

Федеральное агентство по образованию и науке РФ
ГОУ ВПО «Карельский Государственный
Педагогический Университет»
Кафедра Географии

А. К. Полин

ГЕОЛОГИЯ
В ПЕДАГОГИЧЕСКОМ ВУЗЕ
Геологические процессы
(тексты лекций)

ПЕТРОЗАВОДСК
2006

УДК 55
ББК 26.3
П 50

Печатается по решению редакционно-издательского совета Карельского государственного педагогического университета

Рецензенты:

В. Я. Горьковец, профессор, доктор геолого-минералогических наук,

С.П. Гриппа, доцент, кандидат географических наук,

Полин А. К.

Геология в педагогическом вузе (геологические процессы). КГПУ. Петрозаводск, 2005. с. Пособие написано в соответствии с действующей программой по курсу геологии. В пособии изложены основные (опорные) сведения о геологических процессах. Для более подробного ознакомления с учебным материалом и иллюстрациями следует обратиться к учебникам, перечисленным в списке использованной литературы.

Предназначено для студентов географических специальностей педагогических вузов

Содержание

Введение	стр. 4
Эндогенные процессы	стр. 4
Магматизм	стр. 4
Интрузивный магматизм	стр. 5
Эффузивный магматизм или вулканизм	стр. 7
Метаморфизм	стр. 10
Тектонические движения	стр. 11
Колебательные движения	стр. 12
Складкообразующие движения	стр. 15
Разрывообразующие движения	стр. 16
Землетрясения	стр. 18
Экзогенные процессы	стр. 21
Выветривание	стр. 22
Геологическая деятельность ветра	стр. 24
Геологическая деятельность плоскостного стока и временных русловых потоков	стр. 25
Геологическая деятельность рек	стр. 27
Геологическая деятельность подземных вод	стр. 29
Геологическая деятельность ледников	стр. 31
Геологическая деятельность моря	стр. 33
Диagenез морских осадков	стр. 37
Геологическая деятельность озер и болот	стр. 38
Происхождение нефти и каменного угля	стр. 39
Экзогенные процессы (общая таблица)	стр. 42
Литература	стр. 43

Введение

Облик Земли в ходе ее развития непрерывно изменялся под влиянием разнообразных геологических процессов. Геологические процессы вызываются различными источниками энергии, по которым геологические процессы разделяются на две группы: **эндогенные**, источником энергии для которых служит **внутренняя энергия Земли**, и **экзогенные**, идущие за счет **внешней энергии (в основном энергии Солнца)**.

Эндогенные процессы

К эндогенным процессам относятся **магматизм**, **метаморфизм** и **тектонические движения**.

Магматизм

Магматизм - это комплекс геологических процессов, связанных с образованием магмы в глубинах Земли, ее движением к поверхности Земли и кристаллизацией в приповерхностных зонах или на поверхности Земли. **Магма** - это высокотемпературный силикатный расплав, обогащенный летучими. **Летучие** - это магматические газы, среди которых преобладают (в порядке понижения концентрации) пары воды (до 60-90 %), углекислый газ, соединения азота (аммиак и др.) и кислые газы (в первую очередь HCl, SO₂ и др.).

Образование магмы. В глубине Земли вещество находится под действием высоких температуры и давления. Давление уравнивает влияние высокой температуры, и поэтому вещество находится в твердом состоянии. В случае значительного уменьшения давления при образовании складок или глубинных разломов вещество под влиянием высокой температуры расплавляется с образованием **первичного магматического очага**. По системе разломов и зон трещиноватости под влиянием давления окружающих пород магма выдавливается в сторону поверхности Земли.

Двигаясь вверх, магма не всегда достигает поверхности Земли и образует в приповерхностных слоях **вторичный магматический очаг**. Процессы, проходящие во вторичном магматическом очаге и над ним, объединяются под общим названием **интрузивный магматизм**. Если же магма,

превратившись в лаву, выходит на дневную поверхность, то начинаются процессы под общим названием **эффузивный магматизм**, или **вулканизм**.

Интрузивный магматизм.

Интрузивный магматизм – это комплекс процессов, связанных с кристаллизацией магмы во вторичном магматическом очаге и в перекрывающих породах.

По мере понижения температуры (ниже 1500 °С) начинается кристаллизация расплава. Некоторые ученые считают, что этот процесс начинается с **процесса ликвации**, т. е. разделения единого расплава на два расплава: силикатный (составляет до 98 % от объема прежнего расплава) и сульфидный. После этого начинается **процесс кристаллизационной дифференциации** силикатного расплава. Первыми кристаллизуются более тугоплавкие минералы, которые, являясь наиболее тяжелыми, оседают на дно магматического очага. Затем начинают кристаллизоваться менее тугоплавкие минералы и т. д. В целом **порядок кристаллизации минералов** выглядит так (по мере понижения температуры): **оливин, пироксены и основной плагиоклаз, амфиболы и средний плагиоклаз, слюды, кварц, микроклин и кислый плагиоклаз**. По ходу кристаллизации из расплава минералов состав самого расплава изменяется. Однако порядок кристаллизации минералов жестко регулируется **законом эвтектики**. **Эвтектика** – это расплав, состоящий из двух и более компонентов, который при определенных количественных соотношениях этих компонентов, кристаллизуется при температурах более низких, чем температура кристаллизации каждого из этих компонентов. Например, температура кристаллизации анортита 1550°C, а пироксена – 1390°C. Однако при соотношении в расплаве 42% анортита и 58% пироксена (габбровая эвтектика) расплав кристаллизуется целиком при температуре 1270°C. Выделяют три эвтектики: **габбровая** (пироксен и основной плагиоклаз), **сиенитовая** (амфибол и средний плагиоклаз) и **гранитная** (кварц, биотит, кислый плагиоклаз, микроклин).

Схема последовательности образования минералов из магматического расплава

(сверху вниз по мере понижения температуры)

(по А.Н. Заварицкому)

Минералы обозначены жирным шрифтом.

Эвтектики	оливин		
<i>Габбровая</i> (базальтовая)	пироксены	Эвтектика	основной плагиоклаз
<i>Сиенитовая</i>	амфиболы		средний плагиоклаз
<i>Гранитная</i>	слюды кварц		кислый плагиоклаз калиевый полевой шпат

В результате интрузивного магматизма образуются как согласные с вмещающими породами интрузии (**силлы, лакколиты, лополиты, факолиты**), так и несогласные (**дайки, некки, штоки, батолиты**).

После кристаллизации основной массы расплава в верхней части магматического очага скапливаются порции наиболее легкоплавкой (гранитной) эвтектики, чрезвычайно обогащенной летучими. Процесс ее кристаллизации (1200–800°C) в кровле магматического очага и в трещинах перекрывающих пород называется **пегматитовым**. Пегматит по составу соответствует гранитам. От гранитов он отличается специфической формой тел (пегматитовые жилы), большим количеством минералов, содержащих в своем составе воду, крупными и нередко гигантскими размерами кристаллов.

По окончании пегматитового процесса от вторичного магматического очага вверх по зонам трещиноватости устремляются выделившиеся из магматического расплава летучие. Эти высокотемпературные (800–500°C) газы очень агрессивны и способны переносить в растворенном виде большое количество материала (в виде газового раствора). По мере понижения температуры при приближении к поверхности Земли происходит процесс кристаллизации минералов из газовых растворов, который называется **пневматолитовым**.

Проникая в более высокие слои (в которых температура понижается до 500°C и менее), газовый раствор переходит в жидкую фазу, образуя гидротермальный раствор. Переход в жидкую фазу при таких высоких температурах возможен потому, что концентрация минерального вещества в растворе очень высока. По мере понижения температуры от 500 до 100°C происходит процесс кристаллизации минералов из гидротермального раствора. Этот процесс называется **гидротермальным**.

После окончания гидротермального процесса остаются **термальные растворы**, которые циркулируют вблизи дневной поверхности или выходят на поверхность Земли в виде **термальных источников**.

Эффузивный магматизм, или вулканизм

Вулканизм представлен комплексом процессов, связанных с выходом лавы на дневную поверхность и ее кристаллизацией или затвердением. **Лава** – это высокотемпературный силикатный расплав, обедненный летучими.

Магма в глубине Земли находится под действием высокого давления вмещающих пород. Высокое давление удерживает магматические газы в магме. По мере приближения магмы к дневной поверхности давление окружающих пород постепенно уменьшается. Под влиянием высокого внутреннего давления начинается процесс **дегазации магмы**, т. е. выделения магматических газов. В результате этого процесса **магма** постепенно **превращается в лаву**. Выделившиеся газы более мобильны, чем лава, и движутся к поверхности Земли впереди лавы. Соответственно первыми и выходят к дневной поверхности. Любое **вулканическое извержение** начинается со сравнительно длительного выделения газов, которое может быть спокойным, но чаще всего взрывным.

Вулканами называют геологические образования в виде конусовидных гор или куполовидных возвышенностей. На вершине вулкана располагается воронкообразное углубление – **кратер**. От кратера вглубь Земли идет **жерло** – вертикальный канал, по которому магма из магматического очага поднимается к поверхности.

Среди продуктов извержения выделяют три типа: **газообразные, твердые и жидкие.**

Среди **газов** существенно преобладает **водяной пар** (до 60– 90%). На втором месте - **углекислый газ**. Далее еще меньше содержание **соединений азота** (аммиак и др.) и **кислых газов** (HCl, SO₃ и др.).

Твердые продукты извержения образуются, как правило, при мощных газовых взрывах. В зависимости от размера обломков различают **вулканический пепел** (до 0,5 мм), **вулканический песок** (до горошины), **лапилли** (до 3 см) и **вулканические бомбы**. Выделяют два типа вулканических бомб: остроугольные обломки кратера и даже конуса вулкана и кашлеобразные (затвердевшие на лету выброшенные при взрыве порции лавы).

Жидкие продукты извержения представлены **лавой**. В зависимости от содержания кремнезема (SiO₂) лаву разделяют на **кислую** (SiO₂ более 65%), **среднюю** (SiO₂ от 65 до 52%) и **основную** (SiO₂ от 52 до 40%).

Классификацию вулканов производят по разным признакам. Выделяются вулканы **потухшие** и **действующие**, **моногенные** и **полигенные** (много раз извергавшиеся), вулканы **центрального** (извержение из точечного кратера), **трещинного** и **площадного** (были распространены на начальных этапах истории Земли) типов. Разделяют вулканы по **географическому принципу** (вулканы Камчатки, вулканы Италии и т. д.). Но наиболее широко распространена классификация вулканов по **характеру извержения** и **строению вулканического конуса**.

Классификация вулканов по характеру извержения

Состав лавы	кислая	средняя			основная
Пластичность лавы	вязкая	средняя			текучая
Газонасыщенность лавы	высокая	средняя			низкая
Тип извержения	Бандай санский	Пелейский	Этно-везувийский	Стромболианский	Гавайский
Характер извержения	мощный газовый взрыв	сильный газовый взрыв, выдавливание лавы, пепел	газовый взрыв, излияние лавы, пепел	газовый взрыв, излияние лавы	излияние лавы
Строение конуса	обломки	слои пепла, обелиск	слои лавы и пепла	слои лавы и пепла	слои лавы

Послевулканические явления. После затухания вулканической деятельности еще длительное время наблюдается ряд характерных явлений, указывающих на активные процессы, продолжающиеся в глубине.

На первой стадии после извержения длительное время выделяются **фумаролы** (вулканические газы, по составу близкие к магматическим). Температура фумарол достигает 600– 650°С. Позже постепенно начинают действовать **гейзеры** (периодически действующие пароводяные фонтаны). Температура гейзера в грифоне достигает 90–98°С, а в глубине канала она значительно выше и достигает 125–150°С. В определенный момент в глубине начинается интенсивное парообразование, которое приводит к выбросу фонтана горячей воды. Высота фонтана иногда достигает 50 метров. Вода

гейзеров содержит в растворенном состоянии различные минеральные соли, в частности, большое количество кремнезема. Иногда в районе гейзеров образуются большие скопления **гейзерита** (кремнистого туфа). Нередко в районе деятельности гейзеров образуются **грязевые вулканы** – конусы высотой до одного метра, сложенные слоями грязи (смесь гейзерной воды и пепла). После прекращения деятельности гейзеров еще долгое время наблюдаются выходы многочисленных горячих источников, называемых **термальными источниками**.

Вулканы определенного периода истории Земли (в частности, современные действующие вулканы) располагаются на поверхности Земли закономерно, образуя **вулканические зоны** линейной формы. Примером таких зон могут служить Камчатская, Японская, Индонезийская и др. зоны. Вулканические зоны часто группируются в более крупные структуры линейной формы, образуя **глобальные вулканические пояса**. Выделяют три типа глобальных вулканических поясов:

1. Пояса, расположенные на **границе океанов и континентов**. К этому типу относятся Тихоокеанское огненное кольцо, Средиземноморско-Индонезийский и др. пояса.

2. Пояса, связанные с **рифтовыми долинами срединноокеанических хребтов**. Здесь распространены почти исключительно подводные вулканы. Лишь в Исландии и на Гавайских островах вершины вулканов поднимаются над поверхностью океана.

3. Пояса, приуроченные к **континентальным рифтовым системам**. Наиболее крупная – рифтовая система восточной Африки.

В результате магматизма образуются **магматические горные породы** (смотри классификацию магматических горных пород в рабочей тетради).

Метаморфизм

Метаморфизм – это один из **эндогенных** процессов, проходящих за счет внутренней энергии Земли. Под метаморфизмом понимают преобразование и

перекристаллизацию горных пород в твердом состоянии без изменения химического состава породы под влиянием факторов метаморфизма. Если в таком преобразовании происходят привнос и вынос химических элементов (изменение химического состава породы), то процесс уже называется **метасоматозом**.

Метаморфизму подвергаются все типы пород. При метаморфизме магматических или метаморфических пород образуются **ортопороды** (ортосланец, ортогнейс). Результат метаморфизма осадочных пород – **парапороды** (парасланцы, парагнейсы).

Главными **факторами метаморфизма** являются:

1. **Высокая температура** (от 100 до 1500°C).

2. **Высокое давление:** а) **петростатическое** – всестороннее давление окружающих пород; б) **стресс** – одностороннее направленное.

3. **Летучие** – химически активные вещества, главным образом магматические газовые и гидротермальные растворы (H₂O, CO₂, NH₃, кислые газы – HCl, SO₃ и др.).

Выделяются два основных типа метаморфизма – **региональный** и **контактовый**. **Региональный** метаморфизм проявляется на громадных площадях в течение десятков и сотен миллионов лет. Источник энергии – внутренняя энергия Земли. **Контактовый** метаморфизм проявляется на значительно меньших площадях (на контакте с магматическими очагами) и в короткое время. Источник энергии и летучих – магматический очаг. Контактовый метаморфизм нередко переходит в метасоматоз.

В пределах этих типов в зависимости от факторов метаморфизма выделяют **термальный метаморфизм** (преобладает действие температуры), **динамометаморфизм** (преобладает действие давления) и **гидротермальный метаморфизм** (преобладает действие летучих).

По мере нарастания степени метаморфизма происходит перераспределение химических элементов породы между минералами. При этом прежние минералы, устойчивые в прежних условиях, замещаются новыми минералами, устойчивыми в новых условиях. Если это замещение идет на фоне **повышающейся** степени метаморфизма то метаморфизм

называют **прогрессивным**, а если на фоне **понижающейся** степени метаморфизма – **регрессивным** или **диафторезом**.

Отдельные этапы метаморфизма, характеризующиеся определенной степенью метаморфизма, называются **фациями метаморфизма**. На каждой фации формируется определенный **комплекс минералов (парагенезис)**, устойчивых в условиях этой фации. Выделяются по мере усиления степени метаморфизма: **низкотемпературная фация зеленых сланцев, среднетемпературные эпидот – амфиболитовая и амфиболитовая фации и высокотемпературная гранулитовая фация**. Нередко температура достигает значений, при которых начинается частичное, а иногда и полное расплавление породы. Эти условия отвечают фации **ультраметаморфизма**, при котором метаморфическая порода постепенно перекристаллизовывается в гранит. При диафторезе превращение пород идет в обратном порядке.

В результате метаморфизма образуются **метаморфические горные породы** (смотри классификацию метаморфических горных пород в рабочей тетради).

Тектонические движения.

Тектонические движения или **движения земной коры** представляют собой одну из форм **эндогенных** процессов, проходящих за счет **внутренней энергии Земли**.

Тектонические движения разнообразны. По масштабу и времени проявления, а также скорости движения их разделяют на **эпейрогенические** и **орогенические**.

Эпейрогенические (сушуобразующие) движения проявляются на **громдных площадях** в течение **десятков и сотен миллионов лет** со скоростью около **2-3 сантиметров в год**. В результате их изменяются **очертания материков и океанов**.

Орогенические (горообразовательные) движения проявляются на **меньших площадях** в течение **миллионов и десятков миллионов лет** со скоростью до **10 сантиметров в год**. В результате их возникают **горные системы**.

Менее масштабные тектонические движения подразделяют на три основных типа:

1. **Колебательные**, выражающиеся в медленных поднятиях или опусканиях участков земной коры.

2. **Складкообразующие**, приводящие к смятию слоев земной коры в складки,

3. **Разрывообразующие**, приводящие к образованию разрывов в земной коре и в ряде случаев к смещению по ним отдельных блоков.

Все типы тектонических движений проявляются **одновременно и взаимосвязано**. Но в конкретных участках земной коры преобладает тот или иной тип тектонических движений.

Колебательные тектонические движения.

Эти движения по времени разделяют на **современные, новейшие и движения прошлых геологических эпох**.

Современные тектонические движения проявились в историческое время на памяти человечества и продолжают сейчас. В качестве примера можно привести опускание территории Голландии и поднятие примыкающих к Ботническому заливу территорий Швеции и Финляндии. Среди методов изучения современных движений выделяют исторический, геолого-геоморфологический, метод водомерных измерений и геодезический.

Исторический метод основан на наблюдениях за постройками человека. В частности, в Голландии в X-XI веках для защиты от наступления моря стали насыпать дамбы. Сейчас высота этих дамб достигла 15 метров. В Швеции и Финляндии, наоборот, море отступает, и портовые сооружения оказались вдали от берега Ботнического залива.

Геолого-геоморфологические методы – это в основном косвенные методы. На поднятие указывают находящиеся на расстоянии от воды береговые валы, абразивные и аккумулятивные террасы, поднятые над водой волноприбойные ниши. На опускание территории указывают затопленные береговые валы и террасы, интенсивная абразия, погруженные под уровень моря устья рек.

Методом водомерных измерений с помощью **футштоков** (чугунных, деревянных или бронзовых досок, установленных вертикально на неподвижном основании)

производится систематическое наблюдение за уровнем водоема. В последнее время эти наблюдения производятся с помощью самопишущего прибора **мареографа**.

Геодезический, или метод повторного нивелирования, является наиболее точным и надежным. Для этого закладываются в отдельных пунктах (городах, поселках) постоянные реперы и точно определяется их абсолютная высота. При повторном нивелировании устанавливается изменение абсолютной высоты этих реперов, что позволяет судить о колебательных движениях изучаемой территории.

Новейшие тектонические движения происходили в **неоген-четвертичное время** (последние 25 миллионов лет истории Земли). Наука, их изучающая, называется **неотектоникой**. Новейшие тектонические движения основательно повлияли на основные черты современного рельефа. Среди методов изучения новейших движений выделяют: геоморфологические, метод изучения речных террас и речных долин и геологический.

Геоморфологические методы основаны на изучении **форм рельефа, древних береговых линий и морских террас**. Территории **горных стран и возвышенностей** испытывали **восходящие** тектонические движения, а территории **прогибов и низменностей** – **нисходящие** движения. В береговых зонах морей присутствует часто несколько морских террас, которые образуются при поднятии суши или при опускании уровня моря. Количество террас отражает количество тектонических движений, а высота террас – амплитуду этих движений. Кроме террас иногда наблюдаются древние береговые линии – сохранившиеся остатки волноприбойных ниш, береговых валов. Положение их относительно уровня современного водоема позволяет судить о характере тектонических движений.

В долинах рек **наблюдаются речные террасы**, которые образуются в результате опускания территории. Количество и высота речных террас также несут информацию о количестве фаз и амплитуде опускания территории. При **опускании** территории в речной долине усиливается **донная эрозия**, и речная долина становится близкой к V-образной. При **поднятии** территории наоборот усиливается **боковая эрозия**, и речная долина стремится приобрести ящикообразную форму.

Геологический метод применяется в совокупности с геоморфологическим. В частности, изучение геологического строения террас, соотношения различных фаций аллювия дает возможность судить о характере тектонических движений. На участках, испытывающих **поднятия**, формируются **эрозионные** (цокольные) террасы, а на испытывающих **опускания – аккумулятивные**.

Большую помощь при изучении тектонических движений оказывает изучение **коралловых рифов**. При быстром опускании дна океана кораллы погибают, а при медленном опускании кораллы успевают наращивать риф. В Тихом океане в районе Маршалловых островов установлены рифы мощностью до 1200 метров.

Для изучения тектонических движений древних (донеогеновых) геологических эпох используются два основных геологических метода: метод анализа фаций и метод анализа мощностей.

Метод анализа фаций основан на изучении состава пород и их смене в разрезе. При трансгрессии (наступлении) моря формируется **трансгрессивная серия пород**, в которой в основании разреза залегают мелководные отложения, а выше по разрезу – все более глубоководные. В **регрессивной серии пород** наоборот в низах разреза залегают наиболее глубоководные осадки. Присутствие на дне моря типично континентальных образований (болотных, речных, кор выветривания) свидетельствует о значительном опускании территории. А наличие на континенте морских образований (например, коралловых рифов) говорит о поднятии территории.

Метод анализа мощностей (толщины пластов) горных пород позволяет установить не только направление движения, но и его амплитуду. В частности, **отсутствие отложений** говорит о том, что территория была областью **денудации**, т. е. испытывала **поднятия**. А **наличие отложений** свидетельствует, что территория была **областью аккумуляции**, т. е. испытывала **опускание**. Большие мощности отложений свидетельствует о большой амплитуде опускания и наоборот.

Используется также **метод стратиграфических перерывов**. Отсутствие в разрезе отложений какого либо

периода истории Земли говорит о поднятии территории в этот период.

Складкообразующие тектонические движения.

Складчатые (**складкообразующие**) движения вызывают связные или упруго-пластичные деформации горных пород **без нарушения сплошности этих пород**. Эти движения приводят к смятию слоев пород в разнообразные складки.

Складчатые нарушения захватывают все типы пород, но наиболее отчетливо проявляются в осадочных породах. Осадочные породы в большинстве образовались на выровненном дне океана, и ненарушенные слои залегают **горизонтально или почти горизонтально**. Под влиянием тектонических движений залегание пород нарушается, и возникают новые структурные формы. Наиболее простой формой тектонических нарушений является **моноклинное залегание пластов**. При этом все пласты однообразно (под одним углом) падают в одном направлении. Такая форма называется **моноклиалью**.

Расположение пластов в пространстве определяется **элементами залегания**. **Линия простираения** – это линия пересечения плоскости пласта и горизонтальной плоскости. **Линия падения** – это линия пересечения плоскости пласта и вертикальной плоскости. Она соответственно перпендикулярна линии простираения. **Угол падения** – это угол пересечения линии падения и горизонтальной плоскости. Направления простираения и падения пластов по странам света называются **азимутом простираения** и **азимутом падения** и измеряются в румбах (например, северо-восток) и градусах.

Наиболее распространенными формами складчатых нарушений являются **складки**. Среди них выделяют два основных типа: **антиклинали** (слои выгнуты вверх) и **синклинали** (слои вогнуты вниз). В каждой складке выделяются следующие элементы: **ядро**-внутренняя часть складки, **замок**-место перегиба пластов, **крылья**-боковые части складки, **шарнир**-соединяющая точки максимального перегиба линия.

По разным признакам выделяются различные типы складок. В частности, по протяженности выделяют **линейные** складки (вогнутые **синклинали** и выпуклые **антиклинали**), у

которых длина во много раз превышает ширину. Выделяются **брахискладки**, или укороченные складки (длина их лишь в два-три раза превосходит ширину). У **куполов** (выпуклых) и **мульд** (вогнутых) длина близка к ширине.

Как правило, складки группируются, образуя совокупность складок, которая называется **складчатостью**. Зоны складчатости характеризуются крупными, нередко глобальными размерами (до десятков и сотен километров в ширину и до сотен и первых тысяч километров в длину). Выделяют два типа таких глобальных складок. **Синеклиза** (вогнутая) и **антеклиза** (выпуклая) – это глобальные складки простого строения с малыми углами падения крыльев. Эти складки являются типичными тектоническими элементами **платформ**. Примерами могут служить Московская синеклиза (протяженностью от Воркуты до Бреста) и Воронежская антеклиза. **Синклинорий** и **антиклинорий** – это сложноскладчатые сооружения в целом вогнутой и выпуклой формы. Эти складки являются типичными тектоническими элементами **геосинклинальных** областей. Примерами могут служить Зайсанский синклинорий и Верхоянский антиклинорий. К глобальным складчатым структурам следует отнести **предгорные (краевые) прогибы**, формирующиеся на границе платформ и геосинклиналей. Примером такой структуры может служить Предуральский прогиб (западное предгорье Урала от Воркуты до Оренбурга).

Разрывообразующие тектонические движения

При изменении залегания пластов горных пород в ходе тектонических движений нередко сплошность пород нарушается. Образуются разрывные нарушения, которые разделяются на две группы: **разрывы без смещения горных пород** и **разрывы со смещением горных пород**.

К первой группе относятся **трещины** и **зоны трещиноватости** (комплекс сближенных трещин) линейной формы. По углу падения выделяют **слабонаклонные, пологопадающие, крутопадающие и вертикальные** трещины. По механизму образования различают **трещины отрыва** (образуются при растягивающих напряжениях) и **трещины скалывания** (образуются в процессе складкообразования).

Ко второй группе относятся тектонические нарушения, которые характеризуются смещением пластов горных пород. В каждом таком нарушении выделяют **сместитель** – это трещина, по которой происходит смещение, и **крылья** – это смещенные части пластов пород по обе стороны от сместителя. Выше сместителя расположено **висячее крыло**, а ниже – **лежащее**. Важным показателем является величина смещения, или **амплитуда**. Различают амплитуду видимую (по вертикали) и истинную (перпендикулярно контактам слоев). Наиболее распространенными типами разрывных нарушений являются **сброс** (висячее крыло ниже лежащего), а также **взброс** и **надвиг** (висячее крыло выше лежащего). Сброс и взброс образуются при достаточно крутом падении сместителя, а надвиг – при пологом. Проявляется также **сдвиг**, при котором смещение пород происходит в горизонтальной плоскости. В природе, как правило, формируются **системы сближенных разрывных нарушений** разного типа и достаточно крупных, нередко глобальных размеров.

Крупные системы (шириной километры и первые десятки километров, а длиной десятки и первые сотни километров) представлены **грабенами, горстами и ступенчатыми сбросами**. Они отличаются тем, что средний между двумя разломами блок в грабене опущен, в горсте поднят, а в ступенчатом сбросе отдельные блоки между двумя и более разломами образуют ступени. Примерами могут служить Рейнский грабен, горсты и ступенчатые сбросы на Тянь-Шане.

Глобальные разрывные нарушения представлены глубинными разломами, рифтами и авлакогенами.

Глубинные разломы характеризуются большой глубиной заложения (до 400 километров) и большой длительностью развития (десятки и сотни миллионов лет). Глубинные разломы разделяют земную кору на отдельные глыбы или блоки. В качестве примера можно привести Курило-Камчатский и ТалассоФерганский глубинные разломы.

Рифты по форме аналогичны грабену, от которого отличаются большими размерами. Рифты, как правило, группируются с образованием глобальных **рифтовых систем** линейной формы. Наиболее крупные – **рифтовые системы срединноокеанических хребтов. Континентальные рифтовые системы** несколько уступают им по размерам. В качестве

примера континентальных рифтовых систем можно назвать рифтовую систему восточной Африки и Байкальскую рифтовую систему.

Авлакоген – это погребенный, т. е. заполненный осадочными и вулканогенными породами бывший рифт. Примером авлакогена является Донбасс.

Изучение тектонических движений и тектонических структур имеет большое как теоретическое (позволяет восстанавливать природные условия прошлых геологических эпох), так и практическое значение. Большинство месторождений полезных ископаемых приурочено к зонам тектонических нарушений. Изучение тектонических структур необходимо для правильного размещения горных выработок при разработке месторождений, при строительстве крупных гидротехнических сооружений и др.

Землетрясения

Землетрясение – катастрофическое явление природы, которое уносит многие человеческие жизни и производит значительные разрушения в городах и селах. Поэтому знания о землетрясениях и умение их предсказывать имеют большое значение. Однако научные исследования землетрясений стали проводиться сравнительно недавно. Наука, изучающая землетрясения, называется **сейсмология**. На территории СССР действовало более 100 **сейсмических станций**. Сейчас многие сотни сейсмостанций изучают землетрясения по всей поверхности Земли.

Землетрясение – это особый вид тектонических движений, выражающийся во внезапных подземных толчках и сотрясении того или иного участка земной коры. При сильных землетрясениях не только разрушаются постройки человека, но и происходят оползни и обвалы, образуются большие трещины в земле и даже изменяется форма рельефа. При землетрясении дна океана происходит **моретрясение**, которое нередко приводит к образованию **цунами** (гигантских волн, достигающих при приближении к берегу высоты до 30 метров). Цунами представляют большую опасность для жителей побережий и островов.

При тектонических движениях пласты горных пород изгибаются, и в месте их перегиба накапливается **потенциальная энергия**. Когда количество накопленной потенциальной энергии превосходит прочность пластов, **потенциальная энергия** переходит в **кинетическую**. Пласты пород разрываются с сильным сотрясением. При этом возникают упругие колебания частичек пород (**сейсмические волны**). Выделяют два основных типа сейсмических волн: продольные и поперечные. При **продольных волнах (P)** частицы вещества колеблются вдоль луча, а при **поперечных (S)** – поперек луча. Сейсмические волны распространяются в глубинах Земли с близкими к космическим **скоростями** (от 3 до 14 километров в секунду). Скорости продольных волн несколько больше, чем поперечных. И те и другие волны **уменьшают скорость в менее плотной породе и увеличивают – в более плотной**. Причем если **продольные** волны проходят в средах любого агрегатного состояния (**твердых, жидких и газообразных**), то **поперечные** проходят только через **твердые** тела. В жидкостях (расплав и др.) и газах поперечные волны затухают. Кроме вышеназванных отмечают также **поверхностные (L)** волны, которые возникают на поверхности Земли. Скорости их невелики, но вблизи эпицентра они иногда причиняют зданиям существенные вред.

Место в земной коре или верхней мантии, где возник подземный удар, называют **очагом землетрясения**. В центре очага расположен **гипоцентр**. Проекция гипоцентра на поверхность Земли называется **эпицентром**. Область на дневной поверхности, в пределах которой землетрясения достигают наибольшей интенсивности, называется **плейстосейстовой**.

Землетрясения изучают на **сейсмических станциях**, на которых устанавливают **сейсмографы**. Сейсмограф с помощью самописца круглосуточно фиксирует приходящие на станцию упругие колебания. Запись сотрясений почвы называется **сейсмограммой**. На каждой станции обычно устанавливают три сейсмографа: два горизонтально (по меридиану и параллели) и один вертикально. Горизонтальные сейсмографы указывают направление на эпицентр, а все три – направление на гипоцентр землетрясения. Показания нескольких станций позволяют точно определить положение как эпицентра, так и

гипоцентра каждого землетрясения. По результатам работы сейсмостанций составляются **карты эпицентров землетрясений** с указанием на них глубин и силы землетрясений. Эти карты незаменимы при **прогнозе землетрясений**.

Очаги землетрясений располагаются на **глубинах** до 700 километров, т. е. в земной коре и верхах мантии. Причем большая часть очагов сосредоточена на глубинах до 40 километров. С увеличением глубины очагов их количество резко уменьшается.

Сила землетрясения изменяется в широких пределах. Для определения силы землетрясения применяются две шкалы. На территории СССР применялась **12-бальная шкала**, которая основана на **характере разрушений**. Землетрясение силой 4 балла ощущается многими людьми, колеблются открытые окна и двери. При землетрясении в 7 баллов осыпается штукатурка, появляются трещины в кирпичных стенах и дымовых трубах. При землетрясении в 10 баллов обрушиваются здания, возникают трещины в грунте шириной до метра, происходят оползни и обвалы. За рубежом используется **шкала Рихтера**, основанная на **расчете энергии** землетрясения. В шкале Рихтера предложена величина **магнитуда** (цифра, отражающая **энергию землетрясения**). За ноль принята энергия самого слабого землетрясения. В 100 раз более сильному землетрясению соответствует магнитуда единица. Еще в 100 раз большему – магнитуда два и т. д. Прямой связи между магнитудой и силой по 12-бальной шкале нет. Установлена обратная зависимость между **силой** землетрясений и их **количеством**. Слабых землетрясений силой 4 балла фиксируется в среднем до 100 тысяч в год, сильных 6-бальных – около 1300 в год, а уничтожающих силой 10 баллов всего в среднем три в год.

Изучение землетрясений показало, что их **очаги** и соответственно **эпицентры** расположены **закономерно**. Они образуют **сейсмические области**, которые группируются в **глобальные сейсмические зоны** линейной формы. Выделяют четыре типа сейсмических зон.

Первый – это зона на **границе океанов и материков**. Примером может служить Тихоокеанское сейсмическое кольцо, Средиземноморская и Индонезийская зоны.

Второй тип-это зона **рифтовой долины срединноокеанических хребтов**, в которой проявляются исключительно моретрясения.

Третий тип-это зоны **континентальных рифтовых систем**, наиболее крупной из которых является Восточноафриканская. К этому типу относится и зона Байкальской рифтовой системы.

Четвертый тип-это **зоны возрождающихся горных систем**, в районе которых усиливается тектоническая активность. В качестве примера можно привести Памир, Тянь-Шань, Кордильеры и др.

Важную роль в предотвращении последствий землетрясений играет **прогноз (предсказание) землетрясений**. Прогнозируются время, место и сила землетрясений. Предсказание **времени** землетрясения позволяет избежать больших человеческих жертв. Точно предсказать время землетрясения очень трудно, но иногда это удается по беспокойному поведению животных, резкому изменению уровня грунтовых вод (например, в колодцах), резкому изменению геофизических параметров горных пород. Прогноз **места и силы** землетрясений, что очень важно при строительных работах и особенно при строительстве крупных гидротехнических сооружений, производится с помощью **карт эпицентров землетрясений**.

Изучение землетрясений имеет громадное практическое значение. Эти знания позволяют избежать человеческих жертв, разрушения построек человека (осуществлять сейсмостойкое строительство). Сейсмические волны несут важную информацию о внутреннем строении и свойствах глубоких частей Земли, способствуют открытию месторождений.

Экзогенные процессы.

Экзогенные процессы - это комплекс геологических процессов, идущих на поверхности Земли или в верхних частях земной коры, которые вызываются и определяются внешней энергией (в основном энергией Солнца). Энергия Солнца активизирует атмосферу, гидросферу и биосферу, которые в свою очередь воздействуют на литосферу. Это воздействие проявляется в виде экзогенных процессов (см. приложение).

Схема ответа по каждому процессу:

1. Зона наиболее интенсивного проявления процесса.
2. Коротко о действующем факторе.
3. Денудация (разрушение и перенос).
4. Аккумуляция.
5. Отложения (их термины и признаки).
6. Полезные ископаемые, связанные с процессом.
7. Теоретическое и практическое значение изучения процесса.

Выветривание.

Выветриванием называется сумма физических, химических и физико-химических процессов преобразования горных пород на поверхности суши под влиянием факторов и условий географической среды. А.Е. Ферсман предложил этот процесс называть **гипергенезом**, так как геологическая деятельность ветра является второстепенной частью процесса выветривания. Выветривание - универсальный экзогенный процесс. Наиболее активно процесс выветривания идет на поверхности Земли при комплексном воздействии на горные породы **солнечной радиации, атмосферы, гидросферы и биосферы.**

Разделяют физическое, химическое и биологическое выветривание.

Физическое выветривание-это процесс механического разрушения горной породы **без изменения минерального состава.** Порода разрушается под действием **суточных и сезонных колебаний температуры.** Наиболее интенсивно это происходит в пустынях. Особенно быстро разрушаются многоминеральные породы, так как коэффициенты расширения разных минералов различаются. В полярных и приполярных широтах, а также в горах разрушение пород происходит при **расклинивающем действии замерзающей воды.** Подобное действие оказывает процесс **кристаллизации солей в трещинах, растущая корневая система деревьев.**

Химическое выветривание-более интенсивный и глубокий процесс преобразования горных пород, приводящий **к изменению минерального состава** пород. Изменение минерального состава пород происходит в ходе процессов **окисления** (взаимодействие со свободным кислородом) и **гидратации** (взаимодействие с водой). Ярким примером окисления является преобразование пирита сначала в сульфат железа, затем в гематит. Примером гидратации являются переход гематита в лимонит или переход ангидрита в гипс. Но наиболее глубокие изменения минерального состава, при которых перестраивается даже кристаллическая решетка минералов, происходит в ходе процесса **гидролиза.** Выделяются следующие этапы гидролиза (по мере усиления степени

выветривания): а) **гидрослюдистый** (полевые шпаты исходной породы замещаются тальком, хлоритом и др.) б) **глинистый** (гидрослюды замещаются каолинитом и др.) в) **латеритный** (глинистые минералы разлагаются на оксиды Fe и Al) г) **бокситовый** (остаются оксиды Al).

Биологическое выветривание происходит, когда растения извлекают из горной породы химические элементы как питательные вещества. Горные породы разрушаются также под действием органических кислот, образующихся во время жизнедеятельности организмов или после их отмирания.

В процессе выветривания небольшая часть продуктов выветривания переносится, но основная масса **остается на месте**. Этот генетический тип остаточных продуктов выветривания называется **элювием**. Совокупность различных по составу элювиальных образований называется **корой выветривания**. Строение коры выветривания соответствует этапам выветривания. Снизу вверх от исходной породы по мере усиления степени выветривания выделяются следующие горизонты: а) **щебенчатый** (результат физического выветривания), б) **гидрослюдистый**, в) **глинистый**, г) **латеритный**, д) **бокситовый**.

Степень развития и мощность коры выветривания прямо зависят от условий природной зоны. В **тундре**, а также в **полупустынях** и **пустынях** мощность коры незначительная, здесь происходит только **физическое выветривание**. В **таежно-подзолистой** зоне мощность коры увеличивается, и выветривание доходит до образования **глинистого** горизонта. В **тропической** лесной зоне мощность коры максимальная, и образуются все горизонты, в том числе **латеритный** и **бокситовый**.

Изучение древних кор выветривания имеет большое теоретическое значение, так как позволяет восстанавливать природные условия прошлых геологических эпох. С корами выветривания связаны крупные месторождения боксита, каолинита, никеля, железа и других полезных ископаемых. Развитие коры выветривания на непромышленных месторождениях способствует их переходу в разряд промышленных.

Геологическая деятельность ветра

Наиболее интенсивно геологическая деятельность ветра проявляется в пустынях и полупустынях, которые занимают около 20% поверхности суши. Активна деятельность ветра также на непокрытых растительностью побережьях морей, крупных озер и рек. Все процессы, связанные с деятельностью ветра, называются **эоловыми**.

Разрушительная деятельность ветра состоит в основном из двух процессов. **Дефляция** - это процесс выдувания ветром из трещин и пустот тонкого песчаного и мелкоземистого материала, образующегося в ходе выветривания горных пород. **Коррозия** - это процесс разрушения скальных выступов переносимыми ветром песчинками.

Ветер **переносит** мелкие и тонкие песчаные частицы на значительные расстояния (до сотен и тысяч км). Перенос осуществляется как во **взвешенном состоянии** (пыль и тонкий песок), так и **волочением по поверхности** (крупный песок). В ветровом потоке отмечается определенная **зональность**: чем тоньше переносимый материал, тем выше он переносится. Результатом этого является образование в ходе коррозии скал-останцов своеобразных очертаний, когда верхние расширенные части покоятся на постепенно утончающихся к низу подставках.

Одновременно с разрушением и переносом разрушенного материала ветром происходит **аккумуляция**, в результате которой образуются особые типы континентальных отложений - **эоловые**. Для **эоловых песков** характерны хорошие **окатанность** песчинок и **сортированность** материала, а также **косая мульдобразная слоистость**. В эоловых песках преобладают **устойчивые к разрушению** минералы с характерным **желтым и желтовато-коричневым цветом**. Обломки горных пород обычно покрыты **черным налетом**, представляющим собой тончайшую железо-марганцевую корочку, возникающую в результате выпотевания влаги из породы под влиянием солнечных лучей. По окраинам пустынь и в прилегающих к ним степях образуется своеобразный тип континентальных отложений - **лесс**. Лесс-это неслоистая, состоящая из частичек пыли светло-желтая порода с высоким содержанием карбонатов, способная держать отвесные стенки в естественных обнажениях.

Изучение геологической деятельности ветра имеет большое теоретическое значение, так как позволяет восстанавливать природные условия прошлых геологических эпох. Знание деятельности ветра необходимо в ходе промышленного и сельскохозяйственного освоения пустынь, строительства в пустынях поселков и городов, ирригационных каналов, добычи полезных ископаемых.

Геологическая деятельность плоскостного стока и временных русловых потоков

Основой возникновения **плоскостного стока** являются атмосферные осадки, которых ежегодно на поверхность суши выпадает 113 тысяч км³. Две трети их испаряется, а треть с поверхностным и подземным стоком возвращается в систему Мирового океана. Поверхностный сток (во время дождя) бывает в виде сплошной пелены или тонких струек, стекающих по склону. Плоскостной сток действует кратковременно и быстро прекращается после дождя. Живая сила воды невелика, и она способна вымывать только мелкий материал (глина, тонкий песок), перемещать его к подножью холма и там откладывать. Этот процесс получил название **делювиального**, а сами осадки - **делювия**. Для образующегося у подножья холма делювиального шлейфа характерна **зональность**: в верхней части откладывается песок, ниже-тонкий песок, а в нижней части шлейфа-пылеватые частицы и глина.

Наиболее благоприятные условия для делювиального процесса создаются в пределах равнинных **степных районов умеренного и субтропического поясов**, а также в зоне **сухих саванн**. Делювиальному процессу способствует разреженная травяная растительность.

На крутых склонах обломки горных пород могут перемещаться вниз и под собственным весом, образуя осыпи. Такие отложения называются **коллювием**.

Плоскостной сток постепенно собирается в **русловые потоки**, которые также являются **временными**. Среди них выделяют временные потоки равнинных территорий и русловые потоки горных территорий.

Временные русловые потоки равнинных территорий приводят к образованию **оврагов**. Развитие оврага начинается с образования на склоне рытвины или промоины. В дальнейшем в этой промоине все больше и больше собираются атмосферные осадки, в результате чего формируется все более и более мощный поток. Усиливается разрушительная деятельность потока, которую называют **эрозией**. В оврагах преобладает **донная эрозия**, направленная на врезание русла оврага. При этом овраг не только углубляется, но и растет вверх и вниз по склону. Процесс роста оврага вверх по склону называется **попятной (регрессивной) эрозией**. Однако вниз по склону овраг растет интенсивнее. Этот рост продолжается до тех пор, пока его устье не достигнет уровня водоема (реки, озера), куда впадает овражный поток. Уровень этого водоема называется **базисом эрозии**. Позже продольный профиль дна оврага выравнивается и приобретает форму вогнутой кривой. Склоны оврага постепенно приобретают угол естественного откоса и зарастают.

Овражный поток переносит довольно большие массы материала преимущественно **волочением по дну**, в меньшей степени **во взвешенном состоянии**.

Отложения овражного потока представлены плохо сортированным материалом, который называется **овражным аллювием**. Эти отложения накапливаются преимущественно в нижней части оврагов и в их устьевой части.

Процесс образования оврагов наносит большой ущерб сельскохозяйственным угодьям, уничтожая пахотные земли, а также городам и сельским поселениям. Борются с развитием оврагов, строя в их долинах плотины или засаживая склоны оврагов растительностью.

У **временных горных русловых потоков** верховья ложбин расположены в верхней части горных склонов, где образуют **водосборный бассейн**. Из водосборного бассейна вниз по склону вода движется уже в едином русле, который называется **каналом стока**. Вода в канале стока движется с большой скоростью и при этом захватывает и несет с собой большое количество разрушенного материала, который увеличивает разрушительную силу потока. При выходе потока на предгорную равнину скорость потока резко замедляется, и он растекается по равнине в виде веера.

Перенос материала совершается в основном в канале стока **волочением по дну**, в меньшей степени во **взвешенном состоянии**.

При выходе потока на предгорную равнину весь переносимый материал отлагается в виде **конуса выноса**. Отложения конуса выноса называются **пролювием**, для которого характерна **зональность**. В вершине конуса выноса (точке выхода потока на равнину) отлагается крупнообломочный материал (щебень и галька). Дальше от вершины конуса материал становится все более и более мелким (щебень сменяется крупным, а затем мелким песком, а по окраине конуса выноса отложения представлены глиной и пылеватыми отложениями).

Нередко в горных районах по каналу стока устремляются не водные, а **грязе-каменные** потоки, содержащие до 80 % обломочного материала. На Кавказе эти потоки называются **селями**, а в Альпах-**мурами**. Эти грязе-каменные потоки обладают большой разрушительной силой и иногда носят опустошительный характер. Для защиты от селей в каналах стока строятся противоселевые плотины.

Геологическая деятельность рек.

Постоянные русловые потоки-реки формируются в основном во влажных зонах, но могут протекать и в засушливых зонах. Реки имеют **дождевое, снеговое и смешанное питание**, но чаще всего питание рек **смешанное**. Для каждой реки в течение года характерно чередование периодов высокого (**паводок или половодье**) и низкого (**межень**) уровня воды. Движение воды в реках всегда **турбулентное**, нередко приводящее к водоворотам. Способность реки производить работу называется **энергией реки**, или **живой силой**, которая пропорциональна **массе воды и скорости течения**.

Реки производят на земном шаре огромную **денудационную и аккумулятивную** работу. В зависимости от характера питания и сезона изменяется режим рек и соответственно их геологическая деятельность.

Реки производят большую **разрушительную работу**, которая называется **эрозией**. Различают **донную эрозию**, направленную на врезание русла в подстилающие породы, и

боковую эрозию, направленную на подмыв берегов и расширение русла реки. Донная и боковая эрозия представляют взаимосвязанную **динамическую систему**. Если ослабевает донная эрозия, боковая эрозия усиливается, и наоборот. Это соотношение меняется на разных стадиях развития речной долины. На начальных стадиях преобладает донная эрозия. Долина постепенно углубляется до выработки плавной вогнутой кривой дна, которая называется **профилем равновесия реки**. Положение нижней точки профиля равновесия регулируется положением **базиса эрозии**, т. е. уровнем водоема (река, озеро, море), в который впадает река. **Главный базис эрозии - уровень Мирового океана**. На пути реки нередко встречаются более твердые породы, при разрушении которых возникают **временные базисы эрозии (водопады и пороги)**. По мере развития долины и приближении ее дна к профилю равновесия постепенно ослабевает донная эрозия и соответственно усиливается боковая эрозия. В результате этого процесса первоначально V-образная долина постепенно становится ящикообразной. В целом в верховьях реки преобладает донная эрозия, а в устьевой части преобладает боковая эрозия.

Реки переносят большое количество разрушенного материала. **Перенос** осуществляется **волочением по дну, во взвешенном состоянии и в растворенном состоянии**. Соотношение форм переноса зависит от характера реки (скорости течения). В горных реках и верховьях равнинных рек преобладают волочение по дну и перенос во взвешенном состоянии. В срединных и особенно устьевых частях равнинных рек преобладает перенос во взвешенном и растворенном состоянии. Большое количество материала выносится в водоем, в который впадает река. Но значительное количество материала оседает в речных долинах. Этот отложенный материал называется **аллювием**.

Разделяют русловой, пойменный и старичный аллювий. **Русловой аллювий**, как правило, слагается хорошо **сортированными** песками, в основании которых залегают грубозернистые пески с гравием и галькой. Для руслового аллювия характерна **косая диагональная слоистость**. В **пойменном аллювии** (пойма-часть долины, заливаемая водой в половодье) наряду с мелким песком широко представлены

супеси и суглинки. А в **старичном аллювии** часто встречаются иловатые пески и глины.

Особое значение имеют **устьевые части рек**, которые бывают трех типов: дельты, эстуарии и лиманы.

Дельты - это плоские низменные равнины, наклоненные к морю, имеющие близкую к треугольной форму. В дельтах отлагается большая часть приносимого рекой материала, который смешивается с морскими и озерными осадками. Дельты нередко занимают большие площади, а их отложения в случае медленного опускания земной коры имеют большие мощности (сотни метров). С дельтовыми отложениями нередко связаны крупные месторождения нефти.

Эстуарии - это воронкообразные заливы, глубоко вдающиеся в долину реки. Они образуются там, где наблюдаются высокие приливы и отливы, а также вдольбереговые течения, которые уносят в море весь приносимый рекой материал.

Лиманы - это затопленные морем устьевые части рек. При этом образуются обширные, но неглубокие заливы, а собственное русло реки смещается к вершине лимана.

Изучение геологической деятельности рек имеет большое теоретическое значение, так как позволяет восстанавливать природные условия прошлых геологических эпох. Наличие в ископаемом виде аллювиальных отложений свидетельствует о том, что этот район в изучаемом периоде представлял собой континент с достаточно влажным климатом. Состав аллювия позволяет говорить о горном или равнинном рельефе этой суши. С эрозионной и аккумулятивной деятельностью рек связаны месторождения (**аллювиальные россыпи**) золота, платины, алмазов, вольфрамовых и оловянных руд. Разрушая **непромышленные месторождения** прочных полезных ископаемых и унося материал вмещающих месторождения пород, деятельность рек **способствует** повышению концентрации полезных компонентов в месторождении и **переходу их в разряд промышленных**.

Геологическая деятельность подземных вод

Все воды, находящиеся в земной коре **ниже поверхности земли**, называются **подземными**. Они формируются в результате просачивания атмосферных осадков, а также путем конденсации водяного пара, проникающего с воздухом в трещиноватые и пористые породы. В зависимости от горных пород и характера водопроводящих путей подземные воды разделяются на **поровые, трещинные и карстовые**. По условиям залегания выделяют **верховодку, грунтовые, межпластовые ненапорные и межпластовые напорные (артезианские)** воды. Разделяют подземные воды также по химическому составу (от **почти дистиллированных до рассолов**) и температуре (**холодные, теплые, горячие и очень горячие**).

Разрушительная деятельность подземных вод проявляется в основном в виде процесса **растворения**. Этот процесс широко проявляется в хлоридных (каменные соли), сульфатных (гипс) и карбонатных (известняки и доломиты) породах. Процесс растворения и выщелачивания пород называется **карст**. С ним связано образование специфических форм рельефа на поверхности земли (карры, поноры, карстовые колодцы и т. д.) и под землей (пещеры, пустоты, каналы). По составу пород различают **соляной, гипсовый и карбонатный карст**.

Вода, движущаяся по карбонатным породам, обычно содержит много растворенного углекислого газа. Под землей в воде растворенное вещество присутствует в виде легко растворимого **бикарбоната** ($\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$) и свободно **переносится** по водопроводящим каналам.

При выходе подземной воды в карстовую пещеру или на поверхность земли бикарбонат переходит в нерастворимый карбонат (CaCO_3) и отлагается в виде сталактитов и сталагмитов в карстовой пещере или в виде пористых натечных образований на поверхности земли (**известковый туф**). Нередко к поверхности земли поднимаются воды, связанные с более глубокими зонами земной коры. Они приносят коллоидные соединения кремнезема, которые на поверхности земли откладываются в виде **кремнистого туфа**. С подземными водами, содержащими в растворенном или коллоидальном виде различные соединения, связано образование **конкреций**

кремнезема (кремень), фосфорита, сидерита, **секретий** опала и кальцита.

Подземные воды участвуют в образовании **оползней**, т. е. смещении горных пород на крутых склонах оврагов, рек, озер и морей.

Изучение геологической деятельности подземных вод имеет большое практическое значение при решении задач **водоснабжения** населенных пунктов и промышленных предприятий, проведения **мелиоративных работ, строительства**. Сильно развитый подземный карст и оползни представляют серьезную угрозу для населенных пунктов.

Геологическая деятельность ледников

Ледники в настоящее время покрывают 11% площади мировой суши. Они образуются путем накопления снега и последующего его преобразования в лед. Для накопления снега необходимы низкие температуры и большое количество осадков. По мере уплотнения снега при содействии образующейся под солнечными лучами талой воды снег превращается сначала в фирн, а затем и в лед. Это происходит выше **снеговой линии**, т. е. высоты, на которой устанавливается равновесие между количеством выпадающего и тающего снега. Снеговая линия в полярных областях опускается до уровня океана, и в этой природной зоне формируются **материковые ледники**. В более теплых зонах снеговая линия поднимается до 1000-3000 метров в умеренном поясе и до 5000-6000 метров в тропическом и экваториальном поясе. В этих областях образуются **горные ледники**.

Находясь под большим давлением, лед на глубине приобретает пластические свойства и начинает перемещаться. Горные ледники перемещаются вниз по горной долине, а материковые ледники растекаются по радиусам от центра ледника к периферии. При достижении языком ледника снеговой линии ледник начинает интенсивно таять.

Разрушительная деятельность ледника начинается уже в области его образования. Под действием **расклинивающего действия замерзающей воды** горные породы начинают разрушаться. При движении ледника оказывают огромное давление на подстилающие породы, интенсивно разрушая их.

Это воздействие многократно усиливается при наличии вмерзших в донные части ледника обломков горных пород. Легко разрушающиеся породы (рыхлые, трещиноватые) ледник выпахивает, образуя **ванны выпахивания**. В этих понижениях при таянии ледника образуются озера. Встречая выступы твердых пород, ледник срезает, сглаживает их, в результате чего образуются сглаженные удлинённые выступы (**бараньи лбы**). Склон бараньего лба, обращенный навстречу движения ледника, - пологий, сглаженный, а противоположный склон - крутой, ступенчатый. Часто возникает комплекс сближенных бараньих лбов (**курчавые скалы**). Иногда ледники отрывают крупные выступы или глыбы горных пород и в виде **отторженцев** переносят на значительные расстояния. Процесс разрушения горных пород ледником обозначают термином **экзарация**.

Ледники **переносят** значительные количества разнообразного обломочного материала, от крупных валунов и огромных глыб до глин. Весь этот материал называется **движущейся мореной**. В зависимости от положения в теле горного ледника выделяют **донную, внутреннюю и боковую морены**. При слиянии ледников из боковых морен может образовываться **срединная морена**. Материковые ледники переносят практически одну **донную** морену.

Одновременно с переносом происходит **аккумуляция** обломочного материала, особенно интенсивная в период отступления и таяния ледника. Выделяют три типа ледниковых отложений.

Собственно ледниковые (гляциальные) отложения называются отложенными моренами. Они представлены абляционной и конечной моренами. **Абляционная морена** образуется при отступлении и таянии ледника, когда все движущиеся морены оседают на подстилающую поверхность. **Конечная морена** накапливается на краю ледника в районе снеговой линии и состоит из приносимых ледником движущихся морен. Одним из основных признаков отложенных морен является **несортированность** и **разнообразный набор материала** (от глин до крупных валунов и глыб).

Водно-ледниковые, или флювиогляциальные отложения образуются в результате деятельности наледниковых и внутриледниковых водных потоков. Эти потоки формируются

на поверхности и в трещинах ледника и перемывают, сортируют встречающийся на пути материал движущихся морен. Этот материал откладывается в трещинах ледника или при выходе из ледника. Водно-ледниковые отложения представлены в основном **песчаным сортированным** материалом.

Озерно-ледниковые, или **лимногляциальные** отложения образуются в наледниковых озерах за счет стекания талых вод в понижения на поверхности ледника, или в приледниковых озерах за счет внутрiledниковых потоков между ледником и конечной мореной. Отложения наледниковых озер представлены так называемыми **ленточными глинами**, состоящими из светлых тонкопесчаных слоев, образовавшихся летом, и темных глинистых слоев, образовавшихся зимой. Отложения приледниковых озер состоят из тонко чередующихся **мелкозернистых песков и глин**.

Изучение геологической деятельности ледников имеет большое теоретическое значение, позволяя устанавливать закономерности и природу оледенений, закономерности и этапы изменения климата Земли как древних, так и недавних геологических эпох. Знание геологической деятельности ледников необходимо для прогноза погоды, для водоснабжения и организации курортно-туристической деятельности.

Геологическая деятельность моря

Мировой океан занимает в настоящее время около 70% поверхности земного шара, и его геологическая роль чрезвычайно велика. **Мировой океан** включает две группы водоемов:

- 1) собственно **океаны**;
- 2) **окраинные** (Баренцево, Охотское и др.) и **внутриконтинентальные** (Средиземное, Балтийское и др.) **моря**.

В **рельефе дна океанов** выделяется четыре основные ступени:

1. Прибрежная **волно-прибойная** область глубиной до 20 метров.

2. Область **шельфа**, или подводная окраина материка глубиной до 200 метров.

3. Область **материкового склона** глубиной до 2000 метров.

4. **Ложе океана** глубиной более 2000 метров.

Общая **соленость** морской воды в поверхностных слоях колеблется от 3,2 до 3,7%, а на глубине более 100 метров – постоянна и в среднем равна 3,5%. Соленость воды внутриконтинентальных морей меняется в более значительных пределах в зависимости от речного стока и климата. В океанических водах содержатся почти все известные **химические элементы**. Однако наиболее распространены Na, Cl, Mg, Ca, K, S, CO₂. В океанах благодаря развитой системе горизонтальной и вертикальной циркуляции вод почти всюду содержится свободный кислород. Углекислый газ поступает в морские воды из атмосферы, при подводных вулканических извержениях, в результате жизнедеятельности организмов. Чем ниже температура морской воды, тем больше кислорода и углекислого газа она может растворить.

В водах Мирового океана сформировался разнообразный комплекс **растений и животных**. По условиям обитания и передвижения они разделяются на бентос, планктон и нектон. **Бентонные** организмы ведут придонный (прикрепленный или передвигающийся) образ жизни и наиболее распространены на шельфе. **Планктонные** организмы представлены микроскопическими растениями и животными, которые обитают в верхних слоях воды и переносятся волнами и течениями в любые области океана. **Нектонные** организмы (беспозвоночные, рыбы, морские млекопитающие) свободно плавают в воде.

Движение воды в Мировом океане имеет большое геологическое значение. Здесь выделяются **волно-прибойная деятельность, приливы и отливы, а также вдольбереговые и постоянные морские и океанические течения**.

Наиболее активно **разрушительная** работа моря, которая называется **абразией**, проявляется в береговой зоне. В разрушительной работе наибольшее значение имеет **волно-прибойная деятельность**, в меньшей степени - **приливы и отливы**. Слабо поддаются разрушению отмелье и сложенные прочными породами берега. Быстрее разрушаются крутые

берега особенно сложенные осадочными породами. При больших штормах волны ударяют в берег с огромной силой (до 15-30 тонн на квадратный метр). Разрушению способствует трещиноватость пород берега. При ударе волны воздух в трещинах сильно сжимается, а при отступлении волны расширяется с силой взрыва. Наибольшее разрушение происходит в основании склона, где постепенно вырабатывается **волноприбойная ниша**. Постепенное увеличение волноприбойной ниши приводит к тому, что нависающие над ней породы обрушаются. Многократно повторяющийся процесс приводит к отступлению берега и образованию пляжа, постепенно переходящего в подводную абразионную террасу.

Морская вода **переносит** большое количество разрушенного материала. Перенос в основном **волочением по дну** происходит в прибрежной зоне под действием волн и прибоев, в меньшей степени - приливов и отливов. Большие массы осадочного материала **волочением по дну и во взвешенном состоянии** переносят вдольбереговые течения. Необходимо отметить и перенос материала при **подводных оползнях** на материковом склоне. Морские и океанические течения также переносят большие объемы материала преимущественно в **растворенном** виде.

Если на материках преобладает денудация, то Мировой океан – это область преимущественной **аккумуляции**. Именно в Мировом океане накапливается основная масса осадков. Сложный процесс осадконакопления называется **седиментацией** или **седиментогенезом**. По происхождению выделяют несколько типов морских осадков:

1. **Терригенные**, образовавшиеся за счет разрушения суши и сноса обломочного материала в море.
2. **Органогенные или биогенные**, образовавшиеся за счет скопления твердых скелетов организмов (створки раковин и др.).
3. **Хемогенные**, осаждающиеся из морской воды химическим путем.
4. **Полигенные**, которые образовались в результате действия многих факторов (ветровые, ледниковые, вулканогенные и др.).

В морях выделяется несколько зон, отличающихся разными условиями осадконакопления.

В литоральной, или прибрежной, зоне (волно-прибойная область) образуются разнообразные осадки. Среди них преобладают **терригенные**, сложенные обломочным (**песчаным**), часто грубообломочным (хорошо окатанной **галькой**) материалом. Присутствуют и **органогенные** породы, представленные в основном обломками раковин (битая ракушка) морских организмов (**детритусовые известняки**).

В неритовой зоне, соответствующей области шельфа, накапливаются большие объемы разнообразных осадков. Широко представлены **терригенные** отложения, для которых характерна определенная **зональность**. **Крупнозернистые пески** на границе литоральной зоны по мере удаления от берега сменяются **мелкозернистыми песками**, а вблизи бровки материкового склона - **глинами и илами**. Шельф - наиболее густо населенная зона моря, и здесь накапливаются мощные толщи **органогенных** осадков, сложенных в основном **бентосом** (беспозвоночные животные и водоросли). Одно из известных органогенных образований в неритовой зоне - **коралловые рифы**. **Хемогенные** отложения также представлены в неритовой зоне. В теплых морях в результате жизнедеятельности растений содержание карбоната кальция существенно увеличивается, что приводит к его отложению в виде мелких шариков (оолитов). Реки несут в море большое количество растворенного материала. Химические соединения железа, марганца, фосфора, устойчивые в пресной воде, попадая в соленую воду, переходят в нерастворимый осадок. Так образуются **железисто-марганцевые конкреции, конкреции фосфорита**.

В батиальной зоне (область материкового склона) **терригенных** осадков значительно меньше, и они представлены в основном **глинами и илами**. В разных климатических зонах встречаются синие, красные или зеленые илы. Широко развиты **органогенные илы**, сложенные скелетами **планктонных** организмов.

В абиссальной зоне, занимающей около 75% площади дна Мирового океана, распространены **органогенные**, сложенные карбонатными и кремнистыми скелетами **планктонных** растений и животных, и **полигенные** осадки, к которым относится **океаническая глина** (тонкий глинистый осадок коричневого цвета). Для органогенных пород

наблюдается **зональность**: на глубинах до 4000 метров распространены как карбонатные, так и кремнистые осадки, а на больших глубинах - только кремнистые осадки. В образовании океанической глины принимают участие терригенная глина, эоловая и метеорная пыль, продукты вулканических извержений, нерастворимые органические остатки. В глубоководных частях океана широко распространены **железисто-марганцевые конкреции** с никелем и кобальтом, запасы которых огромны.

Своеобразные условия осадконакопления создаются в отделенных от моря **лагунах**. В **засоленных лагунах** откладываются путем химического осаждения **разнообразные соли** (каменная соль, гипс и др.), обогащенные органическим веществом. В **опресненных лагунах** развиты **терригенные и органогенные осадки**, сходные с морскими, но отличающиеся **однообразной и угнетенной фауной**.

В целом морские отложения характеризуются кроме вышеописанных особенностей **большими площадями распространения однородных отложений, параллельной слоистостью, обилием ископаемых организмов** (преобладают водоросли и беспозвоночные животные), **а также наличием только в море образующихся минералов** (фосфорит, глауконит, оолиты кальцита и др.).

Изучение геологической деятельности моря имеет огромное теоретическое значение, так как позволяет восстанавливать природные условия прошлых геологических эпох. С морскими осадками и образовавшимися за их счет осадочными породами связаны крупные месторождения нефти и природного газа (около трети мировых месторождений), морские россыпи золота, алмазов, титановых и оловянных руд и других полезных ископаемых. Большой интерес в перспективе представляют громадные запасы железисто-марганцевых конкреций.

Диagenез морских осадков. Первичные очень рыхлые насыщенные водой осадки претерпевают сложные процессы преобразования их в горные породы. Этот процесс называется **диагенезом**. В ходе диагенеза:

1. Растворяются и удаляются малоустойчивые минералы.
2. Образуются устойчивые в новых физико-химических условиях минералы.

3. Вещество осадков перераспределяется с образованием кремнистых (опаловых и халцедоновых), карбонатных, фосфоритовых, гипсовых, железисто-марганцевых конкреций.

4. Осадки уплотняются с уменьшением влажности.

5. Осадки подвергаются перекристаллизации и цементации. В качестве цементирующего вещества выступают кремнезем, окислы железа, карбонаты и др..

Длительный процесс диагенеза, идущий под увеличивающимся давлением вновь накапливающихся слоев, приводит к **окаменению (литификации)** рыхлых осадков, т. е. к образованию плотной осадочной породы.

При дальнейшем погружении этих пород в глубину они подвергаются действию увеличивающихся температур и давления и испытывают более глубокие изменения (процесс **катагенеза**), а при большем погружении - процесс **метаморфизма**.

Геологическая деятельность озер и болот

Озерами называются заполненные водой впадины на поверхности суши, не имеющие сообщения с морем. По своему происхождению озерные котловины весьма разнообразны. По этому признаку озера разделяют на **тектонические, вулканические, ледниковые, пойменные и дельтовые, карстовые**. Водная масса озер по происхождению связана с **атмосферными осадками, постоянными (реки) или временными русловыми потоками**. Есть и реликтовые озера, которые остались от прежних морских водоемов. Примерами реликтовых озер являются Каспийское, Аральское и др. Соленость и состав озерных вод определяются многими факторами, среди которых большое значение имеет количество поступающей речной и грунтовой воды, а также климатические условия. В озерах влажных зон больше распространены пресные и слабоминерализованные воды, в которых преобладают бикарбонаты кальция. В озерах засушливых зон в большинстве случаев наблюдаются соленые воды, а иногда и пересыщенные растворы (рапа) с разнообразным составом (от гидрокарбонатно-кальциевых до хлоридно-натриевых).

Геологическая деятельность озер во многом **сходна с деятельностью морей** и складывается из **разрушения береговых уступов, переноса и накопления осадков.**

Наибольшее значение имеет аккумуляция осадков. По генетическому признаку выделяются:

1. **Терригенные**, или обломочные, которые образуются в результате приноса реками и ручьями с окружающей суши обломочного материала.

2. **Хемогенные**, или химические, образующиеся путем химического осаждения растворенных в воде солей или коллоидов.

3. **Органогенные**, или **биогенные**, накапливающиеся за счет скелетов организмов и органического вещества.

Для **терригенных** осадков характерны **горизонтальная слоистость и зональность**: наиболее крупные обломки оседают в прибрежной зоне, а дальше от берега - все более мелкие. **Хемогенные** осадки представлены чаще всего **известковыми конкрециями и бобовыми (оолиты) железными рудами**. В озерах тропических и субтропических областей образуются также **оолиты боксита**. В озерах засушливых зон при усиленном испарении и отсутствии существенного притока вод происходит повышение концентрации солей вплоть до пересыщения раствора. В результате в этих озерах начинается **осаждение солей** с образованием поваренной соли, соды, мирабилита. **Органогенные** осадки состоят в основном из скелетов планктонных организмов кремнистого (диатомиты) или карбонатного состава. Широкое развитие в озерах влажных зон получил богатый остатками планктонных организмов ил (**сапропель**).

Болотами называются участки суши, характеризующиеся избыточным увлажнением почвогрунтов, развитием болотной растительности и накоплением торфа. Процесс образования болот проявляется на различных элементах рельефа, где создаются условия для избыточного увлажнения почвы. По ряду признаков различают **болота приморских низин** и **внутриконтинентальные болота**. Последние разделяются на низинные и верховые. **Низинные болота** образуются в понижениях рельефа и в их питании имеют значение не только атмосферные, но и грунтовые воды. **Верховые болота** распространены на водораздельных участках.

Их питание происходит в основном за счет атмосферных осадков. Выделяют также **переходные** болота.

Геологическая деятельность болот состоит практически **исключительно в аккумуляции** отложений. Среди болотных отложений существенно преобладают органогенные, которые представлены **торфом**. Торф - первая стадия превращения древесины в каменный уголь. В меньших объемах происходит отложение **хемогенных осадков - болотной извести и болотной железной руды**.

Изучение осадконакопления в озерах и болотах позволяет восстанавливать природные условия прошлых геологических эпох и имеет большое практическое значение.

Происхождение нефти и каменного угля

Нефть и каменный уголь относятся к породам двух рядов: **угольного** (каменные угли), в составе которого преобладает углерод, и **битумного** (нефть и природный газ), в составе которого преобладают жидкие и газообразные углеводороды. Если всегда считалось, что **каменный уголь** имеет **органическое** происхождение, то о происхождении нефти высказывались разные точки зрения. Но большинство ученых придерживаются мнения об **органическом** происхождении **нефти**.

Исходная биомасса для нефти и каменного угля разная. **Каменный уголь** образуется из **клетчатки высших наземных растений**, которая накапливается в **болотах**, в меньших объемах - в озерах. **Нефть** образуется за счет **жиров и жироподобного вещества остатков планктонных организмов**, основная масса которого накапливается в **мелководной зоне морей**. И та и другая исходная биомасса имеет углеводородный состав.

В случае достаточного количества свободного кислорода углеводороды окисляются (соединяются с кислородом). В ходе окисления углерода образуются углекислый газ, а окисления водорода - вода. И накопившаяся биомасса полностью разлагается. Обязательным условием для образования каменного угля и нефти является **изоляция исходной биомассы от свободного кислорода**. Эта задача выполняется, если исходная биомасса позже перекрывается слоями глины, ила и др.

Накопление осадков в названных зонах продолжается, и исходная биомасса оказывается все глубже и глубже в недрах Земли, где она попадает под влияние повышающихся температур и давлений. Начинается преобразование исходной биомассы.

Преобразование клетчатки высших растений идет в несколько этапов (по мере усиления степени преобразования): 1) **древесина**, 2) **торф**, 3) **бурый уголь**, 4). **каменный уголь**, 5) **антрацит**. В ходе преобразования уменьшается содержание водорода и кислорода и увеличивается содержание углерода (от 50% в древесине до 82% в каменном угле и до 95% в антраците). В результате образуются месторождения каменных углей (бассейны), которые разделяют на два типа.

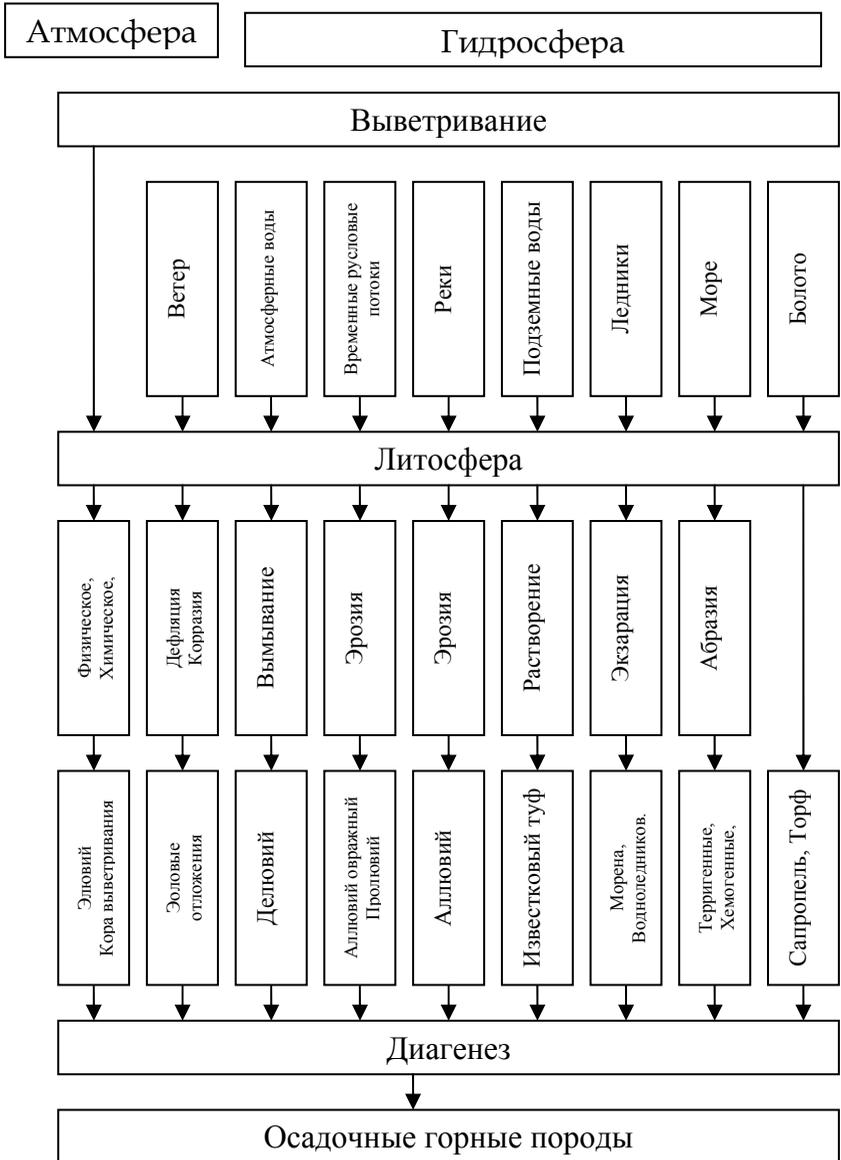
Паралитические бассейны образуются в **болотах приморских низин**. Они характеризуются **высокой степенью углефикации** (до стадии каменного угля и антрацита), **большими мощностями** угольных пластов, залегающих на **незначительных площадях**, и представляют наибольший интерес. В качестве примера можно назвать многие известные каменноугольные бассейны, такие как Кузбасс, Воркута, Донбасс и др. **Лимнические бассейны** образуются во **внутриконтинентальных болотах и озерах**. **Степень углефикации незначительная** (бурые и реже каменные угли), **маломощные пласты**, а нередко и линзы распространены на **значительных площадях**. И хотя запасы углей в лимнических бассейнах нередко огромны, но представляют они сейчас меньший интерес. В качестве примера можно привести громадный Ленский бассейн, Подмосковный бассейн и др.

Преобразование органического вещества планктона также идет с усилением степени преобразования, но оно попрежнему остается углеводородным. Породы, в которых идет этот процесс, называются **нефтепроизводящими**. Образующиеся жидкие углеводороды (нефть) под давлением вмещающих пород **мигрируют** по трещинам или пористым породам в область более низкого давления (вышележащие породы) и нередко выходят на поверхность (образуются битум, асфальт, озокерит и др.). Но если мигрирующая нефть встречает на своем пути водонепроницаемые породы, то под ними (в **ловушках**) она и накапливается. Выделяют ловушки трех типов: 1) **складки антиклинального типа**, 2)

моноклинали, 3) ловушки в тектоническом нарушении разрывного типа. В ловушках рыхлые или пористые породы (**нефтеносные**) насыщены каплями воды и нефти (выше воды), а также пузырьками газа (в верхней части ловушки). При попадании буровой скважины в ловушку под давлением вмещающих пород капельки и пузырьки выдавливаются в сторону забоя буровой скважины и по ней поступают на поверхность. Нередко нефть и газ поначалу выходят на поверхность в виде фонтана, который со временем слабеет и прекращается. Наиболее крупные нефте-газовые провинции образуются в предгорных прогибах.

Знание процесса образования каменного угля и нефти позволяет не только восстанавливать природные условия прошлых геологических эпох, но имеет большое практическое значение.

Экзогенные факторы



Литература.

Гурский Б.Н., Гурский Г.В. Общая геология. Минск: Вышэйшая школа, 1976.

Добровольский В.В. Минералогия с элементами петрографии. М.: Просвещение, 1971.

Добровольский В.В. Геология. М.: Владос. 2001.

Добровольский В.В., Якушова А.Ф. Геология. М.: Просвещение, 1979.

Якушова А.Ф. Динамическая геология. М.: Просвещение: 1970.