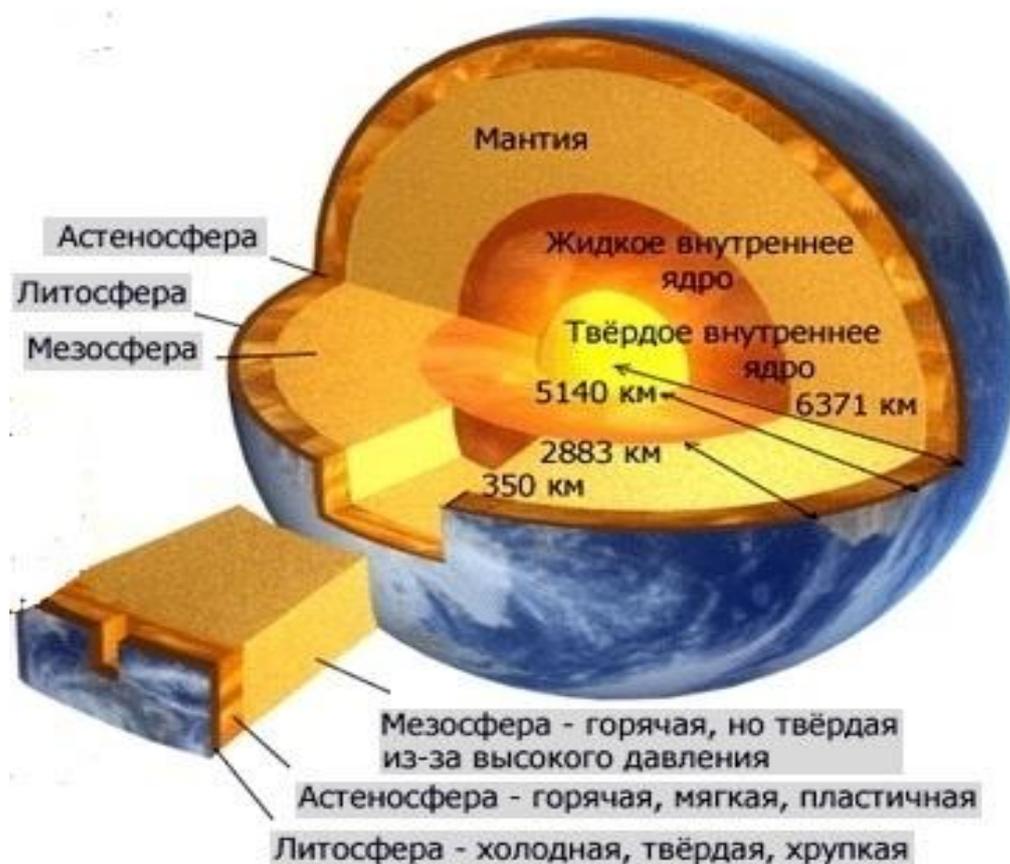


В.Н. Слюсарев, В.И. Терпелец, А.В.Осипов

Посвящается
90-летию Кубанского ГАУ

ГЕОЛОГИЯ

Учебное пособие



Краснодар
2012

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РФ
ФГБОУ ВПО
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Посвящается
90-летию Кубанского ГАУ

В.Н. Слюсарев, В.И. Терпелец, А.В.Осипов

ГЕОЛОГИЯ

Учебное пособие

Краснодар
2012

УДК 551.1 (075.8)
ББК 26.3
С 47

Рецензенты:

Л.М.Онищенко – канд. с.-х. наук, профессор кафедры агрохимии
Кубанского государственного аграрного университета

А.П.Пинчук – канд. с.-х. наук, доцент кафедры кадастра и геоинженерии
Кубанского государственного технологического университета

Слюсарев В.Н.

Геология: учеб. пособие / В.Н. Слюсарев, В.И. Терпелец, А.В. Осипов.
Краснодар: КубГАУ, 2012. – 131 с.

ISBN

Учебное пособие разработано в соответствии с требованиями Государственного образовательного стандарта для подготовки бакалавров сельского хозяйства по направлению 110100.62 «Агрохимия и агропочвоведение», 110400 «Агрономия», 110500 «Садоводство», бакалавров экологии и природопользования по направлению 022000 «Экология и природопользование», а также по направлению 110100.68 «Агрономическая оценка земель», квалификация - магистр сельского хозяйства.

УДК 551.1 (075.8)
ББК 26.3

© Слюсарев В.Н., Терпелец В.И., Осипов А.В., 2012
© ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный аграрный университет», 2012

Содержание

Введение	4
1. Земля, её форма, строение, состав и место в Солнечной системе	6
1.1. Вселенная, галактика, солнечная система	6
1.2. Форма Земли, её геологические оболочки и поля	7
1.2.1. Внешние геосферы Земли	7
1.2.2. Внутренние геосферы Земли и методы их изучения	8
1.3. Биосфера	9
2. Основы минералогии	10
2.1. Классы минералов и их краткая характеристика	11
2.2. Свойства почв определяемые минералогическим составом	29
3. Основы петрографии	37
3.1. Классификация и характеристика магматических горных пород	40
3.2. Классификация и характеристика осадочных горных пород	43
3.3. Классификация и характеристика метаморфических горных пород	48
4. Основы динамической геологии	55
4.1. Эндогенные геологические процессы	55
4.2. Экзогенные геологические процессы	57
4.2.1. Геологическая работа ветра	60
4.2.2. Геологическая деятельность поверхностных текучих вод	61
4.2.3. Геологическая работа подземных вод	64
4.2.4. Геологическая деятельность морей и океанов	67
4.2.5. Геологическая деятельность озёр и болот	69
4.2.6. Геологическая работа ледников	71
4.2.7. Антропогенные воздействия на горные породы и их массивы	73
5. Основные сведения из геоморфологии	81
6. Геологическая картография с основами геохронологии и стратиграфии	84
6.1. Методы определения относительного возраста горных пород	84
6.2. Абсолютный возраст горных пород и методы его определения	85
6.3. Геохронологическая и стратиграфическая шкалы	86
6.4. Геологические карты	88
7. Основы гидрогеологии	97
7.1. Круговорот воды в природе	97
7.2. Виды воды в горных породах	99
7.3. Движение воды в горных породах, понятие о подземных водах	101
7.4. Происхождение и закономерности движения подземных вод	103
7.5. Свойства горных пород по отношению к воде	105
7.6. Основные типы подземных вод и их характеристика	107
7.7. Физические свойства подземных вод	110
7.8. Состав подземных вод и показатели, характеризующие их состояние	112
7.9. Гидрогеологическая съемка и картирование	116
7.10. Понятие о минеральных, промышленных и термальных водах	117
Требования к качеству подземных вод	117
8. Экологические проблемы основных экзогенных геологических процессов Краснодарского края	120
Литература	131

Введение

Минералы являются главной составной частью твёрдой фазы почв, так как на их долю приходится в среднем 95-98% её массы. Этим определяется важность изучения свойств почв на минералогическом уровне.

Почвоведение возникло и развивалось долгое время в системе геологических наук, а его основоположник В.В. Докучаев по образованию был геологом. Литологический фактор он включил в число природных факторов почвообразования.

Здесь уместно сослаться на замечание И. А. Соколова (2004г.), что, в отличие от остальных факторов (климат, рельеф, растительность, абсолютный и относительный возраст), которые, в основном, определяют механизм и темпы почвообразования, минеральный субстрат создаёт ещё и ту вещественную основу, в массе которой формируется почвенный профиль.

Почвенная минералогия рассматривается как своеобразная анатомия почв, её проблемы обсуждаются на Всероссийских съездах Докучаевского общества почвоведов, на Международных конгрессах почвоведов.

Перечислим основные положения, характеризующие роль минералов в почвах.

1. Минералогический состав определяет валовой (элементный) химический состав почв, в том числе содержание биологически важных элементов Р, К, Са, Mg, Na, микроэлементов, кроме азота, носителем которого является гумус. В этом заключается ресурсная экологическая функция минералов.

2. Глинистые минералы являются носителями физико-химической поглотительной способности. Чем сильнее она выражена, тем плодороднее почва.

3. С минералогическим составом связаны важнейшие физические и технологические свойства почв: гранулометрический состав, плотность, плотность твёрдой фазы, гидрофильность, пептизация, набухание, пластичность, крошение, удельное сопротивление обработке, способность к структурообразованию, теплоёмкость, теплопроводность и так далее.

4. Минералы материнских пород вносят вклад в энергетический баланс почвообразования, так как они обладают поверхностной энергией и энергией кристаллических решёток.

5. Превращение минеральных соединений обуславливает эволюцию, саморегулируемость и устойчивость почв к негативным антропогенным воздействиям.

6. Глинистые минералы, возможно, являются катализаторами превращения органических веществ в почвах. Например, монтмориллонит

способствует полимеризации фенольных соединений, Са-иллит, Са-монтмориллонит - синтезу гуминовых и фульвокислот из фенольных компонентов, каолинит - полимеризации аспарагиновых кислот и серина (Т.А. Зубкова, 1989).

Изучение минералогического состава необходимо не только для понимания свойств, но также и особенностей генезиса почв, так как минералогический состав создаёт предпосылки для различной интенсивности и направленности почвообразовательных процессов - гумусово- аккумулятивного, внутрипочвенного выветривания, лессиважа, оподзоливания, оглеения, бурозёмообразования и других. Этим определяется важность учёта минералогического состава при классификации почв. В. М. Фридланд (1982), И. А. Соколова (2004) предложили рассматривать минералогический и гранулометрический состав почв как самостоятельный объект почвенной классификации.

Современная классификация почв России (2004) учитывает минералогические свойства почв прямо или косвенно на всех таксономических уровнях, а также при диагностике генетических горизонтов по процессам миграции и аккумуляции оксидов железа, карбонатов, глинисто-гумусовых соединений.

Если учесть, что возраст большинства минералов мезо-кайнозойский, то есть исчисляется десятками и сотнями миллионов лет, то разрушение почвы при нерациональной антропогенной деятельности можно рассматривать как потерю невозобновимого природного ресурса.

1. Земля, её форма, строение, состав и место в Солнечной системе

1.1. Вселенная, галактика, солнечная система

Вселенная – это весь мир безграничный в пространстве и времени, бесконечно разнообразный по тем формам, которые принимает материя в процессе своего развития. Структура Вселенной представлена комбинациями следующих групп:

1. Звезды образуют системы, подобно солнечной и входят в состав Галактики
2. Галактики объединяют в сверхсистемы, из которых построена Метагалактика. В настоящее время для человечества она является наиболее крупной структурной единицей Вселенной.

Наша галактика – Млечный путь. Это типичная звездная система массой $m=10^{12}$ масс Солнца. Она обладает спиральными ветвями, которые берут начало из четырех точек центрального кольца, выброшенных из центра Галактики. Вещество Галактики близко к солнечному. Оно распространяется двумя веерообразными потоками. Затем конденсируется в газопылевые облака, кометы и звезды.

Солнечная система и ее состав. Центром и звездой ее является Солнце, в котором заключено 99,78% массы всей солнечной системы. В состав солнечной системы входят 9 больших планет вместе с их 34 спутниками и более 100 000 астероидов (самые крупные: Церера, Паллада, Веста, их диаметр, соответственно, составляет 770км, 490км, 378км). Кроме выше перечисленных компонентов в составе нашей системы присутствует порядка 10^{11} комет и бесчисленное множество метеоритных тел.

Планеты Солнечной системы по массе, составу, плотности, скорости вращения и количеству спутников делятся на две группы:

- 1) Планеты близкие к Солнцу называются внутренними или планетами земной группы (Меркурий (расстояние от Солнца 58 млн. км), Венера (среднее расстояние от Солнца 108 млн. км, Земля (ср. расстояние от Солнца 150 млн. км), Марс (Фобос и Деймос). В их составе преобладает химические элементы с большим удельным весом. Они имеют небольшие размеры, медленно вращаются и высокую плотность (4-5 г/см³).
- 2) Планеты удаленные от Солнца (гиганты) **Юпитер** (13 спутников, первые четыре Ио, Европа, Ганимед, Каллисто открыл ещё Галилей) – **Сатурн** (10 спутников: Мимас, Энцелад, Тетис, Диона, Рея, Титан, Гиперион, Япет, Феба, Янус) – **Уран** (5 спутников: Миранда, Ариэль, Умбриэль, Титания, Оберлон) - **Нептун** (Тритон, Нереида) – **Плутон** (1 спутник). В их составе преобладают вещество с малым удельным весом (H, N). Они

имеют большие размеры, малую плотность и быстрое вращения вокруг своей оси.

1.2. Форма Земли, её геологические оболочки и поля

Форма Земли – геоид, т.е. неправильный эллипсоид. Экваториальный радиус равен 6378км. Полярный радиус равен около 6357 км. Поверхность 510 млн. км². Объем равен $1,08 \times 10^{12}$ км³, масса Земли равна $5,925 \times 10^{27}$ т. Её физические поля: гравитационное, магнитное, тепловое, электрическое, радиационное.

Земля, как и другие планеты Солнечной системы, имеет ярусное или оболочное строение и состоит из нескольких оболочек: внешние (атмосфера, гидросфера), внутренние (земная кора, мантия и ядро). Особое значение имеет биосфера.

1.2.1. Внешние геосферы Земли

Атмосфера – газообразная оболочка Земли, состав которой в приземных слоях: азот 78,1%, кислород 21%, аргон 1%, углекислый газ 0,035%. На все другие газы приходится 0,01%. Атмосфера делится на три слоя: тропосфера, стратосфера и ионосфера.

Тропосфера сосредотачивается от 0 до 16 км, этот слой вращается вместе с Землей и в нем преобладают западные ветры и здесь совершается круговорот газов. Стратосфера от 16 до 60 км вверх, температура 0°С, а за пределами 40 км возрастает до +15° С. В ней наблюдается активная вертикальная циркуляция воздуха. Важной особенностью является наличие озонового слоя. На высоте около 30 км, где наблюдается концентрация озона (толщина слоя 0,5 см), кроме этого встречаются перламутровые облака, это зоны с повышенной влажностью.

Ионосфера 60 – 80 км и более, преобладание азота над кислородом, температура колеблется от +5° до –90° С. Характерна повышенная ионизация газов, вещество которой на границе образуют серебристые облака (мельчайшее скопление ледяных кристаллов).

Гидросфера – прерывистая оболочка земного шара, представляет совокупность океанов, морей, ледников, озер, рек. Средняя температура воды океана 4°С, средняя минерализация морской воды 3500 мг/л солей. Средняя минерализация речных вод 89 мг/л, по ионному составу воды рек гидрокарбонатные, а воды морей хлоридные. Общий объем гидросферы 1,5 миллиарда кубических километров. Из них 94% составляют воды мирового океана; 1,64% ледники; 0,5% - озера; реки и водяные пары.

Вода в руслах рек меняется каждые 12 суток или 30 раз в год. В озерах через 10 лет. Характерной чертой для гидросферы является круговорот воды – это процесс, с которым связано естественное опреснение водных ресурсов,

распределение воды на суше, обеспечение пресной водой растений, животных, человека. С круговоротом воды на Земле связаны эрозионные процессы, а также формирование рельефа Земли. Последние десятилетия наблюдается увеличение воды в океане и сокращение запасов воды на ледниках.

1.2.2. Внутренние геосферы Земли и методы их изучения

Для изучения внутренних геосфер Земли используют как прямые геологические методы исследования, так и косвенные. Одним из косвенных методов является использование сейсмических волн. Для регистрации используются приборы сейсмографы, которые фиксируют следующие характеристики сейсмических волн: амплитуду, длину, объем распространения.

Сейсмические волны подразделяются на:

- 1- Продольные или первичные (P), которые представляют собой череду сжатия и растяжения веществ в направлении распространения волн.
- 2- Поперечные или вторичные (S), представляют собой череду сдвигов в направлении, перпендикулярном распространению волн.
- 3- Поверхностные (L), распределяются только в приповерхностной части земной коры.

Поперечные волны не распространяются в жидкостях, поэтому если через вещество проходят все виды волн, то делается заключение, что оно твердое. Скорость распространения сейсмических волн увеличивается с возрастанием плотности вещества.

Земная кора по типу строения делится на две части: материковая и океаническая. Материковая состоит из 3 слоев:

-осадочный, представлен мелкими слоистыми породами, скорость распространения сейсмических волн (V) до 5,5 км/сек

-гранитный слой представлен более плотными породами, объем распространения сейсмических волн (V 5,5 – 6,5 км/сек). Состоит из пород насыщенных кварцем. Верхняя часть представлена гранитом, а нижняя представлена метаморфизированными породами (сланцы, гнейсы). Мощность слоя от 8 до 35 км.

-базальтовый слой состоит из черных наиболее плотных пород без кварца (V > 6,5 км/сек).

Океанический тип строения земной коры представлен только осадочным и базальтовым слоями.

Мантия – это самая мощная оболочка Земли (3400 км) состоит из 3 зон:

-верхний слой (33-400 км)

-слой средняя мантия переходная зона (400-1000 км)

-нижняя мантия – мощность (1000-2900 км)

Ядро имеет радиус 1250 км. Французский учёный Буллен по скорости прохождения сейсмических волн выделил в строении ядра 3 зоны: E слой – внешнее ядро (2900-4800 км), F слой- переходная зона (4800-5120 км), G слой – внутреннее ядро (5120-6370 км).

1.3.Биосфера

Биосфера – это область обитания организмов или сфера занятая живым веществом. Особенностью биосферы является то, что она пронизывает 3 геосферы Земли: проникает в атмосферу до озонового слоя (22-25 км); захватывает всю гидросферу (11 км); распространяется на верхнюю часть Земли (3-4 км в глубину).

В своём учении о биосфере В.И. Вернадский выделил её главные черты:

- 1.Обязательное существование живого вещества в форме микроорганизмов, растений и животных.
- 2.Тесная связь живых веществ с окружающей средой.
- 3.Постоянный энергетический обмен с космосом.

Роль биосферы:

1. Осуществляет круговорот азота и кислорода на Земле.
2. Под влиянием компонентов биосферы на поверхности Земли образовался почвенный покров – педосфера.
3. Биосфера – трансформатор и аккумулятор солнечной энергии в виде органического вещества почвы – гумуса, органогенных осадочных горных пород (торф, нефть, уголь, газы).
4. С биосферой связано формирование минералов и горных пород (фосфориты, известняки и др.).

Вопросы для самоконтроля

1. Каково пространственное положение Земли в Солнечной системе?
2. Каково происхождение и как образовались планеты Солнечной системы?
3. Каковы форма, размеры и истинное название фигуры Земли?
4. Каковы физические свойства и химический состав Земли?
5. Как называются внешние и внутренние оболочки Земли?
6. Какое строение имеет земная кора?
7. Какое значение для образования почвы имеет биосфера?

2. Основы минералогии

Программа обучения студентов агробиологических и экологических специальностей предусматривает освоение дисциплины «Геология», основной целью которой является закладка основ геологической грамотности студентов, приобретение ими знаний элементов минералогии, петрографии, геоморфологии, гидрологии, динамической и исторической геологии для последующего изучения дисциплины «Почвоведение». При изучении основ минералогии необходимо акцентировать внимание студентов на изучении главных породо-, рудо- и почвообразующих минералов, для чего, прежде всего, рассматриваются физические свойства минералов, по которым они диагностируются.

Почвообразование в узком смысле это трансформация минерального субстрата почвообразующих пород - под действием факторов почвообразования. Почвообразующие породы представляют собой закономерные ассоциации минеральных агрегатов, и от свойств последних зависит скорость и интенсивность почвообразования, специфика свойств формирующихся и сформировавшихся почв, их биосферные и биогеноценотические функции.

Минералы - это химические соединения или самородные элементы, которые образовались в результате физико - химических процессов, происходящих в глубине земной коры или на ее поверхности.

Насчитывают более 3000 минералов, основная масса которых находится в твердом состоянии, но есть жидкие и газообразные.

Все многообразие минералов образуется в результате следующих процессов:

- магматическое (эндогенное) минералообразование - из силикатного расплава, поступающего из глубины Земли и последующей его дифференциации по мере остывания;
- экзогенное минералообразование (минералообразование при выветривании) из пород магматического и метаморфического генезиса при выходе их на дневную поверхность;
- органогенное минералообразование - образование минералов с участием организмов;
- метаморфическое минералообразование из магматических и осадочных пород при высоких температуре и давлении.

В почвоведении принято дополнительно разделять минералы по генезису на две группы:

- **первичные минералы** (эндогенного происхождения), образуются в глубине земной коры и входят в состав магматических горных пород,

-вторичные минералы (экзогенного происхождения), возникли из первичных при их разрушении (выветривания) к ним относят минералы гидроксиды, глинистые минералы, а также простые соли.

Все минералы систематизировались по химическому свойству в 5 основных классов, однако известно, что среди минералов нет химически чистых веществ. Причиной непостоянства химического состава минералов является изоморфизм - замещение элементов в кристаллической решетки без ее нарушения.

2.1. Классы минералов и их краткая характеристика

Самородные элементы - состав представляет только одним химическим элементом и поэтому в природе находят в свободном состоянии (графиты, алмазы, серебро) всего около 50 (0,1% массы земной коры). Они в основном не имеют почвообразующего значения.

Сульфиды – это производные сероводородной кислоты, являются рудами важнейших минералов. Сульфиды имеют металлический блеск, дают темную черту. Цвет сульфидов постоянный, минералы с металлическим блеском тяжелые, с неметаллическим - легкие. При выходе на поверхность они быстро окисляются и переходят в кислородные соединения. К ним относятся пирит - FeS_2 , халькопирит - CuFeS_2 , сфалерит- ZnS , галенит- PbS , киноварь - HgS . В земной коре по массе они составляют 0,25%.

Окислы и гидроокислы. К ним относятся около 200 кислородных и водных соединений металлов и металлоидов, доля которых в литосфере составляет примерно 17% по массе. Наиболее распространены окислы кремния и гидроокислы железа. Минералы этого класса обладают значительными различиями по физико-механическим свойствам. Блеск у окислов и гидроокислов бывает металлический и неметаллический. Минералы с металлическим блеском имеют большую плотность, тяжелые, цвет и черта постоянные, напоминают сульфиды и имеют прочное кристаллическое строение. Минералы с неметаллическим блеском - цвет непостоянный, черты нет и внешне схожи с карбонатами, сульфатами и фосфатами. Представителями этого класса минералов включают несколько групп:

- 1) Окислы и гидроокислы кремния (кварц, халцедон, яшма, агат, кремний - SiO_2) опал - $\text{SiO}_2 \times n\text{H}_2\text{O}$.
- 2) Окислы и гидроокислы железа (гематит – Fe_2O_3 , магнетит - Fe_3O_4 , лимонит- $\text{Fe}_2\text{O}_3 \times n\text{H}_2\text{O}$.
- 3) Оксиды и гидроокислы алюминия (Al_2O_3 - корунд (чистыми корундами являются рубин и сапфир). $\text{Al}_2\text{O}_3 \times n\text{H}_2\text{O}$ - боксит.
- 4) Окись марганца MnO_2 - пиролюзит.

Галоидные соединения- это соли галогенопроизводных кислот (HCl, HF) NaCl – галит, KCl-сильвин, CaF₂- флюорит. Их содержание в литосфере составляет около 100 минералов. В засоленных почвах они составляют иногда заметную долю, и преобладают в основном хлориды. Галоиды имеют неметаллический блеск, обладают средней твердостью и непостоянным цветом, черта светлая, хорошо растворимы в воде, имеют вкус.

Соли кислородсодержащих кислот. К нему относится почти 2/3 всех известных минералов. Это производные угольной (H₂CO₃), серной (H₂SO₄), ортофосфорной (H₃PO₄), азотной (HNO₃), кремниевой (H₂SiO₃) кислот. Осадочного и гидротермального происхождения.

1) **Карбонаты.** CaCO₃ – кальцит, MgCO₃ магнезит, CaCO₃×MgCO₃- доломит, FeCO₃ - сидерит, CuCO₃×Cu(OH)₂ - малахит. Они составляют 1,7 % веса литосферы и представлены, примерно, 80 видами минералов. Минералы этой группы имеют неметаллический блеск, среднюю твердость. Специфическим признаком класса карбонатов является реакция с соляной кислотой с выделением CO₂ (на холоде и при нагревании). Все карбонаты относятся к категории легких и дают черту. Карбонаты образуют распространенные горные породы - известняк, доломит, мрамор.

2) **Сульфаты** - соли серной кислоты - H₂SO₄, составляют, примерно, 0,1 % массы литосферы. Блеск сульфатов неметаллический, они не царапают стекло, имеют светлую окраску и белую черту. Сульфаты по внешнему виду напоминают карбонаты, но не реагируют с HCl. Сульфаты бывают водные и безводные. Типичные минералы группы сульфатов: CaSO₄× 2H₂O - гипс, CaSO₄ - ангидрит.

3) **Фосфаты.** Фосфаты - соли фосфорной кислоты - H₃PO₄. Фосфаты составляют 0,1 % земной коры. Минералы этой группы имеют неметаллический блеск, непостоянный цвет. В отличие от карбонатов фосфаты не реагируют с HCl, а в отличие от сульфатов не дают белую черту. Представителями этой группы минералов являются: Ca₅(F,Cl)(PO₄)₃ – апатит, фосфорит - Ca₅(PO₄)₃(F, OH)₂, состав примерно такой же, как у апатита, но имеются примеси глины, песка.

4) **Силикаты.** Производные кремниевой кислоты (H₂SiO₃). Основной элемент кристаллохимической структуры силикатов - кремнекислородный тетраэдр (ККТ). В зависимости от способов соединения кремнекислородных тетраэдров они делятся на группы: 1) цепочные, 2) ленточные, 3) листовые, 4) островные, 5) каркасные (полевые шпаты, фельдшпаты, плагиоклазы). Минералы группы силикатов наиболее распространенные в земной коре. Сочленение обусловлено тем, что ячейка ККТ имеет свободные валентности кислорода (рис. 1).

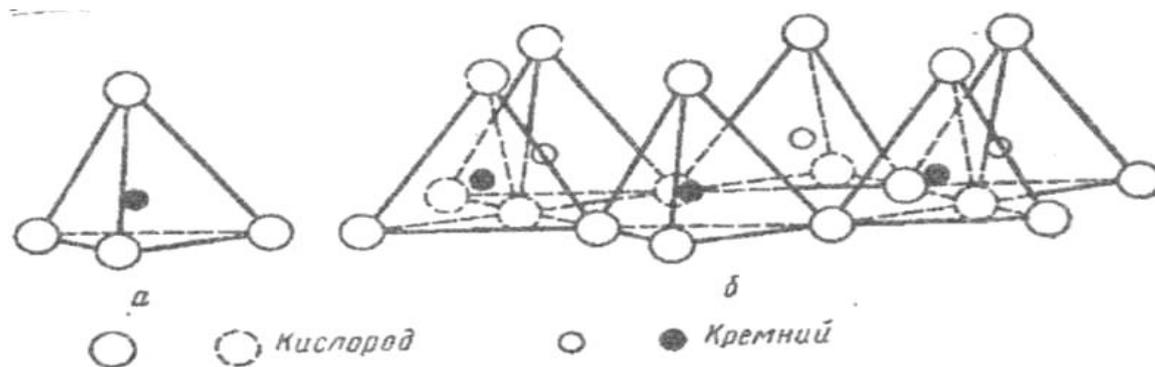


Рис. 1. Отдельный кремнекислородный тетраэдр (а) и сетка, состоящая из кремнекислородных тетраэдров (б).

Нитраты: NaNO_3 - чилийская селитра, KNO_3 – индийская селитра.

Первичные минералы образуются в глубине земной коры и входят в состав магматических горных пород .

Вторичные минералы возникли из первичных при их разрушении (выветривания) к ним относят минералы гидроксиды (лимонит, опал, боксит), глинистые минералы (монтмориллонит, каолинит), а также простые соли (гипс, кальцит).

Диагностика минералов — основа любого геологического исследования, необходимое звено в общем процессе поисков и разведки месторождений. Общеизвестно, что в первую очередь определение любого образца во время проведения полевых или лабораторных работ осуществляется визуально с помощью небольшого набора легко фиксируемых свойств и характеристик: 1). Окраска, 2). Цвет черты, 3).Твердость, 4). Блеск, 5). Прозрачность, 6).Спайность, 7).Излом, 8).Плотность, 9). Особые свойства минералов.

Эти стандартные свойства минералов вместе с другими их характеристиками и признаками сводятся обычно в таблицы-определители, которые до сегодняшнего дня являются наиболее часто используемыми и широко распространенными диагностическими справочниками. В каждом из них предлагаются собственные схемы диагностики минералов, включающие в себя и физические свойства, и морфологические признаки, и нередко элементарные химические реакции. Один из вариантов такой схемы предлагается в табл. 2.

Таблица 2 - Характеристика главных пород-, рудо- и почвообразующих минералов

№ п/п	Класс, группа	Название минералов	Химический состав	Твёрдость	Блеск	Цвет	Цвет черты	Излом и спайность	Плотность, г/см ³	Практическое значение	Диагностические признаки	Происхождение
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Самородные элементы	Графит	C	1	Полуметаллический, жирный	Стально-серый до чёрного	Серовато-чёрная, блестящая	Мелкозернистый; весьма совершенная в одном направлении	2,2	Употребляется для изготовления карандашей, плавильных тигелей, электроприборов	Жирный на ощупь, пачкает руки, пишет на бумаге	Образуется в извержённых горных породах, при восстановительных процессах в условиях высоких температур. Может являться продуктом метаморфоза каменных углей.
2	То же	Сера	S	1,5	Жирный, просвечивает	Жёлтый	Слабая, светло-жёлтая	Раковистый; несовершенная	2	В резиновой, химической промышленности, в медицине, в электротехнике, для отбеливания тканей	Мягкий, желтый и зеленовато-бурый цвет. При трении электризуется, горючий	При распаде сернокислых соединений в присутствии органических веществ. Выделяется в кратерах вулканов из возгоняющихся паров и сероводорода, может образоваться при разложении сульфидов.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
3	Сульфиды	Пирит (серный колчедан, железный колчедан)	FeS_2	6-6,5	Сильный металлический	Соломенно-жёлтый, золотистый	Зеленова-то-чёрная	Неровный, раковистый; несовершенная	4,9-5,2	Употребляется для производства серной кислоты	От халькопирита отличается соломенно-желтым цветом, высокой твёрдостью и формой кристаллов	Может образоваться в контактово-метаморфических породах при разложении остатков животных и растений в осадочных породах при гидротермальных процессах.
4	»	Сфалерит (цинковая обманка)	ZnS	3,9 - 4,0	Алмазный	Бурый, коричневый, серый до черного	Коричневая, бурая	Совершенная	3,9 - 4,7	Применение – цинковая руда	Красивый алмазный блеск	Происхождение – гидротермальное
5	»	Галенит (свинцовый блеск)	PbS	2 – 3	Металлический	Свинцово-серый	Черная	Совершенная в трех направлениях (по граням куба).	7,4-7,6	Применение – свинцовая руда.	Свинцовый цвет	Происхождение – гидротермальное.
6	»	Халькопирит (медный колчедан)	CuFeS_2	3,5 - 4	Сильный металлический, иногда с радужной побежалостью	Латунно-жёлтый, зеленова-то-золотистый	Зеленова-то-чёрная	Неровный, весьма несовершенная	4,1-4,3	Богатая медная руда	Характерна розовато-фиолетовая побежалость от пирита отличается по твёрдости и цвету	Выделяется при пневматолитовых и гидротермальных процессах, реже образуется из поверхностных вод при вторичном обогащении.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
7	Окислы	Кварц (прозрачный-горный-хрусталь, фиолетовый-аметист, дымчатая разновидность-дымчатый кварц, чёрный кварц морион).	SiO ₂	7	Стекланный на гранях кристалла, жирный на изломе	Белый, дымчатый, розовый, бесцветный, чёрный	Не даёт черты	Раковистый; спайности нет	2,6	Используются в оптике, радиотехнике, ювелирном деле, металлургической, фарфоровой и стеклянной промышленности	Отличается характерной формой и твёрдостью в плотных агрегатах, отсутствием спайности, раковистым и жирным блеском	Имеет магматическое, гидротермальное происхождение, встречается в пустотах среди пегматитов. При экзогенных процессах образуется при дегидратации и раскristаллизации гелей кремнезёма.
8	Окислы	Халцедон	SiO ₂	6,5	Мутно жирный, матовый	Светло-серый, голубоватый	Не даёт черты	Раковистый; спайности нет	2,6	Полосчатые разности (агаты) употребляются в ювелирном деле, в точной механике и часовом механизме	От похожих на него опала и скрытокристаллического флюорита отличается по твёрдости	Образуется при раскristаллизации гелей кремнезёма, а также выпадает из низкотемпературных гидротермальных растворов.
9	»	Гематит (скрыто кристаллический – бурый железняк, явно железный блеск)	Fe ₂ O ₃	5,5	Металловидный с синеватым отливом, матовый у землистых разностей	От красно-бурого до железно-чёрного	Вишнёво-бурая	Раковистый или землистый; спайности нет	4,9-5,3	Высококачественная железная руда	Вишнёво-красная и бурая черта	Встречается в метаморфических породах как продукт дегидратации гидроокислов железа, образуется при гидротермальных процессах.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
10	»	Магнетит (магнитный железняк)	$Fe_2O_3 \cdot FeO$ или Fe_3O_4	5,5 - 6,5	Металлический	Железо-чёрный	Чёрная	В кристаллах, в сплошных массах, зернистый; несовершенная	4,9-5,2	Высококачественная железная руда	Характерен магнитными свойствами, действует на стрелку компаса	Породообразующий минерал основных магматических пород, имеет также контактово-метаморфическое и реже гидротермальное происхождение.
11	»	Корунд (красная разновидность - рубин , синяя - сапфир , мелкозернистая темная - наждак)	Al_2O_3	9	Стеклянный	Голубоватый, синий, серый, бурый	Черты не даёт	Неровный, отдельность по ромбоэдру; несовершенная	3,9-4	Употребляется для шлифовки металлов, как точильный камень (наждак). Прозрачные разновидности - рубин и сапфир-драгоценные камни	Высокая твердость	Встречается главным образом среди метаморфических пород, в пегматитовых жилах и в зонах контакта магмы с основными магматическими породами.
12	»	Пирролюзит	MnO_2	2 — 6	От полуметаллического до матового	Темно-серый до черного	Черный	Совершенная в одном направлении	4,7 — 4,8	Применение - марганцевая руда	Сильно пачкает руки	Происхождение осадочное

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
13	Водные окислы	Боксит	$Al_2O_3 \cdot nH_2O$ с примесями железа, кремния, титана	1—4	Матовый	Белый, серый, розовый, красный	Бледные серые цвета	Зернистый	2,5	Применение — алюминиевая руда, входит в состав почв		Происхождение осадочное
14	Водные окислы	Опал	$SiO_2 \cdot nH_2O$	5,5 - 6,5	Жирный, тусклый, иногда слабо стеклянный	Белый, желтый, серый, синий, бурый, просвечивает, полупрозрачный	Черты не даёт	Раковистый	2,2-2,3	Благородный опал-поделочный камень	От халцедона отличается меньшей твёрдостью и жирным блеском	Образуется из водных растворов кремнезёма в приповерхностных условиях.
15	То же	Лимонит (бурый железняк)	$Fe_2O_3 \cdot nH_2O$	5-1	Матовый, полуметаллический	Ржаво-жёлтый, бурый, темно-бурый	Жёлто-бурая, ржаво-жёлтая	Землистый	3,6-4	Распространённая железная руда	Ржаво-желтая черта	Образуется в коре выветривания из других соединений железа, откладывается на дне водоёмов из растворов различных солей железа при посредстве бактерий
16	Галоиды	Галит (каменная поваренная соль)	NaCl	2,5	Стеклянный, жирный	Белый, синеватый, розовый, серый	Белая	Весьма совершенная в трёх направ.	2,1	Употребляется в пищевой, химиче., металлур. промыш.	Соленый на вкус, весьма совершенная спайность по кубу	Лагунно-морской осадок

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
17	»	Флюорит, (плавиковый шпат)	CaF_2	4	Стеклянный	Фиолетовый, жёлтый, зелёный, розовый	»	Совершенная в четырёх направлениях	3-3,2	Употребляется для получения плавиковой кислоты, в металлургии как плавень, в оптике (прозрачные разности)	Отличается по форме кристаллов, слабому стеклянному блеску, спайности и твёрдости	Имеет гидротермальное происхождение, реже образуется в пегматитовых и пневматолитовых жилах совместно с бериллом, турмалином, топазом и другими минералами
18	»	Сильвин (калийная соль)	KCl	1,5 - 2,0	Стеклянный, жирный	Молочно-белый, розовый, голубой, синий	»	Совершенная	2,0	Применяют как калийное удобрение и в химической промышленности	Хорошо растворим в воде. Вкус горько-солёный	Происхождение осадочное
19	»	Карналлит	$\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	2-3	Стеклянный, жирный	Молочно-белый, розовый, красный	»	Спайность отсутствует	1,6-2,1	Применение — калийное удобрение	Гигроскопичен. Растворим в воде. Жгучий горько-солёный вкус.	Происхождение осадочное
20	Карбонаты	Кальцит (прозрач. разновидность-исландский шпат)	CaCO_3	3	Стеклянный	Белый, серый, жёлтый, голубой, прозрачный	Белая	Совершенная в трёх направлениях	2,7	Употребляется для производства извести, и в опике	Совершенная спайность. С HCl вскипает	Образуется при гидротермальных процессах, а также выветривания и осадконакопления

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
21	»	Магнезит	$MgCO_3$	3,5 - 4,5	Стеклянный, шелковистый, матовый	Белый, серый, жёлтоватый	»	Раковистый или землистый в скрыто кристаллических разностях, совершенная в кристаллических разностях	3-3,4	Огнеупорный строительный материал, порошок употребляется в медицине	Реагирует с нагретой соляной кислотой с вскипанием	Образуется при метаморфизме основных магнезиальных горных пород в гидротермальных процессах и в процессе диагенеза известняков при осадконакоплении. Продукт выветривания магнезиальных пород
21	»	Доломит (горный шпат)	$CaMg$ $(CO)_2$ или $CaCO_3 \times MgCO_3$	3,5 - 4	Стеклянный, иногда перламутровый	Белый, серый, желтый	белая	Совершенная в трёх направлениях по ромбоэдру	2,8-2,9	Употребляется как флюс в металлургии и строительный материал	Вскипает в порошке под действием соляной кислоты	Продукты диагенеза известняков под действием магнезиальных растворов, образуется при метаморфизме осадочных пород
22	»	Сидерит (железный шпат)	$FeCO_3$	3,5	Стеклянный, часто перламутровый	Серый, горохово-жёлтый, бурый	Белая или жёлтоватая	Совершенная в трёх направлениях	3,7-3,9	Ценная железная руда	В нагретой соляной кислоте разлагается с шипением; капля кислоты желтеет от образования хлорного Fe	Образуется гидротермальным и метасоматическим путём (действие железосодержащих растворов на известняки), продукт осадконакопления

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
23	Сульфаты	Гипс (лёгкий шпат, мелкозернистый белый и розовый-алебастр, волокнистый – селенит)	$\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$	2	Стеклянный с перламутровым отливом, шелковистый у волокнистых разновидностей	Белый, серый, желтый, розовый	белая	Волокнистые разновидности с занозистым изломом: весьма совершенная в одном направлении	2,3	Используется в строительстве (штукатурка), в полубожежном виде (алебастр), для скульптурных работ и в медицине	Характерные формы кристаллов, весьма совершенная спайность в одном направлении и малая твердость (чертится ногтём)	Химический осадок
24		Ангидрит (безводный гипс)	CaSO_4	3-3,5	Стеклянный иногда с перламутровым отливом	Белый, розовый, голубой, сероватый	белая	Зернистый, совершенная по трём направлениям	2,8-3	Употребляется для изготовления специального цемента и для мелких художественных поделок	В отличие от гипса не царапается ногтём, не реагирует с кислотами (в отличие от кальцита)	Образуется осадочным путём
25	Сульфаты	Мирабилит (глауберова соль)	$\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	1,5 — 2,0	Матовый, на гранях стеклянный	Белый, серый, бесцветный	Белая	Совершенная	1,5	Применение в медицине, химической промышленности	Легко растворяется в воде. Горько-соленый вкус	Происхождение осадочное

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
26	Фосфаты	Апатит (фтор-apatит и хлор-apatит)	$\text{Ca}_5(\text{F}, \text{Cl})^*(\text{PO}_4)_3$	5	На гранях стекланный, на изломе жирный. Мелкозернистые массы имеют сильный стекланный блеск	Бесцветный, зелёный, жёлтоватый, синева-зелёный	Белая	Неровный, раковистый; несовершенная	3,2	Употребляется в производстве минеральных фосфорных удобрений	Характерна форма кристаллов и твёрдости 5 (по шкале Мооса)	Породообразующий минерал магматических пород, образуется в области контакта изверженных пород с известняками
27	»	Фосфорит	Фосфат Ca, близкий по составу к апатиту, но загрязненным, глинистым и песчаным материалом	5	Матовый	Бледно-жёлтый, серый, бурый розовый,	Серая, слабая	Спайность отсутствует	3,2	Употребляется в производстве минеральных удобрений	Характерны желваки, конкреции радиально-лучистой формы	Образуется осадочным путём из фосфора, содержащегося в остатках древних организмов
28	Силикаты островные (ортосиликаты)	Оливин (перидот)	$(\text{Mg}, \text{Fe})_2 \text{SiO}_4$	6,5-7	Стекланный	Оливково-зелёный, бутылочный, буроватый, прозрачный	Черты не даёт	Неровный; средняя	3,3-4,4	Прозрачные разности (хризолиты) используются в ювелирном деле. Оливиновые породы (дуниты) применяются в строительстве,	Характерны оливково-зелёный цвет, довольно ясная спайность (в отличие от кварца), зернистость	Магматического происхождения. Породообразующий минерал ультраосновных и основных изверженных горных пород

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
29	То же	Гранат (альмандин)	Fe_3Al_2 [SiO ₄] ₃	7-7,5	Стеклянный, реже жирный	Тёмно-красный, буроватый	Не образует	Несовершенная; неровный, раковистый	4,1-4,3	Употребляется как шлифовальный абразивный материал, прозрачные разновидности как драгоценный камень	Изометрический облик кристаллов, окраска, высокая твердость	Образуется метаморфическим и реже магматическим путём
30	Силикаты кольцевые	Турмалин	Сложный бороалюмосиликат	7-7,5	Стеклянный	Зелёный, бурый, розовый, чёрный	Черты не даёт	Занозистый; отсутствует	3-3,2	Используется в радиотехнике, прозрачные разновидности - драгоценный камень	Призматическая тригональная форма кристаллов, продольная, штриховка, твердость, отсутствие спайности	Встречается в гранитных породах и пегматитовых жилах, реже контактово-метаморфического происхождения
31	Силикаты цепочные (пироксены)	Авгит	$Ca (Mg, Fe, Al)$ [(Si, Al) ₂ O ₆]	6,5	Стеклянный	Зелёный, бурый, чёрный	Светлая, зелёная	Неровный, ясная по граням призмы под углом 90°	3,3-3,6		От роговой обманки отличается формой кристаллов, спайностью и твердостью	Породообразующий минерал основных изверженных горных пород
32	Силикаты ленточные (амфиболы)	Роговая обманка	$(Ca*Na)_2$ (Mg, Fe ²⁺ , Fe ³⁺ , Al) ₅ [F, OH] ₂ [(Si, Al) ₄ O ₁₁] ₂	5,5-6	На плоскостях спайности шелковистый	Серо-зелёный, тёмно-зелёный, чёрный	Зеленоватая или бурая	Занозистый; совершенная в двух направлениях.	3,1-3,5		Форма кристаллов игольчатая, шестоватая, спайность под углом 124°	Магматического и метаморфического происхождения

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
33	Силикаты листовые	Тальк	$Mg_3(OH)_2$ [Si ₄ O ₁₀]	1	Жирный, на плоскостях спайности перламутровый	Белый, зеленоватый, жёлтоватый, голубоватый	Белая	Весьма совершенная в одном направлении, расщепляется на толстые неупругие листочки	2,7-2,7	Употребляется в резиновой, бумажной промышленности, медицине как кислотоупорный и огнеупорный материал	Жирный на ощупь, очень мягок, листочки гибки, но не упруги. Характерен цвет	Продукт метаморфизма магнезиальных горных пород
34	То же	Серпентин (волокнистая разновидность горный лён, асбест)	$Mg_6(OH)_8$ [Si ₄ O ₁₀]	3-4	Жирный, восковой, шёлковистый	От светло-зеленого, голубоватого до тёмно-зелёного с желтоватыми пятнами	Белая, зеленоватая	Раковистый в сплошных массах, занозистый в волокнистых разновидностях. Совершенная в одном направлении в волокнистых разновидностях.	2,5-2,7	Асбест употребляется для изготовления огнеупорных тканей, картонах, прокладок	Серпентин отличается по окраске, отсутствию спайности и слабому жирному блеску; асбест- по волокнистому строению шелковистому блеску	Продукт гидротермального метаморфизма ультраосновных магматических горных пород

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
35	То же	Каолинит	$Al_4(OH)_8$ [Si ₄ O ₁₀]	1-2	Тусклый, матовый,	Белый, слегка жёлто- ватый или сероватый	белая	Зем- листый, из пласти- нок весьма совер- шенная в одном направ- лении	2,6	Употреб- ляется в керамике, строитель- ном деле, бумажной промыш- ленности и как огнеупор- ный материал	Жирный на ощупь, мягкий	Продукт гидротермальных изменений и поверхностного выветривания полевых шпатов и других алюмосиликатов
36	Силикаты листовые (алюмоси- ликаты)	Муско- вит (белая калиевая слюда). Тонкоче- шуйчатый серицит	$KAl_2(OH,$ $F)_2 [Al Si$ $O_{10}]$	2-3	Стеклян- ный, перламут- ровый	Бесцвет- ный, с желтова- тым, розоватым оттенком	»	Весьма совер- шенная в одном направ- лении	2,7- 3,1	Употреб- ляется в качестве электро- изоляци- онного и тугоплав- кого материала вместо стекла	Расщепляет- ся на тонкие упругие листочки и чешуйки, светлая окраска	Магматического или метаморфическо- го происхождения
37	То же	Биотит (чёрная железо- магнези- альная слюда)	$K(Mg, Fe)_3$ $(OH, F)_2$ [Al Si ₃ O ₁₀]	2-3	Стеклян- ный, перламут- ровый	Чёрный или темно- зелёный, бурый	Белая, зеленова- тая	Весьма совер- шенная в одном направ- лении	3-3,1	Составная часть магмати- ческих и некоторых метамор- фических пород	Тёмная зеленовато- бурая окрас- ка, расщеп- ляется на упругие листочки, в толстых пластинах непрозрачен	Породообразую- щий минерал магматических пород метаморфическо- го происхождения

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
38	»	Монтмориллонит	$Al_2O_3 \cdot MgO \cdot 4SiO_2 \cdot nH_2O$	1-2	Матовый	Белый, серый, светло-зеленый	Белая	Землистый	2 — 2,5	Применение — для очистки нефтепродуктов, отбеливания тканей, входит в состав почв.	В отличие от каолинита не пачкает руки	Происхождение осадочное
39	»	Хлориты	$(Fe, Mg) Al(OH)_8 [Al Si_3 O_{10}]$	2-2,5	Стеклянный, перламутровый-	Зелёный	Светлая, зеленоватая	То же	2,6-2,8	Хлориты с высоким содержанием железа (шамозит) используется как железная руда	Расщепляется на гибкие, упругие листочки, характерен зелёный цвет и низкая твердость	Метаморфического происхождения, образуется из биотита, авгита и роговой обманки
40	»	Глауконит (из группы гидрослюдов возможно агрегат из нескольких металлов)	Примерный состав: $K[Al Si_3 O_{10}]^* n H_2O$	2-3	Тусклый, стеклянный, жирный	Тёмно-зелёный	зелёная	Неровный	2,2-2,8	Употребляется как смягчитель воды	Тёмно-зелёный цвет, зернистость	Осадочного (морского) происхождения
41	Силикаты каркасные (алюмосиликаты)	Ортоклаз	$K[Al Si_3 O_8]$	6	Стеклянный	Белый, кремовый, голубовато-серый, розовый, мясо-красный	белая	Совершенная по двум направлениям под прямым углом	2,6	Бледно окрашенные разности применяются в фарфоровой и фаянсовой промышленности	Образует прямоугольные сколы, высокая твердость, совершенная спайность	Породообразующий минерал кислых средних и щелочных изверженных пород. Продукты температурных гидротермальных изменений пород

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
42	Силикаты каркасные (алюмосиликаты)	Микроклин	По составу аналогичен ортоклазу	6	Стекланный или слегка перламутровый на гранях спайности	Кремовый, зеленовато-серый, розовый	светлая	Совершенная по двум направлениям под углом, близким к прямому	2,6	То же, что и у ортоклаза, амазонит применяется как поделочный камень	Отличается от ортоклаза по спайности (угол между плоскостями спайности менее прямого на 20°)	Породообразующий минерал средних и щелочных изверженных горных пород. Образуется также и метаморфическим путем.
43	То же	Альбит (натровый плагиоклаз)	$Na[AlSi_3O_8]$	6	Стекланный	Белый, голубовато-белый	Белая	Неровный, совершенная по двум направлениям под углом менее 90°	2,6	Промышленного значения не имеет	Белый цвет, иногда с тонкой штриховкой на плоскостях спайности, высокая твердость	Магматического происхождения, продукт метасоматических гидротермальных прессов. Одни из породообразующих минералов средних изверженных пород
44	»	Анортит (калиевый плагиоклаз)	$Ca[Al_2Si_2O_8]$	6-6,5	Стекланный	Серый, белый, голубоватый, желтоватый	То же	В двух направлениях	2,7	Промышленного применения не имеет	Сходен с альбитом, отличается только в шлифах	Продукт кристаллизации магмы. Минерал основных изверженных пород
45	»	Лабрадор (известково-натровый плагиоклаз)	Изоморфная смесь: An 50-70% Ab 50-30%	6	Стекланный, прламутровый	Серый, темно-серый с голубыми или зеленоватыми переливами	»	Совершенная в двух направлениях	2,7	Лабрадорит (порода, состоящая из лабрадора) употребляется как поделочный материал	Отличительный признак ирризация	Породообразующий минерал основных магматических пород

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
46	»	Нефелин (элеолит-«масляный камень», фельдшпат)	$\text{Na}[\text{Al Si O}_4]$	6	Стеклянный на гранях, жирный на изломе	Серый, розовый, бесцветные кристаллы	Не даёт	Плоско раковистый: несовершенная	2,7	Используется в стеклянной и керамической промышленности, а также для получения соды, глинозёма и красок	От ортоклазов отличается жирным блеском и несовершенной спайностью. От кварца отличается по твёрдости и блеску	Породообразующий минерал щелочных магматических горных пород

Минералы редкие, но входящие в состав шкалы Мооса

47	Самородные элементы	Алмаз	C	10	Сильный, алмазный	Прозрачный желтый, голубой, черный	Не даёт	Совершенная в четырёх направлениях (по октаэдру)	3,5	Употребляется в ювелирном деле, для шлифовки, для изготовления буровых коронок	От кварца отличается совершенной спайностью, высокой твёрдостью и формой кристаллов	Продукт кристаллизации ультраосновной и основной магмы в трубках взрыва
48	Силикаты (островные)	Топаз	$\text{Al [F, OH]}_2\text{Si O}_4$	8	Стеклянный	Голубовато-жёлтоватый, розовый и бесцветный	То же	Неровный: совершенная в одном направлении	3,3-3,6	Используется как драгоценный камень, абразивный материал, в производстве точных приборов	От кварца отличается большей твёрдостью, совершенной спайностью и более сильным блеском	Продукт кристаллизации кислой магмы в пегматитах и процессов автометаморфизма (грейзены)

2.2. Свойства почв определяемые минералогическим составом

Необходимость изучения минералов и минералогического состава почв в первую очередь обусловлена тем, что они являются источниками зольных элементов питания растений, т.е. определяют пищевой режим почв и их производительность.

Экспериментальными исследованиями показано, что минералогический состав почв определенным образом влияет на ее плодородие, а именно чем разнообразнее минералогический состав, тем выше потенциальное плодородие почв (табл. 3).

Таблица 3. Минералогический состав почв и уровень их плодородия

Минералы	Содержание минералов в мелкопесчаной фракции почв, %		
	8	1	-
Авгит	12	1	-
Плагиоклаз	19	9	4
Оливин	2	1	1
Гематит	8	2	1
Кварц	50	80	94
Уровень плодородия	высокий	средний	низкий

Не менее важное значение имеет исследование минералогического состава почвообразующих пород как фактора интенсивности формирования почвенного тела. В зоне гипергенеза минералы различаются по устойчивости к выветриванию (табл. 4).

Таблица 4. Устойчивость первичных минералов к выветриванию

Степень устойчивости	Минералы
Очень неустойчивые	Оливин, апатит, анортит
Неустойчивые	Авгит, роговая обманка
Средне устойчивые	Биотит, андезит, гранит
Устойчивые	Ортоклаз, альбит
Очень устойчивые	Кварц, мусковит, магнетит

Вторичные минералы по степени возрастания устойчивости располагаются в следующий ряд:

1. Гипс, галит, мирабилит. 2. Кальцит, доломит. 3. Хлорит, нонтронит. 4. Иллит, мусковит. 5. Вермикулит. 6. Монтмориллонит, бейделит. 7. Аллофаны, каолинит, галлуазит. 8. Беллит, гиббсит. 9. Гематит, гетит, лимонит.

Различие устойчивости минералов в зоне гипергенеза можно использовать при хронологических исследованиях почвообразующих пород, почв и почвенного покрова, используя правило чем «старше» объект, тем выше содержание устойчивых минералов.

Общая оценка устойчивости минералов в зоне гипергенеза не отражает индивидуальные особенности трансформации их при почвообразовании, где имеет место приоритетность внутрипочвенных факторов выветривания. При исследовании внутрипочвенного выветривания особое внимание уделяется процессам взаимодействия минеральной части почв, с мобильной фракцией специфической группы органического вещества почв - фульвокислотами.

Эксперименты по растворяющему эффекту фульвокислот в отношении наиболее распространенных почвенных минералов (табл. 5), выявили хорошо выраженную индивидуальность минералов по устойчивости даже в пределах одной группы, выделенной в схеме кристаллохимической классификации.

Таблица 5. Растворимость элементов из минералов в растворе фульвокислот (мг/л) (Пономарева, 1964).

Минералы	Элементы							
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	Сумма
Нефелин	144	146	3	19	1	14	63	420
Роговая обманка	8	36	30	94	37	1	1	234
Оливин	51	36	43	23	56	1	3	231
Биотит	61	39	35	16	6	4	14	191
Мусковит	68	55	8	10	1	10	9	166
Микроклин	10	58	11	19	1	2	4	105
Монтмориллонит	382	104	11	39	32	8	70	676
Каолинит	25	48	3	29	1	2	4	103

Согласно опытам, наименьшее количество элементов фульвокислоты мобилизуют из каолина, микроклина, мусковита, а наибольшее из нефелина и монтмориллонита. Потенциальная возможность минералов поставлять в раствор элементы связана с их кристаллической структурой, химическим составом и экстрагирующей «силой» раствора.

Специальными исследованиями показано, что в слабощелочных условиях минералы более устойчивы к растворению в сравнении с растворением их в кислой среде. Экстрагирующая способность кислых растворов примерно в 3-5 раз больше щелочных. В почвообразовательном процессе эта особенность находит отражение в большей выраженности подзолообразования, когда растительный опад имеет низкую зольность, а почвообразующие породы являются кислыми.

Фундаментальное свойство почв - поглотительная способность - определяется, в основном, ее минералогическим составом, и особенно это касается обменной поглотительной способности. Поглотительная способность минералов зависит от степени дисперсности их и колеблется в широких пределах (табл. 6).

Таблица 6. Емкость обмена катионов у глинистых минералов

Минералы	Емкость обмена, мг-экв/ 100 г
Каолинит	3-15
Монтмориллонит	60-150
Иллит	20-40
Вермикулит	65-145

Минералогический состав почв определяет ее способность поглощать такой важный биофильный элемент как фосфор. Эмпирически установлен следующий ряд минералов по их фиксирующей способности в отношении фосфора: **диопсид > роговая обманка > мусковит > альбит > галлуазит > монтмориллонит > каолинит.**

Изучение минералогического состава почв показало, что для каждой фракции механического состава характерен определенный минералогический состав и как правило более тонкие фракции представлены вторичными минералами (табл. 7). На основании вышеизложенного становится очевидным, что минералогический

состав почв и почвообразующих пород определяет качество их развития и функционирования, что в конечном итоге можно использовать для характеристики почвы, как природного объекта, так и предмета и средства производства.

Таблица 7. Гранулометрический состав различных механических фракций почв, % (Блэк, 1973)

Минералы	Размер фракций, мк			
	2-5	0,2-2	0,08-0,2	<0,08
Альбит	10	5	0	0
Кварц	50	20	5	0
Иллит	10	10	5	0
Монтмориллонит	5	5	50	75
Каолинит	15	40	10	0

Теоретической посылкой такого заключения является наличие сопряженности между типом минералогического состава почв и типом почвообразования (табл. 8).

Таблица 8. Глинные и сопутствующие им высокодисперсные минералы (во фракции <0,001 мм) главнейших типов почв (Горбунову, 1963)

Почвы и породы	Преобладающие или характерные для данной почвы минералы	Сопутствующие минералы
1	2	3
Дерново-подзолистые на моренных и покровных суглинках	Гидрослюды, вермикулиты, минералы монтмориллонитовой группы в различных соотношениях; несиликатные аморфные полуторные окислы. Гидрослюды часто преобладают. Распределение вторичных минералов неравномерное: подзолистый горизонт часто обеднен, а иллювиальный обогащен высокодисперсными	Иногда присутствует небольшая примесь каолинит, кварца, редко гетита, гиббсита

1	2	3
Дерново-подзолистые на массивнокристаллических или хорошо дренируемых осадочных породах	Гидрослюды, вермикулит, каолинит, минералы монтмориллонитовой группы. Распределение вторичных минералов по профилю неравномерное	Аморфные вещества и кварц
Серые лесные на покровных суглинках	Минералы группы монтмориллонита, вермикулит, гидрослюды, иногда небольшая примесь каолинита и хлорита. Распределение вторичных минералов по профилю неравномерное	Аморфные вещества и кварц
Черноземы на покровных и лессовидных суглинках	Минералы монтмориллонитовой группы и гидрослюды в разных сочетаниях; первые преобладают над вторыми. Распределение вторичных минералов по профилю довольно равномерное.	Аморфные вещества и кварц, иногда гетит, гиббсит
Черноземы на элювии массивнокристаллических пород	Каолинит, гидрослюды, минералы монтмориллонитовой группы, иногда небольшая примесь гетита, гиббсита. Распределение вторичных минералов по профилю иногда неравномерное.	- // -
Солонцы степной и полупустынной зоны на суглинках и глинах	Гидрослюды, минералы монтмориллонитовой группы, иногда небольшая примесь каолинита. Распределение вторичных минералов по профилю неравномерное. В верхнем слое часто гидрослюды преобладают над монтмориллонитом; в солонцовой горизонте соотношение обратное	Аморфные вещества и полуторные окислы вместе с вторичными и первичными минералами образуют конкреции; кварц, иногда гетит, гиббсит

1	2	3
Сероземы на лессовидных суглинках и лессах	Минералы гидрослюдистой и монтмориллонитовой группы в разных соотношениях; часто первые в верхней части профиля преобладают; вермикулит, хлориты	Аморфные вещества, кварц, иногда гетит, гиббсит
Красноземы на элювии андезитобазальтов и других основных и средних пород	Минералы каолиновой группы (каолинит, галлуазит), много гетита, гиббсита. Первичные минералы сильно разрушены или отсутствуют	Аморфные вещества, полуторные окислы
Красноземы на элювии гранитов и других кислых пород	Минералы каолиновой группы, гидрослюды, примесь гетита, гиббсита; часть первичных минералов разрушена	Аморфные вещества, небольшая примесь минералов монтмориллонитовой группы, кварц

Тип почвообразования отражает условия своего формирования, обладает свойственным только ему уровнем потенциального плодородия, что в настоящее время является однозначно доказанным. Следовательно, минералогический состав почв можно использовать как признак, на основе которого дается характеристика при проведении бонитировочных работ.

Практическое исследование минералогического состава почв требует знаний морфологии и физико-механических свойств отдельных почвообразующих минералов и это достигается изучением коллекционного набора минералов.

Тип почвообразования отражает условия своего формирования, обладает свойственным только ему уровнем потенциального плодородия, что в настоящее время является однозначно доказанным. Следовательно, минералогический состав почв можно использовать как признак, на основе которого дается характеристика при проведении бонитировочных работ.

Практическое исследование минералогического состава почв требует знаний морфологии и физико-механических свойств отдельных почвообразующих минералов и это достигается изучением коллекционного набора минералов.

Контрольные (тестовые) вопросы

1. Какие минералы являются первичными?

1) карбонаты, 2) кварц, 3) полевые шпаты, 4) лимонит, 5) глины, 6) слюды

2. Назовите минералы, название которых обусловлено цветом?

1) слюда, 2) галит, 3) альбит, 4) гематит, 5) фосфорит, 6) рубин

3. Назовите цвета минералов эталонов?

1) малахит, 2) киноварь, 3) лимонит, 4) гематит, 5) халькопирит

4. Расположите минералы в ряде согласно их положению в шкале Мооса?

1) кварц, 2) кальцит, 3) гипс, 4) апатит, 5) тальк, 6) ортоклаз

5. Назовите минералы, которые по плотности относятся к группе легких?

1) магнетит, 2) роговая обманка, 3) гипс, 4) пирит, 5) монтмориллонит, 6) гематит

6. Назовите минералы легкорастворимые в воде?

1) доломит, 2) галит, 3) магнезит, 4) сильвин, 5) гипс, 6) мирабилит

7. Назовите минералы, относящиеся к группе агроруд?

1) апатит, 2) галит, 3) халькопирит, 4) сильвин, 5) доломит, 6) фосфорит

8. Какие минералы относятся к классу силикатов?

1) корунд, 2) каолинит, 3) магнезит, 4) монтмориллонит, 5) гематит, 6) слюда

9. Какие минералы относятся к классу окислов?

1) ортоклаз, 2) кварц, 3) сидерит, 4) гематит, 5) ангидрит, 6) боксит

10. Назовите минералы, относящиеся к классу карбонатов?

1) лимонит, 2) магнезит, 3) апатит, 4) сидерит, 5) альбит, 6) доломит

11. Какие минералы относятся к классу сульфатов?

1) фосфорит, 2) галит, 3) ангидрит, 4) барит, 5) сильвин, 6) мирабилит

12. Назовите минералы, относящиеся к классу фосфатов?

1) галенит, 2) апатит, 3) гипс, 4) фосфорит, 5) магнезит, 6) оливин

13. Какие минералы входят в класс сульфидов?

1) корунд, 2) пирит, 3) галенит, 4) сфалерит, 5) гипс, 6) магнезит

14. Назовите минералы класса галогенидов?

- 1) кварц, 2) сильвин, 3) галит, 4) карналлит, 5) каолинит, 6) монтмориллонит?
15. **Какие химические элементы преобладают в силикатах?**
1) сера, 2) кремний, 3) углерод, 4) алюминий, 5) железо, 6) золото
16. **Расположите минералы в ряд по возрастанию степени устойчивости к выветриванию?**
1) ортоклаз, 2) кварц, 3) оливин, 4) роговая обманка, 5) биотит, 6) магнетит
17. **Расположите минералы в ряд по возрастанию степени устойчивости?**
1) хлорит, 2) галит, 3) иллит, 4) каолинит, 5) кальцит, 6) лимонит
18. **Расположите минералы в ряд по степени возрастания устойчивости к действию фульвокислот?**
1) нефелин, 2) оливин, 3) биотит, 4) каолинит, 5) мусковит, 6) роговая обманка
19. **Какие химические элементы преобладают в биотите?**
1) кремний, 2) фосфор, 3) алюминий, 4) железо, 5) марганец, 6) кальций
20. **Расположите минералы в ряд по возрастанию нейтрализационной способности фульвокислот?**
1) роговая обманка, 2) нефелин, 3) биотит, 4) мусковит, 5) микроклин, 6) оливин
21. **Для каких минералов диагностическим признаком является реакция с HCl ?**
1) магнезит, 2) апатит, 3) гипс, 4) кальцит, 5) сидерит, 6) магнетит
22. **Для каких минералов характерен вкус?**
1) галенит, 2) сильвин, 3) сфалерит, 4) кварц, 5) опал, 6) полевой шпат
23. **Какой агрономической рудой является апатит?**
1) калийной, 2) фосфорной, 3) азотной, 4) карбонатной, 5) сульфатной, 6) кальциевой.
24. **Какой агрономической рудой является сильвин?**
1) калийной, 2) фосфорной, 3) азотной, 4) карбонатной, 5) сульфатной, 6) кальциевой.

3. Основы петрографии

Петрография - (от греч. «петра» — камень, скала) — наука о горных породах, их образовании, свойствах и условиях залегания. **Горные породы** — это сочетание (ассоциация) минералов возникшие совместно при определенных условиях в земной коре, характеризующиеся постоянным минералогическим составом и строением.

Горные породы, слагающие земную кору, чрезвычайно разнообразны как по своему химическому составу, так и по физическим свойствам. Это разнообразие объясняется сложностью породообразующих процессов и противоположно направленным действием эндогенных и экзогенных сил. В многообразии явлений породообразования особенно большую роль играет магматизм — совокупность процессов, вызванных внутренней энергией Земли и проявляющихся в изменении состава и движения магмы. В зависимости от характера движения магмы различают две формы проявления магматизма: **магматизм интрузивный** (интрузио — внедрение), когда внедрение магмы происходит в глубоких зонах земной коры без выхода на поверхность, и **магматизм эффузивный** (эффузио — излияние), когда магма выходит на поверхность Земли при извержении вулканов.

Классификация горных пород основана на степени участия в их создании эндогенных или экзогенных процессов. По этому признаку в природе могут быть выделены **три генетических типа пород**.

1. **Магматические, или изверженные**, горные породы формируются из магмы — огненно-жидкой силикатной массы, которая образуется на достаточно больших глубинах и способна перемещаться. По мере остывания она твердеет, превращаясь в горные породы. При кристаллизации магмы в глубоких зонах земной коры формируются породы интрузивные, или глубинные. Среди них выделяют собственно **глубинные, или абиссальные**, образующиеся на больших глубинах; **полуглубинные, или гипабиссальные** — породы средних глубин и породы **жильные**. Излияние магмы на поверхность Земли или на дно морей и океанов дает начало породам эффузивным, или излившимся, магма при этом называется лавой. С породами излившимися связана группа пирокластических, обломочных пород вулканического происхождения — твердых продуктов извержения.

2. **Осадочные** горные породы — преимущественно продукты физического и химического разрушения пород магматических, а также осадки из водных растворов, образовавшиеся в результате процессов испарения, химических реакций осаждения и жизнедеятельности организмов. Они формируются на поверхности Земли или на сравнительно небольших глубинах при свойственных этим горизонтам температуре, давлении и окислительно-восстановительных процессах.

3. **Метаморфические**, или измененные, породы возникают в результате изменения изверженных или осадочных горных пород, преимущественно в глубоких горизонтах Земли под действием высокой температуры, давления и химических агентов.

В пределах каждой из перечисленных групп существует более дробная классификация входящих в нее горных пород. Она базируется на минералогическом и химическом составе пород. Учитывается и физико-химическая обстановка, в которой образовалась и сохранялась порода.

Таким образом, магматические породы благодаря процессам выветривания могут переходить в осадочные; последние в результате действия метаморфизма — в метаморфические, а иногда снова в магматические (в случае переплавления или коренного изменения физико-химического состава их в глубоких частях земной коры). Не исключена возможность, что подобные переходы одних пород в другие неоднократно происходили на протяжении известной нам истории земной коры, что подчеркивает ее динамичность.

Количественное соотношение изверженных, метаморфических и осадочных пород в различных зонах литосферы непостоянно. До глубины 16 км земная кора на 95% сложена изверженными породами, на 4% — метаморфическими и только на 1% — осадочными породами. Если рассматривать только поверхность литосферы, соотношение окажется иным. На долю осадочных пород падает 70—75%, а на изверженные — только около 25%.

По минералогическому составу различают **мономинеральные** (кварцит), **полиминеральные** (пегматит, гранит) породы. Они бывают плотные и рыхлые. Все горные породы имеют определенное строение, которое характеризуется

структурой и текстурой. **Внутреннее строение горных пород характеризуется структурой, а внешнее - текстурой.**

Структура породы характеризует форму и размер слагающих ее частиц (минералов, обломков горных пород или органических остатков), их кристаллическое или аморфное состояние и взаимную связь друг с другом. По генетическому признаку различают первичные, вторичные и агломератные структуры. **Первичные** образуются при кристаллизации из магмы или водных растворов. **Вторичные** получаются в результате изменения первичных. **Агломератные** структуры возникают при накоплении и цементации механических осадков.

Различают следующие виды структуры:

- 1) **Зернистая** (полно кристаллическая) которые делятся на два вида:
 - а) **Равномернозернистая** - когда кристаллы в породе имеют примерно одинаковый размер (крупно-, средне-, мелкозернистые)
 - б) **Неравномерно зернистая (порфировидная)**, когда основная масса кристаллов имеет небольшие размеры, а среди них находятся крупные кристаллы. Такие виды структуры характерные для глубинных горных пород.
- 2) **Стекловатая** - характерна для пород с аморфной массой (вулканическое стекло).
- 3) **Порфировые** структуры характеризуются тонкозернистой плотной или стекловатой основной массой, на фоне которой рассеяны отдельные кристаллы или кристаллические зерна. Если зерна очень мелкие, структура называется **фельзитовой**.

Стекловатая и порфировая структуры характерны для поверхностных горных пород.

Текстура, или сложение, породы характеризует степень плотности породы, распределение в ней слагающих частиц и способ сочетания друг с другом.

По плотности упаковки составных частей горных пород выделяют текстуры **массивные (плотные) и пористые**, а **по расположению слагающих частиц** различают **сланцеватые, слоистые и полосчатые**

текстуры, которые характеризуются чередованием слоев различного состава, отличающихся друг от друга по цвету или другим внешним признакам.

Для глубинных магматических пород типична плотная массивная текстура, для эффузивных пород — пористая. Полосчатая и слоистая текстуры особенно характерны для многих осадочных и метаморфических пород.

При описании горных пород, помимо структуры и текстуры, необходимо отмечать наличие других внешних признаков. К ним относятся **трещиноватость и отдельность**. Трещины разбивают породы на части и тем самым дают начало различным типам отдельности. Различают **столбчатую, призматическую, параллелепипедальную, шаровую** и другие формы отдельности. Возникают они в результате сжатия породы при охлаждении (остывание магмы), а в осадочных породах — при высыхании и уплотнении осадка. Трещины и отдельности возникают также при процессах горообразования, когда порода оказывается под влиянием одностороннего давления. В этих случаях направление трещин связано с направлением действовавшей силы и может быть использовано для определения направления тектонических движений.

3.1. Классификация и характеристика магматических горных пород

Магматические - это породы, которые образовались в результате застывания и кристаллизации магмы (силикатного расплава) под воздействием температуры и давления в глубине земной коры или ближе к ее поверхности.

Химическая классификация магматических пород основана на содержании в них SiO_2 . По этому признаку выделяют следующие группы:

- | | |
|-------------------|-----------------------|
| 1. Ультракислые | > 75% SiO_2 |
| 2. Кислые | 65-75% SiO_2 |
| 3. Средние | 52-65% SiO_2 |
| 4. Основные | 40-52% SiO_2 |
| 5. Ультраосновные | <40% SiO_2 |

Часто интрузивные и эффузивные горные породы может иметь один минералогический состав, но разную структуру и текстуру. Такие горные породы называют **аналогами** (гранит - пемза). В процессе геологического

времени структура эффузивных пород изменяется и отличается от структур молодых горных пород (первичных) поэтому существуют понятия **кайнотипные** (молодые) и **палеотипные** (древние, табл. 9).

Таблица 9 - СХЕМА КЛАССИФИКАЦИИ МАГМАТИЧЕСКИХ ГОРНЫХ ПОРОД

Содержание SiO ₂ ,%	Интрузивные	Эффузивные	
		кайнотипные	палеотипные
Кислые (65-75)	гранит	липарит	кварцевый порфир
Средние (52-65)	сиенит	трахит	бескварцевый порфир
	диорит	андезит	порфирит
Основные (40-52)	габбро	базальт	диабаз

КИСЛЫЕ ПОРОДЫ

ГРАНИТ – полнокристаллическая равномерно- и неравномернозернистая структура. Состоит из полевых шпатов (ортоклаз), кварца (30-35%), слюд и роговой обманки (5-10%). Цвет зависит от окраски полевого шпата (ортоклаз светло-розовый). Гранит образуется при медленном охлаждении и затвердевании кислых магм в толще земной коры.

ЛИПАРИТ – кайнотипный аналог гранита. Характеризуется порфировой структурой. Минералогический состав аналогичен граниту. Цвет светлый (светло – серый, желтоватый).

КВАРЦЕВЫЙ ПОРФИР — палеотипный излившийся аналог гранита. Название указывает на содержание кварца и порфировую структуру. Минералогический состав аналогичен граниту. Это плотная порода с крупными вкраплениями зерен кварца. Окраска желтая, бурая, серая, часто пятнистая.

СРЕДНИЕ ПОРОДЫ

СИЕНИТ — представляет собой по структуре среднезернистую породу с равномерной крупностью зерен. Состоит из ортоклаза, анортита и роговой обманки, биотита, авгита. В целом темноцветных минералов не более 15%.

Окраска светло-серая, розовая. Сиенит — глубинная магматическая порода. Образуется при кристаллизации средних магм.

ТРАХИТ — кайнотипный излившийся аналог сиенита. Порода тонкопористая, шероховатая на ощупь, обычно с порфировым строением. Минералогический состав аналогичен сиениту. Окраска серая, бурая, с характерными вкраплениями.

БЕСКВАРЦЕВЫЙ ПОРФИР (порфир — ортофир) — палеотипный излившийся аналог сиенита. Название связано с характерным для породы порфировым строением. Порфир — плотная порода с вкраплением зерен полевых шпатов. Минералогический состав аналогичен сиениту. Окраска светло-серая, буроватая. Образуется при вулканических извержениях средних магм.

ДИОРИТ — полнокристаллическая, среднезернистая или мелкозернистая порода. Состоит из ортоклаза, альбита, роговой обманки, биотита. Окраска породы темно- и светло-серая, часто с зеленоватым оттенком. Диорит — глубинная магматическая порода, образуется в результате медленного охлаждения средних магм.

АНДЕЗИТ — эффузивный кайнотипный аналог диорита, обладает порфировой структурой. Минералогический состав аналогичен диориту. Окраска светло-серая, серая, бурая до черной. Образуется при извержении лавы среднего состава.

ПОРФИРИТ — палеотипный излившийся аналог диорита. Название получил благодаря характерному порфировому строению: на фоне плотной массы серого, темно-серого или черного цвета — вкрапления белых зерен полевых шпатов. Минералогический состав аналогичен диориту, Образуется при извержении лавы среднего состава.

ОСНОВНЫЕ ПОРОДЫ

ГАББРО — кристаллическая порода крупнозернистого или среднезернистого строения. Состоит из лабрадора, анортита, авгита, роговой обманки. Цвет темно-серый, черный. Габбро — глубинная магматическая порода. Образуется при медленном охлаждении основных магм в земной коре.

БАЗАЛЬТ — кайнотипная неполнокристаллическая порода, являющаяся излившимся аналогом габбро. Образуется при излиянии на поверхность Земли

лавы основного состава. Минералогический состав аналогичен габбро. Цвет темно-серый.

ДИАБАЗ — полнокристаллическая зернистая порода с различной крупностью зерна. Равномерно-зернистая или порфириовидная. Образуется при излиянии на поверхность Земли лавы. Цвет черный, темно-серый.

3.2.Классификация и характеристика осадочных горных пород

Осадочные горные породы – это породы, которые образовались на поверхности Земли или на дне морей или океанов в результате следующих процессов:

- 1) разрушение ранее существовавших магматических или метаморфических горных пород,
- 2) химические реакции или выпадение в осадок,
- 3) с участием животных и растительных организмов.

В связи с особенностями генезиса они подразделялись на группы: обломочные, химические (хемогенные), биологические (биогенные).

Обломочные горные породы подразделяются по форме и размерам обломков, а также по степени цементации. По форме обломки бывают: окатанные (галька), неокатанные (щебень). Они бывают сцементированными (конгломерат, брекчия) и несцементированными (гравий) (табл.10).

Таблица 10. ОСАДОЧНЫЕ ОБЛОМОЧНЫЕ ПОРОДЫ

Величина обломков, мм	Группа пород	Наименование пород			
		неокатанные		окатанные	
		рыхлые	сцементированные	рыхлые	сцементированные
>2	ПСЕФИТЫ	Глыбы Щебень Дресва	Брекчия	Валуны Галька Гравий	Конгломерат
2 – 0,1	ПСАММИТЫ	Песок	Песчаник	Песок	Песчаник
0,1 – 0,01	АЛЕВРИТЫ	Алеврит	Алевролит	Алевролит	Алевролит
<0,01	ПЕЛИТЫ	Глина	Аргиллит	Глина	Аргиллит

Осадочные породы, состоящие из окатанных обломков (валуны, галька, гравий), образуются за счет окатывания глыб, щебня и дресвы в реках или прибрежной полосе океанов, морей, озер. При длительном воздействии подвижной водной среды происходит не только окатывание, но и стирание обломков. Поэтому с течением времени валуны превращаются в гальку, галька — в гравий, гравий — в песок и т.д.

БРЕКЧИЯ — цементированные неокатанные обломки (независимо от размера обломков).

КОНГЛОМЕРАТ — цементированные окатанные обломки.

Цементирующим веществом в этих породах является кальцит, окислы железа, кремнезем.

ПЕСКИ. Образование и накопление песков происходят в разнообразных (континентальных и морских) условиях. Характеризуются крупностью частиц (обломков) и поэтому делятся на грубозернистые (1,0 — 2,0 мм), крупнозернистые (0,5 — 1,0 мм), среднезернистые (0,25 — 0,5 мм) и мелкозернистые (0,1 — 0,25 мм).

По происхождению различают пески прибрежные, донные, речные, эоловые и ледниковые. В прибрежных песках величина слагающих их зерен примерно одинаковая, они хорошо окатаны и имеют гладкую поверхность.

У речных песков зерна чаще угловатые, они хуже отсортированы, чем прибрежные. В эоловых разновидностях песчинки округлены с шероховатой матовой поверхностью. Ледниковые пески характеризуются неоднородностью гранулометрического состава. В них встречаются линзообразные примеси гравия. Среди песков **по минералогическому составу преобладают пески кварцевые, аркозовые и глауконитовые.**

Кварцевые пески — рыхлые отложения, состоящие почти целиком из округлых или угловатых зерен кварца; как примесь могут содержать полевой шпат, глауконит, слюду и другие минералы. Цвет кварцевых песков довольно разнообразный: чисто кварцевые различны белого цвета или светло-серые; окислы железа окрашивают пески в желто-бурые цвета; углистые частицы придают им темно-серую окраску. Кварцевые пески используются в

стекольной и фарфорово-фаянсовой промышленности, для производства силикатного кирпича, а также в строительном деле и как абразивный материал.

Аркозовые пески состоят из зерен кварца и полевых шпатов с примесью слюды и других минералов. Кварц обычно преобладает. Наряду с ним существенную часть породы представляют полевые шпаты. Эти пески часто окрашены в розовый цвет. Аркозовые пески обычно являются продуктом разрушения гранитов и гнейсов.

Глауконитовые пески — песчаные породы с содержанием глауконита от 20 до 40%. В них всегда в значительном количестве содержится кварц, встречается также слюда и другие минералы. Они имеют буро-зеленую окраску, накапливаются преимущественно в прибрежных участках морей и океанов. Термически обработанный глауконит применяется для удобрения почв, так как содержит от 2,5 до 6,5 и даже до 9% окиси калия.

ПЕСЧАНИКИ — сцементированные частицы песка.

АЛЕВРИТЫ представляют собой рыхлые мелкообломочные породы, в составе которых преобладают частицы от 0,01 мм до 0,05 мм, но могут быть и более крупные до 0,1 мм. К этим породам относятся лесс и лессовидные суглинки.

ЛЁСС характеризуется следующими признаками; пористостью, хорошей водопроницаемостью, однородностью, карбонатностью (бурно вскипает от 10% HCl) и пылеватостью частиц. Окраска лёссов желтовато-палевая, бурая. По минералогическому составу лёсс состоит в основном из зерен кварца, полевого шпата, глинистых минералов. Кальцит может быть равномерно распределен в толще лесса в виде очень мелких кристаллов или образует скопления различной величины и формы — пятна, конкреции, прожилки. Из других минералов встречаются слюды, гипс, лимонит. Все минералы находятся в высокодисперсном состоянии, и изучить их можно только под микроскопом. В лессе всегда присутствует незначительное количество органического вещества. В естественном залегании для лесса характерна вертикальная трещиноватость, способствующая образованию оврагов и ущелий с вертикальными стенками.

Лесс широко распространен на юге России и является материнской породой для многих почв, а на Кубани – для чернозёмов.

ЛЁССОВИДНЫЕ СУГЛИНКИ. Для них характерна меньшая пористость, отсутствие в ряде случаев карбонатов кальция, менее однородны, чем лессы. По химическому и минералогическому составу похожи на лессы. По своему происхождению лессовидные суглинки представляют собой древнеаллювиальные, озерные или делювиальные образования, а также продукты выветривания элювиально-делювиальных пород. Важнейшие почвообразующие породы.

ПЕЛИТЫ (глинистые породы) включают в себя частицы менее 0,01 мм в диаметре. Главной составной частью глин являются вторичные минералы: каолинит, монтмориллонит, иллит, боксит, лимонит, опал, а также некоторые первичные минералы: кварц, полевые шпаты, слюды. По минералогическому составу подразделяются на **мономинеральные** (состоящими в основном из одного минерала) и **полиминеральные** (состоящими из нескольких минералов). Глины характеризуются рядом типичных физических свойств. В сухом состоянии они рыхлые, землистые или очень плотные (каменистые). Плотные разновидности образуют блестящую полосу, если их поверхность потереть пальцем. Во влажном состоянии глины очень пластичные. Они принимают и длительно сохраняют приданную форму. Пластичность теряется при уплотнении и сильном высушивании. Поглощая воду в больших количествах, глина становится липкой и набухает, резко увеличиваясь в объеме. Цвет глины различен: серый, желтый, бурый, черный, иногда красный и зеленоватый. Глины имеют низкую водопроницаемость. По своему образованию (генезису) они делятся на:

1. Остаточные (элювиальные), образование которых обусловлено процессами физического и химического выветривания горных пород на месте их залегания.

2. Переотложенные, образующиеся при переносе глинистых частичек водой. Среди переотложенных глин различают **континентальные** (озерные, аллювиальные, делювиальные и др.) и **морские**, образовавшихся на различных глубинах в морях. Они обычно характеризуются слоистостью.

К мономинеральным глинам относятся каолинитовые и монтмориллонитовые глины.

Полиминеральные глины различного происхождения широко распространены в природе. К ним относятся:

-моренные глины, имеют ледниковое происхождение и характеризуются наличием в их толще гравия и валунов. Цвет бурый, красно-бурый, желтовато-бурый;

-ленточные глины — происхождение озерное, имеют пеструю окраску и хорошо выраженную слоистость из чередующихся глинистых и супесчаных прослоек;

-кембрийские глины образовались на дне древнего Кембрийского моря, окрашены в серовато-голубой цвет, очень пластичны.

На территории России глины широко распространены как почвообразующие породы.

АРГИЛЛИТЫ — это плотные глины, которые подвергались уплотнению, перекристаллизации, дегидратации и в результате этого утратили ряд типичных для глин физических свойств. Одной из разновидностей аргиллитов можно считать глинистые сланцы.

Смешанные песчано-глинистые породы состоят из песка, пыли и глины в различных соотношениях. К ним относятся супеси и суглинки различного происхождения (ледниковые, делювиальные, аллювиальные) - все они являются почвообразующими породами.

СУПЕСИ содержат 10 — 20% глины, остальная масса представлена пылеватыми и песчаными частицами. Супеси хорошо водопроницаемы, неэластичны, при высыхании образуются непрочные комки, с поверхности которых легко оттирается песок. Минералогический состав: кварц, слюды, окислы железа. Окраска бурая, красно-бурая, палево-бурая. Моренные ледниковые супеси содержат много гравия и валунов. Делювиальные и аллювиальные супеси хорошо отсортированы и часто слоисты.

СУГЛИНКИ отличаются от супесей более высоким содержанием глины, количество которой колеблется от 20 до 60%, остальная часть — песок и пыль. Они менее пластичны, чем глины, но более водопроницаемы. Минералогический состав: глинистые минералы, боксит, лимонит, кварц, слюда.

3.3. Классификация и характеристика метаморфических горных пород

Метаморфические горные породы - это породы, которые образовались при преобразовании ранее существовавших горных пород в твердом состоянии, а также под влиянием внедрения магмы.

Под метаморфизмом понимают всю совокупность физико-химических процессов, которые ведут к изменению горных пород после их образования. Эти изменения совершаются под действием эндогенных сил, когда порода оказывается в новых термодинамических условиях. Породы при этом остаются в твердом состоянии, и только в частных случаях метаморфизм сопровождается переплавкой массы. Метаморфизму могут подвергаться любые породы: магматические, осадочные и ранее образовавшиеся метаморфические.

Генетически метаморфические породы занимают промежуточное положение между породами магматическими и осадочными. В силу этого по внешнему виду и условиям залегания они напоминают те и другие.

При метаморфизме изменяются структура, текстура, минералогический, а часто и химический состав. Происходит распад старых минералов и образование новых минеральных ассоциаций, более устойчивых в изменившейся обстановке. Процессы метаморфизации совершаются на глубине, ниже зоны выветривания и цементации осадков.

Главными факторами метаморфизма являются температура, давление и химически активные вещества — растворы и летучие соединения. Повышение температуры возможно как вследствие погружения горных пород на глубину (геотермический градиент), так и за счет близости горячих магматических масс. В связи с этим выделяют различные виды метаморфизма, наиболее распространёнными из которых являются:

1. **Контактовый метаморфизм** проявляется в зоне непосредственного соприкосновения интрузии (магмы) с вмещающими породами. Кислые и щелочные интрузии сильнее действуют на окружающие породы, чем основные и ультраосновные. Плотные породы изменяются труднее пористых и трещиноватых.

Выделяют несколько разновидностей контактового метаморфизма:

а) термальный метаморфизм — изменение горных пород под воздействием высокой температуры (известняки перекристаллизовываются в мрамор, песчано-глинистые сланцы — в роговики).

б) каустический метаморфизм выражается в обжиге и спекании, чаще под воздействием лав. Изменения охватывают незначительные участки в зоне контакта.

в) метасоматический метаморфизм происходит под воздействием летучих компонентов магмы, метасоматоз называют пневматолитовым, а если при участии растворов — гидротермальным.

2. Динамометаморфизм, или дислокационный, проявляется в результате тектонических движений в верхних частях земной коры, преимущественно в зонах складчатости. Породы сдавливаются, дробятся и под влиянием одностороннего давления перекристаллизовываются.

Внешним признаком динамометаморфизма является сланцеватость пород, способность их раскалываться на тонкие пластинки.

3. Глубинный или региональный метаморфизм проявляется на огромных площадях и в соответствии с этим противопоставляется контактовому и динамометаморфизму, которые имеют локальный характер. Условия, когда возможно равномерное повышение температуры и давления на больших площадях, осуществляются главным образом в областях крупных прогибов— в геосинклиналях, где огромные массы осадочных и других пород медленно погружаются в глубокие части земной коры. При этом идет лишь общая перекристаллизация и связанное с ней видоизменение минералогического состава горных пород. В частности, в результате повышенного гидростатического давления из старых образуются новые минералы с большим удельным весом и малым объемом.

Структуры метаморфических пород, вторичные по происхождению, являются полнокристаллическими. Они возникают в результате перекристаллизации веществ в твердом состоянии. Делятся структуры на кристаллобластические, катакластические и реликтовые.

Кристаллобластические структуры образуются в результате перекристаллизации, когда рост кристаллов происходит в стесненных условиях, что порождает сланцеватость пород.

Катакластические структуры возникают под влиянием одностороннего давления, вызывающего деформацию и дробление.

Реликтовые структуры сохраняют остатки первичной структуры (в гнейсах наблюдаются остатки структуры гранитов).

Текстуры метаморфических пород чаще сланцеватые, полосчатые и массивные; первые две иногда объединяют под названием **гнейсовой**. В сланцеватой текстуре зерна минералов имеют форму пластинок, которые располагаются параллельно друг другу. Она обычна для различных метаморфических сланцев. Полосчатая текстура характеризуется чередованием полос минералов, различных по составу и окраске, и чаще всего наблюдается среди гнейсов. Массивная текстура типична для мраморов, кварцитов и скарнов.

ГЛАВНЫЕ ПРЕДСТАВИТЕЛИ МЕТАМОРФИЧЕСКИХ ПОРОД

Гнейсы — кристаллические зернистые метаморфические породы, состоят главным образом из калиевых полевых шпатов, плагиоклазов, кварца, слюды и роговой обманки или пироксена. Содержание кварца колеблется в широких пределах, его может и не быть. Известны гнейсы диоритового и даже габбрового состава. Химический состав гнейсов непостоянный, например содержание SiO_2 колеблется от 55 до 75%. По минералогическому составу гнейсы похожи на граниты, сиениты, гранодиориты и кварцевые диориты, но отличаются тем, что минералы в них распределены не беспорядочно, как в магматических породах, а ориентированно. Характерные внешние признаки гнейсов — сланцеватость и полосчатое строение, которое вызвано скоплением в отдельных участках темных минералов (например, биотита) и светлых (полевого шпата и кварца) и расположением пластинок слюды параллельно некоторой плоскости, очевидно, перпендикулярной направлению господствовавшего давления (табл. 11).

По характеру цветных минералов различают мусковитовые гнейсы, биотитовые, роговообманковые, пироксеновые, гранатовые и др.

По происхождению гнейсы делятся на ортогнейсы, образовавшиеся в результате изменения и перекристаллизации магматических пород, и парагнейсы, получившиеся при метаморфизации осадочных пород, главным образом аркозовых песков, песчаников и некоторых других осадочных пород.

Гнейсы — распространенные метаморфические породы и часто занимают громадные площади. Наибольшее распространение гнейсы имеют на

Украине, в Карелии, на Кавказе, Урале и в Восточной Сибири. Применяются они как хороший строительный материал.

Слюдяные сланцы — породы кристаллически-зернистые, в основном сложенные слюдой, мелкими зернами кварца и других минералов. От гнейсов отличаются отсутствием полевого шпата и значительно большим содержанием слюды, а также резко выраженной сланцеватостью. По слюде различают мусковитовые, биотитовые, мусковите-биотитовые, хлоритовые, тальковые, гранатовые и другие сланцы.

Тальковые сланцы — тонкосланцеватые метаморфические породы, состоят из чешуек хлорита, слюды, зерен кварца, полевого шпата и других минералов. Цвет зеленоватый различных оттенков. Очень мягкие и жирные на ощупь. Залегают среди метаморфических пород нередко вместе с серпентинитами. Образование тальковых сланцев связано с изменением перидотитов и пироксенитов. В некоторых случаях наблюдается отальковывание известняков в результате приноса растворов кремне-кислоты извне.

Хлоритовые сланцы — чешуйчато-сланцеватые породы зеленого цвета различных оттенков. Кроме хлорита, содержат кварц, слюду, магнезит и др. Чешуйки хлорита в отличие от мусковита и биотита хрупкие. Хлоритовые сланцы образуются в результате метаморфизации главным образом основных пород.

Глинистые сланцы — темно-серые или черные породы, состоящие из глинистых частиц с мельчайшей кварцевой пылью, с листочками слюды и с углекислым кальцием. Глинистые сланцы являются начальной стадией метаморфизации глинистых пород. Некоторые исследователи относят их к осадочным породам, хотя у них имеется хорошо выраженная сланцеватость. В отличие от метаморфических пород глинистые сланцы не обладают полнокристаллической структурой.

При значительном содержании кальцита их называют известково-глинистыми сланцами, а при наличии достаточного количества битуминозных веществ — углистыми сланцами.

Кварциты — массивные метаморфические породы. Они состоят почти целиком из прочно сцементированных зерен кварца. Это сплошная кристаллически-зернистая масса, в которой нельзя различить границу зерен и цемента. Порода очень плотная и крепкая, стальной нож не царапает ее.

Кварциты образуются при метаморфизации кварцевых песков и песчаников. Они бывают различно окрашенные: белые, серые, розовые, лиловые. Окраску их можно объяснить примесью красящих минералов, чаще всего железосодержащих.

По содержанию второстепенных минералов кварциты подразделяются на слюдистые, хлоритовые, железистые. Среди них встречаются и разновидности с хорошо выраженной сланцеватой текстурой — кварцитовые сланцы. Кварциты с богатым содержанием магнетита, гематита и других железистых минералов называют железистыми кварцитами, которые имеют промышленное значение. Встречаются в области Курской магнитной аномалии, в Кривом Роге, в Южной Африке, Северной Америке (область Великих Озер), в Индии. По возрасту относятся к древним образованиям. Кварциты используют как хороший строительный и облицовочный материал.

Мрамор — массивная, равномернозернистая метаморфическая порода, состоит почти целиком из кальцита. Кроме него, в небольших количествах могут содержаться доломит, кварц, полевые шпаты, роговая обманка. Мрамор образуется в результате перекристаллизации известняков, доломитов и других осадочных пород, богатых карбонатами, при воздействии на них высокой температуры. Чистый мрамор белого цвета. Примеси графита или углистого вещества придают ему голубоватую, серую и даже черную окраску, окислы железа — желтые и розовые тона. Мрамор легко царапается ножом и бурно реагирует при смачивании его соляной кислотой. Мрамор широко используется для орнаментных, облицовочных, художественных и скульптурных работ. Месторождения мрамора широко распространены на Урале, в Крыму, на Кавказе и на Алтае (табл.11).

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое горные породы и какая наука занимается их изучением?
2. Как горные породы классифицируются по их происхождению?
3. Дать определение структуры и текстуры горной породы.
4. Какие виды структуры и текстуры горных пород Вы знаете?
5. Что такое магматические горные породы? Перечислите основных их

представителей.

6.Что мы понимаем под осадочными горными породами и каковы условия их образования?

7.Какие группы осадочных горных пород Вы знаете?

8.Приведите классификацию обломочных осадочных горных пород.

9.Приведите примеры основных представителей осадочных пород.

10.Что такое метаморфические горные породы? Назовите основных их представителей.

11.Что такое агрономические руды, какие агроруды и их месторождения вы знаете?

Таблица 11. Основные особенности важнейших метаморфических пород

Название породы	Минералогический состав	Текстура	Структура и внешний вид
Мрамор	Кальцит, реже доломит, иногда примесь графита и др.	Массивная	Зернистокристаллическая, белая, светло-серая, реже красноватая или желто-бурая порода. Изредка сланцеватая или неясно-волнисто-полосчатая текстура
Кварцит	Кварц	-//-	Мелкозернистая порода, иногда сливная (отдельные зерна нельзя различить), белого, желтого, красноватого цвета, блестящая на изломе, иногда сланцеватая, плитчатая
Микроклиновый гнейс	Кварц, микроклин, биотит, могут быть роговая обманка, пироксен, гранат	Массивная гнейсовая (полосчатая)	Зернистокристаллическая, серая или желтоватая порода, с полосчатой текстурой
Плагиоклазовый гнейс	Плагиоклаз, кварц, роговая обманка, биотит, пироксен	-//-	То же, что и у микроклинового гнейса, но цвет чаще серый, более темный
Слюдяной сланец	Биотит, мусковит, кварц, иногда гранат, графит и др.	Сланцеватая, иногда полосчатая	Средне- или крупночешуйчатая порода с очень обильной слюдой. Кварц заметен плохо
Слюдяно-кварцитовый сланец	Кварц и слюда (биотит, мусковит)	-//-	Светлоокрашенная крепкая порода с шелковистым блеском на плоскостях сланцеватости, нередко плитчатая
Зеленый сланец	Хлорит, актинолит, альбит, эпидот	-//-	Мелкозернистая, зеленая, довольно массивная порода с шелковистым блеском
Змеевик (серпентинит)	Серпентин, магнетит	Массивная или сланцеватая	Тонкочешуйчатая масса серо-зеленая с пятнами темно-зеленого, белого, черного цвета и гладкими зеркально-эмалевыми поверхностями

4. Основы динамической геологии

Динамическая геология объясняет понятия о внутренних и внешних геологических процессах.

Геологические процессы – изменение и развитие земной коры под действием внутренней и внешней энергии. По источнику энергии геологические процессы делятся на две группы и тесно взаимосвязаны между собой:

1. Эндогенные (внутренние) к ним относят магматизм и его внешние проявления вулканизм, движение земной коры, землетрясение и образование гор. Значение эндогенных процессов: они формируют крупнейшие формы рельефа – мега-, макро- рельефа (горы, впадины), а также современную структуру и строение Земной коры.

2. Экзогенные происходят на поверхности Земли под действием Солнца в направлении обратных внутренним силам. К ним относят: выветривание (разрушение) минералов и горных пород, геологическую работу ветра, атмосферных осадков, текущих поверхностных и подземных вод, работу морей, озер, болот, рек, ледников, производственную деятельность человека. Они приводят к выравниванию и сглаживанию форм рельефа, созданными эндогенными процессами, разрушению, переносу и переотложению продуктов разрушения горных пород и почв. Им также принадлежит ведущая роль в формировании рыхлых почвообразующих отложений.

Таким образом, результатом взаимодействия эндогенных и экзогенных процессов является рельеф Земли, а также все разнообразие структуры земной коры.

4.1. Эндогенные геологические процессы

Магматизм - процесс возникновения магмы в недрах и ее перемещений к поверхности Земли. Различают эффузивный и интрузивный. При интрузивном магматизме магма застывает в недрах Земли, образуя интрузивные горные породы (гранит, диорит). При эффузивном магматизме магма прорывает земную кору и извергается на поверхности Земли. Под вулканическим явлением понимают процессы поднятия и выброса из недр Земли веществ, которые могут находиться в твердом, жидком и газообразном состоянии.

Вулканы – это конусы-возвышенности, сложенные из продуктов вулканических извержений и соединенные с более глубокими частями Земли жерлом.

Выбросы вулканов могут быть жидкими, газообразными твёрдыми.

Жидкие выбросы вулканов называют **лавой**.

Газообразные продукты (**фумаролы**) образуются посредством химических реакций в магме, а также при взаимодействии ее с теми породами, куда она внедряется. Состав газов: CO_2 , H_2O , SO_3 , H_2S , NH_4Cl , O_2 , H_2 и др. Фумаролы бывают без водяных паров и кислые – содержащие пары соляной кислоты, кроме этого бывают щелочные, аммиачные, сернистые и др.

Твердые продукты извержения выделяются вслед за газами и парами, их называют **пирокластическими**. По размеру частиц и обломков они делятся на несколько типов:

1. Вулканический пепел состоит из тонкой пыли пемзы и вулканического стекла (меньше 0,5мм)
2. Вулканический песок состоит из более крупных частиц (0,5-1мм), иногда и более.
3. Лапили размер их колеблется от 1,5-2 мм до несколько метров (вулканические бомбы).

На Земле насчитывают около 600 действующих вулканов, из них 60 являются подводными. Известно, также около 2000 потухших вулканов. Высота вулканов может колебаться от 1000 до 7035м (вулкан Латинской Америки). Географическое размещение вулканов связано с наиболее подвижными участками земной коры: тихоокеанская зона, средиземноморская, атлантическая и зона индийского океана.

Землетрясения – это сотрясение земной коры под действием внутренних сил Земли. Они, как и вулканизм, приурочены к активным зонам земной коры. Разломы земной коры называются геосинклиналями. Типы землетрясения:

1. Вулканические (тихоокеанское кольцо).
2. Обвальные, связаны с обвалами горных пород, занимающих место над пустотами земной коры (калийная соль, гипс, известняк).
3. Тектонические - связаны с образованием гор.

Очаг (гипоцентр) - это участок в глубине земной коры, где накапливается сейсмическая энергия. Они подразделяются в зависимости от глубины: нормальные (0-60км), промежуточный (60-300км) и глубокие (более 300 км).

Эпицентр - проекция гипоцентра на поверхность земли. Точки на поверхности Земли в которых регистрируются точки одной силы, соединяются кривыми линиями, которые называются **изосейстами**.

Моретрясение - связано с быстрыми поднятиями участков морского дна, при этом образуется цунами.

Процессы образования гор. Все нарушения залегания слоев горных пород называют деформациями, которые и приводят к образованию гор. Причины образования гор такие же, как у землетрясения. Тектоническими горы могут быть двух типов:

1. Складчатые горы – образовались без разрыва сплошности пластов земной коры.

2. Глыбовые – приводят к образованию массивных гор в том случае, когда сила горообразования больше силы пластичности горных пород

Антропогенный фактор. Почти два века производственной деятельности человека пронизала все оболочки гидросферы. Проникла в космос и достигла огромных размеров, соизмеримых с размерами с геологических процессов. Ее подразделяют на виды: 1) сельское и лесное хозяйство: земледелие, осушение, орошение, вырубка лесов, применение удобрений, 2) горнодобывающая промышленность: разработка и эксплуатации сырья, разведка и переработка руд, топлива, угля, руды, стройматериалов. Добывают ежегодно 100 млрд тонн полезных ископаемых, 3) разнообразное строительство: равнинные и горные водоохранные плотины, оросительные каналы. Решение охранных задач создало новое направление геологии - техногенная геология, которая предусмотрена безотходную вторичную переработку тех горных выработок, которые накопил человек в результате своей геологической деятельности.

4.2. Экзогенные геологические процессы

Главными факторами экзогенных процессов являются:

- (а) солнечная радиация, вызывает колебания температуры, нагревание и охлаждение минералов и пород;
- (б) вода с растворенными в ней O_2 и CO_2 ;

- (с) O_2 и CO_2 , которые образуются при геологическом и биохимическом процессе;
- (d) растительные и животные организмы, а также продукты их жизнедеятельности;
- (е) производственная деятельность человека.

Денудация – это вся совокупность процессов разрушения горных пород и перемещения продуктов разрушения в пониженные места рельефа. В переносе продуктов значительную роль играет динамическая сила ветра, воды и силы тяжести. В пониженных элементах рельефа (в долинах, реках) происходят накопления продуктов (аккумуляции).

Одни из главнейших экзогенных процессов являются **выветривание** - это процесс разрушения горных пород и минералов под воздействием внешних факторов.

Горизонты горных пород, в которых протекают процессы выветривания, называются корой выветривания. Различают 3 вида выветривания: физическое, химическое, биологическое.

Физическое выветривание - это разрушение горных пород и минералов внешними факторами без изменения их химического состава. Основными факторами являются:

1. Суточное и сезонное колебание температуры;
2. Различные коэффициенты линейного и объёмного расширения минералов, которые слагают горные породы;
3. Неравномерное нагревание в дневное и ночное время, а также различные сезоны года;
4. Вода при попадании в трещины горных пород и замерзание увеличивается в объеме на 9%;
5. Человек и его деятельность (антропогенный фактор).

Химическое выветривание - это процесс химического изменения и разрушения горных пород и минералов с образованием новых соединений. Основными факторами разрушения являются O_2 и CO_2 и неорганические кислоты. Происходят следующие реакции:

1. Растворение. Вода является энергичным растворителем, а с насыщением ее CO_2 и образованием H_2CO_3 способность растворимости воды усиливается. При повышении температура на 10^0 скорость химических реакций увеличивается в 2-2,5 раза. При температуре 25^0 С в одном литре воды может раствориться даже $CaCO_3$ (0,0145 г).
2. Гидролиз – это основная реакция воды с магматическими горными породами, при которой в узлах кристаллические решетки катионы

оснований замещаются на катионы водорода. В дальнейшем при потере SiO_2 образуются минералы каолинит, опал и др.

3. Гидратация - в результате этой реакции минералы – окислы присоединяют воду, образуя более рыхлые минералы - гидроксиды.
4. Окисление - в результате этой реакции минералы сульфиды, многократно окисляясь, образуют более рыхлые минералы - сульфаты.

Таким образом, в результате химического выветривания горные породы и минералы приобретают окраски с желтыми, бурыми, красными цветами. Они приобретают землисто – пористое строение. Рыхлость и хорошая влагоемкость способствуют произрастанию растений, поселению микроорганизмов и животных, которые начинают участвовать в биологическом выветривании.

Биологическое выветривание – это механизм разрушения и химического изменения горных пород и минералов под действием организмов и продуктов их жизнедеятельности. Поселяясь на горные породы растения выделяют во внешнюю среду CO_2 и различные органические кислоты (уксусная, щавелевая, яблочная), которые оказывают разрушающее действие.

Бактерии - нитрификаторы образуют HNO_3 , сульфидокислоты - H_2SO_4 . Эти кислоты растворяют многие минералы и усиливают выветривание. Выделяют силикатные бактерии рода мегатериум, которые усиливают разрушение полевых шпатов.

Водоросли. Диатомовые водоросли разлагают производные кремниевой кислоты.

Грибы рода пенициллиум выделяют вещества, которые разрушают первичные минералы.

Лишайники. Разрушают химическим путем, выделяя CO_2 и специфические кислоты, а также механически: его гифы проникают в трещины горных пород и разрушают их.

Животные, как растения механически разрыхляют горные породы, а своими выделениями способствуют их химическому изменению.

Продукты выветривания образуют две группы:

1. Отложения, которые остаются на месте своего разрушения называется **эллювием**. Это один из типов почвообразующих отложений. Его характеристика: залегает на возвышенных местах, преобладают крупные обломки неокатанной формы, отсутствует слоистость и сортировка, большое сходство с коренной нижележащей породой.

2. Те же продукты разрушения, которые вымываются водой, переносятся ветром и отлагаются в конечном итоге в морях и океанах образуют большой геологический круговорот веществ (**БГКВ**) – **обмен веществ между сушей и океаном**, который включает следующие процессы:

- (a) Континентальное разрушение горных пород;
- (b) Продукты разрушения переносятся ветром, водой с континентов в моря и океаны;
- (c) Отложение осадочных горных пород на дне морей и океанов с последующей их метаморфизацией;
- (d) Новый выход этих пород на поверхность Земли в процессе горообразования.

Таким образом, в результате БГКВ происходит обеднение почвы минеральными элементами питания.

С момента появления растений на суше начал свою работу малый биологический круговорот веществ **МБКВ** - это сумма циклических повторяющихся процессов обмена веществ и энергии между почвами, горными породами и совокупностью растительных и животных организмов. Основные его черты:

1. Извлечение из горных пород, а затем и из почвы элементов питания растений самими же растениями;
2. Возврат в почву ежегодно этих же соединений в виде наземного опада и разложения корней.

Процессы выветривания имеют следующие стадии:

1. Обломочная, когда обломки из элювия не выносятся;
2. Нейтральная, когда из породы выносятся Si , накапливается CO_2 , глинистые минералы;
3. Кислая: из элювия выносятся кальций, магний, натрий, калий;
4. Аллитная, когда накапливаются бокситы, кварциты.

Все эти процессы выветривания подчиняются зональности, впервые установленные В.В. Докучаевым. В зоне тундры преобладает обломочная стадия, в зоне степей, пустынь – нейтральная, а в тропиках и субтропиках - аллитная.

4.2.1. Геологическая работа ветра

Ветер – это движение частиц воздуха в горизонтальном направлении под действием разности давления (эолизация). Геологическая работа ветра проявляется в трех стадиях: разрушение, перенос, аккумуляция.

Разрушительная работа подразделяется на дефляцию и корразию.

Дефляция - это процесс выдувания ветром мелких частиц горных пород из горной породы и почвы.

Корразия – это прямая механическая обработка горных пород с помощью переносимых ветром частиц (ветропесчаный поток).

Перенос или перекачивание осуществляется на значительные расстояния, при этом образуются эоловые отложения в виде **песков и лессов**.

В результате эоловой деятельности образуются такие формы рельефа, как **дюны и барханы**. Кроме этого наиболее катастрофичными эоловыми процессами являются **ураганы, бури и смерчи**

Ураганы длятся 10-25 суток, длина переноса материала от 1 до 15 тыс. км. Бури длятся 1-6 суток, длина переносимого материала до 1000 км, ширина фронта - $n \times 100$ км. Смерчи возникают во время бурь и штормов. Представляют собой минимальное по размерам и максимальное по скорости вращения движение масс воздуха.

4.2.2. Геологическая деятельность поверхностных текучих вод

Свыше 70% земной поверхности покрыто непрерывной водной оболочкой и еще 3% поверхности суши и еще 3% заняты водами рек, озер и болот.

Текучими называют те воды, которые стекают по поверхности в океанические, морские и озерные впадины, они образуют непрерывный круговорот в природе. Каждый поток, стекающий по земле, производит определенную геологическую работу, которая зависит от ее живой силы: $F = mv^2/2$, которая зависит от массы и скорости потока, а так же уклона местности. По характеру воздействия водных потоков различают:

1. Смыв или горизонтальная эрозия
2. Размыв или вертикальная эрозия.

Эти два вида геологической работы проводят поверхностные воды.

3. Подкапывание (суффозия) – производят подземные воды.

Поверхностные воды формируют нерусловые и русловые потоки.

Нерусловые потоки и образование делювия. Геологическая работа нерусловых поверхностных вод производится дождевыми и талыми водами (горизонтальная эрозия). Процессы смыва с водоразделов дождевыми и

талыми водами продуктов выветривания и скопления их на склонах называют **делювиальными**, а образующиеся отложения - **делювием**.

Характеристика делювия:

1. Отсутствие ярко выраженной слоистости;
2. Отсутствие сортировки материала;
3. Большая мелкозернистость материала по сравнению с элювием;
4. Небольшая мощность (2-3м);
5. Залегание на склонах в виде чехла, без хорошо оформленного русла.

Таким образом, характер делювия, его состав и структура зависит от состава коренных пород на водоразделах, а также от крутизны склонов.

В отличие от делювия, осыпной материал, сформировавшийся не под действием водных потоков, а под действием собственной силы тяжести у основания крутых склонов называется **коллювием**.

Временные русловые потоки и сели, образование пролювия. С геологической работой временных горных русловых потоков связано образование **пролювия**. Эти отложения представляют собой скопления плохо сортированного разнородного обломочного материала в виде конуса выноса (веера) в межгорных долинах.

Характеристика пролювия:

1. Распространение в предгорных и горных районах у подножия горных хребтов, а так же на территории межгорных равнин;
2. Форма конуса или веера выноса;
3. Зональное распределение обломочного материала: более крупный обломочный материал расположенный ближе к горам, а более мелкие отложения располагаются по мере отдаленности от гор, у основания конуса выноса.

Селевые потоки это грязекаменные потоки значительной силы, которые наносят вред лесным и сельскохозяйственным угодьям. Наряду со срывом временные русловые поверхностные потоки производят и размыв верхних слоев Земли в глубину – это называется вертикальная эрозия, которая приводит к образованию оврагов.

Овраг - это глубокие (10-15м) вымоины с крутыми отвесными стенами, они являются характерным элементом эрозионного рельефа.

Вершина оврага – это его начало, куда вливается вода, а окончание оврага называют устьем. Овраг прирастает вершиной.

Горизонтальная поверхность, ниже которой не может происходить разрушение почвы и горных пород называется **базисом эрозии**. Местным базисом эрозии для оврага является уровень реки, куда примыкает его устье.

Общий базис эрозии для всех оврагов и рек – поверхность мирового океана. Ниже базиса эрозии овраг не углубляется, дно его постепенно выравнивается, овраг расширяется и превращается в балку с более покатыми склонами.

Для борьбы с горизонтальной и вертикальной водной эрозией необходимо проводить следующие мероприятия:

1. Развивать травянистый покров на склонах: растения, особенно многолетние, своей корневой системой препятствуют смыву и размыву почв;
2. Соблюдать севообороты (научно - обоснованное чередование с/х культур в пространстве и во времени);
3. Правильная обработка почвы (вспашка поперек склона);
4. Полезащитные и приовражные лесополосы.

Реки и образование аллювия. По водному режиму реки бывают дождевыми, снеговыми, ледниковыми, подземные и смешанного питания. Река, как овраг растет своей вершиной.

Речная долина – это узкая и большей частью извилистое углубление в земной поверхности имеющий уклон верховья к устью. В строении речной долины выделяют: **русло** – самая низкая часть дна речной долины, постоянно заполненная водой. Над руслом возвышается **пойма** – часть дна речной долины, затапливаемая водой только в период весенних разливов или выпадения сильных дождей. Окаймляют пойму склоны реки, которые сложены породами осадочного, реже метаморфического или магматического происхождения. На склонах выделяют **террасы** – это ступенеобразные уступы, представляют собой остатки древнейших пойм. Они подразделяются на:

- 1) эрозионные (скульптурные, сложенные только коренными породами),
- 2) аллювиальные (аккумулятивные),
- 3) смешанные (цокольные).

Геологическая работа реки подразделяется на: 1) разрушение (глубинная и боковая эрозия), 2) перенос, 3) отложение (аккумуляция). Уровень того бассейна, куда впадает река называется базисом эрозии. Линия, достигнув которой размыв русла в глубину прекращается, называется

профилем равновесия. Река, выработав профиль равновесия, перестает углублять русло и донная эрозия сменяется боковой. Геологические работы реки зависят от живой силы F . В верховьях реки F больше массы переносимого материала (m), поэтому там преобладают разрушительная работа. В средней части реки живая F уравнивается ($F=m$), для этой части реки характерна работа переноса. В низовьях реки живая сила ослабевает и намного меньше массы переносимого материала, поэтому здесь преобладают процессы аккумуляции. Процесс отложения переносимого реками обломочного материала называют **аллювиальным**.

Аллювий это один из генетических типов почвообразующих отложений, формирующихся реками. Характеристика аллювия:

1. Слоистость, как результат прерывистого накопления осадков;
2. Преобладание песков, гравия, реже глин;
3. Залегания в речных долинах в виде широких полос до 10 км и сравнительно небольшая площадь отложений;
4. Быстрая изменчивость отложений по мощности и по простиранию.

Аллювиальные отложения могут быть нескольких типов:

1. Русловый (занимает нижнюю часть поймы) и имеет косую слоистость;
2. Отложения стариц (старых русел) с образованием болот, затонов в притеррасной пойме, сложенной песками и глинами
3. Пойменные отложения - отличаются высокой зернистостью и низкой слоистостью.

4.2.3. Геологическая работа подземных вод

Подземными водами – называют все, залегающие ниже поверхности Земли. По условиям залегания они делятся: на почвенные, верховодка, грунтовые воды, артезианские воды.

Почвенные воды - тесно связаны с атмосферой, животными и растительными организмами, имеют агрономическое значение, т. к. вода является одним из элементов жизни растений.

Верховодка - это вода временного характера, которая задерживается на линзах водоупорных слоев, имеет большое значение для водоснабжения древесных культур. Однако во время избыточного увлажнения верховодка заболачивает местность, вызывая восстановительные процессы, отрицательно влияющие на растения.

Грунтовые воды – все подземные воды расположенные выше первого от поверхности земли водоупорного слоя горных пород. Глубина их залегания колеблется от 1-2 до 50м.

Артезианская вода – это подземные воды, залегающие в водоносном слое между двумя слоями водоупорных пород. Это вода самофонтанирующая или самоизливающаяся.

Происхождение подземных вод:

1. Инфильтрация (просачивание) атмосферных осадков.
2. Конденсация водяных паров в горнах и трещинах горных пород
3. Остаточные или реликтовые воды морского происхождения.

Все подземные воды, циркулирующие в верхней части земной коры и участвующие в общем круговороте веществ, называют **водозными**. Подземные воды, которые выделяются из магмы называют **ювенильными**.

Различают следующие формы воды в горных породах и в почвах:

1. Химически связанная вода, которая в свою очередь делится на: конституционную и кристаллизационную;
2. Сорбированная: прочносвязанная (гигроскопическая) и рыхлосвязанная (пленочная);
3. Свободная вода: капиллярная (передвигается за счет менисковых сил) и гравитационная (передвигается за счет силы тяжести);
4. Грунтовая вода;
5. Парообразная вода;
6. Твердая вода (замерзающая).

Основным источником жизни растений и микроорганизмов является свободная форма воды, а также парообразная. Особенно важна капиллярная влага. В песчаных и супесчаных породах и почвах вода поднимается по капиллярам на 0,5- 1м, а в суглинках - на 2-3м.

3.Классификация подземных вод по химическому составу:

1. Гидрокарбонатные преобладают ($\text{HCO}_3^- > 25\%$),
2. Сульфатационные – (SO_4^{--} больше 25%),
3. Хлоридные – (Cl^- больше 25%).

Сочетание различных химических элементов обуславливают основные свойства воды:

- а) щелочность обуславливается бикарбонаты кальция, магния, натрия.

б) жесткость - бикарбонаты, сульфаты, хлориды кальция, магния,

в) соленость - сульфаты, хлориды кальция, магния, натрия.

Большое значение на почвообразовательные процессы оказывает степень минерализации грунтовых вод (табл.12).

Таблица 12. Классификация подземных вод по минерализации

Характеристика воды	Общая минерализация	Химический состав
1. Ультрапресные	Менее 0,2 г/л	Гидрокарбонатный
2. Пресные	0,2 - 0,5 г/л	Гидрокарбонатный
3. Относительно повышенная минерализация	0,5 – 1,0 г/л	Гидрокарбонатный, сульфатный
4. Солончатые	1,0 - 3,0 г/л	Сульфатно – хлоридный
5. Соленые	3 - 10 г/л	Сульфатно – хлоридный
6. Повышенной солености	10 - 35 г/л	Хлоридные
7. Переходные к рассолам	35 – 60 г/л	Хлоридные
8. Рассолы	Более 60 г/л	Хлоридные

Геологическая работа подземных вод включает разрушение, перенос, аккумуляцию.

Разрушительной геологической работой подземных вод принято считать суффозию, карст, оползни.

Суффозия - это процесс растворения и вымывания карбонатов и гипса из горных пород в результате чего на поверхности земли возникают суффозионные воронки глубиной до 1 м.

Карст - это вымывание известняков подземными водами с образованием пустот в породе, а на поверхности земли могут образовываться карстовые воронки глубиной до 5 м. Карстовые явления могут приводить к образованию пещер, подземных русел рек и даже подземных озер.

Оползни - это процесс передвижения на склоновых участках почв с почвообразующими породами по более плотным горным породам. Проявляется в период дождей, когда верховодка смачивает водоупорный слой и по нему более рыхлая масса почвы и почвообразующей породы скользят вниз по склону.

4.2.4. Геологическая деятельность морей и океанов

Выделяют следующие элементы дна: шельф (0-200м), континентальный склон (200-2500м), ложе (2500-6000м), глубоководные желоба и впадины (больше 6000м)

Шельф – это подводная окраина материка шириной до 100 км уклон 1-2°. Состоит из подводных продолжений речной сети, а также затопленных террас ($S = 27,5$ млн. км²).

Континентальный склон – угол наклона 3-7°, его дно прорезано многочисленными каньонами ($S = 8,7$ млн. км²).

Ложе (абиссальная равнина) отличается равнинным рельефом, который часто усложнен океаническим хребтами высотой до 2 км и одиночными плосковершинными горами - гайотами, а также глубоководными желобами.

Факторы геологической деятельности море и океанов:

1. Химизм морской воды равен 5‰ (промилле: в 1кг воды содержится 5г солей). Соленость возрастает за счет выбросов из земных недр вулканических газов и размыва горных пород берегов. Солевой состав разнообразен, но преобладают галоидные соединения (89%), низкое содержание карбонатов (0,34%), кислорода (O₂) в 1,5раза больше, чем в воздухе, а углекислого газа (CO₂) - в 300 раз больше, чем в воздухе. Много сероводорода (H₂S).
2. Давление столба воды. При погружении на каждый 10 м, давление столба воды увеличивается на 0,1 мПа; на глубине 2 км оно составляет 20 мПа. В этих условиях быстрее разрушаются карбонатные осадки.
3. Прозрачность воды (измеряется в м и зависит от наличия взвешенных частиц). В Белом и Балтийском море прозрачность составляет 7-10м, а в Саргассовом - 66м. Степень прозрачности зависит от объема речного стока. Горная река Кура имеет годовой сток 0,022км³/год, равнинная река Волга - 0,013км³/год.

Прозрачность определяет глубину распространения бентоса (0-60...80м).

Вода в Мировом океане находится в непрерывном движении, различают четыре его типа:

1. Волнение, вызывается часто ветром, реже моретрясением (цунами). Высота, длина и период волны зависит от скорости ветра и размера водного бассейна. При силе ветра 4 балла высота волны = 2,1 м, при 10 баллах - 10,2 м, при этом длина вырастает до 51-95 м. Волны производят огромную разрушающую работу.

2. Течение. Причины: ветер, неравномерный разогрев воды, перепад плотности водной массы, атмосферные волнения. Делятся: подводные, глубинные, прибрежные, природные. По отношению к температуре - холодные, теплые. Придонные движения наиболее важны с точки зрения геологии, т. к. вступая во взаимодействие с донными осадками, они определяют интенсивность аккумулятивных и эрозионных форм рельефа.

3. Сгонно – нагонные движения возникают в прибрежной мелководной части бассейна. В результате образуют форму уклона профиля дна.

4. Приливно - отливные движения связаны с периодическими колебаниями уровня море 1-2 раза (сутки). Причина - притяжения Луны. Приливная волна может достигать 8 м и производит заметную эрозию дна.

Органический мир океана. По условиям обитания и образу жизни все представители органического мира океана подразделяются на бентос, планктон и нектон.

Бентос расселяется на морском дне, подразделяется на подвижные и неподвижные, т. е. прикрепленные к дну. Различные моллюски обитают до глубины 200м, т. к. нуждаются в постоянном количестве кислорода, света и тепла.

Планктон (блуждающий) перемещается под действием течений. Различают зоо- и фитопланктон. К зоопланктону относятся фороминиферы (карбонатный скелет) и кремнистые. К фитопланктону относят: кокколитовые (кремниевый скелет) и водоросли.

Нектон - от греческого «плавающий» имеют органы для самостоятельного передвижения. К ним относят рыбы, пресмыкающиеся, морские млекопитающие, моллюски.

Геологическую деятельность морей и океанов можно подразделить на: разрушительную, транспортировочную и аккумулятивную работу.

Разрушительная работа называется **абразией** - это механическое разрушение горных пород волнами и подводными течениями, определяется следующими факторами:

1. Интенсивность волнения;
2. Физико – химическая устойчивость горных пород;
3. Строение прибрежной полосы;
4. Степень однородности суши;
5. Физико –географическая среда.

В результате образуются промоины, котловины.

Транспортировка осадочного материала происходит по акватория бассейна как параллельно берегу, так и перпендикулярно прибрежной линии. Крупные обломки стремятся к берегу, мелкие - в сторону глубины. Вдоль берега материал переносится на 10-100 км.

Аккумуляция проявляется в накоплении осадков и создание аккумулятивных форм рельефа. Осадочный материал поступает в бассейны в 3 – х состояниях: нормальные растворы, коллоиды и твердые частицы. В качестве источников питания осадочным материалом являются (млрд. тонн в год): берега - 10,3; реки приносят 18,3; животный мир - 60, вулканы - 3, космос - 80. Все осадки морей и океанов подразделяются на следующие группы: обломочные, органические, хемогенные.

В распределении осадков существует климатическая и глубинная зональность.

Климатическая зональность, когда в северных широтах, где преобладает физическое выветривание, в океаны выносятся крупно обломочный материал. В низких широтах, где развито химическое выветривание, реки сбрасывают тонкий дисперсный материал. Поэтому ближе к экватору в большей степени откладываются карбонаты.

Глубинная зональность. С глубиной энергия водной массы затухает и поэтому уменьшается размер обломочных частиц донных осадков.

4.2.5.Геологическая деятельность озёр и болот

Озером называется закрытый со всех сторон, не сообщающийся с открытым морем водный бассейн. Наука об озёрах называется **лимнологией**.

Общая площадь озёр на Земле составляет 1,8% земной поверхности, или 6,1% поверхности суши. Каспийское море занимает площадь 436000км², Байкал – 34000км², Ладожское – 18000км², Женевское – 0,6тыс. км².

По характеру углубления, заполненного водой, озёра бывают **котловинные и плотинные**, а по генезису – **экзогенные и эндогенные**.

Экзогенные котловинные: речные, ледниковые, эоловые. Экзогенные платформенные: ледниковые, обвальные, моренные.

Эндогенные озёра имеют тектоническое происхождение (Байкал, Онежское, Мёртвое).

Геологическая деятельность озёр не столь обширна, как работа рек или морей. Особое значение имеет формирование залежей различных осадков:

- обломочные (галька, гравий, песок, илы, из которых образуется конгломерат, брекчия, песчаники, сланцы, глины);
- органогенные (скопления ракушек, органогенные илы, сапропели, из которых образуется ракушечники – известняки, горючие и битумные сланцы;
- хемогенные (в солёных озёрах происходит образование каменной соли, ангидрита, гипса, глауберовой соли, кальцита, сидерита, лимонита, опала, доломита).

По мере увеличения в воде органических кислот бактерии погибают и процесс распада растительного вещества происходит физико-химическим путём: растительная масса на дне болота (былого озера) обогащается углеродом, но обедняется кислородом и водородом. **Процесс обогащения растительной массы углеродом называется оторфовыванием или гумификацией, а полученный продукт – торфом.** Скорость процесса торфообразования от 0,5 до 1,7 см в год.

Характер растительности, принимающей участие в заполнении озера, меняется по мере его заболачивания, поэтому изменяется снизу вверх и состав торфа: внизу сапропелевый торф, выше - камышовый, затем тростниковый, хвощовый, осоковый, лесной, гипновый, сфагновый.

В верхних слоях торф имеет бурый цвет и хорошо сохраняет своё растительное сложение. В нижних слоях торф приобретает тёмный цвет, землистое сложение и постепенно переходит в бурый уголь – лигнит.

В условиях повышенных температур и давлений происходит дальнейшее обеднение растительного вещества кислородом и обогащение углеродом (процесс углефикации). В результате лигнит превращается в каменный уголь, а последний – в антрацит. На ещё больших глубинах при внедрении магмы в земную кору образуется графит (табл.13).

В образовании каменного угля, антрацита и графита временной фактор роли не играет. Здесь важно давление и температура.

Бурые и каменные угли болотно – озёрного происхождения называют **лимническими**.

Таблица 13. Химический состав продуктов преобразования древесины

Наименование горючего	Содержание, %		
	С	Н	О
Древесина	50	6	43
Торф	59	6	33
Бурый уголь	69	5,5	25
Каменный уголь	82	5,0	13
Антрацит	95	2,5	2,5
Графит	100	–	–

Угли, образовавшиеся из торфяников приморских болот называют **паралическими**. Угли паралические и лимнические называют первичными или **аутохтонными**. Вторичные или **аллохтонные** угли образовались из скоплений растительного материала, снесённого текучими водами (реками) в дельты. Месторождения вторичных углей более малых размеров по сравнению с первичными.

В болотах, кроме торфов, происходит образование железных руд в виде лимонита, бобовых, марганцевых и др. руд. Закисное железо (FeCO_3 или FeSO_4), попадая в болото или озеро, образует $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ в виде бобовых оолитов и других сфероидальных образований. В окислении принимают участие также и бактерии. Пласты бурого железняка могут расти со скоростью 10-15см в год.

4.2.6. Геологическая работа ледников

Ледниковые явления изучает раздел геологии – гляциология (от лат. «glacies» - лёд).

Ледник – масса льда значительных размеров, способная передвигаться под действием собственной силы тяжести и пластических свойств льда. Образуется в результате скопления больших масс снега, который при уплотнении превращается сначала в зернистый лёд – фирн, а затем в голубой лёд - глетчерный.

В горной местности при продвижении вверх на каждые 100м температура понижается на 0,5-0,6°С. В связи с этим существует «снеговая линия» - это граница, выше которой расположен снежный покров.

Типы ледников: материковые (покровные), промежуточные, горные.

Обладая пластическими свойствами, ледник на подобии реки движется под действием силы тяжести.

Площадь ледников на материках составляет 11% площади суши. Объёмное количество льда на Земле - 30 млн. км³. Площади ледников на материках в км²: Антарктида – 13млн., Арктика – 2млн., Азия – 114тыс., Сев. Америка – 68тыс., Европа – 8,5тыс., Южная Америка и Африка – около 1тыс.

Лёд влияет на формирование климата, рельефа и осадочных горных пород. Если ледник опускается ниже снеговой линии – ледник наступает, а при потеплении климата ледник отступает, при этом ледниковый язык уходит вверх от конечной морены. Если растопить льды Гренландии, то уровень мирового океана поднимется на 2м, а при таянии льдов Антарктиды – на 40м.

Передвигаясь, ледник разрушает горные породы и переносит продукты своей геологической работы.



Экзарация зависит от скорости движения ледника: горные – 0,1 – 7м/год, материковые – 15 - 22м/год.

Выделяют 3 типа ледниковых отложений:

- 1) ледниковые отложения моренных аккумуляций (**морена** – это неслоистые, несортированные грубообломочные материалы, перенесённые ледником и состоящие из глины, суглинка, супеси, песка, гравия, гальки, валунов). По способу накопления и

транспортировки обломков выделяют морены **основные, внутренние, донные, боковые, конечные;**

- 2) Ледниковые отложения стоячих вод (озёрно-ледниковые) отложены песком, суглинком и глинистым материалом тёмно-серого цвета ленточного типа;
- 3) Ледниковые отложения текучих вод (флювиогляциальные отложения) представлены песчано-галечниковым материалом с наличием валунов, который хорошо сортирован и обладает диагональной (косой) слоистостью.

Формы рельефа, образовавшиеся в результате геологической деятельности ледников:

- а) моренные серповидные гряды поперёк движения ледника, образованные конечной (краевой) мореной;
- б) озы – валы, вытянутые по направлению движения ледника длиной 30-40км, шириной 40-100м и высотой 25-30м, образованные водно-ледниковыми потоками, сложены несортированным песчано-гравийно-галечниковым материалом;
- в) камы – беспорядочно разбросанные холмы высотой 20м и более, с выположенными вершинами, сложены отсортированным супесчано-галечниковым материалом с горизонтальной и диагональной слоистостью, в который погружены валуны (озёрно-ледниковое происхождение).

Периодичность оледенения четвертичного периода связана с изменением солнечной активности, а также с тектоническими движениями земной коры и процессами горообразования. На территории Европейской части России установлены следующие оледенения: Валдайское, Калининское (Вятское), Московское. Наблюдения за режимом современных ледников, связью их таяния и климатом дают материал для понимания возникновения материковых оледенений.

4.2.7. Антропогенные воздействия на горные породы и их массивы

В процессе инженерно-хозяйственной деятельности человека горные породы, слагающие верхнюю часть земной коры в той или иной степени,

претерпевают сжатие, растяжение, сдвигание, водонасыщение, осушение, вибрации и другие воздействия.

Изменения, происходящие в породах при различных воздействиях, детально изучают. Это необходимо для прогноза возможного развития опасных геологических процессов, негативно влияющих на экологическую обстановку.

К числу основных антропогенных воздействий на породы относятся: статические и динамические нагрузки, тепловое воздействие, электрические воздействия и др.

Статические нагрузки. Это наиболее распространенный вид антропогенного воздействия на горные породы. Под действием статических нагрузок от зданий и сооружений, достигающих 2 МПа и более, образуется зона активного изменения горных пород, достигающая глубин 70—100 м. При этом наибольшие изменения наблюдаются: 1) в вечномерзлых льдистых породах, на участках залегания которых часто наблюдаются оттаивание, пучение и другие процессы; 2) в сильно сжимаемых породах, например, заторфованных, илистых др.

Динамические нагрузки. Вибрации, удары, толчки и другие динамические нагрузки типичны при работе транспорта, ударных и вибрационных строительных машин и т. д. Наиболее чувствительны к сотрясению рыхлые неуплотненные породы (пески, водонасыщенные лессы, торф и др). Прочность этих пород заметно снижается, они уплотняются (равномерно или неравномерно), структурные связи нарушаются, возможно внезапное разжижение и образование оползней, отвалов, плывущих выбросов и других неблагоприятных процессов.

Другим видом динамических нагрузок являются взрывы, действие которых сходно с сейсмическими воздействиями. Горные породы разрушают взрывным способом при строительстве автомобильных и железных дорог, гидротехнических плотин, добыче полезных ископаемых и т. д. Очень часто взрывы сопровождаются нарушением природного равновесия — возникают оползни, обвалы, осыпи и т. п. Так, по данным А. А. Улхориной (1985), в результате взрыва многотонного заряда в одном из районов Кыргызстана при строительстве каменной плотины, на склонах образовалась зона нарушенных пород с трещинами от 0,2 до 1 м в ширину и до 200 м в длину. По ним произошли смещения горных пород объемом до 30 тыс. м³.

Тепловое воздействие. Повышение температуры горных пород наблюдается при подземной газификации углей, в основном доменных и мартеновских печей и др. В ряде случаев температура пород повышается до 40—50 °С, а иногда и до 100 °С и более (в основании, доменных печей). В зоне подземной газификации углей при температуре 1000—1600 °С породы спекаются, «каменеют», теряют свои первоначальные свойства.

Как и другие виды воздействия, тепловой антропогенный поток влияет не только на состояние горных пород, но и на другие компоненты окружающей природной среды. Изменяются почвы, подземные воды, растительность.

Электрическое воздействие. Создаваемое в горных породах искусственное электрическое поле (электрифицированный транспорт, ЛЭП и др.) порождает блуждающие токи и поля. Наиболее заметно они проявляются на городских территориях, где имеется наибольшая плотность источников электроэнергии. При этом изменяются электропроводность, электросопротивляемость и другие электрические свойства пород.

Динамическое, тепловое и электрическое воздействие на горные породы создают *физическое загрязнение* окружающей природной среды.

Массивы горных пород

Массивы горных пород и, в первую очередь, их поверхностные толщи, в ходе инженерно-хозяйственного освоения подвергаются мощному антропогенному воздействию. При этом развиваются такие опасные ущербообразующие процессы, как оползни, карст, подтопление, просадочные процессы и др. Особенно легко подвержены опасным процессам массивы вечномерзлых пород, так как они весьма чувствительны к тепловому антропогенному воздействию.

Оползни. Оползни представляют собой скольжение горных пород вниз по склону под действием собственного веса грунта и нагрузки — фильтрационной, сейсмической или вибрационной. Для оползней характерно отсутствие вращения и опрокидывания смещающихся масс. Оползни — явление частое на склонах долин рек, оврагов, берегов морей, искусственных выемок. Большой ущерб природной среде ежегодно приносят оползневые процессы на берегах Черноморского побережья Кавказа, Крыма, в долинах Волги, Днепра, Дона и многих других рек и горных районов. Оползни нарушают устойчивость массивов горных пород, негативно

вливают на многие другие компоненты окружающей природной среды (нарушение поверхностного стока, истощение ресурсов подземных вод при их вскрытии, образование заболоченностей, нарушение почвенного покрова, гибель деревьев и т. д.). Известно немало примеров оползневых явлений катастрофического характера, приводящих к значительным человеческим жертвам.

Карст. Геологическое явление, связанное с растворением водой горных пород (известняков, доломита, гипса, каменной соли), образованием при этом подземных пустот (пещер, каверн и др.) и сопровождаемое провалом земной поверхности, получило название *карста*. Массивы горных пород, в которых развивается карст, называются *закарстованными*. Хозяйственное освоение закарстованных массивов горных пород ведет к существенному изменению природной среды. Карст широко распространен в мире, в том числе и в России, в частности, в Башкирии, в центральной части Русской равнины, в Приангарье, на Северном Кавказе и во многих других местах, где имеются растворимые горные породы. Активизация карста отмечается на территории Москвы и Московской области.

Вечная мерзлота. В ряде районов земного шара (север Европы и Америки, север и восток Азии) толщи верхней части земной коры постоянно находятся в мерзлом состоянии. Их температура всегда ниже 0 °С. Такие породы называют *вечномерзлым*, а территорию — областью *вечной мерзлоты*: На территории нашей страны они занимают более 50% площади. Происхождение вечной мерзлоты связывают с оледенением четвертичного периода.

В последние десятилетия в сферу строительного освоения в районах вечной мерзлоты вовлекаются все новые и новые территории: север Западной Сибири, шельф арктических морей, земли Нерюнгринского месторождения и многие другие.

Вторжение человека не проходит бесследно для «хрупких» природных экосистем Севера: разрушается почвенно-растительный слой, изменяется рельеф, режим снегового покрова, возникают болота, нарушаются взаимосвязи и взаимодействия экосистем.

Москва считалась городом, где карстовые процессы затухли и не проявляли себя на поверхности земли. Однако интенсивный отбор подземных вод, а также динамические вибрационные воздействия транспорта и строительства, статические нагрузки и некоторые другие факторы (возможно, загрязнение подземных вод) заметно усилили эти процессы.

Одним из важных направлений в сохранении окружающей природы является *охрана карстовых пещер* — уникальных памятников природы. При массовых туристских посещениях в них нарушается "тепловой и водный режим, наблюдается «таяние» сталактитов и сталагмитов, другие негативные изменения геологической среды.

Подтопление. В настоящее время под подтоплением понимают любое повышение уровня грунтовых вод до критических величин (менее одного-двух метров от поверхности земли). Подтопление территорий весьма негативно влияет на природную среду. Массивы горных пород переувлажняются и заболачиваются. Процесс подтопления впервые привлек внимание при создании водохранилищ, когда уровень грунтовых вод по их берегам стал быстро подниматься.

Активизируются оползни, карст и другие неблагоприятные процессы. В лессовых глинистых грунтах возникают просадки, в глинах — набухание. Просадка в лессовых грунтах приводит к резкой неравномерной осадке, а набухание в глинах — к неравномерному подъему зданий и сооружений. В результате сооружения испытывают деформации, вплоть до полной непригодности к эксплуатации. Это ухудшает экологическую обстановку в жилых и производственных помещениях, что снижает производительность труда и даже может вызвать травмы и болезни у людей.

В результате вторичного засоления почв угнетается растительность, возможно химическое и бактериальное загрязнение грунтовых вод, ухудшается санитарно-эпидемиологическая обстановка.

Причины подтопления разнообразны: утечки воды из подземных водонесущих коммуникаций, засыпка естественных дренажей — оврагов, асфальтирование и застройка территории, нерациональный полив улиц, садов, скверов, барраж подземных вод (т. е. задержка их движения

глубокими фундаментами), фильтрация из водохранилищ, прудов-охладителей АЭС и др.

Сейчас в нашей стране подтопление территорий, особенно городских, приняло массовый характер. В России подтоплено свыше 700 городов и поселков городского типа, в том числе такие города, как Москва, Санкт-Петербург, Нижний Новгород, Ростов-на-Дону, Волгоград, Новосибирск, Саратов и многие другие.

Воздействия на недра

Недрами называют верхнюю часть земной коры, в пределах которой возможна добыча полезных ископаемых. Являясь естественным фундаментом земной поверхности, недра активно влияют на окружающую природную среду. В этом заключается их главная экологическая функция. Важно подчеркнуть также, что в наши дни недра должны рассматриваться не только в качестве источника полезных ископаемых или резервуара для захоронения отходов, но и как часть среды обитания человека.

Экологическое состояние недр определяется прежде всего силой и характером воздействия на них человеческой деятельности. В современный период масштабы антропогенного воздействия на земные недра огромны. Только за один год на десятках тысяч горнодобывающих предприятий мира извлекается и перерабатывается более 150 млрд т горных пород, откачиваются миллиарды тонн кубических метров подземных вод, накапливаются горы отходов. Только на территории Донбасса расположено более 2000 отвалов пород, вынутых из пустых шахт — *терриконов*, достигающих высоты 50—80 м, а в отдельных случаях и более 100 м, объемом 2—4 млн м². В России действуют несколько тысяч карьеров для открытой разработки полезных ископаемых, из них самые глубокие — Коркинские угольные карьеры в Челябинской области (более 500 м). Глубина угольных шахт нередко превышает 1500 м.

Недра нуждаются в постоянной экологической защите, в первую очередь от истощения запасов полезных ископаемых, а также от загрязнения их вредными отходами, неочищенными сточными водами и т. д.

Контрольные (тестовые) вопросы

Вопрос	Варианты ответов
1. Какие горные породы составляют 95 % массы литосферы?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Магматические 2. Осадочные 3. Элювиальные 4. Метаморфические
2. Какие из перечисленных пород относятся к осадочным?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Гранит 2. Базальт 3. Лёсс 4. Мрамор
3. На каких породах главным образом развиваются почвы?	<ol style="list-style-type: none"> 1. На магматических 2. На осадочных 3. На метаморфических 4. На элювиальных
4. Как называются продукты выветривания исходных пород, оставшиеся на месте образования?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Делювий 2. Аллювий 3. Элювий 4. Проллювий
5. Как называются продукты выветривания, отложенные дождевыми и талыми водами на склонах?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Элювий 2. Проллювий 3. Делювий 4. Аллювий
6. Какая из перечисленных почвообразующих пород наиболее благоприятна для почвообразования?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Морена 2. Покровные суглинки 3. Лессовидные суглинки 4. Флювиогляциальные отложения
7. Каковы характерные признаки лёсса?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Слабая пористость 2. Обогащены частицами < 0,001 мм 3. Карбонатные 4. Плотные
8. Каковы характерные признаки аллювиальных отложений ?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Включения грубого обломочного материала 2. Несортированность 3. Слоистость 4. Засоленность
9. Какие признаки характерны для морских четвертичных отложений?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Несортированность 2. Слоистость отсутствует 3. Песчаные по гранулометрическому составу 4. Засоленность
10. Как называются почвообразующие породы, отличающиеся несортированностью, включением валунов, обогащением кварцем, преимущественно бескарбонатные	<ol style="list-style-type: none"> 1. Лёсс 2. Покровные суглинки 3. Морена 4. Лёссовидные суглинки

Вопросы для самопроверки

1. Какие геологические процессы возникают под действием внутренних сил Земли?
2. Что такое магматизм и как образуются магматические горные породы?
3. Укажите причины возникновения вулканов. Назовите основные типы и продукты, их извержения.
4. Назовите причины тектонических движений земной коры.
5. Как проявляются колебательные, складчатые и разрывные движения. Что за понятие глубинные разломы?
6. Каковы причины и механизм землетрясений?
7. Возможно ли предсказать землетрясения?
8. Какие геологические процессы возникают под действием внешних сил Земли?
9. Что мы понимаем под выветриванием горных пород? Какие существуют типы выветривания?
10. В чем заключается геологическая работа ветра? Каковы причины возникновения ветровой эрозии?
11. Что такое плоскостной смыв и линейный размыв?
12. Как образуются овраги? Почему возникают селевые потоки?
13. Какие отложения называются элювием, делювием, пролювием. Как образуется аллювий?
14. Какую работу выполняют моря и океаны?
15. Как образуются озерно-болотные отложения?
16. Какие ледниковые отложения вы знаете?
17. Какие геологические процессы происходят в районах многолетней мерзлоты и каково их значение?
18. Какова роль человека в преобразовании земной коры и ее поверхности?

5. Основные сведения из геоморфологии

Геоморфология это наука о рельефе. **Рельеф** — это совокупность форм земной поверхности (гор, равнин, впадин и др.), различных по своим размерам, строению и происхождению, находящихся на разных стадиях развития, в сложных сочетаниях друг с другом и во взаимосвязях с окружающей средой.

Рельеф подразделяют на формы и типы. **Под формами рельефа** понимают природные, а нередко и искусственные тела и полости, простейшие из которых можно приближенно сравнить с геометрическими фигурами (конусом, пирамидой, призмой). Сложные формы рельефа представляют собой сочетание простых форм и могут достигать очень больших размеров (материк, впадина моря, горная страна и т. д.). **Основными элементами форм рельефа** являются: *грани* — поверхности склонов, *ребра* — линии сочленения граней, линии водоразделов, подошвы склонов, тальвегов, бровок, *точки* вершин, седловин, устья долин, оврагов и др.

По **внешним признакам и по отношению к прилегающим пространствам** различают положительные и отрицательные формы рельефа, замкнутые и незамкнутые. *Положительные формы рельефа* — это возвышающиеся над прилегающей местностью участки земной поверхности (гора, холм, материк над дном моря), а *отрицательные* — это пониженные по отношению к прилегающим территориям участки (воронка, котловина, долина, впадина). *Замкнутые формы рельефа* (подошвы бровок и др.) ограничены со всех сторон склонами или линиями. *Незамкнутые формы рельефа* обычно лишены склонов с одной, а иногда и с двух сторон. Например, гора является положительной, а карстовая воронка отрицательной замкнутыми формами. Речная долина — это отрицательная незамкнутая форма рельефа,

По **происхождению** формы рельефа подразделяют на **тектонические, эрозионные и аккумулятивные.**

Тектонические формы рельефа (горные хребты, равнины, океанические впадины и др.) возникают в процессе движения земной коры. Они крупные по размеру и образуют основной рельеф и лик Земли.

Эрозионные формы рельефа связаны с разрушительной работой текучих вод (атмосферных, речных, подземных). К ним относят ущелья, речные долины, балки, овраги, промоины и т. д.

Аккумулятивные формы рельефа (речные террасы, барханы, дюны и др.) являются следствием накопления продуктов разрушения горных пород.

Типом рельефа называют определенное сочетание форм, закономерно повторяющихся на обширных территориях и имеющих сходное происхождение, геологическое строение и историю развития. Различают равнинный, холмистый и горный типы рельефа.

Равнинный рельеф имеют обширные участки суши. В зависимости от положения над уровнем моря равнины подразделяют на отрицательные — расположенные ниже уровня моря; низменные — высотой, не превышающей 200 м над уровнем моря; возвышенные — с абсолютной отметкой 200 ... 500 м; нагорные — расположенные выше 500 м над уровнем моря.

По глубине и степени расчленения рельефа различают равнины: слабо-, мелко- и грубо-расчлененные, соответственно с колебанием высот до 10 м, 5 ... 25 м и 20 ... 200 м на протяжении 2 км.

В зависимости от происхождения равнины могут быть **структурными, аккумулятивными и скульптурными**.

Структурные равнины (например, Прикаспийская низменность) сложены спокойно залегающими слоями осадочных и пластовыми телами магматических пород или представляют собой относительно недавно вышедшие на поверхность Земли участки морского дна с горизонтально залегающими слоями пород.

Аккумулятивные равнины образуются в результате накопления осадочного материала в море или на суше. Их подразделяют на аллювиальные, предгорные наклонные, ледниковые моренные, зандровые, эоловые, органогенные. Предгорные равнины формируются у подножья гор из аллювия горных рек и современных наносов типа пролювия и делювия.

Скульптурные равнины возникают в результате разрушения первичной поверхности процессами абразии и денудации. Например, абразионные равнины образуются в процессе разрушения побережий морскими волнами. Денудационные равнины (характерны для Казахстана) представляют собой участки суши с близко залегающими к поверхности Земли или имеющими выход на нее коренными горными породами.

Холмистый рельеф — это поверхность Земли, состоящая из сочетания часто чередующихся возвышенностей (холмы с относительными высотами не более 200 м) и пониженных участков (ложбин и котловин).

Горный рельеф представляет собой чередование крутых поднятий (горы, хребты) и понижений (долины, впадины, котловины). В зависимости от происхождения он может быть тектоническим, вулканическим и эрозионным. Тектонический рельеф формируется в результате тектонических движений и сложных нарушений земной коры. Тектонические горы являются наиболее распространенными и имеют достаточно сложное строение и рельеф. Вулканический рельеф возникает в процессе извержения вулканов, а эрозионный — в результате глубокого эрозионного расчленения земной коры с горизонтально залегающими слоями горных пород, поднятых на большую высоту над базисом эрозии.

Весьма специфичны формы *антропогенного рельефа*, образованного в результате деятельности человека. В районах древнего орошения вдоль крупных каналов наблюдаются повышения рельефа (высотой до 3 м, иногда и более), связанные с накоплением наносов, извлеченных при их проходке. При добыче различных полезных ископаемых большие массы пустой породы идут в отвалы — крупные гряды и холмы (например, терриконы в местах добычи каменного угля). От характера и форм рельефа зависят пахотоспособность земель, использование сельскохозяйственных машин, способы и условия обводнения, орошения и их осушения.

От характера и форм рельефа зависят способность земель к вспашке, использование сельскохозяйственных машин, способы и условия обводнения, орошения и их осушения, а также особенности проведения мелиоративных и рекультивационных мероприятий.

Вопросы для самопроверки

1. Понятие о рельефе?
2. Перечислите основные элементы форм рельефа
3. Дайте характеристику тектонических, эрозионных и аккумулятивных форм рельефа.
4. Как подразделяются равнины по происхождению?
5. В чём отличия холмистого и горного рельефа?

6. Геологическая картография с основами геохронологии и стратиграфии

6.1. Методы определения относительного возраста горных пород

В любой науке всегда была проблема пространства - времени. В своей работе геологи вынуждены мысленно перемещать и совмещать пласты горных пород во времени и таким образом использовать четырех мерный мир, т. е. ещё одну пространственную координату. Роль такой координаты выполняет геохронологическая шкала основанная на тождестве:

ниже/выше = раньше/ позже

В основе этой шкалы лежит первая часть тождества Н. Стенона, по существу, развитая в работах английского геодезиста и геолога У. Смита (1769—1839 гг.) как принцип суперпозиции. Согласно этому принципу в разрезе осадочных пород каждый последующий слой отлагался на предыдущем, а значит, был моложе его.

Для того чтобы установить наложения слоёв в горных породах по отношению друг к другу, в настоящее время используют следующие методы геохронологии: стратиграфический, литолого-петрографический, палеонтологический.

Стратиграфический метод - основан на том, что каждый ниже лежащий слой древнее выше лежащего, при нарушении залегания слоев этим методом определить возраст пород трудно, а иногда невозможно.

Литолого-петрографический метод основан на распознавании и идентификации разрезов по петрографическим признакам: минералогическому составу пород, их структурным и текстурным особенностям. Сущность метода заключается в изучении петрографического состава слоев горных пород и его сопоставления с составом подобных слоев в других районах, относительный возраст которых известен.

Палеонтологический метод основан на результате изучения остатков организмов, которые сформировались в слоях осадочных горных пород в виде окаменелостей и отпечатков. В наиболее древних отложениях заключены остатки примитивных организмов, а в более молодых отложениях – высоко развитые. Остатки быстро совершенствующихся организмов, которые образовались в относительно короткие периоды, называют **руководящими**. Для них характерно недолговечность и широкое горизонтальное распространение. По существу, живые организмы

используются как часы, циферблатом в которых является их незамкнутая эволюция.

Таким образом, палеонтологический и стратиграфический методы позволяют сопоставить возраст горных пород различных территорий и систематизировать их во времени (т.е. определить их относительный возраст). Тем не менее, основу стратиграфических исследований все-таки составляет палеонтологический метод, опирающийся почти на 200-летний опыт полевых и теоретических исследований в самых разных регионах мира.

6.2. Абсолютный возраст горных пород и методы его определения

В этой шкале время измеряется в годах, тысячах и миллионах лет. Эта шкала дает не последовательность событий, а либо их временной интервал, либо возраст, отсчитываемый от настоящего. Самым разработанным методом является метод «радиоактивных часов», основанный на процессе радиоактивного распада различных природных изотопов.

Принцип метода основан на том, что ядра атомов радиоактивных элементов (уран, радий, торий) самопроизвольно распадаются со своей постоянной скоростью, независимой от внешних условий. В результате возникают ядра нерадиоактивных устойчивых элементов. Например, свинец из урана, а аргон из калия ($^{238}\text{U} \rightarrow ^{206}\text{Pb}$; $^{232}\text{Th} \rightarrow ^{208}\text{Pb}$; $^{40}\text{K} \rightarrow ^{40}\text{Ar}$). Таким образом, такие элементы могут служить эталоном земного времени. В образцах горных пород определяют содержание ^{238}U и ^{206}Pb в атомных единицах, по таблице в справочнике находят значение постоянной распада Урана (λ) и по формуле рассчитывается время (t) или возраст горной породы:

$$t = (1/\lambda) \ln (1 + ^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U})$$

Однако при этом существует ряд допущений:

- Порода, содержащая материнские и дочерние элементы, должна быть изолирована.
- По существу определяют не возраст породы, а время образования соотношения $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$. И то, что время равно возрасту породы – это лишь допущение, принимаемое за то, что минералы с Pb и U возникли одновременно с породой и не являются вторичными новообразованиями.

Методы определения абсолютного возраста горной породы:

1. Гелиевый метод основан на определении количества гелия, выделившегося в результате распада урана и тория. Применение этого метода ограничено, так как гелий со временем улетучивается.

2.Свинцовый метод более надёжен. Он заключается в определении содержания в горных породах одного из изотопов свинца ^{206}Pb ; ^{207}Pb ; ^{208}Pb . Эти изотопы являются конечным продуктом распада урана и тория. Зная, какое количество свинца образуется из 1г урана в год и определяя их совместное содержание в данном минерале, можно вычислить абсолютный его возраст. Метод дает хорошие результаты, если минералы содержат много урана и тория, и когда их возраст не менее 30 млн. лет. Применим для магматических горных пород.

3.Аргоновый метод разработан советским учёным Э.К. Герлингом, позволяет установить возраст калий содержащих минералов и горных пород по соотношению изотопов аргона и калия с атомным весом 40. Применим для анализа осадочных горных пород.

4.Рубидиево – стронциевый метод. Период полураспада более 50 млрд. лет, поэтому метод имеет ограниченное применение.

5.Углеродный метод используется для установления возраста остатков старых деревьев. В живых тканях в постоянном соотношении содержится радиоактивный и нерадиоактивный углерод. После отмирания организма накопившийся радиоактивный углерод постоянно разрушается и через 5560 лет его остается только половина. Этот метод позволяет определить возраст организма по костным остаткам. Недостаток: невозможно установить возраст объектов, превышающих 15-30 тыс. лет.

6.3.Геохронологическая и стратиграфическая шкалы

По результатам изучения геологического строения земной коры и история развития жизни на Земле ученые разработали стратиграфическую шкалу, привязав её временным фактором к геохронологической шкале. В геохронологической шкале вся геологическая история разбита на отдельные отрезки времени, а в стратиграфической в зависимости от длительности осадконакопления каждому отрезку времени соответствует определенная толща горных пород. Горные породы, образовавшиеся в течение одной эры, объединены в группу; горные породы, образовавшиеся в течении периода, объединены в систему; горные породы эпохи – в отделы; а горные породы, образованные в течение века, – в ярусы (табл. 14).

В шапке таблицы вверху даны геохронологические названия, а ниже - названия соответствующих им элементов стратиграфической шкалы. В региональных (РСШ) и местных шкалах используют и более дробное

расчленение: ярус, подъярус, пачка, слои и т. д. Теперь дадим некоторые комментарии о названиях.

1. **Эон** — длительный промежуток времени (от греч. αἰών — век, эпоха), объединяющий несколько эр.

2. **Эонотема** — биостратиграфический эквивалент толщи пород (литома), образующей некий структурный этаж. В современной геологии широко используются термины «фанерозой» и «криптозой», обозначающие два очень длительных временных интервала в геологической истории Земли, первый переводится как «явная жизнь», второй – «скрытая жизнь».

3. **KZ** — кайнозойская эра (эра новой жизни).

4. **MZ** — мезозойская эра (эра средней жизни).

5. **PZ** — палеозойская эра (эра древней жизни).

6. **PR** — протерозойский эон {первичная жизнь}.

7. **AR** - архейский эон (древнейшая жизнь).

Стратиграфическим синонимом эратемы является понятие группы. Например, чаще говорят — мезозойская группа отложений.

8. **Эратемы (группы)** делятся на системы, а соответствующие им эры — на периоды. Названия систем и эр складывались исторически, чаще всего своими корнями они привязаны к регионам, в которых соответствующие толщи пород были впервые выделены и изучены.

В таблице протерозой (как эон) разделен на две части: нижний протерозой и верхний. В верхнем выделяют эру — рифей и период под названием венд (V) — по имени древнего славянского племени «венды», или «венеды».

9. **Q, S** - ордовикская и силурийская системы (по названию древнеуэльских племен — «ордовиков» и «силуров»).

10. **D**—девонская система (по названию графства Девоншир в Англии).

11. **C** — каменноугольная система {по широкому развитию н этих отложениях залежей каменного угля}.

12. **P**—пермская система (по названию Пермской губернии а России).

13. **T**— триасовая система (по делению системы на три части).

14. **J** —юрская система (по названию Юрских гор в Швейцарии и Франции).

15. **K** — меловая система (по широкому развитию в отложениях этой системы писчего мела).

16. **P** —палеогеновая система (древнее происхождение — нижняя, наиболее древняя часть кайнозойской группы).

17. **N** — неогеновая система (новое происхождение).

18. Q — четвертичная система, именуемая иногда антропогеном AP (периодом появления человека). Название предложено академиком А. А. Павловым в 1922 г.

19. Большинство систем делятся на три отдела, называемых нижним, средним и верхним. Если отдела не три, а два, то они называются соответственно нижним и верхним отделами с временными эквивалентами — ранняя и поздняя эпохи.

Стратиграфические и геохронологические таксоны кайнозойской группы и эры имеют, кроме того, и специальные названия. Таким образом, можно говорить, что четвертичный период делится на плейстоцен и голоцен.

Стратиграфические и соответственно геохронологические шкалы являются классификационной и метрической базой геологии. Однако эта база постоянно развивается и совершенствуется (табл.14).

6.4. Геологические карты

Геологическая карта отражает геологическое строение земной поверхности и примыкающей к ней верхней части земной коры. Она строится на топографической основе и отображает с помощью условных знаков возраст, состав и условия залегания выступающих на земную поверхность горных пород. Геологические карты строятся и для глубинных горизонтов земной коры как карты со снятыми верхними толщами пород. В зависимости от того, какие особенности строения хотят отразить на геологических картах, их делят на несколько типов:

- 1) карты полезных ископаемых, на которых изображаются присутствующие в горных породах месторождения минерального сырья и отражаются закономерности их распространения;
- 2) петрографические и литологические карты с изображением состава пород;
- 3) тектонические карты отображают основные структурные элементы земной коры, деформации пород и условия их геологического развития;
- 4) карты четвертичных отложений показывают распространение самых молодых континентальных четвертичных горных пород;

Таблица 14. Стратиграфическая и геохронологическая шкалы с датировками в астрономической шкале

Относительное летоисчисление			Возраст (начало эпох) млн. лет	РАЗВИТИЕ	
Эра Группа	Период Система	Эпоха Отдел		ОРГАНИЧЕСКОГО МИРА	ЗЕМНОЙ КОРЫ
1	2	3	5	6	7
Кайнозойская (эра новой жизни) KZ	Четвер- тичный Q	Голоцен Q _{IV} Позднечетвертичный Q _{III} Среднечетвертичный Q _{II} Раннечетвертичный Q _I	1 - 2	Появление человека и развитие современной флоры и фауны; расцвет млекопитающих, костных рыб и насекомых.	Формирование элювия, делювия, пролювия, коллювия, аллювия. Образуются озёрные, ледниковые, морские и др., породы.
	Нео- геновый N	Плиоцен N ₂ Миоцен N ₁	5 24	Расцвет покрытосеменных, человекообразных обезьян.	Завершение современного рельефа, морские и континентальные осадки.
	Палео- геновый P	Олигоцен P ₃ Эоцен P ₂ Палеоцен P ₁	36 55 62	Вымирание мезозойской фауны и флоры, расцвет примитивных млекопитающих.	Альпийская складчатость, морские и континентальные осадки, магматические породы.
Мезозойская (эра средней жизни) MZ	Меловой K	Позднемеловой K ₂ Раннемеловой K ₁	96 138	Появление покрытосеменных, развитие млекопитающих и птиц.	Известняки, глины, конгломерат, опоки, угли, туф, фосфаты.
	Юрский J	Позднеюрский J ₃ Среднеюрский J ₂ Раннеюрский J ₁	166 184 209	Расцвет голосеменных растений, появление первых млекопитающих и рыб.	Русская платформа. Юрское море. Киммерийская складчатость. Морские породы: известняки, глины, мергели. Континентальные породы: конгломерат, лёсс, угли, нефть.
	Триасовый T	Позднетриасовый T ₃ Среднетриасовый T ₂ Раннетриасовый T ₁	231 240 246	Развитие голосеменных растений (пальмы, хвойные растения), появление первых млекопитающих и костных рыб.	На территории РФ формируются песчаники, пески, мергели, глины, известняки.

1	2	3	5	6	7	
Палеозойская (эра древней жизни) PZ	Пермский P	Позднепермский Раннепермский	P ₂ P ₁	257 287	Расцвет споровых растений, звероподобных рептилий и пресмыкающихся.	Море отступает: известняки, глины, мергели, сланцы, конгломерат, силвин.
	Каменно-угольный C	Позднекаменноугольный Среднекаменноугольный Раннекаменноугольный	C ₃ C ₂ C ₁	301 317 354	Расцвет наземной растительности в виде деревьев (хвощи, папоротники), амфибии, рыбы, пресмыкающиеся.	Формирование Герцинской складчатости, образуется уголь, нефть, бокситы, газы, редкие и цветные металлы.
	Девонский D	Позднедевонский Среднедевонский Раннедевонский	D ₃ D ₂ D ₁	371 381 410	Предки папоротников, хвощи, плауны, панцирные рыбы, наземные червеобразные животные.	Море отступает, поэтому формируются как континентальные породы – песчаники, так и морские – известняки, мергели.
	Силурийский S	Позднесилурийский Раннесилурийский	S ₂ S ₁	419 438	Расцвет папоротникообразных, появление первых рыб, акул, скатов, водорослей.	Интенсивное горообразование: Каледонская складчатость. Регрессия моря продолжается.
	Ордовикский O	Позднеордовикский Среднеордовикский Раннеордовикский	O ₃ O ₂ O ₁	450 474 507	Развитие наземных и морских организмов (многоножки, скорпионы) водорослей.	Морские отложения: известняки, глинистые сланцы. Горообразовательная деятельность ослабевает.
	Кембрийский Є	Позднекембрийский Среднекембрийский Раннекембрийский	Є ₃ Є ₂ Є ₁	518 542 571	Позвоночные отсутствуют, развитие простейших наземных растений и организмов (до 1000 видов)	Осадочные породы морского происхождения: Синие (кембрийские) глины, кварциты, песчаники, глинистые сланцы, известняки.
Прогерозойский эон (первичная жизнь) PR	Рифейский PR3 PR2 PR1	Вендская Позднерифейский Среднерифейский Раннерифейский — —	680 1050 1400 1600 1900 2600	Развитие простейших беспозвоночных организмов и водорослей.	Формирование платформ (Русская, Сибирская, Байкальская складчатость). Метаморфические породы: гнейсы, сланцы, мраморы, кварциты.	
Архейский эон (древнейшая жизнь) AR	—	— — —	>3600	Формирование органической жизни (остатков не сохранилось)	Геологические образования состоят из гнейсов, кристаллических сланцев, гранитов. Образование первичного моря, частые расколы земной коры, излияние магмы.	

- 5) гидрогеологические карты, характеризуют распространение и условия залегания подземных вод;
- 6) геоморфологические карты изображают основные элементы рельефа земной поверхности;
- 7) карты глубинных горизонтов со снятыми более молодыми комплексами пород. В курсе общей геологии рассматриваются лишь собственно геологические карты.

Более 90% поверхности суши покрыто породами четвертичного возраста, представленными различного рода континентальными образованиями: аллювиальными, делювиальными, эоловыми, ледниковыми и др. Древние толщи выходят на поверхность лишь в виде небольших участков. Между тем именно дочетвертичные, т.е. «коренные» породы вмещают основную часть полезных ископаемых. Для того чтобы выйти из возникшего затруднения, обычно собственно геологической картой принято называть такую, на которой удален покров четвертичных континентальных отложений. Он сохраняется лишь там, где невозможно установить строение коренных пород под четвертичными отложениями, или в тех случаях, когда последние заключают полезные ископаемые либо имеют морское происхождение.

Масштабы геологических карт различны:

- 1) мелкомасштабные геологические карты, имеющие масштабы от 1 : 500 000 и мельче (например, геологическая карта России масштаба 1 : 2 500 000, 1 : 5 000 000 и др.);
- 2) среднемасштабные геологические карты, имеющие масштабы 1 : 100 000 и 1 : 200 000. Геологическая карта масштаба 1 : 200 000 покрывает всю территорию России и составлена в листах международной разграфки;
- 3) крупномасштабные геологические карты, имеющие масштабы 1 : 50 000 и 1 : 25 000, составляемые для горнопромышленных областей районов;
- 4) детальные геологические карты, которые составляются для районов распространения тех или иных полезных ископаемых (например, угля, нефти, железа, и др.), а также для районов, охватывающих какое – либо одно месторождение или его часть. Масштабы этих карт 1 : 25 000 и крупнее.

Условные обозначения на геологических картах. Условные обозначения геологических систем на картах в красках по предложению русского геолога А. П. Карпинского были утверждены на Международном геологическом конгрессе в 1881 г. Они, так же как и начальные латинские буквы — индексы, обозначающие названия геологических систем, обязательны для

геологов. Поэтому геологические карты любой страны могут быть прочитаны без знания иностранного языка (табл. 15).

Таблица 15. Условные обозначения, цвета и индексы на геологических картах

Возраст	Цвет	Индекс
Архейская эра (докембрий)	Малиново-розовый	AR
Кембрий	Голубовато-зеленый	Є
Ордовик	Темно-зеленый	О
Силур	Зеленовато-коричневый	S
Девон	Коричневый	D
Карбон	Серый	С
Пермь	Оранжево-коричневый	P
Триас	Сиреневый	T
Юра	Синий	J
Мел	Салатно-зеленый	K
Палеоген	Ярко-желтый	ρ
Неоген	Лимовно-желтый	N
Четвертичный период — антропоген	Желтовато-серый	Q

Магматические кислые породы закрашивают красными тонами, основные — зелеными, метаморфические — розоватыми.

Возраст магматических пород показывают с помощью цвета и заглавных и строчных букв греческого алфавита. Например, мезозойские интрузии γ — «гамма» строчная, светло-желтый цвет; палеозойские — γ_2 , оранжевый цвет; допалеозойские — γ_3 , фиолетовый цвет; основные интрузии — ν — «ню» строчная (габбро, габбро—диориты), ярко-зеленый цвет; траппы — $\nu\beta$ — «ню» и «бета» строчные, зеленый цвет; ультраосновные интрузии — Σ — «сигма» прописная (пироксениты, перидотиты), лиловый цвет; щелочные интрузии — ϵ — эпсилон прописная; четвертичные эффузии — β — «бета» (липариты, трахиты, андезиты, базальты и др.), светло-зеленый цвет. Метаморфические породы закрашиваются розовым цветом.

Среди разных геологических карт можно выделить карты дочетвертичных, или коренных, и четвертичных отложений.

подавляющая часть геологических карт является стратиграфическими (возрастными) картами коренных отложений, где общепринятыми условными обозначениями выделяют породы дочетвертичного возраста. Обычно для их построения используют топографические карты с

горизонталями или без них. В последнем случае ориентируются в рельефе по гидрографической сети, указывающей расположение долин крупных рек — самое низкое место в рельефе, междуречий — водораздельных пространств — наиболее возвышенные участки местности.

Для большей наглядности геологических карт принято древние слои пород обозначать более темными тонами, молодые — более светлыми. Например, в отложениях мела выделяют ранний отдел K_1 (более древний) темно-зеленым цветом, поздний K_2 (более молодой) — более светлым зеленым. Девон ранний, средний и поздний (D_1 , D_2 , и D_3) закрашивают коричневым цветом разных тонов. Более дробное деление, например, девона, показывают цифрами, которые пишут как показатель степени — D^1_3 — D^3_1 — и читают так: девон поздний, первый горизонт; девон ранний, третий горизонт (D^1_3 моложе, чем D^3_1). При штриховых обозначениях более древние слои должны быть отображены более густой штриховкой, чем более молодые.

Штриховые обозначения применяются обычно на геологических картах, разрезах и стратиграфических колонках, выполненных каким-либо одним цветом, например черным. Наиболее употребительные штриховые знаки приведены на рисунке 2.

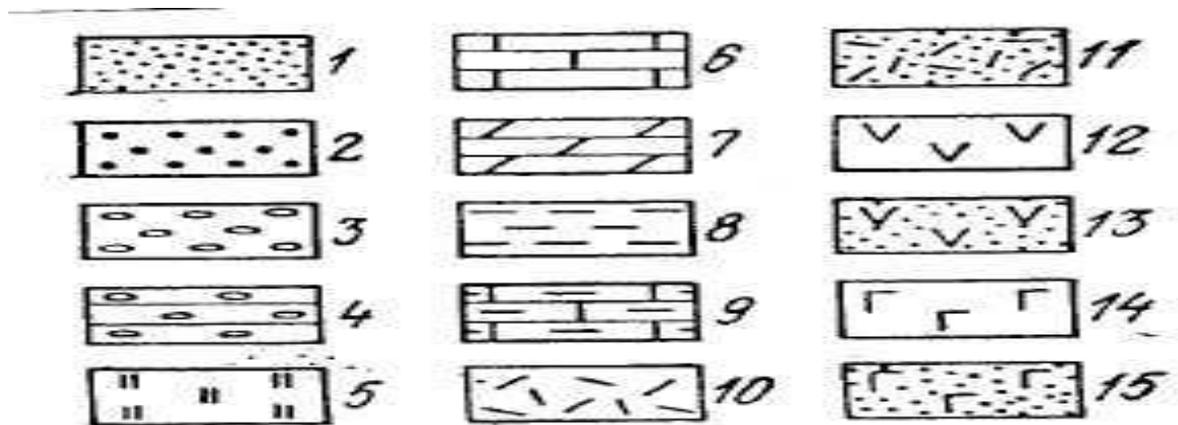


Рисунок 2. Штриховые условные знаки:

1 — пески; 2 — песчаники; 3 — галечники; 4 — конгломераты; 5 — кремнистые породы (яшмы, опоки, диатомиты); (6 — известняки; 7 — доломиты; 8 — глины; 9 — мергели; 10 — лавы кислого состава; 11 — туфы кислого состава; 12 — лавы среднего состава; 13 — туфы среднего состава; 14 — лавы основного состава; 15 — туфы основного состава.

Геологические границы на картах изображаются различными знаками. Установленные геологические границы даются сплошными тонкими черными линиями, предполагаемые — пунктиром (прерывистыми линиями), границы между различными по составу, но одновозрастными породами (фациальные) — точечными (пунктирными) линиями.

Геологические разрезы представляют собой изображение залегания пород на мысленно проведенной плоскости вертикального сечения земной коры от ее поверхности на ту или иную глубину. Они могут составляться по геологической карте, данным буровых скважин, геофизическим или каким-либо иным материалам. На геологической карте разрезы составляются по прямым линиям в направлениях, которые наиболее полное представление о залегании пород, слагающих изображенную на карте территорию.

На концах линии разреза и в местах ее излома ставятся литерные буквы (русские) в алфавитном порядке (рис.3).

Горизонтальный масштаб разрезов должен соответствовать масштабу карты.

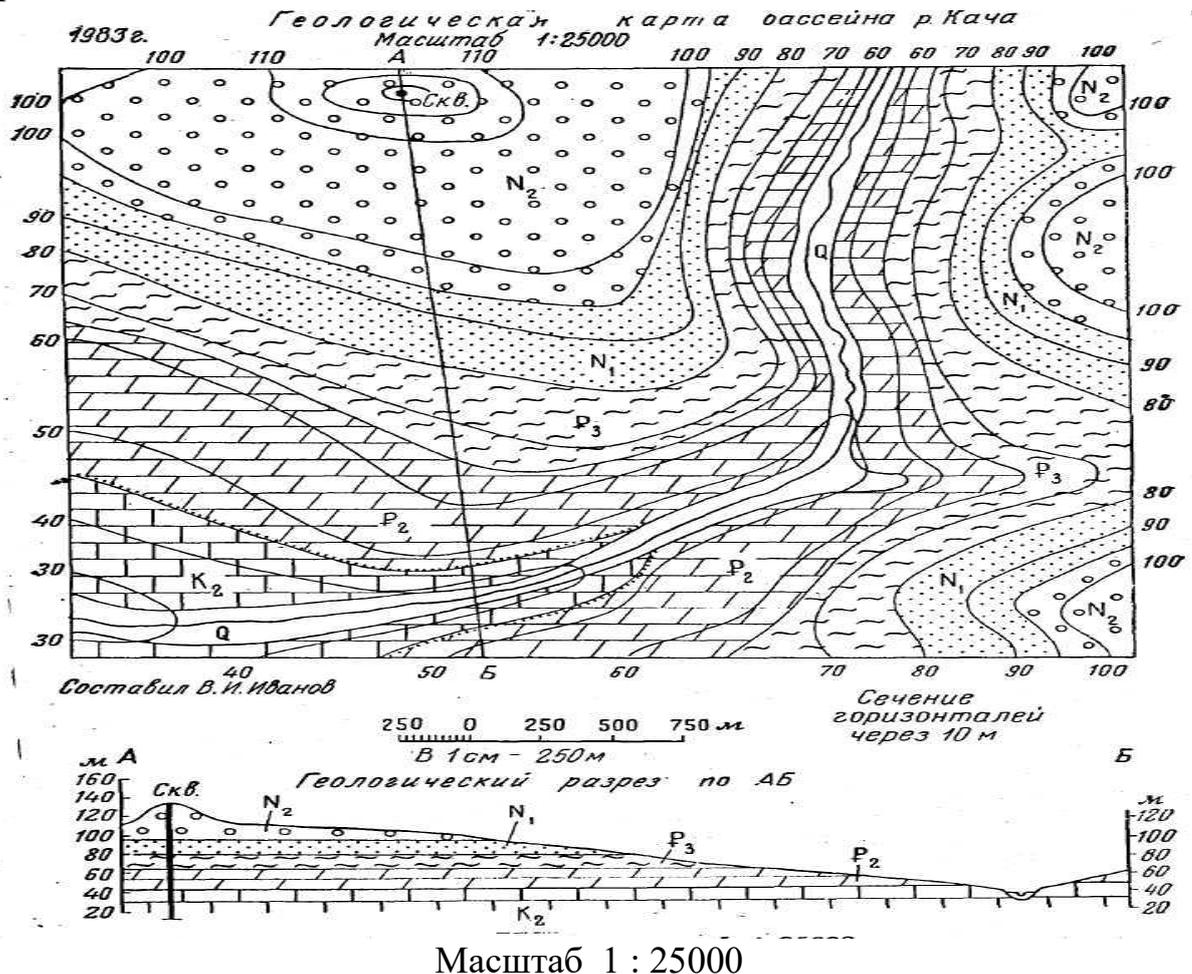


Рисунок 3. Геологическая карта и геологический разрез района, сложенного горизонтально залегающими породами

На каждом разрезе должны быть показаны: гипсометрический профиль местности, линия уровня моря, шкала вертикального масштаба с делениями через 1см (на обоих концах разреза) и буквенные обозначения, соответствующие указанным на карте. Разрезы составляются, раскрашиваются и индексируются в полном соответствии с геологической картой. Для каждого листа геологической карты обычно дается 1-3 разреза.

Следует обратить внимание на зарамочное оформление средне-, крупномасштабных и детальных геологических карт. Обычно геологическая карта, стратиграфическая колонка и геологические разрезы монтируются на одном листе. Геологическая карта помещается на середине листа. Справа от восточной рамки карты помещаются условные обозначения, а слева от западной рамки – стратиграфическая колонка. Геологические разрезы помещаются внизу под южной рамкой карты. Условные обозначения составляют в следующем порядке. Вначале указываются в стратиграфической последовательности (от молодых к древним) осадочные, вулканогенные и метаморфические породы; далее в той же возрастной последовательности размещаются условные знаки для интрузивных и жильных образований; ниже следует все прочие условные обозначения (геологические границы, элементы залегания слоев и пр.).

Стратиграфическая колонка в возрастной последовательности снизу вверх от древних к молодым отображает условной штриховкой дочетвертичные осадочные, вулканические и метаморфические породы, развитые на территории, изображенной на карте (рис.4).

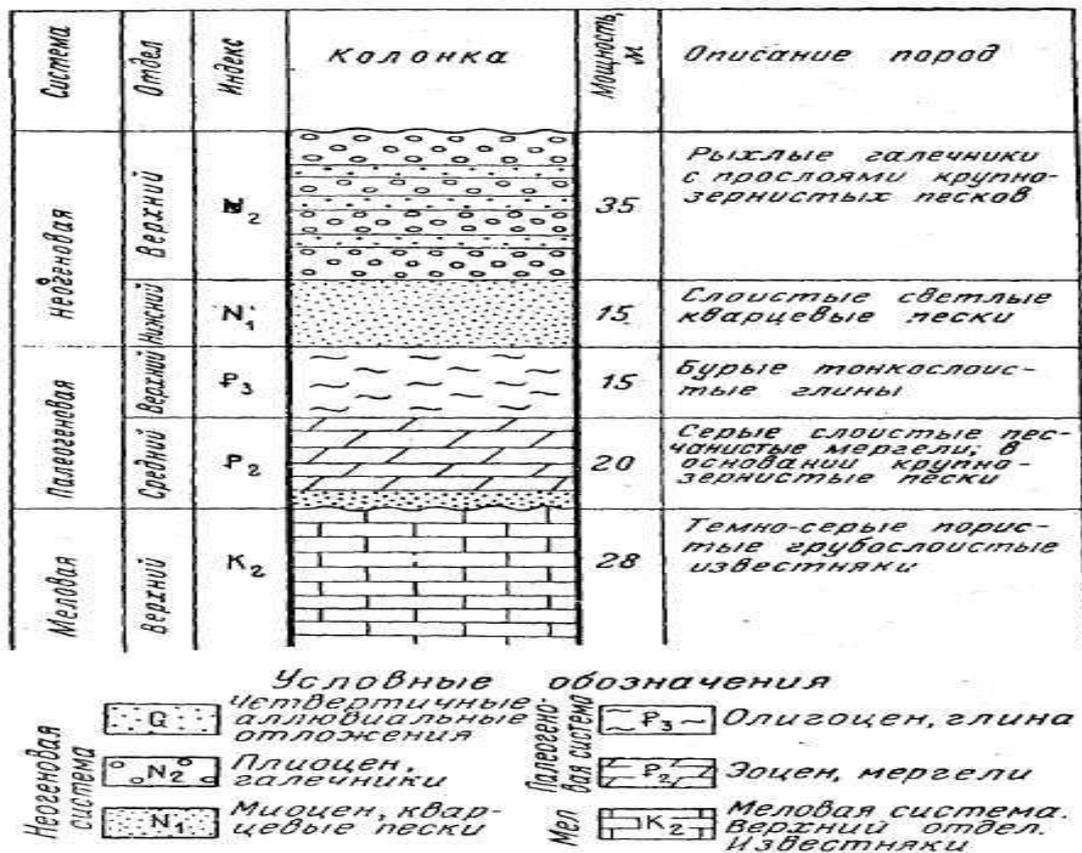


Рисунок 4. Стратиграфическая колонка

Интрузивные породы на колонке не изображаются (см.рис. 4). Породы на колонке расчленяются в соответствии с выделяемыми на карте

стратиграфическими подразделениями. Слева от колонки указываются возраст пород (система, отдел, ярус) и индекс; справа – мощность (в метрах). В этой же графе указываются все более мелкие стратиграфические подразделения, имеющиеся на карте (серии, свиты и т.д.), и встреченные в слоях окаменелости. Масштабы для построения колонок в зависимости от мощности пород могут быть различными.

Вопросы для самопроверки:

1. Для чего нужно знать возраст Земли? Какая наука занимается изучением ее геологической истории?
2. Что понимают под абсолютным и относительным возрастом горных пород? Расскажите о методах их определения.
3. Что такое геохронологическая шкала? Из каких геологических эр и периодов она состоит?
4. Какова продолжительность четвертичного периода?
5. Перечислите основные генетические типы четвертичных отложений.
6. Каково значение различных форм рельефа для орошаемых и осушаемых земель?
7. Что такое геологические карты и разрезы? Каково их назначение?

7. Основы гидрогеологии

Гидрогеология — это наука о происхождении, формировании, распространении и движении подземных вод, находящихся в непрерывном взаимодействии с горными породами, водами атмосферы и гидросферы. Ее основной практической задачей является изучение гидрогеологических условий «для прогноза их изменения и управления ими при инженерной деятельности человека, т. е. при водоснабжении, орошении, осушении, строительстве различных инженерных сооружений, разведке и эксплуатации месторождений пресных, минеральных, промышленных и термальных подземных вод, твердых полезных ископаемых, нефти, газа и решении других народнохозяйственных задач.

Объектом изучения во всех случаях являются подземные воды.

7.1. Круговорот воды в природе

Вода — одно из самых распространенных в природе веществ. Она встречается в парообразном, жидком и твердом состояниях во всех основных сферах Земли — в атмосфере (пары, облака, снег, град, дождь), в гидросфере (океаны, моря, озера, реки, болота, ледники, снег в литосфере (подземные воды, пары, лед, связанная вода), в биосфере (во всех живых организмах и растениях).

Общий объем воды в Мировом океане равен 1338 млн. км³; количество наземных вод (со льдом) 24,5 млн. км³, в атмосфере содержится около 0,014 млн. км³ воды, а в горных породах земной коры — примерно 400 млн. км³, причем на долю так называемой связанной воды, приходится основная их часть. Таким образом, всего на нашей планете (в океанах, на поверхности суши и в земной коре) имеется примерно 1,8 млрд. км³ воды. При этом доля пресных вод не превышает 2% (35 млн. км³), причем подавляющая их часть находится в виде льда.

Воды атмосферы, гидросферы и литосферы находятся в непрерывном взаимодействии и перемещении. Испаряясь с поверхности океанов, морей, озер, рек и других водоемов, а также с поверхности суши, вода в парообразном состоянии переходит в атмосферу, откуда при благоприятных условиях вновь выпадает на поверхность Земли в виде дождя, снега, града и других осадков, составляя звенья общего круговорота воды на Земле — одного из самых грандиозных процессов, определяющих формирование поверхности Земли, обмен веществ и энергии. Выпадающие на поверхность Земли атмосферные осадки частично стекают через реки в моря и океаны (поверхностный сток),

частично просачиваются (инфильтруются) через почву, обеспечивая питание влагой растений и пополнение подземных вод, а частично снова испаряются в атмосферу. Подземные воды, в свою очередь, передвигаясь по пластам трещиноватых и пористых горных пород, поступают в поверхностные водотоки и водоемы (реки, озера, моря, океаны), обеспечивая их подземное питание, и таким образом снова вступают в общий круговорот воды в природе, начинающийся с испарения поверхностных вод.

В ходе круговорота постоянно возобновляются водные ресурсы в атмосфере, на поверхности Земли, в биосфере и верхней части литосферы. Так, в атмосфере в среднем содержится около $14\ 000\ \text{км}^3$ воды, преимущественно в виде пара. Однако благодаря постоянному пополнению атмосферной влаги путем испарения ежегодно на поверхность Земли выпадает $577\ 000\ \text{км}^3$ осадков.

Если перемещение влаги в атмосфере и на поверхности Земли совершается довольно быстро, то с глубиной водообмен существенно замедляется, однако и глубокие подземные воды участвуют в общем круговороте воды. Различают большой, малый и внутриматериковый, или местный, круговороты.

При *большом круговороте* часть воды, испарившейся с водной поверхности океанов и морей, ветром переносится на сушу и там выпадает в виде осадков, которые затем расходуются на поверхностный и подземный стоки, а также на испарение.

При *малом круговороте* вода, испарившаяся в пределах океанов и морей, выпадает здесь же.

При *внутриматериковом круговороте* испарившаяся в пределах материков (с поверхности озер, болот, рек, с суши и с помощью растительности) вода вновь выпадает на материке

Для практической деятельности человека огромное значение имеет внутриматериковый круговорот воды.

Поэтому при изучении гидрогеологических условий какого-либо района или месторождения важно учитывать климатические, геоморфологические, геолого-литологические, физико-географические и другие его особенности и условия, которые влияют на водный баланс изучаемого района.

Под *водным балансом* понимают количественное выражение круговорота или отдельных его звеньев. Изучение и оценка водного баланса и определяющих его факторов обеспечивают научную основу для его регулирования в желательном для человека направлении. Водный баланс

можно изучать и составлять для районов, регионов, отдельных стран и земного шара в целом. Уравнение водного баланса в общем случае имеет вид $O = Q_n + Q + I - T$, где T — транспирация, Q_n — поверхностный сток, Q — подземный сток, I — испарение, O — осадки.

7.2. Виды воды в горных породах

Основные виды воды в горных породах следующие: парообразная, гигроскопическая, пленочная, гравитационная, капиллярная, химически связанная и вода в связанном состоянии.

Парообразная вода (водяной пар) заполняет вместе с воздухом все не занятые водой поры и трещины в горных породах. Пары воды, заключенные в воздухе, находятся в состоянии, близком к насыщению, за исключением верхних слоев, подверженных периодическому иссушению. Количество паров в горных породах обычно не превышает нескольких тысячных долей процента от массы пород. В определенных условиях пары воды могут конденсироваться и переходить в жидкое состояние.

Гигроскопическая вода образуется на поверхности частиц горных пород путем конденсации и адсорбции парообразной почвенной воды. Эта вода прочно удерживается на поверхности частиц молекулярными и электрическими силами и может быть удалена только при температуре 105—110°C. Передвижение гигроскопической воды возможно лишь при ее предварительном переходе в парообразное состояние

Наличие гигроскопической воды в породе незаметно для глаз. Вместе с тем максимальная гигроскопичность тонкозернистых и глинистых пород может достигать 18 %, в более крупнозернистых породах она падает до 1 % от массы сухого вещества.

Пленочная вода образуется на частицах горных пород при влажности, превышающей максимальную гигроскопичность. Поверхность частицы как бы обволакивается пленкой воды толщиной в несколько молекулярных слоев, покрывающей гигроскопическую влагу. Пленочная вода удерживается на частицах пород силами молекулярного сцепления, причем наиболее прочно связывается самый тонкий слой воды, непосредственно прилегающий к частице. По мере увеличения толщины пленки действие удерживающих сил заметно уменьшается, на поверхности пленки оно незначительно. Влажность пород, отвечающая максимальной толщине пленки, соответствует максимальной молекулярной влагоемкости. Наличие пленочной воды в

породах заметно для глаз, так как породы приобретают при этом более темную окраску.

Пленочная вода способна передвигаться как жидкость от более толстых пленок к более тонким. Она не подчиняется действию силы тяжести и не передает гидростатического давления, обладает пониженной способностью к растворению солей и малой подвижностью.

Максимальное содержание пленочной воды (максимальная молекулярная влагоемкость W_{max}) составляет для песков 1—7%, для супесей 9—13, для суглинков 15—23 и для глин 25—45 %.

При увеличении толщины пленки до размеров, не обеспечивающих удержание ее внешних слоев, пленочная вода может переходить в свободную, которая под действием силы тяжести будет стекать с частиц породы, являясь источником пополнения гравитационных подземных вод.

Гравитационная вода — вода свободная, не подверженная действию сил притяжения к поверхности частиц горных пород. Она подчиняется действию силы тяжести и способна передавать гидростатическое давление. Свободная гравитационная вода передвигается через пористое пространство и трещины в горных породах — как в ненасыщенных водой (в зоне аэрации), так и в зоне насыщения. В зоне аэрации гравитационная вода образуется путем проникновения атмосферных осадков и поверхностных вод, а также путем перехода в капельножидкое состояние других видов воды (парообразной, пленочной, капиллярной, твердой). В зоне насыщения гравитационная вода образует водоносные горизонты, характеризующиеся определенными гидродинамическими особенностями, что более детально рассмотрено ниже.

Капиллярная вода заполняет капиллярные поры, стыки и тонкие трещины в горных породах и удерживается силами поверхностного натяжения. В зависимости от расположения и связи капиллярной воды с гравитационной водой зоны насыщения выделяют три вида вод: подвешенные, стыковые и капиллярной каймы.

Подвешенные капиллярные воды — это воды, удерживаемые в капиллярных трещинах и породах силами поверхностного натяжения и не имеющие связи с уровнем грунтовых вод зоны насыщения.

Стыковые капиллярные воды образуются в углах пор и в стыках минеральных частиц под влиянием капиллярных (менисковых) сил.

Воды капиллярной каймы образуются при наличии грунтовых вод в зоне насыщения путем капиллярного поднятия в зону аэрации. При этом

верхняя поверхность капиллярных вод (бахрома) подвержена колебаниям в соответствии с изменением уровня грунтовых вод.

Химически связанная вода принимает участие в строении кристаллической решетки минералов. Она бывает цеолитной, кристаллизационной и конституционной. Цеолитная вода входит в виде молекул в состав минералов и может быть удалена при незначительном нагревании без их разрушения. Примером минерала с цеолитной водой является опал $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Кристаллизационная и конституционная вода входит в состав кристаллической решетки минералов (например, гипса $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ и др.) в строго определенном количестве и может быть выведена из них при высоких температурах (более 300°C) с частичным или полным разрушением минерального вещества.

Вода в твердом состоянии — в виде кристаллов, прослоек и линз льда — широко распространена в зоне многолетней мерзлоты.

Наличие в горных породах тех или иных видов воды во многом предопределяет как основные водные свойства горных пород (влажность, влагоемкость, водопроницаемость и водоотдачу), так и условия движения подземных вод. В соответствии с этим ниже рассмотрены условия и особенности движения воды в ненасыщенных водой горных породах (зона аэрации) и в насыщенных водой горных породах (зона насыщения, или фильтрации).

7.3. Движение воды в горных породах, понятие о подземных водах.

Изучение видов и закономерностей перемещения влаги в *зоне аэрации* имеет большое значение для решения многих гидрогеологических задач (оценки условий атмосферного питания подземных вод, возможности их искусственного пополнения и охраны от загрязнения, прогноза режима грунтовых вод и процессов засоления почв при орошении и др.).

В зоне аэрации могут иметься все перечисленные выше виды воды. Однако при изучении процессов влагопереноса существенное значение имеют лишь процессы движения парообразной, пленочной, капиллярной и гравитационной воды.

Движение парообразной воды осуществляется от участков с большей влажностью к участкам с меньшей влажностью, а при влажности пород, превышающей их максимальную гигроскопичность, — от более нагретых пород к менее нагретым: летом — сверху вниз, зимой — снизу вверх.

Движение пленочной воды происходит под действием молекулярных сил от частиц с большей толщиной пленки к частицам с меньшей ее толщиной.

Движение капиллярной воды вызывается действием капиллярных (менисковых) сил как при просачивании поверхностных вод и осадков через породы зоны аэрации, так и при подъеме подземных вод над их уровнем по тонким порам и трещинкам (капиллярам). Способность капиллярных вод к передвижению характеризуется высотой их капиллярного поднятия, которая тем больше, чем меньше размеры капилляров. Поднимающаяся от уровня подземных вод капиллярная вода может испаряться через зону аэрации, вызывая вторичное засоление почв и подземных вод.

Движение гравитационной воды в зоне аэрации наблюдается при просачивании атмосферных осадков, а также оросительных и поверхностных вод через породы зоны аэрации. Этот процесс носит название *инфильтрации*. В зависимости от степени влажности пород зоны аэрации различают два вида инфильтрации: свободное просачивание и нормальную инфильтрацию. При свободном просачивании гравитационная вода проникает через породы зоны аэрации в виде отдельных струек и капель, движущихся под действием силы тяжести и капиллярных сил, и расходуется на увлажнение и смачивание пород зоны аэрации. При нормальной инфильтрации вода движется через зону аэрации сплошным потоком сквозь уже увлажненные породы под действием гидростатического давления и капиллярных сил.

Проникающая через породы зоны аэрации гравитационная вода расходуется на их смачивание и увлажнение, а также на пополнение запасов подземных вод, насыщающих лежащие ниже пористые и трещиноватые горные породы. Полностью насыщенные водой горные породы составляют *зону насыщения*, или *фильтрации*.

Различают воопроницаемые и водонепроницаемые (водоупорные) горные породы. К водопроницаемым относятся зернистые и обломочные горные породы (гравий, галечник, конгломерат, щебень, песок и др.), а также трещиноватые скальные породы. Водоупорные породы — это глины, илы, соль, мергели, монолитные скальные породы. Иногда выделяют полупроницаемые породы (глинистые пески, суглинки, супеси, лёссы, торф и др.).

Наличие в разрезе отложений водопроницаемых и водоупорных пород создает условия для накопления в отдельных пластах гравитационной воды и образования горизонтов подземных вод — водоносных горизонтов. Под водоносным горизонтом понимают насыщенные гравитационной водой водопроницаемые отложения, характеризующиеся сходными условиями их

залегания и распространения. Водоносные горизонты обычно называют по возрасту водовмещающих пород, например водоносный горизонт древнеаллювиальных отложений, сеноманский водоносный горизонт и т.д.

Водоносные горизонты могут быть приурочены к мало изменяющимся по мощности и литологии пластам (толщам) обломочных, зернистых, трещиноватых или других водопроницаемых пород. Снизу они подстилаются водонепроницаемыми или относительно водонепроницаемыми породами, которые образуют водопор (водоупорную подошву).

7.4. Происхождение и закономерности движения подземных вод

Подземные воды представляют собой составную часть всех природных вод на нашей планете. Поэтому их первоисточниками, как и других вод на Земле, являются: а) дегазация мантии, б) синтез воды в верхних слоях атмосферы и в) поступление из космоса вместе с метеоритами. Таким образом, подземные воды образовались путем как возникновения молекул воды внутри твердой части Земли, так и поступления воды в горные породы из внешних геосфер — гидросферы и атмосферы.

Большинством ученых подземные воды по их происхождению подразделяются на инфильтрационные (образуются за счет инфильтрации атмосферных осадков и поверхностных вод), седиментационные, конденсационные и ювенильные (воды магматического и метаморфического происхождения). Наибольшее значение в формировании запасов (массы) подземных вод имеют инфильтрационные и седиментационные воды, широко распространены воды смешанного происхождения.

Инфильтрационные воды — это практически все грунтовые воды и большая часть артезианских вод верхних промытых водоносных горизонтов. Именно эти воды имеют наибольшее практическое значение как источники хозяйственно-питьевого водоснабжения. Инфильтрационные воды обводняют большинство месторождений полезных ископаемых, залегающих неглубоко от земной поверхности.

Седиментационные воды в основном залегают в нижних, наименее промытых частях литосферы. Их образование связано с формированием пород, когда часть воды водоема (моря, озера и др.) задерживается в осадке и составляет до 90 % его объема. При уплотнении осадка под влиянием тяжести вышележащих слоев происходит отжатие иловых (поровых) вод. Сначала

отжимается гравитационная вода, затем рыхло связанная, а при достаточно больших давлениях (на большой глубине) — и прочно связанная вода. Отжатая таким образом вода частично попадает обратно в водоем, а частично — в более проницаемые (водоносные) слои.

Конденсационные воды играют сравнительно небольшую роль в формировании подземных вод. Они образуются путем конденсации атмосферной влаги при понижении температуры воздуха, находящегося в порах и капиллярах пород, до точки росы. Наибольшее значение конденсация имеет в районах с резкими перепадами температур. Например, в пустынях именно в зоне переменной годовой температуры происходят процессы испарения и конденсации атмосферной влаги.

Глубинные, восходящие из мантии воды — *ювенильные* — практически не принимают участия в образовании подземных вод.

Подземные воды зоны насыщения движутся под действием разности гидростатических напоров от областей с более высоким положением их свободного или пьезометрического уровня к областям с низким положением уровня. Движение подземных вод в природных условиях в большинстве случаев бывает ламинарным, параллельно-струйчатым и происходит медленно, без завихрений и сплошным потоком. Лишь в редких случаях, при движении воды в крупных трещинах и пустотах, возможны перемешивание струй потока, их пульсация, завихрения, значительная скорость, что характерно для турбулентного движения подземных вод.

Ламинарное движение подземных вод подчиняется линейному закону фильтрации, установленному французским гидравликом А. Дарси. Пропуская воду через различные песчаные фильтры, Дарси установил, что количество воды Q , фильтрующейся через фильтр в единицу времени, прямо пропорционально площади сечения фильтра F , разности напоров ΔH , под действием которой происходит фильтрация, и обратно пропорционально длине пути фильтрации (длине фильтра) ΔL . Математически закон Дарси выражается следующим образом:

$Q = kIF$, где k — постоянный коэффициент пропорциональности, зависящий от физических свойств породы и фильтрующейся воды и получивший название коэффициента фильтрации; I — напорный градиент, или гидравлический уклон.

Закон Дарси является основным законом фильтрации и широко используется в гидрогеологии для количественной оценки условий движения подземных вод (определения напоров, скоростей фильтрации, расходов потока подземных вод и т. п.).

Турбулентное движение подземных вод встречается в природных условиях очень редко (в крупных трещинах и карстовых пустотах).

7.5. Свойства горных пород по отношению к воде

При решении многих практических задач гидрогеологии, инженерной геологии и горно-бурового дела возникает необходимость в изучении и определении свойств горных пород по отношению к воде. При этом рассматриваются главным образом водные и некоторые физико-механические свойства пород. Основными из них являются гранулометрический состав, пористость, влажность, влагоёмкость, водоотдача, водопроницаемость.

Гранулометрический состав показывает процентное содержание (по массе) частиц различного размера, слагающих данную рыхлую породу. В зависимости от процентного соотношения различных фракций устанавливают классификационное название породы (глина, суглинок, супесь, песок, щебень, дресва и т. д.).

Гранулометрический состав породы, определяет многие ее свойства: пористость, водопроницаемость, сжимаемость, высоту капиллярного поднятия, пластичность, усадку, набухание и др. Его необходимо знать для выбора фильтрационных обсыпок к фильтрам скважин, сеток фильтров, шага проволочной обмотки и т. д.

Пористость количественно характеризует объем пустот (пор, трещин, полостей и т. п.) в объеме горной породы.

Влажность пород в естественных условиях W_e характеризуется количеством воды, содержащейся в их порах и трещинах в данный момент. Влажность пород изменяется во времени и в пространстве. Она определяется отношением количества воды (массы или объема) к массе или объему содержащей ее породы (выражается в долях единицы или в %). Влажность является важной характеристикой пород, определяющей их прочность и поведение под действием инженерных сооружений. Используется она и при водно-балансовых расчетах.

Влагоёмкость — способность горных пород вмещать и удерживать в своих пустотах определенное количество воды при возможности ее свободного

стекания. Она определяется лабораторным путем, выражается в процентах (по массе или объемных), используется при гидрогеологических расчетах для определения других параметров (пористости, водоотдачи и т. п.). Различают следующие виды влагоемкости:

-полную — максимальное количество воды, удерживаемой породой при полном насыщении всех пустот водой;

-капиллярную — максимальное количество воды, удерживаемое в капиллярных порах;

-пленочную, или максимальную молекулярную, — максимальное количество физически связанной воды, удерживаемой частицами породы;

-гигроскопическую — соответствует количеству прочно связанной (адсорбированной) воды.

По степени влагоемкости горные породы подразделяются на следующие виды: очень влагоемкие (торф, ил, глина, суглинки), слабо влагоемкие (мел, мергель, лёссовые породы, супеси, мелкозернистые пески) и невлагоемкие (скальные породы, галечники, гравий, крупнозернистые пески).

Водоотдача — это способность водонасыщенных горных пород отдавать гравитационную воду при возможности ее свободного стекания. Численно водоотдача характеризуется коэффициентом водоотдачи α , представляющим собой отношение объема свободно отдаваемой воды к объему всей породы (величина безразмерная). Водоотдача зависит от размеров и структуры пор и трещин. Наилучшей водоотдачей обладают породы с крупными порами и пустотами (гравий, галечник, крупнозернистые пески), у которых коэффициент водоотдачи близок по величине к коэффициенту пористости или полной влагоемкости и изменяется в пределах от 0,15 до 0,4. Более мелкозернистые песчаные и суглинистые породы обладают незначительной водоотдачей (0,15—0,005), которая определяется по разности между полной и максимальной молекулярной влагоемкостью.

Водоотдача является важным гидрогеологическим параметром, широко используемым при решении задач водоснабжения, осушения, прогноза подпора и др. Определяется она лабораторными и полевыми методами, а также по данным наблюдений за режимом подземных вод.

Водопроницаемость — это способность горных пород пропускать через себя (фильтровать) воду. Водопроницаемость зависит от гранулометрического состава пород, размеров пустот и трещин, свойств фильтрующейся жидкости и

других факторов. Количественно она характеризуется коэффициентом фильтрации k , являющимся одним из основных гидрогеологических параметров, широко используемым при различного рода расчетах и прогнозах.

Коэффициент фильтрации, как это следует из формулы закона Дарси, представляет собой скорость фильтрации при напорном градиенте, равном единице. Размерность его м/сут, м/ч, см/с. Определяется коэффициент фильтрации лабораторными методами, полевыми опытно-фильтрационными работами, с помощью геофизических исследований и по эмпирическим формулам с использованием данных о гранулометрическом составе, пористости и других свойствах горных пород.

Средние значения коэффициента фильтрации (м/сут) для рыхлых горных пород составляют: глины — менее 0,001; суглинки — 0,01-0,1; супеси — 0,1-0,5; лёссы — 0,25-0,5; песок глинистый — 0,5-1,0; песок мелкозернистый — 1-5; песок среднезернистый — 5-20; песок крупнозернистый — 20-50; гравий — 20-150; галечники — 100-1000; скальные трещиноватые породы — до 50; сильно трещиноватые и закарстованные породы — 50-150 и более.

7.6. Основные типы подземных вод и их характеристика

Гравитационные подземные воды сосредоточены главным образом в зоне насыщения, где они образуют различные по условиям залегания и питания водоносные горизонты и системы водоносных горизонтов (комплексы, этажи, бассейны). В зоне аэрации свободные гравитационные воды могут образовать временно существующие водоносные горизонты, называемые *верховодкой* и имеющие локальное (местное) распространение.

Взаимоотношения и связь верховодки, грунтовых и напорных вод могут быть самыми разнообразными, что зависит от геологоструктурных, геоморфологических, тектонических, литологических, климатических и других факторов и условий.

Верховодка. Является своеобразным типом подземных вод, хотя и имеет много общих черт с грунтовыми водами. Верховодка образуется в зоне аэрации путем накопления просачивающихся с поверхности атмосферных осадков, поверхностных и оросительных вод. Водоупором для верховодки служат выклинивающиеся водонепроницаемые и слабопроницаемые пласты горных пород, линзы моренных глин и суглинков, менее трещиноватые зоны пород в коре выветривания и т. п.

Особенностями верховодки являются: 1) расположение ее в пределах пород зоны аэрации, 2) временный характер, сезонность (обычно в периоды

интенсивного выпадения атмосферных осадков и утечек воды из различных систем), 3) ограниченность распространения (локальный характер предопределяется локальным распространением водоупоров), 4) резкая зависимость ее запасов, режима и качества от климатических условий и хозяйственной деятельности человека, 5) легкая загрязняемость и непригодность для постоянного водоснабжения, 6) своеобразие динамики (расходуется на испарение, транспирацию и питание грунтовых вод).

По химическому составу воды верховодки неодинаковы: пресные и слабоминерализованные с повышенным содержанием кремнекислоты, органического вещества и железа в северных районах и обычно минерализованные в южных районах (из-за испарения).

Грунтовые воды. К грунтовым водам относятся подземные воды первого от поверхности постоянно действующего водоносного горизонта, залегающего на относительно выдержанном водоупоре и имеющего свободную поверхность. Сверху грунтовые воды обычно не перекрыты водоупорными отложениями. Нередко поэтому грунтовые воды называют безнапорными.

Грунтовые воды разгружаются в виде источников, пластовых выходов, мочажин в местные понижения и поверхностные водотоки и водоемы.

Грунтовые воды движутся от мест с более высоким их уровнем к местам с пониженным уровнем, обычно от участков с повышенным рельефом и водоразделов в сторону местных понижений, оврагов, балок и речных долин.

Грунтовые воды имеют большое народнохозяйственное значение. Их широко используют для целей хозяйственно-питьевого и сельскохозяйственного водоснабжения и орошения. Основными типами грунтовых вод являются грунтовые воды речных долин, ледниковых отложений, степей, полупустынь и пустынь, конусов выноса и предгорных наклонных равнин, горных районов, песчаных морских побережий.

Напорные воды. Расположены, как правило, ниже горизонтов грунтовых вод. Наличие водоупорной кровли, перекрывающей водоносный пласт, затрудняет питание и разгрузку напорных вод и их взаимосвязь с поверхностными водами и атмосферой. Питание напорных водоносных горизонтов оказывается возможным лишь в области выхода водопроницаемого пласта на поверхность.

В естественных условиях напорные воды, разгружаясь, образуют восходящие источники, ключи, грифоны и т. п., питают реки и другие поверхностные

водоемы. Двигаются напорные воды в направлении от областей питания к областям разгрузки. Интенсивность их движения уменьшается по мере увеличения глубины и удаления от областей питания.

Если известны мощность напорного горизонта и его фильтрационные свойства, то можно определить скорость фильтрации подземных вод и расход потока (напомним, что в соответствии с законом Дарси $v = kl$ и $Q = kIF$).

Напорные воды, изолированные от атмосферы (связь имеется лишь в области питания и разгрузки), характеризуются меньшей зависимостью их режима от климатических факторов, относительным постоянством уровней, температуры и химического состава, меньшей загрязненностью и лучшим санитарным качеством воды. Поэтому их можно использовать для различных видов водоснабжения (хозяйственно-питьевого, производственно-техни-, лечебно-питьевого, термального и др.) и орошения.

Напорные воды часто называют артезианскими, а вмещающие их геологические структуры — *артезианскими бассейнами*. В пределах артезианского бассейна может иметься один или несколько напорных водоносных горизонтов или комплексов.

Химический состав напорных вод артезианских бассейнов зависит от интенсивности движения подземных вод, условий их питания, формирования и разгрузки.

Напорные воды артезианских бассейнов имеют большое практическое значение не только как источник водоснабжения. В зависимости от их химического и газового состава, наличия в них биологически активных и промышленных микрокомпонентов, их температуры и других показателей напорные подземные воды широко используют для курортно-санаторного лечения (минеральные воды), для промышленного извлечения солей и ценных микрокомпонентов (промышленные воды), для целей теплофикации, теплоэнергетики и теплично-парникового хозяйства (термальные воды).

7.7. Физические свойства подземных вод

К важнейшим физическим свойствам подземных вод относятся запах, вкус, цветность, мутность, температура, плотность.

Запах. Большинство подземных вод не имеет запаха. Однако при активной деятельности некоторых видов бактерий вода может иметь сероводородный, болотный, гнилостный, плесневый, лекарственный и т. п. запах. Интенсивность запаха оценивается по пятибалльной системе. Для определения

запаха воды в полевых условиях наполняют исследуемой водой примерно 1/3 пробирки, нагревают ее до 60 °С и закрывают корковой пробкой. После взбалтывания открывают пробку и определяют запах.

Вкус. Обычно различают соленый, горький, сладкий и кислый вкус, который придают воде растворенные в ней вещества. При содержании в воде хлористого натрия (более 600 мг/л) она имеет соленый вкус, сульфата магния — горький, солей железа — терпкий и т. д. Вода может иметь также различный привкус — хлорный, металлический и др. Приятный освежающий привкус придает воде свободная углекислота. Интенсивность вкуса определяют по пятибалльной системе.

Цветность. Некоторые растворенные минеральные и органические вещества могут придавать воде различный цвет: бурый, желтый, зеленоватый и др. Например, гумусовые кислоты окрашивают воду в бурый и даже черный цвет. Количественное определение цветности воды производят, сравнивая ее со стандартным платино-ко-бальтовым раствором, и выражают в градусах цветности. В полевых условиях непрозрачную воду сначала фильтруют, отделяя взвешенные вещества, затем наполняют водой пробирку, ставят на белую бумагу и, глядя сверху, определяют цветность.

Мутность. При наличии в воде взвешенных веществ она может быть сильномутной, мутной, слегка мутной и опалесцирующей. При отсутствии же этих веществ вода прозрачная. Количество взвешенных веществ определяют взвешиванием осадка после его фильтрации и высушивания.

Температура. Подземные воды характеризуются самой различной температурой: от —5° (в районах многолетней мерзлоты) до +300°С и выше (в вулканических областях). Температура грунтовых вод средних широт колеблется от 5 до 15°С и изменяется в зависимости от времени года. Пояс постоянных годовых температур находится на глубине 20—30 м. Ниже этого пояса температура увеличивается в соответствии с геотермическими особенностями района. В зависимости от температуры подземные воды бывают холодные — с температурой менее 20°С, теплые — от 20 до 37°С, горячие — от 37 до 42 °С, термы — с температурой более 42 °С.

Плотность. С увеличением минерализации воды ее плотность также увеличивается, поэтому плотность воды примерно характеризует сумму солей, что видно из следующей зависимости:

Плотность, г/см ⁵ :	1,001	1,010	1,020	1,051	1,107	1,200	1,262
Минерализация, г/кг:	2	15	27	70	140	240	300

Ориентировочное определение плотности производят ареометром, точное — пикнометром.

Важное значение для оценки качества воды имеют такие характеристики ее химического состава, как жесткость и агрессивность.

Жесткость. Жесткостью воды называется содержание в ней растворимых солей кальция и магния, выраженное в мг-экв/л. 1 мг-экв/л жесткости соответствует содержанию (по массе) 20,04 мг/л Ca^{2+} или 12,16 мг/л Mg^{2+} . Различают жесткость общую, обусловленную наличием в воде всех солей кальция и магния, устранимую (или временную), неустраняемую (или постоянную), карбонатную и некарбонатную. Устраняемая жесткость есть величина экспериментальная, показывающая, на сколько уменьшается общая жесткость после кипячения воды, во время которого слаборастворимые карбонаты выпадают в осадок. Неустраняемая жесткость обусловлена некарбонатными солями кальция и магния и равна разности между общей и устранимой жесткостью. По степени жесткости выделяют очень мягкие воды (до 1,5 мг-экв/л), мягкие (1,5—3), умеренно жесткие (3—6), жесткие (6—9) и очень жесткие (свыше 9 мг-экв/л). Для питьевых целей наиболее подходят умеренно жесткие воды. Жесткие воды непригодны для многих отраслей промышленности, для паровых котлов и пр., так как образуют твердый осадок (накипь).

Агрессивность. Некоторые компоненты подземных вод разрушающе действуют на различные материалы, в том числе бетон и металлы. Наиболее опасны для бетона углекислая и сульфатная агрессии. Так, при углекислой агрессии под воздействием агрессивной углекислоты карбонат кальция выщелачивается из бетона и переходит в воду. При сульфатной агрессии образуются новые соединения (гипс, бетонная бацилла), имеющие больший объем, чем исходные, что приводит к разрушению бетона. Для металла очень опасна кислородная агрессия, вызывающая коррозию обсадных труб, фильтров и др. Существуют и другие виды агрессии, например общекислотная, магниезиальная.

7.8. Состав подземных вод и показатели, характеризующие их состояние

В подземных водах содержатся макроэлементы (макрокомпоненты), определяющие химический тип воды, микроэлементы (микрокомпоненты),

газы, органические соединения и микрофлора. Они находятся в воде в виде ионов (катионов и анионов), простых и комплексных молекул, коллоидов. Сумма всех найденных при химическом анализе воды минеральных веществ (в мг/л и г/кг) называется *минерализацией воды*.

Макроэлементы. Важнейшими ионами, определяющими минерализацию воды, являются K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , CO_3^{2-} . В пресных водах обычно преобладают ионы Ca^{2+} и HCO_3^- , а в соленых — Na^+ и Cl^- .

Больше всего в подземных водах содержится хлор-иона — до 100 г/л и более. Содержание сульфат-иона обычно ограничивается величиной растворимости $CaSO_4$, что соответствует содержанию SO_4^{2-} в соленоватых водах около 1,5 г/л, а в рассолах — до 4,5 г/л. Количество HCO_3^- в подземных водах редко превышает 1,5 г/л и зависит от количества углекислоты. Ион натрия содержится в очень больших количествах и всегда преобладает над калием. Количество Ca^{2+} редко превышает 1 г/л, за исключением высокоминерализованных вод и рассолов, где Ca^{2+} иногда даже может преобладать над натрием. Содержание Mg^{2+} достигает нескольких десятков г/л.

Микроэлементы. В настоящее время в подземных водах обнаружено более 60 элементов таблицы Менделеева. Большинство из них содержится в незначительных количествах, определяемых микрограммами и менее в 1 л воды. Наиболее изучены иод, бром, фтор, бор, кремний, железо, алюминий, медь, цинк, свинец. Многие из микроэлементов хотя и не определяют химического типа воды, но являются специфическими для определенных геолого-гидрогеологических условий. Например, для вод нефтегазовых месторождений характерны иод, бром, бор, стронций, содержание которых может достигать сотен и более мг/л. Для вод рудных месторождений характерны медь, молибден, мышьяк, никель, железо, олово, ртуть, свинец, серебро и др. Содержание их обычно составляет единицы и десятки мкг/л, но может достигать и сотен мг/л.

Газы. Практически все подземные воды содержат то или иное количество растворенных газов. По закону Генри, их количество по массе прямо пропорционально давлению газа (или парциальному давлению в смеси газов). Основными газами являются O_2 , N_2 , CO_2 , H_2S , H_2 , CH_4 . В большинстве случаев по массе преобладают один или два, редко три газа. Углеводородные газы (метан, этан, пропан, бутан и др.) всегда насыщают воды нефтегазовых

месторождений. Метан часто преобладает над другими газами, образуя метановые воды с газонасыщенностью до 10 000 мл/л.

Помимо основных газов в подземных водах могут присутствовать инертные газы (неон, аргон), гелий, эманации радия и тория, а также CO_2 , HCl , HF , SO_2 , Cl , S , NH_3 .

Органические соединения. В подземных водах содержатся различные органические соединения. Наиболее часто встречаются органические кислоты (жирные, фульвокислоты, гуминовые и нафтеновые), фенолы, углеводороды, аминокислоты и др. Количественная оценка содержания органического вещества дается по величине органического углерода. Наиболее обогащены органическим веществом воды нефтяных месторождений.

Микрофлора. Бактерии в подземных водах обнаружены до глубины нескольких километров. В зоне активного водообмена распространены гнилостные и болезнетворные бактерии и сапрофиты, разлагающие вещества белкового характера и загрязняющие воду. В глубоких водах развиваются такие группы бактерий, как сульфатредуцирующие, метанообразующие, денитрифицирующие и др. В результате жизнедеятельности бактерий образуются многие газы: H_2S , CO_2 , CH_4 , N_2 , H_2 и др. Многие бактерии способствуют окислению минеральных и органических веществ, газов. Большая часть бактерий относится к термофилам, активно развивающимся при температуре более 37°C . Предел температуры, при которой еще может протекать, хотя и в ослабленном виде, жизнедеятельность организмов, — 75 — 80°C . Существует ряд бактерий, способных развиваться при минерализации воды до 300 г/л. Число бактерий колеблется от 10 до 500 тыс. клеток в 1 мл воды. В особо благоприятных условиях их количество может достигать 2 млн. клеток в 1 мл воды.

Концентрация водородных и окислительно-восстановительный потенциал (Eh).

Все подземные воды содержат водородные (H^+) и гидроксильные (OH^-) ионы. Практически удобнее концентрацию ионов водорода и гидроксила выражать в виде логарифмов этих чисел, взятых с обратным знаком. Логарифмы для $[\text{H}^+]$ обозначают рН, Таким образом, при нейтральной реакции $\text{pH} = 7$, при кислой $\text{pH} < 7$ и при щелочной $\text{pH} > 7$. Определение рН в

подземных водах производят колориметрическим и потенциометрическим методами. Подземные воды обычно имеют рН от 6 до 8. Воды сульфидных и каменноугольных месторождений почти всегда кислые (рН до 4 и менее). Знать величину рН вод необходимо для решения многих вопросов, например для оценки агрессивности подземных вод, их коррозионной способности и др.

Одним из важных факторов, определяющих физико-химические условия среды, является ее окислительно-восстановительный потенциал, обусловленный содержанием в подземных водах соединений с переменной валентностью. Количественно он выражается в вольтах или милливольтках, обозначается E_h .

Системы с более высоким потенциалом являются окислителями по отношению к системам с более низким потенциалом, которые служат восстановителями. Если в подземной воде преобладают окисленные формы, E_h будет положительным, а если восстановленные — отрицательным. Наиболее универсальным окислителем в грунтовых и неглубоко залегающих пластовых водах является кислород. Значения E_h при содержании кислорода больше 7 мг/л находятся в пределах от +350 до +700 мВ. Наличие в воде более 10 мг/л сероводорода всегда указывает на восстановительную среду (E_h ниже —100 мВ). Обычно E_h определяют на месте отбора проб с помощью потенциометра.

Формула химического состава. Наиболее часто химический состав воды выражают в виде формулы Курлова. Она представляет собой псевдодробь, в числителе которой представлены анионы (в %-экв) в порядке убывания их содержания, а в знаменателе — катионы. Слева от дроби указывают название характерного газа и его содержание (в г/л), специфические компоненты и величину минерализации (М) воды (в г/л), справа — ее температуру. Наиболее рациональным представляется вариант этой формулы, предложенный И. Ю. Соколовым (1970). Он заключается в следующем.

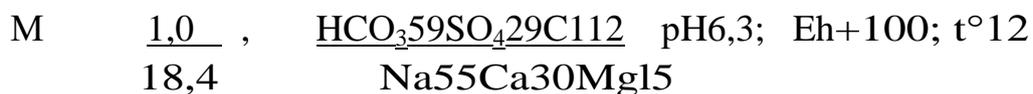
1. В левой части формулы записывают (в мг/л) содержание газов, а затем микрокомпонентов, если их количество превышает норму для отнесения подземных вод к минеральным и ¹¹⁴ представляет геохимический интерес.

2. Далее указывают величину минерализации воды М в виде дроби: в числителе — по массе (в г/л, с точностью до одного десятичного знака), в знаменателе — в эквивалентной форме, выраженной в мг-экв/л суммы анионов.

3. В знаменателе псевдодроби записывают в нисходящем порядке все катионы, в числителе — анионы, содержание которых составляет более 1 %- экв (с точностью до целых процентов).

4. Справа от дроби указывают показатели, характеризующие состояние воды (рН и Eh) и ее температуру, а также перманганатную окисляемость (в мг O₂/л). Для сильно минерализованных вод и рассолов в конце формулы проставляют плотность воды.

В качестве примера приведем следующую формулу:



Наименование воды по ее ионному составу дается следующим образом: сначала называют подчиненные ионы, потом — преобладающие, в название включают все ионы, превышающие 25%-экв. Так, название воды по приведенной выше формуле следующее: углекислая сульфатно-гидрокарбонатная кальциево-натриевая.

Классификация и систематизация химического состава

В практике гидрогеологических исследований обычно пользуются классификацией подземных вод по минерализации, в соответствии с которой выделяют воды: пресные с минерализацией до 1 г/л, слабо солоноватые — 1-3, сильно солоноватые — 3-25, соленые — 25-50, рассолы — более 50 г/кг.

Для наглядного отображения изменений химического состава вод в пространстве строят гидрохимические карты и профили, для показа химического состава на картах и разрезах в %-экв используют колонки и круги-диаграммы. При этом площади, занимаемые каждым ионом, закрашивают в соответствующие цвета.

При наличии большого фактического материала о химическом составе вод в последнее время все шире используют статистические методы его обработки.

7.9. Гидрогеологическая съемка и картирование

Гидрогеологическая съемка имеет своей целью изучение и оценку гидрогеологических условий района исследований и составление соответствующих гидрогеологических карт. Она проводится либо на готовой геологической основе, либо одновременно с геологической съемкой. В последнем случае она называется комплексной геолого-гидрогеологической съемкой. Нередко проводят 115 комплексные гидрогеологические и инженерно-геологические съемки.

По масштабу гидрогеологические съемки делятся на мелкомасштабные (1 : 500000 и мельче), среднемасштабные (1:200000—1:100000) и крупномасштабные (1 : 50 000 и крупнее). Мелко- и среднемасштабные съемки

используются для планомерного гидрогеологического изучения территорий и называются *общими*, крупномасштабные — для решения разнообразных практических задач и называются *специальными*. С укрупнением масштаба возрастает и степень детальности изучения объектов.

В результате проведения общей гидрогеологической съемки должны быть установлены: условия питания, распространения и разгрузки подземных вод; их химический газовый состав; режим, ресурсы и возможности народнохозяйственного использования; влияние различных акторов на режим, качество, ресурсы и условия использования подземных вод и, наоборот, влияние подземных вод на физико-геологические явления и условия использования земельных и минерально-сырьевых ресурсов, при специальных съемках дополнительно решаются специальные задачи. Гидрогеологическая съемка сама по себе является комплексным исследованием, включающим проведение различных видов и методов исследований: 1) аэрофотосъемку и дешифрирование аэрофотоснимков; 2) аэровизуальные наблюдения и наземные маршрутные исследования (геоморфологические, геологические, гидрогеологические, гидрологические, геоботанические, геокриологические, инженерно-геологические); 3) бурение (поисковое, артировочное, параметрическое, зондировочное), шурование и расчистку; 4) опытно-фильтрационные работы; 5) наблюдения за режимом подземных вод; 6) геофизические исследования; 7) гидрохимические и радиогидрогеологические исследования; 8) лабораторные работы.

Рациональное сочетание этих видов и методов исследований, объемов и последовательности их выполнения устанавливается на основе учета конкретных геолого-гидрогеологических условий, специфики поставленных задач, разрешающей способности различных методов и условий проведения съемочных работ. Отметим, однако, что основным видом работ при съемке являются наземные маршрутные исследования, обеспечивающие получение основной информации по геологическому строению и гидрогеологическим условиям, которая дополняется и: корректируется данными бурения, геофизических исследований и опытно-фильтрационных работ.

В результате выполнения гидрогеологической съемки составляются карты распространения основных водоносных горизонтов, их водообильности и химического состава, карты глубин залегания, гидроизогипс, пьезоизогипс и другие специальные карты.

7.10. Понятие о минеральных, промышленных и термальных водах.

Требования к качеству подземных вод

К *минеральным водам* относятся природные воды, которые могут оказывать на организм человека лечебное действие, обусловленное повышенным содержанием в них полезных биологически активных компонентов ионно-солевого и газового состава либо общим ионно-солевым составом воды, а также содержанием органического вещества. Основными типами минеральных вод являются железистые, мышьяковистые, сероводородные (сульфидные), углекислые, радоновые, йодные, бромные.

Для отнесения воды к лечебной минеральной в ней должно быть не менее 0,5 г/л CO_2 , не менее 10 мг/л H_2S , 30—200 мг/л H_2SiO_3 , 50—140 мг/л (редко больше) HVO_2 ; 0,7—1,5 мг/л As, 20—70 мг/л Fe, 5—15 мг/л I, 25—200 мг/л Br.

Промышленные воды, как уже говорилось, содержат ценные химические компоненты, которые извлекают из них в промышленных масштабах. Из промышленных вод в России извлекают иод, бром. Месторождением иодо-бромных вод называется территория, в недрах которой повсеместно распространены горизонты иодо-бромных вод и рассолов промышленной концентрации.

Подземные воды перспективны и для извлечения многих других ценных компонентов — лития, германия, вольфрама, бора, мышьяка, стронция, рубидия, цезия.

Термальные воды имеют повышенную температуру и часто являются минеральными и промышленными. Их широко используют для теплофикации, лечебных целей, в сельском хозяйстве и для извлечения химических элементов. Запасы термальных вод в нашей стране позволяют широко использовать их в народном хозяйстве.

Требования к качеству подземных вод зависят от их целевого назначения и определяются соответствующими ГОСТами и нормами. К воде хозяйственно-питьевого назначения они установлены ГОСТ 2874—82. «Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль ее качества». В соответствии с этим ГОСТом предъявляются общие требования к физическим (органолептическим) свойствам воды, ее химическому и бактериологическому составу. Органолептические свойства воды должны отвечать следующим требованиям: запах при 20 °С и при подогревании до 60 °С — не более 2 баллов, привкус при 20 °С — не более 2 баллов, цветность по платино-

кобальтовой или имитирующей шкале — не более 20° (по согласованию с органами санитарно-эпидемиологической службы цветность воды может быть 35°), мутность по стандартной шкале — не более 1,5 мг/л.

Содержание химических веществ в подземных водах не должно превышать:

Сухой остаток— 1000 мг/л	Cu ²⁺ —1.0 мг/л
Cl ⁻ —350 мг/л	Zn ²⁺ — 5,0 мг/л
SO ₄ ²⁻ — 500 мг/л	Al ³⁺ — 0,55 мг/л
F ²⁺ +F ³⁺ —0,3 мг/л	PO ₄ ³⁻ — 3,5 мг/л
Mn ²⁺ — 0,1 мг/л	Общая жесткость — 7,0 мг-экв/л
	pH—6—9

Содержание в воде токсичных элементов (в мг/л) не должно превышать следующих норм: алюминий (Al³⁺)—0,5, бериллий (Be²⁺) — 0,0002, молибден (Mo²⁺) — 0,25, мышьяк (As³⁺, As⁵⁺) — 0,05, нитраты (NO₃) — 45,0, по-лиакриламид — 2,0, свинец (Pb²⁺) — 0,03, селен (Se⁶⁺) — 0,001, стронций (Sr²⁺) — 7,0, фтор (F⁻) — 1,5 (для I и II климатических районов), 1,2 (для III климатического района), 0,7 (для IV климатического района).

Общее количество бактерий в 1 мм воды не должно превышать 100 клеток. В воде не должно быть бактерий группы кишечной палочки, брюшного тифа, холеры, дизентерии. Показателем загрязнения воды патогенными бактериями служит кишечная палочка «коли». Загрязненность воды оценивается величиной коли-индекса, т. е. количеством бактерий «коли» в 1 л воды. Коли-индекс не должен превышать 3.

Требования к качеству минеральных вод, используемых в бальнеологических целях, регламентируются также соответствующими государственными стандартами, а требования к качеству промышленных и термальных вод устанавливаются в каждом конкретном случае при обосновании кондиций, т. е. показателей, определяющих условия рентабельного использования в народном хозяйстве подземных вод рассматриваемых месторождений.

1. Что такое гидрогеология и ее основные задачи? 2. Что вы знаете о круговороте воды в природе, каковы его виды и практическое значение? 3. Какие виды воды в горных породах вы знаете? Дайте их краткую характеристику. 4. Какие виды движения воды возможны в зоне аэрации? 5. Что такое фильтрация и инфильтрация? 6. Что такое водоносный горизонт? Дайте определение его основных элементов (водоупоры, мощность, уровень, напоры и др). 7. Какие вы знаете

водные свойства горных пород? Охарактеризуйте их. 10. Что такое водопроницаемость? От каких факторов она зависит и какими показателями определяется? 11. Что такое верховодка? Каковы условия ее образования и особенности? 12. Какими особенностями залегания, питания, разгрузки и режима характеризуются грунтовые воды? 13. Чем отличаются напорные воды от межпластовых безнапорных? 15. Каковы особенности режима напорных вод? 17. Зачем нужно изучать химический состав подземных вод? 18. Какие свойства подземных вод необходимо учитывать при их санитарно-гигиенической оценке? 19. Назовите основной ионный состав подземных вод и типы химического анализа. 20. Что содержится в подземных водах кроме основных ионов? 21. Что такое формула Курлова? Напишите ее в общем виде. 22. Назовите химические элементы питьевой воды, нормируемые ГОСТом. 23. Какие типы минеральных и промышленных вод вы знаете?

8. Экологические проблемы основных экзогенных геологических процессов Краснодарского края

Распространение и характер природных экзогенных процессов на территории Краснодарского края находится в тесной зависимости от воздействия неотектонических движений, структурно-литологического фактора и орографии местности.

На основании качественной и количественной оценки распространения и развития современных экзогенных процессов с учетом роли хозяйственной деятельности в их активизации выделено 10 районов (Чередниченко Л.И., 1996):

1. Прикубанская плиоцен-четвертичная эрозионно-аккумулятивная равнина простирается севернее широтного отрезка Кубани от Азовского моря до Ставропольской возвышенности. Эта территория является зоной интенсивного мелиоративного строительства, где преобладают эолово-дефляционные процессы, развиты просадочные явления, набухание и усадка лессовых пород. С подъемом ¹¹⁹ овых вод связано подтопление и заболачивание. Подтопленные за ¹¹⁹ нутся полосой вдоль русел рек (Ея, Сосыка, Челбас, Бейсуг, Кирпили и др.) и по побережью Азовского моря. Полоса шириной 5-20 м от русел, а также старичные понижения испытывают постоянное подтопление на 20-60%, далее - подтопление временное.

На развитие процессов подтопления большое воздействие оказывают расширение площадей оросительных систем и подпруживание рек

плотинами, что вызывает заболачивание и формирование лугово-болотных почв. Активное заболачивание происходит, в частности, на территории станиц Новокубанской, Куцевской, Крыловской и др.

2. Правобережье Кубани - аллювиально-лессовая равнина с хорошо выраженными уступами нижнеплейстоценовой террасы. Здесь широко распространены оползневые, обвальные и овражные процессы. Активное развитие оползневых процессов наблюдается на всем протяжении крутого уступа нижнеплейстоценовой террасы от ст. Темижбекской до ст. Тбилисской, где оползни достигают крупных размеров и тянутся на несколько километров. Среди них выделяются блоковые, блоково-консистентные, фронтальные и циркуобразные.

Большую роль в развитии оползневых процессов играет хозяйственная деятельность: выемка песка в русле р. Кубани, утечка воды из очистных сооружений, интенсивная распашка земель под огороды вдоль уступов. Большую роль в развитии эрозионно-оползневых процессов правого берега р. Кубани играет абразия Краснодарского водохранилища. Особенно активно абразионно-оползневые и обвальные процессы происходят на участке от ст. Васюринской до ст. Старокорсунской, где темпы отступления берега составляют 2-5 м в год [7].

На правобережье р. Кубань установлена четкая пространственная приуроченность оврагов к населенным пунктам, что подтверждает антропогенное происхождение большинства из них. Наиболее интенсивный рост оврагов наблюдается в пределах г. Усть-Лабинска, ст. Темижбекской, Казанской, Тбилисской. На их бортах развиты крипы, оползни-блоки, оплывины. Питание крупных оврагов - дождевое, родниковое и антропогенное (сточные воды предприятий и животноводческих ферм). К активизации овражной эрозии и развитию оползней приводит также подрезка склонов карьерами по добыче сырья, используемого для производства кирпича.

На правобережье р. Кубань вблизи Краснодарского водохранилища, отмечаются подтопление и проседания. Особенно большие площади земель подтоплены в восточной части г. Краснодара (Пашковский и Комсомольский микрорайоны, территория Краснодарского аэропорта), а в последние годы этот процесс распространяется на территорию витаминкомбината, биофабрики и некоторых пригородных поселков.

3. Дельтовая аллювиальная равнина охватывает обширную территорию от южных депрессий Таманского полуострова до г. Приморско-Ахтарска, где широко развито подтопление и заболачивание. Активизации этих процессов способствует опускание данной территории, подпор грунтовых вод Азовским морем и рисовые оросительные системы. Максимальное подтопление (более 80%) отмечается во время заполнения рисовых чеков (с июля по сентябрь).

В дельте р. Кубань построены Кубанский, Петровско-Анастасиевский, Черноерковский и Ахтаро-Гривенский оросительные каналы. Искусственные водоемы и орошение приводят к подъему уровня грунтовых вод, засолению почв, деформации лессовых пород и заболачиванию.

4. Западно-Кубанская левобережная наклонная аллювиальная равнина расположена между дельтой р. Кубань и р. Белая. Среди экзодинамических процессов здесь преобладают подтопление, заболачивание, набухание и усадка грунтов. Днища долин рек Пшиш, Афипс, Псекупс поражены подтоплением до 70%, чему способствует малый уклон поверхности, наличие на небольшой глубине слабоводопроницаемого оглеенного горизонта, густая сеть оросительных каналов.

Большое влияние на подтопление левобережных склонов оказывает Краснодарское водохранилище. По данным режимных наблюдений института "Кубаньгипроводхоз", на большинстве водораздельных участков левобережной зоны водохранилища (в полосе шириной до 1 км) уровень грунтовых вод находится выше уровня воды в водохранилище на 0,5-1,5 м. Подтапливаемая территория существенно изменяет ход почвообразовательных процессов. На прилегающих к водохранилищу территориях общая площадь земель, подверженных подтоплению, превышает 800 кв. км.

Полоса развития заболоченности отмечается в пределах общего перегиба рельефа при переходе предгорной равнины к горам Кавказа. Здесь из-за ступенчатого снижения крутизны рельефа, создается подпор поверхностному и подземному 121 /, что способствует избыточному увлажнению отдельных участков.

5. Восточно-Кубанская эрозионно-аккумулятивная равнина простирается от р. Белой до рек Уруп и Кубань на востоке. В этом районе широкое развитие получают эрозионные процессы, где в качестве главных факторов интенсивной эрозии выделяются величина и режим стока, рельеф и

литология подстилающих пород. Особенно большие скорости размыва берегов отмечаются в среднем течении р. Кубань и ее притоков (Белая, Лаба, Ходзь, Уруп и др.). Воздействию боковой эрозии подвержены террасы, на которых расположены города Белореченск, Лабинск, Курганинск, пос. Псебай, Мостовской и др. Размыв уступов террас сопровождается обвальными и оползневыми процессами.

Немаловажное влияние на интенсивность и направление русловых процессов имеет выборка галечника из ныне действующих карьеров. В результате выборки песчано-галечных отложений в пойме р. Белой (напротив г. Белореченска), по левому берегу усилилась боковая эрозия верхнеплейстоценовой террасы на площади жилой застройки города. Вырубка леса в бассейнах рек Белая, Лаба, Уруп и др. привела к резкому усилению и учащению паводков, возрастанию скорости течения, усилению боковой и донной эрозии рек.

Оползни развиты преимущественно на бортах долин, где их активность обуславливается боковой эрозией и антропогенной деятельностью. Глубокая распашка склонов в Отрадненском районе привела к активизации оползневых процессов, многие из которых достигли водораздела.

6. Холмистый рельеф Таманского полуострова во многом способствует образованию экзогенных процессов: мелкоовражной и плоскостной эрозии в зонах холмисто-рядовых возвышенностей, просадочным явлениям, набуханию и усадке грунтов, подтоплению и заболоченности прилиманских низин, эоловым процессам на поверхности террас и аллювиальных равнин. Эрозионные процессы активно проявляются на склонах возвышенностей, где крупные балки имеют глубину до 20-30 м, ширину до 200 м. На крутых склонах возвышенностей, сложенных породами текуче-пластической консистенции, при переувлажнении легко развиваются оползни-потоки. Развитию оползневых процессов способствует строительство различных гидротехнических сооружений, перегрузка склонов 122 застройками, подрезка их при строительстве дорог.

7. Низкие горы и возвышенности северного склона Кавказа узкой полосой протягиваются вдоль предгорных аллювиальных равнин и включают параллельно вытянутые низкие хребты и гряды, связанные с выходами устойчивых пород неоген-палеогенового и верхнемелового

возраста. В этом районе широкое развитие получили оползневые и эрозионные процессы, а также крип. К южным крутым, часто обрывистым склонам хребтов, сложенным мергелями и известняками верхнего мела, приурочены гравитационные процессы - обвалы и осыпи. На пологих северных склонах, сложенных глинистыми породами неогена и палеогена, развиты оползневые процессы, овражная эрозия и крип.

Природно-антропогенные оползни наблюдаются в районе городов Горячий Ключ, Нефтегорск, Апшеронск, Хадыженск и др., при этом площадь отдельных достигает несколько километров. По механизму образования здесь выделяются оползни скольжения (блоковые) и оползни-течения (консистентные). Возникновению оползневых явлений способствует дорожное строительство, в процессе которого происходит подрезка склонов. Наиболее подвержена оползневым, обвальным и осыпным процессам автодорога Апшеронск - Хадыженск - Горячий Ключ. Так, только на участке Горячий Ключ - Хадыженск выявлено 39 активно действующих оползней. Оползневые процессы развиваются при эксплуатации нефтяных и газовых месторождений, а также при глубокой распашке земельных угодий вдоль склонов террас.

В низкогорной зоне широкое развитие имеет овражная эрозия (5-25%), возникновению которой способствует вырубка леса, прокладка лесовозных дорог и скотопрогонных троп; глубина промоин и оврагов достигает от 0,5-10 до 40 м, длина - до нескольких километров. Наиболее крупные овраги приурочены к бортам долин рек Кубань, Уруп, Белая, Лаба. Антропогенные овраги поражают склоны Горячеключевского района.

8. Средневысотные эрозионно-денудационные горы на асимметрично-складчатых структурах. Структурно-литологические, геоморфологические и климатические особенности среднегорья создают условия для развития эрозионных и гравитационных процессов (обвалов, осыпей, оползней и карста). Широкое распространение имеют эрозионные процессы (пораженность эрозией временных родотоков 15-30%). Часто встречаются крупные эрозионные формы - ш 123 щелья.

Хозяйственное освоение горных территорий не получает широкого территориального развития, однако природно-антропогенные процессы имеют большую интенсивность и нередко носят катастрофический характер. Этому способствует преобладание в горном рельефе крутых склонов, в пределах которых морфологическое равновесие может быть быстро нарушено даже при

слабом антропогенном воздействии. Вырубка лесов, неупорядоченное использование земель, нерегулируемый выпас скота вызывают интенсивный смыв почв, активизацию овражной эрозии, оголение и расчленение склонов, что способствует селеобразованию. Повышенная селеопасность отмечается, в частности, на участках Пшишского, Абинского, Псебайского и других леспромхозов. Вблизи лесных вырубок оставлено большое количество лесовозных дорог, погрузочных площадок, что также активизирует овражную эрозию.

9. Горно-ледниковое высокогорье характеризуется нивальными, гравитационными и эрозионными процессами; пораженность эрозией временных водотоков составляет здесь 25-48%. В этом районе развиты лавинно-селевые и карстовые процессы. Очаги лавинного типа наблюдаются в верхних ярусах гор и в нивальных поясах (верховья рек Лаба, Мзымта, Белая, Уруп). Формы поверхностного и глубинного карста (карры, воронки, пещеры) распространены от плато Лагонаки на склонах гор Фишт и Оштен до Дагестана и приурочены к области развития трещиноватых юрских известняков. Процессы эрозии, обвалы, оползни, лавины и т.д. активизируются в результате вырубки леса, выпаса скота, прокладки дорог.

10. Азово-Черноморское побережье характеризуется широким распространением, процессов абразии, оползней, обвалов, осыпей, подтоплением долин рек и низких морских террас. В средних ярусах гор южного склона вдоль Черноморского побережья отмечается плоскостная и овражная эрозия, крип, обвалы, сели.

В настоящее время на большей части береговой зоны отмечается погружение, что сопровождается активизацией абразии и оползневых процессов, большая часть которых имеет природно-антропогенное происхождение. Резкое усиление абразии связано с нарушением вдольберегового потока наносов молами Сочинского порта. Промышленное и гражданское строительство способствовало развитию оползней. Наиболее часто они встречаются на заселенных территориях, что связано с уничтожением растительности и почвенного покрова, обводнением склонов и откосов. Антропогенно-природные оползни привели к деформации зданий в г. Сочи. Образование оползней в результате искусственного обводнения склонов установлено также в городах Туапсе и Новороссийске. В результате подсечки

склонов при прокладке дорог, образовались крупные оползневые массивы на участке железной дороги Туапсе-Адлер.

Катастрофические паводки на реках Черноморского побережья и сильные штормы являются причинами затопления прибрежных районов. Больше всего подвержена затоплению прибрежная часть Имеретинской низменности и низкий пляж Лазаревского аккумулятивного выступа.

Для Черноморского побережья характерна низкая категория защищенности грунтовых вод, которые используются для хозяйственно-питьевого водоснабжения. Особенно опасно загрязнение пестицидами, которых ежегодно смывается до 40 т. Наиболее интенсивное загрязнение отмечается в Геленджикском, Новороссийском, Туапсинском районах, где главными источниками водоснабжения являются незащищенные воды аллювиальных четвертичных отложений. В целом экологическая обстановка Азово-Черноморского побережья характеризуется нестабильностью и тенденцией к дальнейшему ухудшению.

Процессы затопления, берега отмечаются и на Азовском побережье. Этому способствует нагон морских вод, вызываемый ветрами западных румбов. Катастрофические наводнения возникают здесь после прохождения холодных фронтов циклонов, когда южный и юго-западный ветер, нагоняющий воду в Азовское море из Черного, резко сменяется западным и северо-западным. Создание берегоукрепительных сооружений на Азовском побережье (район Приморско-Ахтарска и Ейска) приводит к размыву пляжей и отдельных береговых участков. Так, в ст. Должанской Ейского района отступление бровки клифа происходит со скоростью 2,5-3,0 м/год, что привело к разрушению ряда зданий и сооружений.

Проведённые исследования показали, что антропогенное воздействие почти во всех выделенных районах приводит к увеличению территории, пораженной подтоплением, оползнями и оврагами. На побережьях сокращаются и размываются пляжи, активизируется плоскостной смыв и линейная эрозия. Учитывая все это, необходимо особенно бережно и рационально относиться к природным ресурсам Краснодарского края и своевременно устранять негативное влияние человека на природу.

Вопросы для самопроверки

1. Прикубанская плиоцен-четвертичная эрозионно-аккумулятивная равнина и её геоэкологические проблемы?

2. Геоэкологические особенности Правобережья Кубани?
3. Дельтовая аллювиальная равнина Кубани и её геоэкологические проблемы?
4. Геоэкологические проблемы наклонной аллювиальной равнины Западно-Кубанского левобережья?
5. Восточно-Кубанская эрозионно-аккумулятивная равнина и её геоэкологические проблемы?
6. Геоэкологические особенности холмистого рельефа Таманского полуострова?
7. Экзогенные процессы низких гор и возвышенностей северного склона Кавказа?
8. Экзогенные процессы средневысотных эрозионно-денудационных гор на ассиметрично-складчатых структурах?
9. Геоэкологические проблемы горно-ледникового высокогорья?
10. Геоэкологические проблемы Азово-Черноморского побережья?

Контрольные (тестовые) вопросы

1. **Главным методом изучения глубинного строения Земли является:**
 - 1). Сверхглубокое бурение;
 - 2). Сейсмический метод;
 - 3). Изучение метеоритов;
 - 4). Изучение электропроводности.
2. **Твердый надастеносферный слой мантии вместе с земной корой называется:**
 - 1) астеносферой;
 - 2). тектоносферой;
 - 3). литосферой;
 - 4). геосферой
3. **Сейсмический раздел между верхней и нижней мантией находится на глубине:**
 - 1). 2900 км;
 - 2). 670 км;
 - 3). 410 км;
 - 4). 33 км.
4. **Сейсмический раздел между земной корой и мантией называется:**
 - 1). Граница 410 км;
 - 2). Граница Мохоровичича;
 - 3). Слой Галицина;
 - 4). Граница Гуттенберга.
5. **Слой в верхней мантии характеризующийся снижением скорости прохождения сейсмических волн называется:**
 - 1). Литосфера;
 - 2). Тектонический слой;
 - 3). Астеносфера;
 - 4). Слой Гуттенберга.
6. **Нижней границей литосферы служит:**
 - 1). Граница Мохоро;
 - 2). Поверхность нижней мантии;
 - 3). Граница 410 км.;
 - 4). Поверхность астеносферы.
7. **Средняя плотность земной коры составляет (г/см³):**
 - 1). 2,67;
 - 2). 3,3;
 - 3). 5,52;
 - 4). 14,7

8. Основным источником внутренней энергии Земли является:
1). Энергия твердых приливов; 2). Энергия радиоактивного распада;
3). Солнечная энергия; 4). Энергия глубинной гравитационной дифференциации

9. Вторым элементом в химическом составе Земли является:

1). Железо; 2). Кремний; 3). Кислород; 4). Алюминий.

10. Третий по величине Кларк в земной коре имеет:

1). Железо; 2). Кремний; 3). Кислород; 4). Алюминий.

11. Одним из главных породообразующих минералов земной коры является:

1). Кварц; 2). Барит; 3). Оливин; 4). Гематит.

12. Процесс образования минералов из горячих водных растворов называется:

1). Гидротермальный; 2). Пегматитовый; 3). Пневматолитовый;
4). Осадочный.

13. На какой стадии литогенеза осадок превращается в осадочную породу:

1). Гипергенез; 2). Диагенез; 3). Седиментогенез; 4). Катагенез.

14. Каким путем поступает в моря и океаны основной объем обломочного материала:

1). При вулканических извержениях; 2). За счет абразии; 3). За счет твердого стока рек; 4). При подводном выветривании.

15. Какой генетический тип отложений образуется за счет геологической деятельности рек:

1). Пролувий; 2). Делювий; 3). Эльювий; 4). Аллювий.

16. Какая из морен является самой распространенной:

1). Боковая; 2). Основная; 3). Срединная; 4). Внутренняя.

17. Как называется временное скопление гравитационных вод, в зоне аэрации?:

1). Артезианский бассейн; 2). Грунтовые воды; 3). Верховодка;
4). Межпластовые воды

18. Непроницаемый для подземных вод слой горных пород называется:

1). Песок; 2). Коллектор; 3). Водоупор; 4). Пласт.

19. Температурное выветривание наиболее активно протекает:

1). В пустыне; 2). В горах, под снегом; 3). В умеренной зоне;
4). Во влажных тропиках. 127

20. Скатывание или скольжение обломков по склону называется:

1). Обвал; 2). Осыпание; 3). Оползень; 4). Солифлюкция.

21. К склоновому ряду отложений принадлежит:

1). Аллювий; 2). Эльювий; 3). Пролувий; 4). Делювий.

22. Ветрограницы характерны для:

1). Флювиогляциальных отложений; 2). Озерных отложений; 3). Эоловых отложений; 4). Морен.

23. Поверхностные карстовые формы, имеющие наибольшее распространение:

1). Карстовые колодцы; 2). Карстовые воронки; 3). Поноры; 4). Карстовые котловины.

24. Срединная морена образуется за счет:

1). Соединения боковых морен; 2). Выдавливанию донной морены; 3). Абляции ледника; 4). Эолового приноса обломочного материала.

25. Водноледниковые отложения, представляющие в рельефе крутосклонные валлообразные гряды :

1). Камы; 2). Озы; 3). Зандры; 4). Ленточные глины.

26. Подмыв берегов речным потоком, приводящий к расширению речной долины называется:

1). Коррозия; 2). Экзарация 3). Боковая эрозия; 4). Донная эрозия.

27. Глубина захвата пород оползневым процессом на склоне называется:

1). Базисом эрозии; 2). Базисом оползня; 3). Уровнем оползания; 4). Стенкой отрыва.

28. Ленточные глины образуются:

1). В морях; 2). В болотах; 3). В корах выветривания; 4). В озерах.

29. К отложениям временных горных потоков относится:

1). Делювий; 2). Пролювий; 3). Коллювий; 4). Аллювий.

30. Наиболее древней речной террасой является:

1). Самая низкая в рельефе склона; 2). Аккумулятивная; 3). Цокольная; 4). Самая высокая в рельефе склона.

31. Отчлененные от русла реки излучины называются:

1). Плесы; 2). Перекаты; 3). Старицы; 4). Поймы.

32. На стадии старости реки преобладают процессы:

1). Аккумуляции; 2). Дефляции; 3). Донной эрозии; 4). Экзарации.

33. Грубообломочный материал, образующийся в результате гравитационных процессов и накапливающийся у подножия крутых склонов:

1). Элювий; 2). Делювий; 3). Коллювий; 4). Пролювий.

34. Механическая обработка 128 рных пород песчаными частицами, переносимыми ветром называется:

1). Коррозия; 2). Дефляция; 3). Выветривание; 4). Эрозия.

35. Переносимый и отложенный ледником обломочный материал называется:

1). Флювиогляциальные отложения; 2). Твердый сток; 3). Коллювий; 4). Морена.

36. Постоянные скопления подземных гравитационных вод, залегающие на первом от поверхности водоупорном слое:

1). Почвенные; 2). Грунтовые; 3). Верховодка; 4). Межпластовые.

- 37. Несмещенные продукты выветривания горных пород:**
1). Делювий; 2). Проллювий; 3). Коллювий; 4). Элювий.
- 38. Твердые продукты извержения вулканов:**
1). Лавы; 2). Фумаролы; 3). Лапилли; 4). Сольфатары.
- 39. Согласно интрузивное тело грибообразной формы:**
1). Батолит; 2). Лакколит; 3). Лополит; 4). Силл.
- 40. Для какого типа вулканических извержений характерен взрывной характер?:**
1). Исландский; 2). Стромболианский; 3). Вулканский; 4). Пелейский.
- 41. Какая из перечисленных пород относится к эффузивным породам средней группы?:**
1). Липарит; 2). Диорит; 3). Андезит; 4). Пегматит.
- 42. Пирокластические породы с размером обломков менее 0,1 мм:**
1). Вулканическая пыль; 2). Вулканические бомбы; 3). Вулканический пепел; 4). Лапилли.
- 43. Магматическая горная порода основного состава с порфировой структурой:**
1). Липарит; 2). Андезит; 3). Базальт; 4). Диабаз.
- 44. Магматическая горная порода кислого состава с порфировой структурой:**
1). Липарит; 2). Андезит; 3). Гранит-порфир; 4). Диорит-порфир.
- 45. Мелководная область моря (менее 200м), непосредственно примыкающая к суше, с относительно пологим наклоном в сторону океана:**
1). Континентальное подножие; 2). Континентальный склон;
3). Континентальный шельф; 4). Океаническое ложе.
- 46. Разделение магмы на две несмешивающиеся жидкости, различающиеся по удельному весу и химическому составу называется:**
1). Ассимиляция; 2). Кристаллизационная дифференциация;
3). Гибридизация; 4). Ликвация.
- 47. Подземные толчки, следующие за главным сейсмическим ударом называются:**
1). Магнитуда; 2). Афтершоки; 3). Форшоки; 4). Продольные волны.
- 48. Основная часть очагов землетрясений возникает:**
1). В нижней мантии; 2). В литосфере; 3). На границе Мохо; 4). В земной коре.
- 49. Стабильные, устойчивые структуры земной коры:**
1). Платформы; 2). Срединно-океанические хребты; 3). Орогенные пояса; 4). Рифтовые зоны.
- 50. Границы, определяющие зоны расхождения литосферных плит:**
1). Конвергентные; 2). Дивергентные; 3). Коллизионные; 4) Трансформные.

Литература

1. Борголов И.Б. Сельскохозяйственная геология: — Иркутск: Изд-во Иркут. ун-та, 2000. — 320 с.
2. Борголов И.Б. Курс геологии (с основами минералогии и петрографии). — М.: Агропромиздат, 1989 — 216 с.
3. Буданцев П.Б., Тарасенко М.Н., Морозова Е.В. Породообразующие минералы: методические разработки для студентов/Воронеж: Воронежский госагроуниверситет, 2006. — 45с.

4. Зубкова Т.А. О каталитических функциях глинистых минералов в почвах // 1989. – №3 – С. 21-32.
5. Кононов В.М., Крысенко А.М., Швец В.М. Основы геологии и гидрологии: Учеб. пос. – М.: Высш. шк., 1985. – 272с.
6. Короновский Н.В., Якушова А.Ф. Основы геологии – М.: Изд. МГУ, 1988
7. Ломтадзе В.Д. Инженерная геология. Инженерная петрология./Л.: Недра, 1970. – 528с.
8. Лошаков В.Г., Стратонович М.В., Осокина И.Н. Методика обучения предмету "Земледелие с почвоведением". -М.: Агропромиздат, 1989. -206 с.
9. Миловский А.В. Минералогия и петрография. — 5-ое изд., перераб. и допол. — М.: Недра. 1985. — 432 с.
10. Павлов А.Н. Общая и полевая геология: Учебник для вузов / А.Н.Павлов, И.А. Одесский, А.И.Иванов и др.- М.: Недра, 1991. – 463 с.
11. Пинчук А.П., Слюсарев В.Н. Методические указания по курсу «Геология» с основами минералогии» - Краснодар, тип. КГАУ, 2009. – 50с.
12. Почвенно – экологический атлас Краснодарского края. – Краснодар, 1999. – 30с.
13. Практикум по почвоведению (почвы Северного Кавказа), Краснодар, 2003.
14. Слюсарев В.Н. Методические указания по организации и выполнению самостоятельной работы студентов при изучении курса «Почвоведение с основами геологии»: Уч. пособ.– Краснодар: Кубанский госагроуниверситет, 2004. - 144 с.
15. Скрябина О.А. Минералогический состав почв и почвообразующих пород: учебное пособие / Пермская ГСХА - Пермь: Изд-во ФГОУ ВПО «Пермская ГСХА», 2011. – 117с.
16. Соколова И. А.. Теоретическая проблема генетического почвоведения. – Новосибирск.: Наука, Сибирское отделение. – 2004. – 288 с.
17. Толстой М.П., Малыгин В.А. Геология и гидрогеология. — 2-ое изд., перераб. и допол. — М.: Недра, 1988. — 318 с.
18. Толстой М.П. Геология с основами минералогии – М.: Агропромиздат, 1991. – 398 с.
19. Шишов Л.Л. Классификация и диагностика почв России / Шишов Л.Л., Тонконогов В.Д., Лебедева И.И., Герасимова М.И. – Смоленск: Ойкумена, 2004. – 342с.

Слюсарев Валерий Никифорович
Терпелец Виктор Иванович
Осипов Александр Валентинович

Геология
Учебное пособие

Подписано в печать 14.03.2012 г.
Бумага офсетная. Формат 60×84 ¹/₁₆
Тираж 100 экз., усл. п. л. – 8,2.
Заказ №

Типография Кубанского государственного аграрного университета
350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13