полировке трахит не поддаётся. Породы применяются как кислотоупорный и строительный материал. Некоторые красиво окрашенные ортофиры используются как декоративный материал и поделочный камень.

### **Средние породы (группа диорита)**

#### 6. Диорит

а) Цвет серый до чёрного, иногда с зеленоватым оттенком за счёт продуктов изменения. Состоит из плагиоклаза (50–60 %) и роговой обманки (30–35 %), реже авгита или биотита.

б) Структура полнокристаллическая, чаще мелкозернистая, редко порфировидная. Текстура массивная, образует штоки, лакколиты, жилы. Диориты слагают краевые зоны крупных гранитных массивов и по направлению к центру сменяются гранитами (гранодиорит).

в) Известны на Урале, в Закавказье, в Крыму, в ряде мест Сибири и Дальнего Востока, а также на юге Беларуси.

г) Плотность 2,9 т/м<sup>3</sup>. Прочность 180–200 МПа. Коэффициент крепости 10–15. При значительном содержании биотита и пирита порода легко поддаётся выветриванию. Хорошо полируется и используется как облицовочный и поделочный материал, применяется как строительный и дорожно-строительный материал.

#### 7. Порфирит, андезит

а) Излившиеся аналоги диорита. У андезита цвет серый или тёмно-серый, у порфирита – серый или зеленоватый.

- б) Структура порфировая. Среди вкрапленников преобладает плагиоклаз зеленовато-белого цвета. Образуют потоки, покровы, иногда купола, лакколиты и др.
- в) Широко распространены во многих районах, среди излияний современных вулканов Камчатки и Курильских островов, в Крыму, на Кавказе, Дальнем Востоке, Урале и др.
- г) Плотность 2,7–3,1 т/м<sup>3</sup>. Прочность 140–250 МПа. Плотные породы используются в качестве кислотоупорных плит и щебня для кислотоупорного бетона, как строительный материал. Андезит часто шереховатый на ощупь, пористый, хорошо распиливается.

## Основные породы

### 8. Габбро

- а) Глубинная порода, состоит в основном из плагиоклаза (часто лабрадора) и авгита, реже входит роговая обманка, биотит. Цвет обычно тёмно-серый до чёрного, иногда с зеленоватым оттенком.
- б) Структура полнокристаллическая мелко-, средне- и крупно-зернистая. Текстура массивная, реже полосчатая. Образует штоки, лакколиты, мощные интрузивные залежи, иногда площадью в десятки тысяч квадратных километров.
- в) Распространены на Урале, Украине, Кольском полуострове, Алтае, в Забайкалье и др.
- г) Плотность 2,8–3,2 т/м<sup>3</sup>. Прочность 200–280 МПа. Коэффициент крепости 10–15. Габбро хорошо полируется, поэтому используется как облицовочный материал. Широко применяется как строительный материал. Разновидность габбро, состоящая из одного плагиоклаза (лабрадора), лабрадорит (серого, чёрного цвета), используется как декоративный и облицовочный материал (см. во вкладке фотографии 52 и 53).

### 9. Диабаз, базальт

- а) Излившиеся аналоги габбро. Цвет у базальта тёмно-серый до чёрного, у диабаза тёмно-зелёный до чёрного.
- б) Структура мелкозернистая или скрытокристаллическая, иногда порфировая. Текстура чаще плотная. Залегают в виде потоков, покровов или жил. Образуют целые комплексы лавовых потоков, пластовых интрузивных залежей (силлов), объединяемых термином трапп.
- в) Распространены в Закавказье, Крыму, Сибири, на Украине, Дальнем Востоке, встречаются на юге Беларуси.
- г) Плотность 3,0–3,5 т/м<sup>3</sup>. Прочность 300–350 МПа, иногда до 500 МПа. Коэффициент крепости 20. Диабазы и базальты являются самыми прочными породами верхней части земной коры. Мелкозернистые базальты стойки

при выветривании. В результате выветривания пород образуются глинистые карбонатные породы.

Применяются как строительный, кислотоупорный материал. Большое применение находят в каменно-литейной промышленности. При термической обработке (1 200–1 250 °С) получают прочные изделия: облицовочные плитки, плиты, кислотоупорные трубы и др.

### **Ультраосновные породы**

#### **10. Пироксенит, перидотит, дунит**

а) Глубинные породы, тёмно-зелёные, тёмно-серые, чёрные. Пироксенит состоит из авгита, редко – примесь оливина, перидотит – из оливина и авгита, дунит – из оливина.

б) Структура полнокристаллическая (мелко-, средне- и крупно-зернистая). Образуются на глубине при медленном остывании магмы при высоком давлении. Залегают в виде штоков, жил.

в) Встречаются на Урале, Кольском полуострове, в Сибири и др.

г) Плотность 3,0–3,4 т/м<sup>3</sup>. Используют как поделочный камень. Высокая плотность затрудняет широкое использование в качестве строительного камня, сравнительно легко выветривается. Дунит редко находится в свежем состоянии, поверхность часто покрыта жёлто-бурой, тонкой коркой выветривания.

### **Вулканические породы непостоянного химического состава**

#### **11. Обсидиан (вулканическое стекло)**

а) Обсидиан – кислое вулканическое стекло, содержащее более 70 % SiO<sub>2</sub>. Цвет серый, чёрный, красно-бурый, бывает пятнистой и полосчатой окрасок.

б) Структура стекловатая. Залегает в виде небольших потоков, куполов, игл.

в) Встречается в большинстве районов развития молодого кислого вулканизма в Закавказье, Забайкалье, на Дальнем Востоке и др.

г) Плотность 2,2–2,4 т/м<sup>3</sup>. Прочность 50–60 МПа. Красивые разновидности обсидиана используются как поделочный и декоративный камень. Разновидности – пехштейн (смоляной камень) и перлит. Состав может быть как кислым, так и основным, и щелочным (базальтовый, трахитовый и др.). Перлит – стекловатая порода, состоит из шариков, похожих на жемчужины, диаметром

1–15 мм, плотность 1,3–1,6 т/м<sup>3</sup>. При быстром нагревании до 800–1 000 °С вспучивается, увеличиваясь в объёме в 8–14 раз. Такой перлит является ценным теплозвукоизоляционным материалом: используется как наполнитель бетона, растворов и т. д.

#### **12. Пемза**

- а) Пемза – вулканическое стекло пузыристого или пенистого сложения. Состав – чаще кислый, реже средний. Цвет белый, серый, желтоватый, чёрный.
- б) Структура стекловатая. Образуется при бурном вскипании лавы вследствие выделения вулканических газов и паров при извержении.
- в) Встречается на Кавказе и Камчатке.
- г) Плотность 0,3–0,9 т/м<sup>3</sup>. Пористость достигает 80 %, плавает в воде. Прочность 20–40 МПа. Ценный вид минерального сырья. Используется как абразивный материал, наполнитель лёгких бетонов, гидравлическая добавка к цементам и др.

### **Обломочные (пирокластические породы вулканического происхождения)**

#### 13. Вулканический туф

- а) Вулканические туфы представляют обломочный материал, образовавшийся при вулканических взрывах, в дальнейшем сцементированный и уплотнённый. По составу бывают липаритовые, трахитовые и др. Цвет различный (розовый, серый, бурый и др.).
- б) На фоне массы, имеющей пористое строение, разбросаны обломки различной величины, формы и цвета. Порода неоднородная. Залегают туфы пластами.
- в) Месторождения вулканического туфа разрабатываются в Армении. Особенно известен арктикский туф розовато-бурого цвета (месторождение Артик).
- г) Плотность 1,4–2,5 т/м<sup>3</sup>. Прочность 5–75 МПа. Обладают высокими теплоизоляционными свойствами, звуконепроницаемостью, лёгкостью. Используются для кладки стен невысоких зданий, представляют собой ценный строительный и архитектурный материал. Разновидности: трассы – плотные вулканические туфы, пуццоланы – рыхлый вулканический пепел, применяются в производстве цемента.

#### **Задание 2. Изучение свойств осадочных горных пород**

Ознакомьтесь с краткими сведениями об осадочных породах, классификацией осадочных пород и характеристикой основных представителей (табл. 2.2). Изучите главные виды осадочных пород на коллекционном материале. Пользуясь схемой классификации осадочных пород, отнесите породу к определённой группе. Основные сведения о породах данного типа запишите в лабораторную тетрадь.

### **Осадочные породы**

*Осадочные породы образуются* в результате осаждения из воды или воздуха продуктов выветривания всех групп горных пород.

Агентами физического или механического выветривания являются колебания температуры, расклинивания трещин замерзающей водой, разрушение растительным покровом и др.

Химическое выветривание протекает в виде реакций минералов и пород с водой и содержащимися в ней химическими веществами, органическое выветривание протекает под воздействием растений и живых организмов.

В зависимости от условий образования и от факторов, способствовавших накоплению, осадочные породы подразделяются на обломочные химические, органогенные, смешанного происхождения. Для осадочных пород характерно наличие ряда особенностей, отражающих условия их образования и существенно отличающих их от других пород.

*Своеобразными чертами осадочных пород* являются слоистость, пористость, зависимость состава и свойств породы от климата, содержание остатков растительных и животных организмов.

Структуры осадочных пород связаны со способом их образования. Различают обломочные структуры – разные по крупности частиц, химические структуры (кристаллические) и органические, в которых ясно заметны следы строения животных и растительных остатков. В текстуре наиболее существенным признаком является слоистость. Большинство пород явно слоисты, что связано со способом их образования в результате постепенного накопления материала на дне какого-нибудь бассейна. Отдельные слои отличаются по цвету, крупности частиц, по минералогическому составу и т. п. Другим текстурным признаком этих пород является пористость. Величина пор колеблется от тончайших, невидимых невооружённым глазом (глины), до крупных (гравий).

Таблица 2.2

Схема классификации осадочных пород

Группа	Подгруппа (строение)	Размеры обломков, мм	Несцементированные			Сцементированные
Механические осадки (обломочные)	Крупнообломочные (грубообломочные)	> 200	Рыхлые	Окатанные	Валуны	Конгломерат
		200...10			Галечники	
		10...2			Гравий	
		> 200		Угловатые	Глыбы	Брекчия
		200...10			Щебень	
		10...2			Дресва	

	Песчаные (среднеобломочные)	2...0,05	Связные	Пески: (гравелистые, крупные, средней крупности, мелкие, пылеватые)	Песчаник
	Пылеватые (мелкообломочные)	0,05...0,005		Лессы, лессовидные породы	Алевролит
	Глинистые (тонкообломочные)	< 0,005		Супесь, суглинок, глина	Аргиллит
Химические осадки	Галоиды	Кристаллическая	Особые признаки	Солёные	Галит (каменная соль), сильвин (калийная соль)
	Сульфаты			Мономинеральные	Гипс, ангидрит
	Карбонаты			Реагирует с HCl	Известковый туф, оолитовый известняк, доломит
Органические осадки	Известковые	Органическая	Особые признаки	–	Известняк- ракушечник, мел, мергель
	Кремнистые			Тонкопористые	Диатомит, трепел, опока
	Углеродистые			Горючие	Торф, каменный уголь, нефть

### Обломочные осадочные породы

Обломочные породы образуются при отложении водой, ветром, льдом обломков пород или минералов различной крупности. Обломочные породы классифицируются по размерам и форме обломков. Обломочная порода одного и того же названия может иметь различный химический и минералогический состав. Породы подразделяются на рыхлые (несцементированные) и сцементированные (табл. 2.3).

Таблица 2.3

### Типы песчаных грунтов в зависимости от гранулометрического состава

Типы песчаных грунтов	Фракция, мм	Содержание фракции, %
Гравелистый	> 2	Более 25

Крупный	> 0,5	Более 50
Средней крупности	> 0,25	Более 50
Мелкий	> 0,1	75 и более
Пылеватый	> 0,1	Менее 75

## Несцементированные породы

### Крупнообломочные

#### 1. Валуны, галька, гравий

а) По петрографическому составу могут быть однородными (образовавшиеся из одной породы или минерала) и неоднородными (смесь разных пород и минералов). По гранулометрическому составу подразделяют на типы в зависимости от размера крупнообломочного материала и его процентного содержания: валунный грунт – содержание частиц крупнее 200 мм превышает 50 %, галечниковый грунт – содержание частиц крупнее 10 мм превышает 50 %; гравийный

грунт – содержание частиц крупнее 2 мм превышает 50 %.

б) Породы состоят из обломков окатанной формы. При оценке грунтов учитывают взаимное расположение в грунте крупнообломочного материала и заполнителя. Выделяют бутовую (набросную) и псевдопорфировую текстуру. Образуются в результате переноса речными потоками, ледником, при действии морского прибоя. Залегают в виде слоёв, линз.

в) Широко распространены по берегам морей, рек, озёр. Ледниковые отложения – в средней и северной части Беларуси.

г) Плотность 1,7–1,9 т/м<sup>3</sup>, коэффициент крепости – 1,5–0,9. Отличаются хорошей водопроницаемостью, легко отдают воду. Применяются как строительный материал в дорожном строительстве, в изготовлении бетона и др.

#### 2. Глыбы, щебень, дресва

а) Состоят из неокатанных обломков различных горных пород и минералов. По гранулометрическому составу подразделяют на типы в зависимости от размера крупнообломочного материала и его процентного содержания: глыбовый грунт – содержание частиц крупнее 200 мм превышает 50 %, щебнистый грунт – содержание частиц крупнее 10 мм превышает 50 %, дресвяный грунт – содержание частиц крупнее 2 мм превышает 50 %.

б) Продукты выветривания элювиального и делювиального происхождения. На месте разрушения и на склонах залегают в виде маломощной коры выветривания.

У подножия гор и возвышенностей образуются более мощные слои.

- в) Широко распространены в горных районах.
- г) Плотность 1,7–1,8 т/м<sup>3</sup>. Применение (см. «валуны»).

### 3. Песок

а) Пески состоят в основном из кварца. В виде примеси могут быть самые различные минералы: полевые шпаты, слюды, кальцит, лимонит, глауконит и др. Различные примеси придают пескам соответствующую окраску: окислы железа – бурую, глауконит – зелёную и т. п.

Иногда песок состоит из зёрен доломита, гипса и др.

б) Порода рыхлая, состоит из окатанных или угловых зёрен.

Образуются пески в результате переноса и отложения частиц текучими водами и ветром, при накоплении их в прибрежных зонах. В связи с этим по своему происхождению могут быть морскими, речными, озёрными, водноледниковыми, эоловыми. Образуют слои, линзы, конусы выноса, дюны, барханы.

в) В Беларуси имеют повсеместное распространение.

г) Плотность 1,5–1,8 т/м<sup>3</sup>. Пористость песков 30–40 %. Коэффициент крепости 0,5–0,6. Широко применяется как строительный материал в производстве растворов, бетонов, кирпича, для устройства насыпей. Используется для изготовления фаянса, фарфора, стекла. Применяется как фильтрационный и формовочный материал.

### 4. Лесс

#### 4. Лесс

а) Пылеватая порода светлого цвета. Состоит в основном из кварца, глинистых минералов, кальцита, лимонита и др.

б) Строение землистое, легко растирается пальцами в тончайшую пыль, образуя мучнистую массу. В лессе часто видны тонкие полые канальчики, встречаются известковые конкреции (журавчики) причудливой формы. По мнению большинства геологов, лесс образовался в результате работы ветра и откладывался в полосе затишья в виде обширных покровов.

в) Широко распространён на Украине, в южной половине Европейской части России, в Средней Азии, Западной Сибири.

г) Плотность 1,6–1,8 т/м<sup>3</sup>, высокая пористость (до 50 % и выше). Вскипает при действии соляной кислоты. В сухом состоянии образует отвесные стенки, может быть неплохим основанием сооружений. При увлажнении объём уменьшается, лесс уплотняется и даёт значительные просадки, вызывая большие затруднения при строительстве зданий и сооружений (тоннели и т. п.). Коэффициент крепости 0,8, при водонасыщении – 0,3.

### 5. Глинистые породы

а) Свойства глинистых пород определяются глинистыми минералами, образующимися в результате химического выветривания. Главные группы глинистых

минералов: каолинит, монтмориллонит, гидрослюда. Глины разнообразны по составу, могут быть мономинеральными, состоящими из одного глинистого минерала каолинита и т. д., а также полиминеральными – глинистые минералы, кварц, слюда, кальцит и др. Цвет белый, зелёный и голубоватый у пород с примесью глауконита и хлорита; жёлтый, красный – с примесью окислов железа; бурый, чёрный – окислов марганца; серый до чёрного – углистое вещество и гумус.

б) Тонкозернистые образования (размеры глинистых частиц  $< 0,005$  мм. Жирные на ощупь глины сложены преимущественно глинистыми минералами (40–70 %). Тощие и переходные формы (суглинки, супеси) содержат больше кварца, полевых шпатов и др. По условиям образования различают первичные (или остаточные глины, образовавшиеся в результате процессов выветривания и накопления продуктов выветривания на месте разрушения) и вторичные (осадочные) в результате перемещения и переотложения первичных (морские, речные, озёрные, озёрно-ледниковые, моренные).

Залегают часто мощными пластами, слоями, прослойками, линзами.

в) Относятся к наиболее распространённым породам в верхней части земной коры. Мощность глинистых толщ достигает десятков и сотен метров. Встречаются повсеместно. Мономинеральные глины встречаются реже.

г) Плотность  $1,8–2,2$  т/м<sup>3</sup>. На физико-механические свойства глинистых грунтов существенное влияние оказывает влажность (твёрдое, пластичное, текучее состояние). Коэффициент фильтрации глины незначительный, породы являются водоупорными, образуя водонепроницаемые горизонты в земной коре. Способны изменять объём при изменении влажности (набухание, усадка). Породы поверхностного типа – суглинки, супеси, илистые грунты. Суглинки по своим свойствам приближаются к глинам, супеси ближе к пескам. Илы – глинистые грунты в начальной стадии формирования, образовавшиеся как структурный осадок в воде при наличии микробиологических процессов, содержат большое количество органических веществ.

Применение глин широкое и разнообразное: строительный, огнеупорный материал, входит в состав цемента, сырьё для изготовления фарфора и фаянса, керамзита, кирпича. Применяется как адсорбент, для приготовления глинистых суспензий, используемых при бурении скважин и в специальном фундаментостроении; для устройства водонепроницаемых экранов и т. д.

Глинистые породы подразделяются на виды в зависимости от содержания глинистых частиц (табл. 2.4).

Таблица 2.4

Классификация глинистых пород (по В.В. Охотину)

Грунт	Содержание частиц, %		
	глинистых ( $< 0,005$ мм)	пылеватых ( $0,05-0,005$ мм)	песчаных ( $2,0-0,05$ мм)
Глина тяжёлая	Более 60	–	–
Глина	60–30	–	–
Суглинок тяжёлый	30–20	–	более, чем пылеватых
Суглинок средний			
Суглинок лёгкий	15–10	–	–
Супесь тяжёлая	10–6	–	более, чем пылеватых
Суглинок лёгкая	6–3	–	то же

### Цементированные породы

Цементированные породы образуются в результате цементации обломков различных минералов и горных пород каким-либо природным цементом. Породы могут быть цементированы известковым, глинистым, железистым, кремнистым и другими цементами. Их образование связано с движением

в пустотах обломочных пород подземной воды, содержащей во взвешенном состоянии глинистые частицы или растворённые соли. Прочность цементированных пород зависит от количества, качества природного цемента и характера его распределения в массе породы.

#### 1. Конгломерат, гравелит

а) В состав входят окатанные обломки разных пород и минералов (галька). Породы с размерами обломков  $0,2-1$  см (гравий) часто называются гравелитами. Обломки цементированы известковым, кремнистым, железистым, глинистым цементом, нередко цемент представляет собой как бы самостоятельную породу. Окраска конгломерата обычно неоднородная, пёстрая.

б) Толщи конгломератов мощностью до нескольких сот метров образовались в предгорных и горных областях (континентальные). Формируются и в прибрежной зоне морей (морские) – в виде небольших прослоёв среди морских отражений.

в) Встречаются на Кавказе, Урале, Средней Азии.

г) Плотность и прочность изменяются в больших пределах в зависимости от состава обломочного материала и цементирующего вещества. плотность

1,9–2,9 т/м<sup>3</sup>, прочность 5–180 МПа, коэффициент крепости 10/2. Используется как строительный и облицовочный материал.

## 2. Брекчия

- а) Минеральный состав и окраска изменяются в широких пределах.
- б) Сложена неокатанными остроугольными обломками, связанными цементирующим веществом. Образуется путём накопления продуктов разрушения у подножия гор и их цементации. Мощных толщ не образует.
- в) Распространена в разных районах, но встречается в небольших количествах.

## 3. Песчаник

а) Минеральный состав разнообразен. Чаще встречаются кварцевые песчаники (более 90% составляет кварц), реже песчаники с заметным преобладанием полевого шпата, граувакки – тёмноокрашенные песчаники сложного состава. По составу цемента подразделяются на кремнистые, железистые, гипсовые, известковистые. Наиболее распространена серая окраска с буроватым и зеленоватым оттенками. Чисто кварцевые песчаники – белые или светло-серые.

Гидроокислы железа придают ржаво-бурую или тёмно-красную окраску, органические вещества – тёмно-коричневую, чёрную.

б) Песчаники – сцементированные пески. Структура песчаника определяется размером обломочных зёрен: крупнозернистые, среднезернистые, мелкозернистые. Образуется в результате цементации песка, преимущественно

в мелководных заливах. Залегает в песчаных толщах в виде пластов или линз.

в) Широко распространены на Украине, в центральных областях РСФСР, Поволжье, Кавказе, во многих районах Восточной Сибири и Дальнего Востока и др.

г) Плотность 1,9–2,8 т/м<sup>3</sup>, прочность 4–140 МПа, колеблется в больших пределах в зависимости от пористости, вида цементирующего вещества, величины зёрен. Наиболее прочными и устойчивыми являются кремнистые песчаники. Широко применяются как строительный камень. Кремнистые песчаники используются как кислотоупорный материал и ценное сырьё для производства огнеупоров.

## **Химические осадки**

Наиболее распространённые химические осадки по химическому составу подразделяются на: 1) галоиды; 2) сульфаты; 3) карбонаты. Породы имеют постоянный химический и минералогический состав, являются породами мономинеральными. Большинство пород химического происхождения образуется на дне водных бассейнов в результате выпадения веществ из растворов.

## Галоиды

### 1. Каменная соль

- а) Состоит из минерала галита с примесью сильвина, гипса, глинистых частиц и др. Бесцветна или окрашена в серые, бурые, красные, синие тона, иногда многоцветна.
- б) Структура кристаллически-зернистая. Размер зёрен от долей миллиметра до 2–3 см. Образуется в бессточных соляных озёрах и замкнутых морских бассейнах. Залегаёт в виде слоёв, линз, штоков, куполов.
- в) Распространена на Украине, Урале, в Восточной Сибири и др.
- г) Легко растворимая порода. Коэффициент крепости 2. Применение.

## Сульфаты

### 1. Гипс

- а) Мономинеральная порода, состоящая из минерала гипса с незначительными примесями ангидрита, глинистых минералов и др.
- б) Структура от крупно до мелкокристаллической, реже волокнистая, листоватая. Образуется как химический осадок солёных озёр и лагун, в результате окисления серного колчедана, гидротации ангидрита. Залегаёт в виде пластов, линз.
- в) Месторождение на Урале, в Поволжье, Украине, Прикамье и др.
- г) Плотность 2,2 т/м<sup>3</sup>, прочность до 20 МПа. Коэффициент крепости 2. Легко растворяется подземными водами. Применение

### 2. Ангидрит

- а) Состоит из минерала ангидрита. Окраска светлая.
- б) Порода плотная равносторонняя. Выпадает из раствора, как гипс, но при более высоких температурах. Залегаёт на глубинах свыше 70 м, так как легко переходит в гипс при действии поверхностных и подземных вод. При этом увеличивается в объёме, вызывая механические деформации в окружающих породах. Залегаёт пластами вместе с гипсом.
- в) Распространён на Урале, Поволжье, Украине.
- г) Плотность 2,8 т/м<sup>3</sup>, прочность 60–80 МПа. Легко растворяется. Применение.

## Карбонаты

### 1. Известковый туф

- а) Состоит из кальцита. Цвет белый, сероватый, желтоватый, бурый.

б) Пористая, неслоистая порода. Плотный известковый туф называют травертином. Образуется у выходов источников, богатых растворённым углекислым кальцием, выделяется также из подземных вод в пещерах, образуя сталактиты и сталагмиты.

в) Месторождения на Кавказе, Крыму, Закарпатье и др.

г) Обладают значительной пористостью. Прочность 10–80 МПа. Используется как строительный, облицовочный и декоративный материал, а также как сырьё для цементного и известкового производства.

## 2. Оолитовый известняк

а) Состоит из кальцита. Окраска светлая.

б) Сложен концентрически – скорлуповатыми стяжениями кальцита, сцементированным природным карбонатным цементом. Структура оолитовая. Образуется в мелководных прибрежных отложениях тёплых морей. Залегают в виде пластов.

в) Месторождения известны на Урале.

г) Плотность 1,2–1,5 т/м<sup>3</sup>.

д) Механическая прочность невелика – 16–20 МПа. Плотные разновидности применяются как строительный камень.

## 3. Доломит

а) Состоит в основном из минерала доломита, присутствует кальцит, магнезит, гидроокислы железа и др. Цвет желтовато-бурый, при наличии органических веществ – тёмно-серый до чёрного.

б) Структура разнообразна (мелкозернистая, крупнозернистая). По происхождению может быть продуктом химического осаждения из воды в озёрах

или морских бассейнах. Кроме того, образуется в результате замещения кальцита углекислым магнием. Залегают пластами.

в) Распространён в Подмосковье, Донбассе, Кавказе, Урале и др.

г) Плотность 2,7–2,9 т/м<sup>3</sup>, прочность 100–140 МПа. Коэффициент крепости 8–10. Менее растворим, чем известняк. Применяется как строительный камень, для получения огнеупоров, цементов, в стекольной промышленности.

## **Биохимические (органогенные) породы**

Образуются в результате накопления и преобразования остатков животных (зоогенные) и растительных (фитогенные) организмов. Большинство морских организмов для построения скелета извлекают из морской воды углекислый кальций и окись кремния. После отмирания организмов образуются известковые и кремнистые массы, которые претерпевают сложные изменения (перекристаллизацию, уплотнение, химическое взаимодействие и т. п.). По химическому составу выделяют: 1) известковые (карбонатные) породы; 2)

кремнистые;  
3) углеродистые (каустобиолиты).

## Известковистые

### 1. Известняк

а) Состоит в основном из кальцита. Обычные примеси: доломит, кремнистые вещества, песчанистый и глинистый материал, битум и др. Окраска от светло- до тёмно-серой, красноватая.

б) Образовался вследствие отмирания морских организмов и накопления их скелетов на дне водоёмов.

Имеются разновидности, в которых легко устанавливаются остатки раковин (до 1–2 см) – ракушечник. В других разновидностях органические остатки обнаруживаются с трудом – плотные известняки. Структура от мелкозернистой до крупнозернистой. Текстура плотная, пористая, кавернозная. Залегают в виде слоёв, мощные толщи прослеживаются на сотни километров, линз, куполов.

в) Распространены практически повсеместно.

г) Плотность 1,2–2,6 т/м<sup>3</sup>, прочность 5–220 МПа. Коэффициент крепости 4–15. Малопрочными являются известняки – ракушечники. Чистые разновидности вскипают при действии соляной кислоты.

Известняки широко используются в народном хозяйстве. В строительстве применяются как строительный камень, облицовочный материал, сырьё для изготовления цемента, извести (см. во вкладке фотографии 48 и 49).

### 2. Мел

а) Разновидность известняков. Состоит из кальцита. Цвет белый, желтоватый, зеленоватый, светло-серый.

б) Строение землистое. Образуется в тёплых морях в результате накопления мельчайших раковин форраминифер и микроскопических водорослей. Залегают в виде мощных пластов.

в) Отложения мела широко распространены на Украине, Среднем Поволжье, Белгородской, Курской, Воронежской областях и др.

г) Плотность 1,8–2,6 т/м<sup>3</sup>, прочность 20–40 МПа, коэффициент крепости – 2. Реагирует с разбавленной соляной кислотой. Применяется для производства цемента, извести и др.

### 3. Мергель

а) По составу – смесь глинистых и карбонатных (кальцита и доломита) минералов, содержащихся примерно в равных количествах.

При преобладании кальцита – известняк глинистый, при преобладании глины – глинистый мергель, известковистая глина.

Цвет белый, светло-серый, желтоватый, зеленоватый, реже тёмно-серый, буроватый, красноватый.

б) Структура тонкозернистая. Порода каменистая, плотная. Образуется в результате одновременного осаждения карбонатного и глинистого материалов в морских и озёрных бассейнах.

Залегают в виде слоёв, перемежающихся со слоями глинистых и карбонатных пород.

в) Распространён в Донбассе, на Черноморском побережье Кавказа, в Крыму.

г) Плотность 1,8–2,6 т/м<sup>3</sup>, прочность 20–60 МПа, коэффициент крепости 2. В естественных обнажениях и выемках подвергается выветриванию, разрыхляется, распадается на обломки (мергели – трескуны). Сырьё для получения цемента.

## Кремнистые

### 1. Диатомит, трепел

а) Диатомит образуется из остатков панцирей, сцементированных опалом. Трепел – из микроскопических округлых частичек опалового вещества, частично остатков диатомей.

б) Состоит из частиц размером 0,001–0,01 мм. Землистые, однородные или слоистые. Похожи на мел, отличаются менее шероховатой поверхностью, не вскипают от действия соляной кислоты. Образуются в морских и озёрных бассейнах из скелетов диатомей – мельчайших водорослей и опала, продукта растворения и переотложения кремнистого вещества скелетов диатомей. Образуют слои выдержанной мощности и линзы.

в) Распространены в Поволжье, Центральных районах, Донбассе, Кавказе и др.

г) Плотность 0,25–1,0 т/м<sup>3</sup>. Обладают большим водопоглощением. Используются как адсорбенты, для изготовления цемента. Применяются как теплоизоляционный материал и наполнитель для производства кирпича.

### 2. Опока

а) Состоит из зёрен опала, частично остатков скелета водорослей с примесью глинистого вещества. Цвет светло-серый до тёмного, светло-жёлтый.

б) Структура тонкозернистая. Текстура однородная, слоистая. Образуется как трепел. Залегают в виде пластов, иногда с прослоями трепела.

в) Распространение (см. «трепел»).

г) Плотность 1,0–1,3 т/м<sup>3</sup>. Порода лёгкая, твёрдая, пористая. Прочность 9–60 МПа. Используется как строительный материал, гидравлическая добавка к цементу.

## Углеродистые

### 1. Торф

а) Состоит из полуразложившихся растительных остатков. Содержит углерод, кислород, азот и примеси минеральных веществ. Цвет бурый, жёлто-бурый, чёрно-бурый.

б) Обычно кусковатый, слабосвязанный, легко ломается руками. Различается по составу растительных остатков. Образуется в результате постепенного накопления и разложения органических остатков растений, в болотах в условиях повышенной влажности, слабого доступа воздуха. Образует пласти линзы.

в) Широко распространён в Западной Сибири, Беларуси, Украине и др.

г) Плотность 0,95–1,4 т/м<sup>3</sup>, в сухом состоянии 0,7–0,075 т/м<sup>3</sup>. Имеет высокую пористость и влажность – 100 % и более. Как основание сооружений – неустойчив, имеет большую сжимаемость. Применяется как топливо, сырьё для получения химических продуктов.

### **Задание 3. Изучение свойств метаморфических горных пород**

Ознакомьтесь с общими сведениями о метаморфических горных породах, с классификацией их и характеристикой основных представителей.

Изучите главные виды метаморфических пород по внешним признакам на коллекционном материале в лаборатории.

Основные сведения о породах данного типа запишите в лабораторную тетрадь.

## **Метаморфические горные породы**

Образуются в результате преобразования осадочных и магматических пород при воздействии на них высоких температур и давлений, а также под влиянием внедрения магмы в отложенные породы.

К числу основных факторов метаморфизма относят температуру, давление, флюиды – жидкие или газообразные компоненты магмы или циркулирующие в глубинах Земли насыщенные газами растворы.

Эти факторы вызывают сложный процесс изменения первоначального строения пород, их химического и минералогического состава. Процессы преобразования пород проходят без расплавления последних. Характер изменения пород различен: от уплотнения до полной перекристаллизации минералов,

слагающих исходные породы. Метаморфические породы являются вторичными. Степень метаморфизма различна, поэтому существует довольно большое число переходных пород.

Структура метаморфических пород кристаллическая, образовавшаяся при явлениях перекристаллизации, несколько отличается от структуры магматических пород. Текстура метаморфических пород служит наиболее надёжным макроскопическим признаком для их определения и подразделяется на следующие виды:

1) сланцеватая – удлинённые или таблитчатые минералы располагаются своими длинными сторонами взаимно параллельно;

- 2) полосчатая или ленточная – чередуются полосы разного минералогического состава и цвета;
- 3) полосчатая – плоскости сланцеватости и полосы, смятые в мелкие складки;
- 4) массивная – аналогична текстуре магматических пород.

Различают следующие типы метаморфизма:

- 1) контактовый, который развивается на границе интрузии расплава магмы с осадочными породами. Возникающее здесь давление, повышенная температура и вещества магмы существенно меняют горные породы (например, известняки переходят в мраморы, скарны). Строение пород контактового метаморфизма кристаллическое, сахаровидное, массивное, слабослоистое;
- 2) глубинный (региональный) метаморфизм развивается при совместном воздействии температур, высокого давления и флюидов, протекающих на больших глубинах. В этом случае минералогический состав пород иногда существенно меняется. Породы приобретают характерное кристаллическое, сланцеватое, полосчатое, плотное строение. Наличие сланцеватости и полосчатости существенно сказывается на силе структурных связей в различных направлениях, что обуславливает анизотропию свойств пород;
- 3) динамометаморфизм, который вызывается высоким давлением при горообразовательных (тектонических) процессах. Образуются мощные зоны смятия, возникают сложные складки.

В табл. 2.5 приведена классификация метаморфических горных пород.

Таблица 2.5

### Классификация метаморфических пород

Исходные (материнские) породы	Тип метаморфизма	Метаморфические породы	Минералогический состав
Гранит, глинисто-песчаные породы	Глубинный (региональный) и динамометаморфизм	Гнейсы	Кварц, полевые шпаты, роговая обманка, слюды
Различные магматические и глинистые породы		Сланцы кристаллические	Слюды, тальк, роговая обманка, хлорит, графит, кварц и др.
Песчаники кремнистые (кварцевые) Известняки, доломиты Глинистые породы		Кварциты, яшмы  Мраморы, филлиты Глинистые сланцы	Кварц и примеси  Кальцит, доломит Каолинит, кварц, слюды

Глинистые породы, алевролиты, аргиллиты	Контактовый	Роговики	Кварц, полевые шпаты, биотит, роговая обманка
Известняки, доломиты		Скарны	Кальцит, роговая обманка, рудные минералы
То же		Мраморы	Кальцит, доломит и примеси

### 1. Гнейс

- а) Состоит из полевого шпата (преимущественно плагиоклаза) и кварца, второстепенные минералы – биотит, роговая обманка, авгит и др. Цвет обычно серый, от светлого до тёмного или светлорозовый.
- б) Структура полнокристаллическая равномернoзернистая. Текстура сланцеватая, параллельно-полосчатая. По происхождению бывают ортогнейсы – продукты метаморфизации кислых магматических пород и парагнейсы – метаморфизации осадочных пород. Формы залегания ортогнейсов присущи магматическим породам, парагнейсов – осадочным.
- в) Распространены в областях, где на поверхности обнажаются породы глубинных зон земной коры: на Кольском полуострове, Карелии, Украине, на обширных территориях Восточной Сибири и др.
- г) Плотность 2,4–2,8 т/м<sup>3</sup>, прочность 80–180 МПа. Тонкосланцеватые гнейсы подвергаются быстрому выветриванию. Применяются как строительный камень, облицовочный материал.

### 2. Роговообманковый сланец

- а) Состоит из роговой обманки и полевого шпата (плагиоклаза). Цвет тёмно-серый, тёмно-зелёный.
- б) Порода сланцеватая, реже волокнистая. Образуется в результате изменения хлоритовых и тальковых сланцев. Встречается в виде небольших залежей среди других метаморфических пород.
- в) Встречается на Урале, Средней Азии, Сибири.
- г) Плотность 2,2–2,6 т/м<sup>3</sup>, прочность до 150 МПа. Неслоистые разновидности называются амфиболитами. Используются как строительный камень и щебень.

### 3. Слюдяной сланец

- а) Состоит из кварца и слюды. От гнейса отличается отсутствием полевого шпата. Окраска чаще светлая, при наличии биотита наблюдаются тёмные полосы.
- б) Мелкозернистая полнокристаллическая структура. Текстура сланцеватая. Образуется из филлитов. При увеличении в составе кварца переходит в кварцевый сланец и кварцит. Образует слои, смятые в складки.
- в) Распространён в Карелии, на Урале, в Сибири.

г) Плотность 2,3–2,4 т/м<sup>3</sup>, прочность 60–80 МПа. Сравнительно быстро выветривается.

Толстослоистые разновидности с большим содержанием кварца используются как строительный камень.

#### 4. Филлит

а) Чаще имеет светлую окраску, обусловленную присутствием тонких чешуек мусковита, серо-зелёную при содержании хлорита, тёмно-серую и чёрную при большом содержании графита.

Основные минералы: кварц, слюда, хлорит и др.

б) Имеет тонкую сланцеватость. По степени метаморфизма является переходным от глинистых к слюдяным сланцам.

в) Распространён на Урале, Кавказе, Сибири.

г) Характерен шелковистый блеск. Разновидности филлита, стойкие при выветривании и легко распадающиеся на тонкие плитки, используются как кровельный материал.

#### 5. Хлоритовый сланец

а) Зелёный или тёмно-зелёный. Состоит в основном из хлорита. Часто содержит тальк.

б) Строение сланцеватое, зернисто-сланцеватое. Образуется из ультраосновных пород. Залегаёт в виде пропластков.

в) Встречается на Урале и других местах.

г) Как строительный материал практически не применяется.

#### 6. Тальковый сланец

а) Белый или светло-зелёный. Состоит из талька, иногда с примесью хлорита, слюды, кварца.

б) Строение сланцеватое, легко колется на плитки. Образуется при метаморфизме основных пород и серпентина. Залегаёт в виде небольших пропластков.

в) Встречается на Урале и Туркменистане.

г) Имеет низкую твёрдость.

#### 7. Глинистый сланец

а) Окраска различная (серая, коричневая, тёмно-серая до чёрной). Иногда розовая, состоит из глинистых частиц с кварцевой пылью и примесью чешуек слюды.

б) Структура глинистая, текстура сланцеватая, отдельные компоненты невооружённым глазом неразличимы. Образуется на начальной стадии метаморфизации глинистых пород.

в) Встречается довольно часто (Кавказ, Алтай, Урал, Сибирь).

г) Полускальная порода,  $R_{сж} \approx 5$  МПа. Анизотропна по прочности. В воде не размокает, иногда разрушается по сланцеватости при резких колебаниях

температуры и влажности. Часто применяется как кровельный материал (шифер).

#### 8. Амфиболит

- а) Цвет от тёмно-серого, тёмно-зелёного до чёрного. Состоит из роговой обманки, в меньшей степени – из плагиоклаза.
- б) Структура полнокристаллическая. Текстура полосчатая, сланцеватая либо массивная. Залегаёт в виде слоёв. Образуется в результате метаморфизма основных магматических или доломитовых осадочных пород.
- в) Распространен в Карелии, на Украине, Урале и др.
- г) Порода прочная, твёрдая. Массивная разновидность используется в строительстве и каменнолитейной промышленности.

#### 9. Серпентинит

- а) Окрашен в различные оттенки зелёного цвета, почти до чёрного. Состоит из минерала серпентина, иногда примеси оливина, магнетита и др.
- б) Текстура массивная. Образуется из ультраосновных магматических пород.
- в) Встречается на Урале, в Сибири, на Кавказе.
- г) Красиво окрашенный серпентинит находит применение как декоративный и поделочный камень.

#### 10. Мрамор

- а) Белый (чистый без примесей), серый до чёрного, зеленоватый, розоватый, красный, кремовый. Окраска пёстрая, пятнистая в связи с разнообразием структуры, изменчивым содержанием примесей. Состоит в основном из кальцита и доломита: кальцитовый мрамор (легко вскипает от кислоты), доломитовый мрамор (вскипает в порошке), есть разновидности смешанного состава. Примеси: кварц, хлорит, слюды и др.
- б) Структура кристаллически-зернистая. Размер тесно сросшихся минеральных зёрен от долей миллиметра до 1–3 см. Текстура массивная. Залегаёт в виде слоёв, часто деформированных в сложные складки. Образуется при перекристаллизации известняков и доломитов.
- в) В Красноярском крае, на Урале, Карелии, Кавказе и др.
- г) Плотность 2,6–2,8 т/м<sup>3</sup>. Прочность 550–120 МПа. Коэффициент крепости 8.
- д) Сравнительно легко выветривается, особенно под воздействием воды и углекислоты. Применяется как прекрасный облицовочный, декоративный и скульптурный материал, хорошо полируется. Иногда используется как щебень для декоративного бетона.

#### 11. Кварцит

- а) Белый, светло-серый, серый. Яркую тёмно-малиновую, красновато-коричневую, розоватую окраску придаёт примесь гематита или лимонита. Состоит в основном из кварца: минералы-примеси, мусковит, гематит, роговая

обманка и др. Железистый кварцит содержит в большом количестве магнетит и гематит.

б) Структура в основном мелкозернистая, сложение очень плотное, и зёрна трудно различаются. Залегаёт в виде слоёв, иногда значительной мощности. Образуется из песчанистых пород при их метаморфизации.

в) Распространён в Карелии, на Урале, Алтае: железистые разновидности – на Украине.

г) Плотность 2,8–3,0 т/м<sup>3</sup>, прочность 120–250 МПа. Коэффициент крепости 15–20. Обладает высокой твёрдостью, плотная, кислото- и щелочестойкая порода. Обрабатывается с трудом. Кварцит без примесей используют для изготовления огнеупорного кирпича – динаса, как строительный и облицовочный материал. Красный кварцито-песчаник Шокшинского месторождения (Карелия) ценится как высокосортный облицовочный материал.

## 12. Яшма

а) Имеет окраску различных цветов и оттенков (красную, красно-бурую, коричневую, жёлтую, розовую, зелёную и др.). По характеру окраски выделяют одноцветные и пёстроцветные разновидности. Состоит из халцедона и кварца. Тонко распыленные и неравномерно распределённые примеси (хлорит, слюда, железистые

минералы, марганец и др.) обуславливают разнообразие и пестроту окраски породы.

б) Структура скрытокристаллическая. Текстура разнообразная. Залегаёт в виде линзовых тел, мощных толщ (десятки и сотни метров) небольшой протяжённости. Образуется из кремнистых пород.

в) Распространена на Южном Урале, Алтае и др.

г) Плотность 2,8 т/м<sup>3</sup>. Твёрдость высокая, при расколе часто образует острые осколки с режущими краями. Применяется как поделочный и декоративный камень. (<https://rep.bntu.by/handle/data/24812>)

### **3.Раздел контроля знаний**

#### **Примерная тематика рефератов для самостоятельной работы**

Современные полевые методы динамических испытаний грунтов.  
Особенности изучения свойств грунтов *in situ* на территориях городских агломераций.  
Современные методы исследования динамических свойств водонасыщенных грунтов  
Динамические свойства грунтов и их оценка при анализе вибраций фундаментов разного типа.  
Современные геофизические методы при инженерно-геологических изысканиях в области распространения многолетнемерзлых грунтов.  
Мировой опыт применения статического зондирования при инженерно-геологических исследованиях.  
Особенности и применимость метода динамического зондирования грунтов на территориях мегаполисов.  
Плывуны как основание сооружений и методы их исследования.  
Метод георадиолокации при решении инженерно-геологических задач.  
Современные полевые методы динамических испытаний грунтов.  
Метод малоглубинного частотного зондирования для решения инженерно-геологических задач на территориях городов различных инженерно-геологических условий.

#### **Методические рекомендации по организации и выполнению самостоятельной работы студентов**

При изучении дисциплины рекомендуется использовать следующие формы самостоятельной работы:

- самостоятельная работа в виде решения индивидуальных задач в аудитории во время проведения лабораторных занятий под контролем преподавателя в соответствии с расписанием;
- подготовка рефератов по индивидуальным темам, в том числе с использованием патентных материалов.

#### **Примерный перечень контрольных вопросов**

1. Какие существуют теории о происхождении Земли?
2. Какими методами изучают внутреннее строение Земли?
3. Какие геосферы Земли выделяют и каков их состав?
4. Каково строение земной коры? Ее мощность?
5. Как определяют абсолютный возраст горных пород?
6. Какие эры и периоды выделены в геохронологической колонке?

7. Дайте определение понятию «минерал».
8. Приведите классификацию минералов по химическому составу
9. Каким может быть происхождение минерала?
10. По каким физическим свойствам и внешним признакам определяют минералы?
14. Что называется горной породой?
15. Как образуются метаморфические породы?
16. Как образуются осадочные породы?
17. Как образуются магматические породы?
18. Назовите породообразующие минералы магматических, метаморфических, осадочных пород?
19. Дайте определение понятию «грунт».
20. Как классифицируют дисперсные грунты по гранулометрическому составу?
21. Какие существуют полевые методы определения свойств грунтов?
22. Какие виды воды находятся в грунте?
23. Приведите классификацию подземных вод по условиям залегания
24. Что называется водоносным горизонтом?
25. Классификация подземных вод по химическому составу.
26. Закон Дарси.
27. Геодинамическая зональность подземных вод.
28. Виды инженерно-геологических карт.
29. Виды инженерно-геологических классификаций геологических процессов и явлений. Значение классификаций.
30. Какие методы борьбы с заболачиванием Вы знаете? От чего зависит выбор методов?
31. Какие показатели используют для классификации песчано-глинистых пород на разновидности? Каким образом определяются эти показатели?
32. На каких участках, и с какой целью выполняется инженерно-геологическая разведка?
33. Назовите факторы, способствующие активизации оползней и подберите к ним противооползневые мероприятия.
34. Общая инженерно-геологическая классификация геологических процессов и явлений.
35. Понятие инженерно-геологических условий. Какие факторы условий Вы знаете, для чего они изучаются, каким образом оказывают влияние на изменение геодинамической обстановки.
36. Понятие о геологической среде и геодинамической обстановке.
37. Поясните основные закономерности развития геологических процессов на примере любого процесса из числа, изученных нами.
38. Сравните суффозию и карстообразование. Найдите сходства и различия.
39. Физическое выветривание горных пород, особенности его проявления.

## *Тестовые задания по курсу «Инженерная геология»*

1. Назовите количество геосфер Земли:

а) 4; б)3; в)7; г)5.

2. Какие процессы называют эндогенными:

- а) процессы внешней динамики Земли;
- б) процессы, связанные с деятельностью ледников;
- в) процессы внутренней динамики Земли;
- г) процессы разрушения горных пород.

3. Как называется подземная вода, залегающая на первом от поверхности водоупорном пласте:

а) артезианская; б) карстовая; в) болотная; г)грунтовая.

4.Какая наука изучает возраст горных пород:

- а) тектоника; б) стратиграфия; в) геохронология;
- г) геодинамика.

5. Кора выветривания это:

- а) глубина залегания горных пород; б) толща пород, где происходит выветривание; в) расстояние от водоупорного пласта до поверхности; г) расстояние от поверхности земли до УГВ.

6. Твердость минералов можно определить:

- а) по шкале Мооса; б) визуально; в) с помощью керамической пластины; г) с помощью химических реагентов.

7. Область питания и область распространения артезианских вод: а) различаются; б) совпадают; в) частично совпадают;

г) частично различаются.

8. В зоне аэрации находятся следующие виды воды:

- а) болотная; б) грунтовая; в) карстовая; г) трещинная.

9. Минералы класса сульфатов это:

а) пририт и халькопирит; б) тальк и каолинит; в) гипс и ангидрит; г) халцедон и магнетит.

10. Дислокации горных пород это:

а) вторичная форма залегания горных пород; б) слои горных пород в первоначальном положении; в) расположение слоев под сооружением; г) перемещение горных пород.

11. В каких единицах измеряется скорость движения подземной воды:

а) м<sup>3</sup>/сут.; б) л/с.; в) м/сут. г) м<sup>2</sup>/сут.

12. Горные породы магматического происхождения это:

а) мраморы; б) гнейсы; в) ракушечники; г) граниты.

13. Суффозия это:

а) механический процесс выноса частиц из горной породы; б) химическое растворение горной породы; в) перемещение обломков горной породы по поверхности текучими водами; г) накопление органических остатков.

14. Грунтовые воды перемещаются в недрах под действием: а) давления грунтовых масс; б) силы тяжести; в) поверхностных вод; г) атмосферных осадков.

15. Осадочные породы образуются из: а) магмы; б) разрушенных горных пород; в) при соприкосновении пород с магмой; г) при сдавливании горных пород в процессе тектонических подвижек в земной коре.

16. Для буровой скважины с поверхностью земли всегда совпадает отметка: а) забоя; б) стенок скважины; в) устья; г) ствола скважины.

17. Количество главных групп горных пород: а) 4; б) 5; в) 2; г) 3.

18. Абсолютный возраст горной породы соответствует:

а) возрасту конкретной геологической эпохи; б) возрасту породы по отношению к другим породам; в) возрасту породы с момента ее образования; г) возрасту Земли.

19. Оползень это: а) мгновенное смещение горных пород; б) дробление и вращение пород на склоне; в) скользящее смещение пород по склону; г) тоже, что и лавина.

20. К механическим обломкам относят: а) кварциты; б) валуны; в) известняки; г) мергели.

21. Горные породы объединены в классы по: а) внешним признакам; б) генезису; в) форме; в) размерам.

## Список литературы

### Основная литература

1. Ананьев, В.П. Инженерная геология и гидрогеология / В.П. Ананьев, Л.В. Передельский. – М.: Высшая школа, 1980. – 271 с.
2. Бондарик, Г.К. Инженерно-геологические изыскания: учебник/ Г.К. Бондарик, Л.А. Ярг. - М.: КДУ, 2008.-424 с.
3. Добров, Э.М. Инженерная геология: учебное пособие для ВУЗов / Э.М. Добров. – М.: Academia, 2008. – 218 с.
4. Емельянова, Т.Я. Инженерная геодинамика. Учебное пособие / Т.Я. Емельянова. – Томск, Изд-во ТПУ, 2005. –133с.
5. Кац, Д.М. Основы геологии и гидрогеология / Д.М. Кац. – М.: Колос, 1981. – 351 с.
6. Кирюхин, В.А. Общая гидрогеология. Учебник для вузов / В.А. Кирюхин, А.И. Коротков, А.Н. Павлов. – М.: Недра, 1988. – 360с.
7. Ломтадзе, В.Д. Инженерная геология. Инженерная геодинамика / В.Д. Ломтадзе. – Л.: Недра, 1977. – 479 с.
8. Мильничук В.С., Арабаджи М.С. Общая геология: Учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1989. – 333 с.
9. Чувакин, В.С. Основы инженерной геологии. Учебное пособие / В.С. Чувакин. – Томск: Изд-во ТГУ, 2003.–101с.
10. Шварцев, С.Л. Общая гидрогеология. Учебник для вузов / С.Л. Шварцев. – М.: Недра, 1996. – 423с.
11. Инженерная геология: лабораторный практикум для студентов строительных специальностей / сост. Т. М. Уласик ; Белорусский национальный технический университет, Кафедра "Геотехника и экология в строительстве". – Минск : БНТУ, 2016. - 45, [1] с. : цв. ил. .

### Дополнительная литература

1. Викарук, Л.Н. Лабораторные работы по курсу "Инженерная геология" для студентов строительных специальностей / Л.Н. Викарук, И.Г. Лукинская, Л.К. Морозова, М.М. Борисевич. — Мн., БПИ, 1990.- 40 с.
2. Емельянова, Т.Я. Экологическая инженерная геология. Учебное пособие / Т.Я. Емельянова, П.П. Ипатов. – Томск, Изд-во ТПУ, 1995. –80с.
3. Короновский Н.В., Якушова А.Ф. Основы геологии: учебник для вузов. – М.: Высшая школа, 1991. – 452 с.
4. Ломтадзе, В.Д. Словарь по инженерной геологии / В.Д. Ломтадзе. – СПб.: Санкт-Петербургский горный институт (университет), 1999. – 360 с.
5. Пешковский, Л.М. Инженерная геология / Л.М. Пешковский, Т.М. Перескокова. – М.: Высшая школа, 1982. – 341 с.
6. Поликарпова Н.Н. Общая геология: учеб.–метод. пособие для студентов заочной формы обучения по специальности «Горный инженер». – Минск: БДПА, 2001. – 70 с.
7. Фролов, А.В. Инженерная геология: учебник для техникумов / А.Ф. Фролов, И.В. Коротких. – М.: Недра, 1990. – 412 с.