**Лекция 1 Земля и Вселенная**

**План урока**

1.1 Строение Солнечной системы, положение Земли в космическом пространстве.

1.2 Общие сведения о Галактиках .

1.3 Строение Вселенной. Понятие о расширении Вселенной и ее бесконечности .

1.4 Гипотезы образования планет Солнечной системы.

1.5 Методы изучения Вселенной. Достижения в освоении космоса .

**1.1 Строение Солнечной системы, положение Земли в космическом пространстве**

В состав Солнечной системы входят звезда Солнце, планеты, вращающиеся вокруг него, естественные спутники этих планет, мелкие космические тела, называемые астероидами, кометы, метеориты, пыль и газ в рассеянном состоянии.

Диаметр Солнечной системы около 12 млрд. км. В центре Солнечной системы расположено Солнце - ближайшая к Земле звезда. В нём сосредоточено 99,86% массы вещества Солнечной системы. Наше Солнце - это раскаленная водородно-гелиевая газовая сфера, слегка разбавленная примесью всех остальных химических элементов. Источником его энергии служат постоянно протекающие ядерные реакции. Солнце излучает огромное количество энергии, однако до планет доходит лишь малая ее часть.

Вокруг Солнца по эллиптическим орбитам, близким к окружностям, вращаются девять планет с запада на восток. Ближе всех к нему расположена орбита Меркурия, далее следуют орбиты Венеры, Земли, Марса, Юпитера, Сатурна, Урана, Нептуна и Плутона. Планеты не обладают способностью самостоятельного высвечивания из-за недостаточно высокой температуры. Планеты Солнечной системы подразделяются на внутренние (планеты земного типа) и внешние. Меркурий, Венера, Земля и Марс – это внутренние, ближайшие к Солнцу планеты, остальные – это внешние.

Внутренние и внешние планеты характеризуются различной плотностью и

массой: внутренние состоят из твердых материалов, имеют высокую плотность (4,00-5,62 г / см3) и небольшую массу, а внешние отличаются низкой плотностью (0,71 - 2,47 г / см3) и значительной массой, что свидетельствует об их газовом составе. Вокруг большинства планет (за исключением Меркурия, Венеры и Плутона) вращаются естественные спутники, характеризующиеся значительно меньшими, чем их планеты, размерами.

Астероиды - представляют собой небольшие космические тела неправильной формы. Самый крупный их них, астероид Церера, имеет в поперечнике 770км, остальные - до нескольких километров. В Солнечной системе насчитывается свыше 1600 астероидов, причем большинство из них образует так называемый Пояс астероидов, расположенный между орбитами Марса и Юпитера.

Кометы (хвостатые звёзды) - состоят из ядра, комы и хвоста. Ядро образовано протопланетным веществом, окруженным снегом и льдом, загрязненным пылью. Оно имеет светящуюся оболочку-кому, в состав которой входят сильноразреженные газы и пыль. Ядро и кома представляют собой голову кометы, которая движется вокруг Солнца по сильно вытянутой орбите. С приближением к нему от головы кометы отделяется ионный хвост, который формируется под воздействием солнечного ветра.

Метеориты - это тела, залетающие в атмосферу Земли из космического пространства. По составу они разделяются: каменные, железокаменные и железные. Наиболее часто на поверхность Земли падают каменные метеориты, так называемые хондриты, состоящие из округлых силикатных зернышек размером 1 мм и менее, которые называются хондрами. Ахондритовые метеориты подобны земным ультраосновным магматическим породам. **1**.**2 . Общие сведения о Галактиках**

Солнечная система является частью более крупной системы, называемой звездным скоплением. Оно, в свою очередь, представляет собой составную часть еще более крупной системы звезд, звездных скоплений, ассоциаций, газовых и пылевых туманностей, отдельных атомов и частиц, рассеянных в межзвездном пространстве, - Галактики. В состав нашей Галактики входят звездные скопления Млечного Пути.

Звёзды представляют собой тела, состоящие из раскалённых газов. Количество их в Галактике - около 100 млрд. Они удалены друг от друга на расстояние 7 - 10 световых лет, световой год - это путь, пройденный светом за один год. В поперечнике размер Галактики достигает 100 тысяч световых лет. Все тела, входящие в состав Галактики, движутся вокруг ее оси, проходящей через центральную часть Млечного Пути, в созвездии Стрельца. Полный оборот вокруг оси Галактика совершает более чем за 200 млн. лет.

**1.3 Строение Вселенной. Понятие о расширении Вселенной и ее бесконечности .**

Установлено, что Вселенная состоит из Галактик, подобных нашей, которые объединены в скопления и сверхскопления. Во вселенной их число оценивается цифрой 1012 .

Галактики объединяются в гигантскую систему галактик, называемую Метагалактикой. В 1960 году были открыты самые яркие источники света во Вселенной - квазизвёздные (подобные звёздам) источники или квазары. Квазары - это огромные неустойчивые сверхзвёзды, окружённые оболочкой из разряжённого газа. Почти шарообразное ядро квазара представляет собой скопление газа с массой, достигающей сотен миллионов масс Солнца. Расстояние до ядра квазаров около 8 млрд. световых лет, что позволяет полагать о необъятности Вселенной. Наличие красного смещения спектральных линий в спектрах галактик свидетельствует о том, что в настоящее время они удаляются друг от друга. По всей вероятности стадия расширения Вселенной длится много миллиардов лет, и сейчас Метагалактика замедленно расширяется.

**1.4. Гипотезы образования планет Солнечной системы**

В соответствии с воззрениями учёных - астрономов Канта и Лапласа, Солнечная система образовалась из раскалённой газовой туманности, вращающейся вокруг своей оси. Вследствие постепенного охлаждения туманность стала сжиматься и утолщаться, что привело к увеличению скорости вращения и отделению от неё газовых колец, которые со временем превращались в планеты. Внутренний сгусток туманностей преобразовался в Солнце.

Дальнейшее развитие астрономии показало, что гипотеза Канта - Лапласа бессильна объяснить некоторые особенности движения Солнца и планет. На смену ей в конце ХIХ и начале ХХ веков появилось много других гипотез. Мильтон и Чемберлен, а затем Джинс и Джеффрис предложили в разных вариантах гипотезы столкновения или близкого возмущающего прохождения около Солнца другого космического тела-звезды (катастрофические гипотезы). Обладая большой массой, эта звезда вызвала на Солнце приливную волну в виде удлинённого потока газа, который отделился от светила. После удаления звезды материя частично рассеялась, а из некоторых её сгустков образовались планеты и их спутники. Оставаясь в сфере притяжения Солнца, они начали вращаться вокруг него. Гипотезы столкновения нельзя считать удовлетворительными, так как они основаны на неправильных взглядах об исключительности Солнечной системы.

В современной космогонии общепринято представление о возникновении планет из холодных частиц газопылевого околосолнечного облака. Эта гипотеза была выдвинута в конце 40-х годов академиком О.Ю. Шмидтом.

В последующие годы над разработкой этой гипотезы работали многие советские учёные. Академик О.Ю. Шмидт считал, что в процессе прохождения Солнца сквозь туманность часть холодного метеоритного вещества, находившаяся на значительном удалении от Солнца, вследствие его мощного притяжения стала вращаться вокруг него по взаимно пересекающимся орбитам. Это приводило к неизбежному столкновению частиц друг с другом. Более крупные из них притягивали к себе частицы с меньшей массой. Так увеличивались размеры и масса частиц. Когда притяжение каких-либо тел становилось преобладающим, образовывались планеты. При формировании планет некоторые частицы теряли скорость, выпадали из общего потока и начинали вращаться вокруг планеты. В результате возникали спутники планет. Последующее разогревание планет связано с выделением тепла в недрах за счёт распада радиоактивных веществ.

Академик В.Г.Фесенков высказал несколько иную точку зрения о происхождении Солнечной системы. Он считал, что Солнце и планеты образовались из одного и того же межзвёздного холодного газопылевого сгущения. При вращении туманности из её центральной части возникла новая звезда – Солнце, внутри которой начали действовать ядерные реакции. По мере возрастания скорости вращения и вследствие излучения энергии Солнце теряло массу рассеянного вещества, которое поступало в межзвёздное пространство и продолжало вращаться вокруг Солнца. Постепенное сгущение и уплотнение этого газопылевого вещества обусловило формирование планет и спутников. Возраст Земли как планеты определяется приблизительно в 5 млрд. лет. Возраст Солнца оценивается также в 5 млрд. лет.

**1.5 .Методы изучения Вселенной. Достижения в освоении космоса.**

В настоящее время познание Вселенной осуществляется комплексом методов; изучение метеоритов позволяет судить о веществе космических тел, а также сделать выводы о составе и строении внутренних частей Земли, так как происхождение Земли и других планет Солнечной системы едино. По данным ядерной хронологии, возраст метеоритов примерно 4,5 - 4,6 млрд. лет, что близко к возрасту Земли.

С помощью телескопов и радиотелескопов в комплексе с различными специальными приборами, определяется температура, рельеф поверхности космических тел, их радиоизлучение, спектры светил. Характер спектра позволяет судить о движении космических тел, об их химическом составе и о типах реакций, протекающих в них.

Изучение космического пространства с помощью искусственных спутников, космических станций и кораблей. 4 октября 1957 г. в СССР, впервые в мире, был выведен на околоземную орбиту искусственный спутник Земли. 12 апреля 1961г. гражданин СССР Ю. Гагарин первым совершил космический полет вокруг Земли на пилотируемом корабле " Восток ".

В СССР, впервые в мире, осуществлен полет автоматического космического аппарата "Луна-16" на другое небесное тело и возвращение его на Землю. Долгое время на Луне работал автоматический аппарат "Луноход-1", который позволил установить общий тип пород, слагающих поверхность лунного моря. В результате работы автоматической станции " Луна-20 " решена задача взятия грунта из труднодоступного района Луны. С помощью советских автоматических станций получены ценные сведения об атмосфере Венеры.

Впервые осуществлена мягкая посадка космического аппарата на поверхность Марса, а станции " Марс-2 " и " Марс-3" стали искусственными спутниками Марса. Особо ценную информацию дал лунный грунт, доставленный на Землю советскими автоматическими станциями и американскими космонавтами. Новой страницей в изучении Космоса и Земли явились беспримерные исследования советских космонавтов на космических станциях типа " Салют", “ Восток “, “Союз“ и американских - на кораблях “ Меркурий “, “Аполлон“.

Фотографирование различных районов мира с помощью многофокусных аппаратов позволило внести коррективы в тектоническое районирование, наметить перспективы для поисков полезных ископаемых, изучить с помощью снимков характер созревания хлебов, сохранность лесонасаждений, техногенные нарушения земной поверхности и т. п. Стыковка с "Салютом-6" транспортных кораблей, дозаправка его двигателей и своевременная коррекция орбиты позволили создать на орбите прототип космической станции по изучению Космоса.

**Контрольные вопросы**

1 Что входит в состав Солнечной системы?

2 Почему планеты не светятся как Солнце?

3 У каких планет Солнечной системы нет естественных спутников?

4 Между орбитами каких планет расположен пояс астероидов?

5 Что называется астероидом, метеоритом, кометой?

6 Что Вы знаете о составе метеоритов?

7 Что входит в состав нашей Галактики?

8 В чем измеряется расстояние между звездами?

9 Из чего состоит Вселенная?

10 В чем проявляется расширение Вселенной?

11 Когда образовались протопланеты Солнечной системы?

12 Когда сформировалась планета Земля как геологическое тело?

13 Из каких элементов состоят метеориты?

14 Что позволяют определить телескопы и радиотелескопы?

15 Когда и где был выведен на околоземную орбиту первый в мире искусственный спутник Земли?

**Общая характеристика Земли**

**План урока**

2.1 Форма и размеры Земли

2.2 Магнетизм Земли

2.3 Теплота Земли

**2.1 Форма и размеры Земли**

Земля, вследствие вращения вокруг своей оси, под влиянием центробежных сил приняла форму эллипсоида вращения (сфероида), сжатого у полюса.

Изучение поверхности Земли показало, что форма её поверхности существенно отличается от формы поверхности идеального эллипсоида вращения. В настоящее время принято, что геометрическая фигура Земли ограничена

уровнем Мирового океана, мысленно продолженным под материками. Такая

фигура называется геоидом. Поверхность геоида во всех точках перпендикулярна к направлению силы тяжести, вследствие чего ускорение силы тяжести в этих геоида от поверхности сфероида необходимо сфероид правильно ориентировать внутри геоида. Сфероид, ориентированный таким образом, называется референц - эллипсоидом.

• Экваториальный радиус (большая, или экваториальная, полуось) Земли составляет 6378,245 км, полярный радиус (малая, или полярная, полуось) 6356,863 км. Отношение разности между большой и малой полуосями к большой полуоси называется полярным сжатием, или сплющенностью Земли и оно равно 1: 298,3.

• Площадь поверхности Земли составляет около 510 млн. км2 , объём 1083 млрд.м3. Длина Земного меридиана равна 40008,6 км, длина экватора 40075,7 км.

• Масса Земли составляет 6,98\*1027 г, средняя плотность 5,517 г/см3. Плотность пород, слагающих нашу планету, различна. Породы, залегающие на поверхности Земли и на глубинах, достигнутых бурением, имеют плотность не более 3,0- 3,3 г/см.3. На больших глубинах плотность вещества должна достигать 12 г/см3. в точках одинаково. Для получения возможно меньших отклонений поверхности

**2.2 Магнетизм Земли**

У Земли есть магнитное поле, которое имеет два магнитных полюса и магнитную ось. Положение магнитных полюсов не совпадает с положением географических. Магнитные полюсы расположены в Северном и Южном полушариях несимметрично относительно друг друга. В связи с этим линия, соединяющая их - магнитная ось Земли образует с осью её вращения угол до 11о.

Магнетизм Земли характеризуется магнитной напряженностью, склонением и наклонением. Магнитная напряженность измеряется в эрстедах. Линии, соединяющие точки с одинаковым значением напряженности, называются изодинамами.

Магнитным склонением называется угол отклонения магнитной стрелки от географического меридиана в данном месте. Магнитная стрелка указывает направление магнитного меридиана, а магнитное склонение соответствует углу между магнитным и географическим меридианами. Склонение может быть восточным и западным. Линии, соединяющие на карте одинаковые склонения, называются изогонами. Изогона склонения, равного нулю, называется нулевым магнитным меридианом. Изогоны исходят из магнитного полюса, расположенного в Южном полушарии, и сходятся в магнитном полюсе, находящемся в Северном полушарии.

Магнитным наклонением называется угол наклона магнитной стрелки к горизонту. Линии, соединяющие точки с равным наклонением, называются изоклинами. Нулевая изоклина называется магнитным экватором. Изоклины, подобно параллелям, вытягиваются в широтном направлении, изменяясь от 0 до 90о.

• Плавный ход изогон и изоклин в некоторых местах земной поверхности довольно резко нарушается, что связано с существованием магнитных аномалий. Источниками таких аномалий могут быть крупные скопления железных руд, сложенных сильномагнитными минералами. Самая крупная магнитная аномалия - Курская. Магнитные аномалии могут быть вызваны также разрывами в земной коре - сбросами, взбросами, в результате чего происходит соприкосновение пород с различными магнитными поиска месторождений полезных ископаемых и изучения строения недр.

• Величины магнитных напряженностей, склонений и наклонений испытывают суточные и вековые колебания (вариации). Суточные вариации вызываются солнечными и лунными возмущениями ионосферы. Вековые вариации обусловлены изменениями, происходящими в верхних слоях земного ядра. Внезапные, длящиеся несколько суток магнитные колебания (магнитные бури) связаны с солнечной активностью.

**2.3 Теплота Земли**

Земля получает тепло из двух источников: от солнца и из собственных недр. На поверхности Земли основным источником тепла является Солнце (гелиотермическая зона), так как внутренняя теплота (ввиду плохой теплопроводности горных пород) доходит до поверхности в незначительном количестве, составляя 0,5 % солнечной теплоты.

Ввиду неравномерности прогрева дневной поверхности в различных широтах её температурный режим подвержен значительным колебаниям - вековым, годовым, сезонным, суточным. Например, в среднеазиатских пустынях почва летом нагревается до + 70 С и более, а зимой промерзает до -30о С. Для сравнения температурных условий введены понятия о среднесуточных, среднемесячных, среднегодовых температурах на отдельных участках поверхности Земли. Однако с глубиной влияние солнечного тепла постепенно уменьшается, а затем совершенно исчезает. Та зона Земли, в которой не сказываются колебания поверхностных температур, называется зоной (поясом) постоянной температуры. Температура этого пояса равняется приблизительно годовой температуре данной местности. Если она ниже 0о С, то возникает "вечная мерзлота" или зона многолетнемерзлых пород. Глубина залегания пояса постоянных температур на экваторе 1- 2 м, в пределах Москвы 20 м, вблизи Архангельска - около 10 м. Ниже этого пояса происходит увеличение температуры с глубиной за счет внутренней теплоты Земли (зона геотермии).

Глубину в метрах, на протяжении которой температура в недрах увеличивается на один градус, принято называть геотермической ступенью. Прирост температуры в градусах при углублении на каждые 100 м называется геотермическим градиентом. Величины геотермических ступеней и градиента обратно пропорциональны и различны для разных районов Земли. Их произведение - величина постоянная и равна 100. Если, например, ступень равна 25 м, то градиент равен 4о С.

Величина геотермической ступени в разных районах Земли изменяется от 1,5 до 170 м, составляя в среднем 30 - 33 м. В районе Пятигорска она равна 1,5 м, Санкт - Петербурга - 19, 6 м, Москвы - 38,4 м, в Карелии - более 100 м, в районе Поволжья и Башкирии - 50 м и т. п.

• Различия в величинах геотермической ступени могут быть обусловлены разной радиоактивностью и теплопроводностью горных пород, гидрохимическими процессами в недрах, характером залегания горных пород,температурой подземных вод, удаленностью от океанов и морей.

• Главными источниками внутренней теплоты Земли являются: энергия распада радиоактивных элементов; энергия, освобождающаяся при химических реакциях и тектонических движениях; энергия перехода вещества из одного состояния в другое и т. п.

• Теплота Земли увеличивается в соответствии с геотермической ступенью до глубины 15 - 20 км. Глубже происходит значительное возрастание величины геотермической ступени. Специалисты считают, что температура в Центре Земли не превышает 40000 С.

**Контрольные вопросы**

1 Чем отличается поверхность геоида от эллипсоида и сфероида?

2 Какие параметры имеет магнитное поле Земли?

3 Чем характеризуется магнетизм Земли?

4 Почему появляются магнитные аномалии?

5 Для чего используется знание месторасположения магнитных аномалий?

6 Из каких источников получает Земля тепло?

7 Какие показатели введены для сравнения температуры на отдельных участках поверхности Земли?

8 Что является источником внутренней теплоты Земли?

9 Чем обусловлены различия в величинах геотермической ступени?

10. Как распределить термические зоны и пояса в земной коре,

начиная с поверхности?

**Лекция 3 Строение Земли**

**План урока**

3.1 Внешние оболочки Земли

3.2 Внутренние оболочки Земли

3.3 Роль сверхглубокого бурения в изучении строения Земли

3.4 Контрольные вопросы

**3.1 Внешние оболочки Земли**

Земля состоит из оболочек различной плотности, которые концентрически располагаются вокруг ее центрального ядра. Внешние оболочки - атмосфера и гидросфера - самые легкие, они составляют ничтожную долю массы планеты.

Основную ее часть составляют земная кора, мантия и ядро. Особая сфера Земли, населенная живыми организмами, получила название биосферы. Она охватывает часть атмосферы, непосредственно прилегающую к поверхности Земли (преимущественно тропосферу), всю гидросферу и поверхностные слои земной коры (не более 3 км).

Атмосфера является газообразной оболочкой Земли. Она состоит из трех слоев (снизу вверх) – тропосферы, стратосферы, ионосферы и распространяется на высоту нескольких тысяч километров. Уровни изменения температур в атмосфере получили название: термопауза, мезопауза и стратопауза. Тропосфера. Самый нижний слой атмосферы - тропосфера, имеет максимальную высоту у экватора (до 17 км) и минимальную у полюсов (7-10 км). В тропосфере содержится до 90% массы атмосферы и почти весь водянойпар. Газовый состав (воздух) тропосферы следующий: 78,08% азота, 20,95% кислорода, 0,93% аргона и около 0,03% углекислого газа. На долю других газов (водорода, неона, гелия, криптона, ксенона и т. п.) приходится не более 0,01%. С высотой происходит постепенное понижение температуры в среднем на 0,5-0,60С на каждые 100 м. Так на высоте 10 км температура воздуха ниже - 500С. На уровне стратопаузы на высоте от 15 до 18 км температуры стабилизируются.

Стратосфера. В стратосфере до высоты около 40 км температура воздуха колеблется от -40 до -50°С, но затем быстро возрастает, достигая положительных значений около 15°С. В настоящее время в стратосфере обнаружена активная циркуляция воздуха, приводящая к перемешиванию воздуха до высот порядка 30 – 40 км. Это обеспечивает примерно постоянный газовый состав в стратосфере. Стратосфера содержит слой озона. Он распространен на высоте от 17 до 30 км. Благодаря озоновому слою большая часть ультрафиолетового излучения задерживается.

Мезосфера. Её газовый состав, в котором преобладает азот и кислород, весьма устойчив. Температура от нижней границы к верхней вновь понижается, достигая значений от -70 до -90°С. У верхней границы образуются так называемые серебристые облака, представляющие собой скопления мельчайших кристалликов льда.

Ионосфера (термосфера) состоит из ряда слоёв, располагающихся на высоте от 80 и более 700 - 800 км от поверхности Земли и сменяется экзосферой. Ионосфера характеризующихся большой концентрацией свободных электронов, ионизированных атомов и молекул Слои ионосферы обладают свойством отражать короткие радиоволны. Газы ионосферы сильно разряжены, так как находятся в атомном, а не в молекулярном состоянии. Температура ионосферы возрастает с высотой: на высоте 200 км от поверхности Земли она может достигать до +4000 С, а на высоте 11 000 км - +40000 С.

Гидросфера является водной оболочкой Земли. Она включает ледники, воды океанов, морей, болот, озер, рек и подземные воды. Площадь, занятая водой, составляет более 70% всей поверхности Земли. Подавляющая часть гидросферы приходится на долю океанов и морей. Средняя глубина гидросферы впадине в Тихом океане) толща воды достигает 11 км. Воды океанов и морей содержат в среднем 35 г солей в 1 л , а пресные воды суши - 1 г. Среди солей в морской воде преобладает хлористый натрий (78%), остальную их часть составляют хлористый магний, сернокислый магний, сернокислый кальций, хлористый кальций, углекислый кальций. В морской воде присутствуют: кремнезем, бром, йод, марганец, свинец, уран, золото и другие элементы, растворенные газы – кислород, углекислый газ, аммиак и сероводород. Количество названных веществ незначительно.

Биосфера охватывает часть атмосферы, всю гидросферу и верхнюю часть литосферы. Биосфера - сложная по составу, строению и организованности оболочка. Она включает все живые организмы, биогенные образования (уголь, нефть, известняки и др.), косное (в его образовании живое не участвует) и биотические (в его образовании живое участвует) вещества, а также вещество космического происхождения. Биосфера включает в себя все живые организмы, находящиеся во взаимодействии с физической средой Земли и обитающие в гидросфере (8-10 км), атмосфере (10-15 км) и литосфере (от десятков метров до 3 км). Она представляет собой открытую термодинамическую систему, через которую проходит поток энергии от Солнца и недр. Живые организмы аккумулируют солнечную энергию, недр и энергию химических реакций, превращают ее в разнообразные продукты и создают многообразие жизни.

Живое вещество изменяет историю всех химических элементов, выступает как глубокий и мощный геологический процесс. В течение сравнительно незначительного времени через живые организмы может пройти все вещество 3,75 км. Однако в более глубоких океанских впадинах (например, в Мариинской биосферы. Весь кислород планеты, являющийся продуктом фотосинтеза, обновляется через каждые 2000 лет, а все молекулы углекислоты - через каждые 300 лет.

**3.2 Внутренние оболочки Земли**

В результате изучения землетрясений было установлено, что на определённых глубинах происходят скачкообразные изменения скорости распространения продольных и поперечных сейсмических волн. Эти явления связаны с резким изменением плотности, фазовым состоянием и составом вещества Земли. Таким образом, земная кора оказывается разделённой своеобразными поверхностями на несколько оболочек, характеризующихся различными свойствами.

Земная кора - это весь комплекс горных пород между атмосферой и гидросферой сверху и поверхностью Мохоровичича снизу. Поверхность Мохоровичича характеризуется скачкообразным увеличением скорости прохождения сейсмических волн до 8 км / с.

Поверхность Земли делится на два основных типа - континентальный и океанический. Под материками толща земной коры достигает 75 км (в среднем 35 км), а под океанами 3-12 км (в среднем 4 - 6 км). Осадочные породы слагают поверхность континентальной коры и образуют осадочный слой мощностью от 0 до 15 км и более. Нижняя часть осадочного слоя под действием высоких температур и давлений преобразовалась в метаморфические горные породы. В некоторых местах метаморфические и осадочные породы прорваны магматическими породами.

Плотность осадочных пород 2,6 - 2,65 г/см3 , скорость распространения в них продольных волн 2,5 - 3,5 км/с. Осадочные и метаморфические породы подстилаются породами типа гранитов. Средняя плотность их 2,7 г/см3, скорость распространения продольных волн 5,5 - 6,3 км/с, поперечных 3,4 - 3,7 км/с. Этот слой условно назван "гранитным". Под " гранитным " залегает “базальтовый слой”, представленный породами, близкими по свойствам к базальтам. Поверхность, разделяющая гранитный и “базальтовый” слои, называется поверхностью Конрада. Базальтовые породы содержат по сравнению с гранитами меньше кремния и алюминия, больше железа и магния, чем объясняется их более высокая плотность (2,8 - 2,9 г/см3). Исследования последних лет в океанической коре, между осадочным и базальтовым слоями, выявили надбазальтовый слой. Он представлен чередующимися уплотненными осадочными породами, кремнистыми конкрециями и пористыми базальтовыми лавами.

В химическом составе земной коры преобладают кислород - 49,13% , кремний -

26%, алюминий - 7,45% , железо - 4,2% , кальций -3,25% , натрий - 2,4% , калий

и магний по 2,35% , водород - 1%.

Мантия Земли отделяется от земной коры отмеченной выше поверхностью Мохоровичича. Глубина нижней границы мантии 2900 км. Мантия делится на верхнюю мантию и нижнюю. Верхняя мантия состоит из литосферы, астеносферы, тектоносферы. Верхний твёрдый слой совместно с земной корой образует литосферу, характеризующуюся большей прочностью вещества. Ниже залегает слой пониженных скоростей сейсмических волн - астеносфера. В этом слое вещество находится в жидко - твёрдом состоянии. Средняя глубина астеносферы 100-200 км. Нижний слой верхней мантии (слой Голицина) считается переходным между верхней и нижней мантией и характеризуется твёрдым состоянием вещества. Верхнюю мантию с земной корой объединяют единым названием тектоносфера. Нижняя мантия характеризуется более высокой плотностью вещества (5,5 - 6,0 г/см3), обусловленной более компактным кристаллическим строением и присутствием в её составе более тяжёлых элементов.

Ядро Земли. Граница между мантией и ядром Земли отличается резким уменьшением скорости продольных и поперечных сейсмических волн. Внешнее ядро Земли состоит из расплавленных силикатов или же окиси железа. Плотность вещества составляет от 6 до 12 г/см3 . Внутреннее ядро состоит из сплава железа с никелем. Плотность вещества составляет 13 г/см3 .

**3.3 Роль сверхглубокого бурения в изучении строения Земли**

Для более детального изучения строения Земли применяют сверхглубокое бурение. Самая глубокая шахта “Ист-Рэнд” (Южная Африка) имеет глубину 3428 м, что составляет ничтожный процент от радиуса Земли. Самое глубокое ущелье реки Колорадо (Северная Америка) достигает глубины 2 км. На Кольском полуострове в районе города Заполярный пробурена скважина глубиной около 12000 м - это первая в мире скважина, пробуренная на такую глубину в твердых кристаллических породах. Вторая сверхглубокая скважина разрабатывается на площади Саатлы, в 200 км юго-западнее города Баку; её глубина достигла 8190 м. Сверхглубокое бурение дает принципиально новую информацию о строении недр и дополняет данные глубокого нефтяного бурения (глубины 2 – 4 км).

**Контрольные вопросы**

1 Какие оболочки Земли расположены над её топографической поверхностью?

2 Какие оболочки охватывает биосфера?

3 Глубина проникновения живых организмов в земную кору?

4 Какая температура верхнего слоя ионосферы?

5 Какая часть атмосферы содержит озоновый слой, поглощающий ультрафиолетовые лучи?

6 Какая площадь земной поверхности занята гидросферой?

7 Из каких сфер состоит верхняя мантия?

8 Какова средняя толщина земной коры континентального типа?

9 Какова средняя толщина земной коры океанического типа?

10 Из каких «слоев» складывается литосфера?

1.4 Физическая жизнь земной коры

**Лекция 4 Общие понятия о геологических процессах**

**План урока**

4.1 Экзогенные процессы

а) выветривание

б) денудация

• геологическая деятельность ветра (эоловая деятельность)

• геологическая деятельность текучих поверхностных вод

• геологическая деятельность подземных вод

• геологическая деятельность ледников

• геологическая деятельность морей и океанов

• геологическая деятельность озёр

в) диагенез осадков

4.1 Эндогенные процессы

а) тектонические процессы

б) магматические процессы

• интрузивный (глубинный) магматизм

• эффузивный (поверхностный) магматизм

в) метаморфические процессы (метаморфизм горных пород) • землетрясения

**4.1 Общие понятия о геологических процессах**

Процессы, приводящие к изменению внутренней структуры Земли и земной коры, образованию и разрушению минералов и горных пород, изменению условий залегания горных пород, образованию и изменению рельефа земной поверхности, называются геологическими процессами.

Существуют два вида геологических процессов: экзогенные (внешние) и эндогенные (внутренние).

Экзогенные процессы вызываются энергией, получаемой Землей от Солнца, притяжением Солнца и Луны, вращением Земли вокруг своей оси, действием силы тяжести. Экзогенные процессы приводят к выравниванию форм рельефа местности, созданных как эндогенными, так и экзогенными процессами, происходившими ранее. Под влиянием колебаний температур, под действием ветра, воды, морского прибоя, ледников и т. п., происходит разрушение горных пород и перенос их в пониженные участки земной поверхности, главным образом в моря и океаны.

В результате эндогенных процессов происходят землетрясения и вулканические извержения, возникают разломы в земной коре, сминаются в складки мощные слои земной коры, образуются горные хребты и впадины. При охлаждении и застывании магмы, поступающей из недр Земли, образуются горные породы. К эндогенным процессам следует отнести и явление метаморфизма горных пород, происходящее вне зоны выветривания земной коры под влиянием высоких давления и температуры и химически активных веществ и вызывающие коренные изменения горных пород.

**4.1.1 Экзогенные процессы**

Экзогенные процессы происходят на земной поверхности и в верхних частях земной коры в результате её взаимодействия с атмосферой, гидросферой и биосферой. Эти процессы производят разрушительную и созидательную работу. Разрушительное действие оказывают процессы выветривания и денудации. Созидательная работа заключается в образовании горных пород в новых местах, а также в формировании полезных ископаемых.

**а) выветривание**

Под выветриванием понимается совокупность процессов физического и химического разрушения горных пород на месте их залегания под влиянием колебания температур, химического воздействия воды, циркулирующей в верхних слоях литосферы, и газов, находящихся в атмосфере и растворенных в воде, а также в результате деятельности живых организмов и растений.

В соответствии с этим различают выветривание физическое, химическое и органическое. Физическое выветривание горных пород - это процесс разрушения горных пород под влиянием колебания температур. При нагревании в дневное время горные породы расширяются, а при охлаждении ночью сжимаются. Это ведет к нарушению взаимного сцепления зерен пород, в результате чего порода растрескивается, а затем распадается на обломки. Процесс разрушения горных пород под влиянием температур в значительной мере усиливает вода, особенно в районах с частым колебанием температур около точки замерзания (морозное выветривание).

Химическое выветривание - процесс разрушения горных пород в результате химического воздействия на них воды с растворенными в ней веществами, а также атмосферных газов. Наиболее интенсивно эти процессы протекают в условиях влажного и теплого климата.

Органическим выветриванием называют процесс разрушения горных пород под действием живых организмов и растений. Различают механическое и физическое разрушение горных пород живыми организмами и растениями. Землерои, черви, корни растений разрыхляют горные породы. В то же время корни растений выделяют кислоты, также разрушающие горные породы. Различные микроорганизмы, находящиеся в горной породе, также способствуют накоплению химически активных веществ, разрушающих её.

Часть продуктов выветривания растворяется или уносится за пределы материнской породы, а другая их часть, более устойчивая в данных условиях, остается на месте разрушения, образуя элювий. Он имеет неровную нижнюю границу, лишен признаков слоистости. Элювий слагает современную кору выветривания. Изучение коры выветривания имеет большое значение. С ней связаны многие месторождения полезных ископаемых: руды железа, марганца, алюминия, никеля и др., а также и некоторые месторождения нефти. Мощность коры выветривания изменяется от долей метра до 100м и более.

Самый верхний, плодородный слой современной коры выветривания, называется почвой.

**б) денудация**

Денудацией называется совокупность процессов разрушения горных пород на поверхности Земли и переноса продуктов разрушения в пониженные участки, где происходит их накопление.

К денудационным процессам относятся геологическая деятельность ветра, текучих поверхностных вод, подземных вод, ледников, морей и озер, перемещение материала под влиянием силы тяжести.

**Геологическая деятельность ветра (эоловая деятельность)**

Геологическая деятельность ветра (эоловая деятельность) обусловлена движением воздуха в тропосфере. Она заключается в развевании (дефляции) и обтачивании (корразии) горных пород.

Эоловые формы рельефа наиболее характерны для пустынь и песчаных побережий. В пустынях под действием ветра на равнине образуются песчаные бугры, называемые барханами. Высота барханов достигает 20-30м. Сливаясь, они образуют цепи иногда до нескольких десятков километров и высотой 50-70м. Барханы и барханные цепи могут перемещаться и перестраиваться в зависимости от силы сезонных ветров со скоростью до 30-40 м в год.

На песчаных побережьях морей и озёр, в долинах рек, покрытых редкой растительностью, ветер образует дюны чаще всего овальной формы. Дюны, сливаясь, образуют дюнные валы высотой 10 – 15 м, которые тянутся вдоль берега. Как и барханы, дюны могут передвигаться, засыпая песком освоенные земли.

**Геологическая деятельность поверхностных текучих вод**

Текучие поверхностные воды выполняют разрушительную и созидательную работу при своем движении в пониженные места.

Различают три формы разрушительного действия поверхностных вод: плоскостной смыв, эрозия (линейный смыв) и сели.

Плоскостной смыв (дождевая денудация) заключается в размывающей деятельности дождевых и талых вод по всей поверхности склонов и водоразделов.

В результате смыва у подножий склонов и возвышенностей происходит накопление снесенного материала, называемого делювием.

Эрозией или линейным смывом называется разрушительная деятельность

русловых потоков воды - рек, ручьев и т. п.

В результате деятельности небольших ручьев, имеющих порой временный характер, в областях развития рыхлых, легкоразмываемых отложений образуются овраги. Образованию их способствует отсутствие растительности, распашка склонов и т. п. Когда овраг в глубину достигает уровня залегания грунтовых вод, на его дне возникает родник. Родниковые воды, стекая вниз по оврагу, вбирают в себя всё больше грунтовых вод, превращаясь в речку. Сливаясь, речки формируются в более крупные русловые потоки - реки. Реки и речки могут образовываться также в результате таяния ледников, некоторые реки возникают из ледников, вытекают из озёр.

В результате геологической деятельности рек происходит размыв дна (донная эрозия) и берегов (боковая эрозия), перенос обломков вниз по течению и их отложение.

Донная эрозия наблюдается на участках наиболее быстрого течения. Степень углубления зависит от состава пород, слагающих дно реки. Там, где развиты более твердые породы, донная эрозия замедляется, способствуя образованию порогов, перекатов и поперечных уступов.

Боковая эрозия приводит к общему расширению речной долины. Наиболее легко размываются берега, сложенные рыхлыми породами. В твердых породах вода прорезает глубокие ущелья с отвесными берегами, называемые каньонами.

Боковой эрозии наиболее подвержены те участки реки, где скорость ее мала. Возникновение излучин (меандр) обусловлено вихревым турбулентным характером водных потоков, а также наличием у берегов реки различных препятствий (обломов, оползней, выносов боковых притоков), вынуждающих реку отклонится к противоположному берегу. Река начинает подмывать этот берег, образуя изгиб. Вогнутый, подмываемый берег этого изгиба становится круче, а выпуклый положе. Около этого берега отлагается аллювий, что ведет к образованию отмели. Отражаясь от вогнутого берега, струи воды направляются к противоположному берегу и, подмывая его, начинают формировать новую излучину.

В горных породах большую разрушительную работу производят сели - бурные потоки воды, перемешанные с грязью и камнями. Сели возникают после проливных дождей и активного таяния снегов и несутся по руслам небольших, иногда пересохших речек. Отложения временных потоков, включая селевые, называются пролювием.

**Геологическая деятельность подземных вод**

Подземными водами называются все воды, находящиеся ниже поверхности земли и дна поверхностных водоемов и потоков. Они могут иметь атмосферное и глубинное (магматическое) происхождение, а также могут образоваться как

следствие обезвоживания горных пород (дегидратационные). По условиям залегания подземные воды подразделяются: почвенные, грунтовые и пластовые.

Почвенные воды располагаются в почвенном слое у самой поверхности Земли.

Зона между почвенным слоем и уровнем грунтовых вод называется зоной

аэрации. Подземные воды могут накапливаться и в зоне аэрации над локальными линзами слабопроницаемых пород во время обильных осадков и таяния снегов. Такие сезонные воды называются верховодками. Грунтовые воды залегают на первом от поверхности Земли региональном водоупорном слое.

Пластовые воды заполняют проницаемые пласты, расположенные ниже горизонта грунтовых вод, и в отличие от них, подстилаются и перекрываются непроницаемыми горными породами.

Пласты, насыщенные водой называются водоносными. Они в основном напорные или артезианские. Область распространения одного или нескольких напорных горизонтов называется артезианским бассейном.

Разрушительная деятельность подземных вод заключается в растворении и механическом размыве горных пород. С ней связаны карстовые явления, суффозия и оползни.

Карстовые явления - это совокупность процессов, выражающихся в растворении, выщелачивании горных пород и образовании в них пустот в результате деятельности подземных вод. Наиболее подвержены карстовым явлениям известняки, доломиты, гипсы, ангидриты.

Суффозия (подкапывание) - это механическое вымывание пылевых частиц в рыхлых горных породах подземными водами, вызывающее оседание вышележащей толщи с образованием на поверхности воронок, западин, блюдец. Наиболее широко суффозия развита в лёссах.

Оползни - это отрыв масс горных пород от основного массива и перемещение их под действием силы тяжести по склону. Оползневое тело, как правило, движется по скользкой поверхности водоупорного слоя, сложенного глинами, набухшими под воздействием осадков, сточных вод и т.п., которые проникли в толщу рыхлых пород, залегающих на склоне. Оползневые явления наносят большой ущерб народному хозяйству.

Созидательная деятельность подземных вод связана с отложением растворимых веществ, выделившихся при благоприятных условиях из подземных вод. В карстовых пещерах из растворов выпадает бикарбонат кальция, образуя по стенкам корки, а в гротах - столбообразные натёки в виде ледяных сосулек, свисающих с потолка - сталактитов и растущих со дна пещер - сталагмитов. Этот процесс ведет к постепенному заполнению карстовых полостей. Если состав солей различный, то образующиеся в карстовых полостях наслоения имеют разный минеральный состав (лимонит, кальцит, гипс, опал). Минеральные вещества могут также закупоривать поры рыхлых пород, цементируя их. В результате песок превращается в песчаник, галечник - в конгломерат.

С деятельностью подземных вод связано образование многих месторождений полезных ископаемых. Собственно скопления подземных вод представляют собой важные месторождения полезных ископаемых, прежде всего, для хозяйственно-питьевого водоснабжения. Возможно образование руд, когда подземная вода выносит растворимые полезные компоненты. Они могут иметь поверхностное и глубинное происхождение. Иногда такие растворы поступают с больших глубин, имея высокую температуру. При охлаждении в более высоких частях земной коры часть растворенного в ней вещества выпадает в осадок, образуя в трещинах и пустотах горных пород минеральные жилы. Так образуются рудные гидротермальные месторождения (серебра, золота, свинца, меди, цинка и др.).

Некоторые месторождения связаны с деятельностью источников - естественных выходов подземных вод на поверхность. Источники отлагают известковые и кремнистые туфы, бурый железняк, соединения меди и др. Источники содержащие лечебные вещества, называются минеральными. Горячие термальные воды глубоко залегающих горизонтов используются в промышленных целях для работы электростанций, для отопления помещений, теплиц и т. п.

**Геологическая деятельность ледников**

Ледники образуются в районах с отрицательной среднегодовой температурой. Формируются они за счет накопления снега, который не таит даже летом. Почти 98,5% всей площади современного оледенения приходится на полярные районы, где снеговая линия лежит на уровне оледенения, и только 1,5% - на долю ледников на вершинах гор. Мощность ледниковых покровов достигает, например, в Антарктиде 3-4 км.

Разрушительная деятельность ледников называется ледниковым выпахиванием или экзарацией. Благодаря большой мощности и высокой плотности, ледники при своем движении производят большую разрушительную работу. В процессе движения ледник переносит и отлагает обломочный материал, называемый мореной.

Различают перемещаемые и отложенные морены. Перемещаемые морены, в свою очередь, разделяются: поверхностные (боковые и серединные), внутренние и донные. Боковые морены формируются по бокам ледника из обломков пород, скатывающихся с гор. Серединные морены образуются при слиянии двух ледников из боковых морен. Внутренние морены возникают за счет обломков, проникших в тело ледника по трещинам, а также захороненных под снегом. Донные морены образуются, благодаря вмерзанию обломков пород в донную часть ледника.

При таянии ледников образуются различные потоки воды (реки, ручьи). Они способствуют возникновению водно-ледниковых ф(лювиогляциальных) отложений: плохо сортированных валунов, гальки, песков, суглинков, глин. В ледниковых озёрах формируются озёрно-ледниковые отложения.

**Геологическая деятельность морей и океанов**

В процессе своей геологической деятельности море разрушает горные породы, слагающие берега, измельчает, сортирует и перемещает продукты разрушения горных пород и формирует различные осадки. В течение геологической жизни Земли моря неоднократно изменяли свои границы, заливая огромные пространства суши. На их дне отлагались мощные толщи осадков, превратившихся со временем в осадочные горные породы. Дно морей и океанов разделяют на несколько зон, характеризующихся присущими только им особенностями физико-географических условий накопления осадков и состава органического мира. Это - шельф, континентальный склон, ложе Мирового океана с глубоководными впадинами. Самая мелководная зона в интервале глубин от 0 до, примерно, 200 м называется шельфом или неритовой зоной. Она занимает 7,6 % площади морского дна. Средняя ширина шельфа около 70 км, максимальная до 400 - 600 км. Шельфы являются продолжениями материков, поэтому их поверхность имеет рельеф, характерный для смежной с ними местности. В интервале глубин 200 - 2500 м располагается континентальный склон или батиальная зона. Наклон дна в пределах континентального склона достигает нескольких градусов. Площадь его составляет 15,3 % площади морского дна. Для континентального склона характерны большая глубина, слабое проникновение света, слабое движение воды (за исключением районов с морскими течениями). Континентальный склон имеет сложный рельеф, иногда он осложнён глубокими подводными каньонами, идущими от шельфа к зоне наибольших глубин. Ложе Мирового океана, или абиссальная зона, располагается на глубине 2500 - 6000 м, где царят абсолютный мрак и низкие температуры. Оно осложнено подводными хребтами и глубоководными впадинами.

Разрушительная деятельность моря называется абразией. Она обусловлена действием ветровых волн, морских течений, приливов и отливов, разрушающих берега и отложения в зоне шельфа. Глубина действия абразии не превышает 200 м, т. е. глубины действия ветровых волн. Высота ветровых волн порой достигает 15 м, она зависит от силы ветра, продолжительности его действия и глубины моря.

Наиболее сильно разрушительная деятельность ветровых волн проявляется у крутых скалистых берегов. Крупные камни и гальки, подхватываемые волнами, увеличивают разрушительную силу волн.

Созидательная деятельность моря выражается в процессах осадконакопления или седиментации. Для различных зон дна морей и океанов характерны свойственные только им процессы осадконакопления. В зоне шельфа происходят процессы образования обломочных, хемогенных и органогенных осадков. Обломочные осадки образуются при разрушении прежде существовавших горных пород под влиянием выветривания, эрозии, во время переноса к бассейну осадконакопления и в результате дифференциации обломков в процессе осаждения. Накопление обломочного материала в шельфовой зоне имеет свои особенности. Наиболее крупный обломочный материал откладывается у самого берега. В сторону моря он постепенно становится мельче и на глубине 20 - 25 м представлен песком. В лагунах откладывается песок и глина.

Хемогенные осадки образуются в шельфовой зоне в результате химических процессов, происходящих в водной среде. Воды несут в море с материковых областей большие объемы солей кальция и магния, которые впоследствии осаждаются в виде кальцита и доломита. Органогенные осадки состоят из останков животных и остатков растительных организмов. Они представлены преимущественно ракушечными и коралловыми известняками. В образовании ракушечных известняков принимают участие раковины различных животных, состоящие из арагонита.

Осадки батиальной зоны характеризуются однородностью и более тонким составом обломков, чем шельфовый комплекс. В основном, это синие, красные и зеленые терригенные илы, серый вулканический кремнистый и известковый ил. Среди осадков абиссальной зоны преобладает еще более мелкозернистый

материал - красные глубоководные глины. Они образуются за счёт продуктов вулканической деятельности, эоловой пыли, частей известковых раковин и т. п. В этой зоне отлагаются также известковые и кремневые илы органического происхождения.

**Геологическая деятельность озер**

В крупных озёрах она похожа с деятельностью морей, а в мелких - преобладают процессы осадконакопления. Различают озёрные осадки обломочные, хемогенные и органогенные.

Обломочные осадки состоят из обломочного материала, принесённого реками, ветром, течениями и ветровыми волнами. Состав хемогенных осадков в большей мере определяется минерализацией озёрной воды. В солёных озёрах накапливается поваренная соль, мирабилит и др. Органогенные осадки образуются в результате отмирания растений и животных. В донной части озёр отлагается смесь органического и минерального ила, называемая глинистым илом или сапропелем. Его образование обусловлено отмиранием низших водорослей и планктонных животных организмов. Сапропелитовые отложения по мере заболачивания озёр перекрываются торфом - продуктом разложения без доступа воздуха отмершей растительности. Образование торфа - это основной процесс в геологической деятельности болот.

**в) диагенез осадков**

Перечисленные выше экзогенные процессы ведут к образованию отложений, которые можно разделить на две большие группы - морские и континентальные. Рыхлые осадки под действием физико-химических и биохимических факторов в течение длительного времени видоизменяются и постепенно превращаются в осадочные породы. Этот процесс носит название диагенеза. Дальнейшее преобразование осадочных пород по мере их погружения и роста температур и давлений получил название катагенеза.

Пески и алевриты при уплотнении и цементировании превращаются в песчаники и алевролиты. Образование доломита связано с частичным замещением кальция в первичном известняке магнием под воздействием морской воды. С катагенезом связывают возникновение нефти и горючего газа из органического вещества, содержащегося в породах. В диагенезе происходит последовательное превращение остатков растений без доступа воздуха в торф и далее в бурый уголь, сапропеля – в горючие сланцы. Последующая модификация бурого угля в каменный уголь и антрацит идет в катагенезе. При большем росте давления и температуры в условиях метаморфизма происходит графитизация угля и органического вещества горючих сланцев.

**4.1.2 Эндогенные процессы**

В настоящее время основная роль в эндогенных процессах отводится радиогенному теплу, выделяющемуся при распаде неустойчивых элементов и потенциальной энергии силы тяжести, возникающей при гравитационных уплотнениях вещества Земли. К эндогенным процессам относятся тектонические, магматические и метаморфические.

**а) тектонические процессы**

Тектонические движения подразделяются на два основных типа: вертикальные и горизонтальные. В каждом из этих типов в зависимости от глубины зарождения выделяют три наиболее крупных класса тектонических движений: глубинные, коровые и поверхностные. Тектонические движения могут быть быстрыми к(атастрофическими) с существенными амплитудами, достигающими нескольких метров в минуты, и медленными с небольшими амплитудами перемещений (миллиметры в год), часто колебательного характера.

Катастрофические подвижки часто сопровождаются землетрясениями.Глубинные движения зарождаются в мантии (ниже астеносферы) или ядре и могут быть вызваны процессами дифференциации вещества или изменением объема планеты. Глубинные вертикальные движения обуславливают планетарные трансгрессии (наступления на сушу) и регрессии (увеличение поверхности континентов) океана, поднятия и опускания крупных сегментов континентального и океанического масштабов.

Коровые движения, как вертикальные, так и горизонтальные, могут быть вызваны фазовыми превращениями вещества астеносферы и литосферы, ротационными силами. Они приводят к образованию складчатых областей и платформ, обуславливают процессы орогенеза.

Поверхностные тектонические движения проявляются в осадочном чехле

земной коры и вызываются пластичным течением солей и глин, гравитационным

соскальзыванием и т. п.

Тектонические движения приводят к изменению очертаний океанов, морей и континентов и их составляющих. При опускании земной коры в районах, сопредельных с морем, и происходит наступление моря на сушу. Смена опусканий поднятиями ведет к регрессии.

Трансгрессия моря сопровождается отложением морских осадков в определенной последовательности. В большинстве случаев абразия выравнивает неровности эрозионного рельефа, образуя террасовую поверхность несогласия, на которую откладываются молодые осадки. При несогласном залегании часть слоев и даже целые комплексы могут выпадать из разреза за счет их размыва или перерыва в накоплении осадков, либо за счет совместного влияния обоих факторов. Если молодые породы залегают на размытой поверхности древних пород, имеющих иной, чем они угол падения, то такое несогласие называется угловым.

**б) магматические процессы**

Магматическими процессами называются все процессы, с которыми связано образование магмы и магматических пород, а также явления, обусловленные деятельностью магмы. В случае внедрения магмы в земную кору образуются интрузивные (глубинные) горные породы. Магма, излившаяся на поверхность земной коры, образует эффузивные (излившиеся) горные породы. Магма имеет огненно-жидкий сложный, обычно силикатный расплав, возникающий в недрах Земли. Переход вещества из твёрдого состояния в магму сопровождается резким возрастанием давления за счёт энергии газов и перегретых паров, содержащихся в магме. Взрывы газа приводят к образованию в земной коре каналов, по которым магма устремляется к поверхности Земли. Магматический расплав, излившийся на поверхность и потерявший значительную часть летучих компонентов

**Интрузивный (глубинный) магматизм**

Процесс внедрения магмы в земную кору называется интрузией. Интрузией называется и магматическое тело, образовавшееся при застывании магмы на глубине в земной коре. Формы интрузии различны. Батолиты - огромные массивы магматических пород неправильной формы, образовавшиеся глубоко в земной коре. Небольшие батолиты, площадью менее 200 км2, называются штоками. Лакколиты - это тела в форме гриба, встречающиеся в верхних слоях земной коры. Секущие жилы или дайки - это плитообразные тела, образовавшиеся в результате заполнения полостей трещин магматическими расплавами. На поверхности жила выступает в виде стены при разрушении менее крепких вмещающих пород. Горизонтальные пластовые интрузии, образовавшиеся при внедрении магмы между пластами горных пород, называются силлами.

Факолиты – это тела линзовидной формы, которые располагаются в сводах складок согласно пластам вмещающих пород.

**Эффузивный (поверхностный) магматизм**

Проявлением магматизма на поверхности является вулканизм. Под вулканизмом понимают комплекс всех явлений, связанных с деятельностью вулканов. В настоящее время на земном шаре насчитывается более 800 действующих вулканов и несколько тысяч потухших. В зависимости от характера каналов, по которым магматический расплав поднимается к поверхности Земли, выделяют два основных типа вулканов: трещинный и центральный.

В вулканах трещинного типа лавы изливаются из трещин (разломов), рассекающих земную кору. Вулканы центрального типа имеют форму усечённого конуса, образованного продуктами извержения. В центре вулкана расположено жерло, непосредственно соединяющееся с вулканическим очагом. Верхняя, расширяющаяся часть жерла в виде воронки, называется кратером. Обвалившийся кратер называется кальдерой, а его стенки в виде плоского вала называют соммой.

При последующем извержении лавы на дне кальдеры образуется конус. Продукты вулканических извержений представлены газообразным, твердым и жидким веществом.

Газообразные продукты. Во время извержений в их составе преобладают пары воды, углекислота, иногда водород, сероводород, азот и хлористый водород.

Твёрдые продукты вулканических взрывных извержений в зависимости от величины обломков подразделяют на пепел (частицы лавы до 1 мм), песок (1 - 2 мм), лапилли (2 - 30 мм), бомбы (до 15 м в поперечнике). Твёрдые продукты извержений постепенно уплотняются, цементируются и превращаются в породу, называемую туфом.

Жидкие продукты извержений представлены лавой, которая, растекаясь по поверхности, образует лавовые покровы, потоки или нагромождения, которые слагают вулканические покровы. При остывании вязкой сильно газированной лавы образуется легкая пористая порода - пемза.

Поствулканические процессы приурочены к завершающей фазе деятельности вулканов. Они могут продолжаться длительное время в виде извержений небольших грязевых вулканов (сальз), фонтанирования пара и горячих источников термальных и термоминеральных вод (термы и гейзеры). Гейзеры - периодически извергающиеся горячие источники с температурой воды до 100 о С и выше.

Вулканические зоны. Вулканы возникают по глубинным разломам и расположены в зонах повышенной тектонической активности. Принято различать три современных вулканических пояса:

• Тихоокеанский - приурочен к берегам Тихого океана вдоль Южной и Северной Америки, Алеутских островов, Камчатки, Курильских и Японских островов, Филиппин, Новой Гвинеи и Новой Зеландии; • Средиземноморско-Индонезийский - протягивается из бассейна Средиземного моря через Турцию, Андаманские острова, о. Суматру, о. Ява к Новой Гвинее, где он соединяется с Тихоокеанским поясом. Наиболее активные участки расположены в районе Малайского архипелага; • Атлантический - проходит через Исландию, острова Азорские, Канарские, Зелёного Мыса, Вознесения, Св. Елены, Тристан - да - Кунья.

**в) метаморфические процессы (метаморфизм горных пород)**

Метаморфизмом горных пород называется совокупность процессов, происходящих ниже зоны выветривания и вызывающих изменения горных пород под действием высоких давления и температуры и химически активных веществ. Различают три основных типа метаморфизма: динамометаморфизм, контактовый и региональный (метаморфизм нагревания).

Динамометаморфизм - это изменение горных пород при высоких температурах под действием также высокого давления, возникающих в зонах интенсивной складчатости и крупных разломов земной коры. Породы приобретают сланцеватость, подвергаются механическому дроблению, перетиранию. Распространён локально.

Контактовый метаморфизм представляет собой изменение горных пород под воздействием магмы, а также выделяющихся из неё летучих веществ и гидротермальных растворов.

Региональный метаморфизм - это процессы, протекающие на больших глубинах в результате совместного воздействия на горные породы высокого давления и температуры, высокой температуры магмы и постмагматических растворов. Он приводит к глубоким преобразованиям минерального состава и структуры исходных горных пород, которые приобретают сланцеватость, гнейсовидность и могут частично переплавляться. **Землетрясения**

Землетрясением называется колебание земной поверхности, вызванное в основном естественными причинами, среди которых главное значение принадлежит тектоническим процессам. Кроме тектонических землетрясений выделяют вулканические, обвальные и техногенные.

Тектонические землетрясения обусловлены образованием в земной коре разломов и движением по ним крупных глыб земной коры. Такие землетрясения наиболее сильные и широко распространены (95 %) .

Вулканические землетрясения возникают в результате толчков, вызванных взрывами газов в процессе извержения вулканов. Иногда эти землетрясения могут достигать огромной силы.

Обвальные землетрясения связаны с обвалами горных пород на поверхности, провалами подземных пустот, например, карстовых. Сила этих землетрясений и области распространения невелики.

Место в земной коре или верхней мантии, где возник подземный толчок, и откуда расходятся упругие колебания (сейсмические волны), называются фокусом землетрясения, или гипоцентром. Глубина гипоцентра в большинстве случаев составляет 50 - 60 км. Проекция гипоцентра на поверхность Земли называется эпицентром.

Сила землетрясений, или интенсивность, оценивается по 12 - балльной шкале. Наибольшие разрушения несут землетрясения в 8 баллов и более. Техногенные землетрясения могут происходить в результате искусственных перемещений крупных горных массивов или водных масс, например, при строительстве крупных водохранилищ, или долговременной откачки подземных вод.

**Контрольные вопросы**

1. Каковы причины экзогенных геологических процессов?

2. Какие причины эндогенных геологических процессов Вам известны ?

3. Каковы последствия геологических процессов?

4. Каковы причины экзогенных процессов?

5. Как происходит разрушительное действие экзогенных процессов?

6. Назовите виды выветривания горных пород?

7. Какие виды денудационной геологической деятельности Вам известны?

8. Назовите виды геологической деятельности ветра?

9. Назовите виды геологической деятельности поверхностных текучих вод?

10. Назовите виды пластовых вод?

11 Какие процессы относятся к эндогенным?

12 Назовите основные формы тектонических движений?

13 Назовите разновидности коровых движений?

14 Какие виды магматических процессов Вы знаете?

15 Назовите формы интрузий?

16 Какие типы вулканов Вы знаете?

17 Из каких элементов состоит вулкан?

18 Перечислите продукты вулканических извержений?

19 Что Вы знаете о вулканических поясах Земли?

20 Какие типы метаморфизма Вам известны?

21 Какие виды землетрясений выделяют?

**Лекция 5 Основы минералогии**

5.1 Понятие о минералах. Образование минералов

5.2 Физические свойства минералов

5.3 Классификация минералов и их характеристика

5.4 Породообразующие минералы

5.5 Контрольные вопросы

**5.1 Понятие о минералах. Образование минералов**

Минералами называются природные химические соединения или самородные элементы, образовавшиеся в результате различных физико-химических процессов в недрах Земли или на ее поверхности. Изучением химического состава минералов, их физических свойств и условий происхождения занимается минералогия. Кристаллические формы и внутреннее строение минералов рассматриваются в кристаллографии.

В природе известно свыше 8000 минералов. По физическому состоянию они подразделены на жидкие, газообразные и твердые. К жидким относят воду, нефть, ртуть; к газообразным – природные газы, например, метан и сероводород. Однако основная часть минералов – твердые. В зависимости от расположения молекул и атомов твердые минералы бывают кристаллические и аморфные. У минералов, находящихся в кристалическом состоянии, молекулы и атомы располагаются в строго определенном для данного вещества порядке, образуя структурную решетку. Физические свойства таких минералов постоянны в любых параллельных направлениях и меняются в непараллельных. Другими словами, кристаллические тела разносвойственны или анизотропны. Аморфные минералы характеризуются беспорядочным расположением молекул и атомов. Их физические свойства развиваются во всех направлениях одинаково, поэтому эти тела равносвойственны, или изотропны. Минералы, находящиеся в кристаллическом состоянии, встречаются в природе чаще всего в виде агрегатов (скоплений зерен), реже - в виде кристаллов правильной формы. Наиболее распространены следующие агрегаты:

• зернистые, представляющие собой более или менее однородные скопления сросшихся минеральных зерен; • друзы – агрегаты кристаллов, сросшихся у основания; • конкреции – образования шарообразной формы, имеющие концентрическое или радиально – лучистое строение с зонками от центра к их периферии;

• жеоды – небольшие секреции;

• секреции – концентрически зональные минеральные выполнения пустот в горных породах с последовательностью зон от периферии к их центру; • оолиты – образования шаровидной и элипсоидальной формы, имеющие концентрически – скорлуповатое и иногда радиально – лучистое строение; характеризуются наличием в центре минеральных обломков, органических остатков или пузырьков газа; часто встречаются в известняках, осадчоных рудах железа и марганца, бокситах, кремнистых породах;

• дендриты – древовидные образования, состоящие из отдельных, сросшихся друг с другом кристаллов ветвеобразной формы, возникающей вследствие быстрой кристаллизации минералов;

• натечные формы – образуются в результате выделения минерального вещества из растворов – это сталактиты, сталагмиты, почковидные агрегаты и др. Форма кристаллов может быть самой различной: тетраэдр (четыре грани), куб (шестигранник), октаэдр (восьмигранник), додекаэдр (двенадцатигранник), трех-, четырех-, шестигранные призмы и пирамиды, а также более простые. Образование минералов. Минералы образуются из газообразных, жидких и твердых веществ. Кристаллизация - переход из жидкого состояния в кристаллическое - может происходить из расплава или из раствора. Кристаллизационная способность у различных веществ неодинакова. Она определяется числом центров кристаллизации, образующихся за единицу времени в единице объема и скоростью роста кристалла. При большей скорости образо-вания центров кристаллизации возникает много мелких кристаллов, при малом количестве центров возникают крупные кристаллы.

Иногда встречаются так называемые зональные кристаллы. Зональное строение их обусловлено перерывами в кристаллизации или какими-либо примесями, которые попали в кристалл из раствора в процессе его роста. Процессы минералообразования подразделяются на эндогенные и экзогенные.

Образование минералов эндогенного происхождения связано с разнообразными процессами магматической и постмагматической деятельности. Магматический процесс — минералы возникают при кристаллизации магматического расплава на больших и средних глубинах (от первых до десятков и первых сотен км). Так возникли все минералы, слагающие магматические и вулканические породы. Это оливин, пироксены, роговая обманка, полевые шпаты,кварц, слюды и другие породобразующие минералы, а также некоторые руды, представленные соединениями хрома, никеля, меди, железа и др. Кроме того, это продукты возгонки (сублимации) при вулканическом процессе – сера и квасцы В пегматитовом процессе минералы образуются из остаточного магматического расплава, обогащенного газами.

Пегматиты - жильные тела с крупными кристаллами и отличающиеся внутренней зональностью. Главными минералами являются полевые шпаты, кварц, слюды, турмалин, берилл, касситерит, минералы редких земель, лития и др.

Скарновый процесс происходит на контакте остывающей интрузии и карбонатных пород. В результате резких перепадов концентраций, давления, температур и других физико-химических параметров в зоне контакта формируются зонально построенные моно-, ди или полиминеральные агрегаты гранатов, пироксенов, полевых шпатов, слюд, кальцита, эпидота и др. Здесь же образуются рудные минералы бора (например, датолит), вольфрама (шеелит), железа (магнетит), свинца и цинка (галенит и сфалерит), мели (халькопирит), молибдена (молибденит) и др.

Пневматолитовый процесс (пневматолиз) - образование минералов из газов, выделяющихся из магмы. Различают вулканический и глубинный пневматолиз. Ярким минералом вулканического происхождения является самородная сера (Камчатка, Курильские острова). В условиях глубинного пневматолиза возникают грейзены, сложенные кварцем, слюдами, топазом, турмалином, и включающие руды лития, бериллия, вольфрама, олова, ниобия, тантала и флюорита.

Гидротермальный процесс связан с движением в недрах горячих водных растворов, отделяющиеся от магмы, и нагретых метеорных вод, выносом из магматического очага, а также из боковых пород, по которым они движутся, соединений металлов. С этим процессом связано формирование жил и вкрапленных руд вольфрама (вольфрамит), олова (касситерит), молибдена (молибденит), меди, золота, серебра, свинца, цинка, сурьмы, ртути и др.

Минералы экзогенного происхождения образуются вблизи и на поверхности Земли при участии поверхностных и подземных вод, кислорода воздуха, углекислоты и жизнедеятельности организмов. Под их влиянием первичные минералы, образовавшиеся из магмы и ее летучих продуктов или гидротермальных растовров, подвергаются механическим, химическим и физико-химическим преобразованиям и образуются новые минералы, устойчивые для условий земной поверхности.

Выветривание. Продукты механического разрушения, химического и биологического разложения горных пород формируют коры выветривания, бразованные многочисленными минералами вторичного происхождения. При выветривании образуются глинистые минералы, включая каолинит и бокситы (руда на алюминий).

В результате окисления гидротермальных рудных жил с большим содержанием сернистых минералов (пирит, халькопирит, галенит, сфалерит и др.) возникают новые минералы в виде окислов, гидратов окислов и солей - бурый железняк, малахит, куприт и др.

Осадочный процесс. В ходе этого процесса происходит переотложение продуктов физического и химического выветривания минералов и горных пород и образование новых минералов. Последние могут выпадать из пересыщенных растворов (галит, карналлит, сильвинит, кальцит, гипас, селитра, руды железа, марганца, алюминия и др.), являться продуктами жизнедеятельности животных и растений (кальцит, фосфориты, минералы кремнезема и др.) и формироваться при преобразовании осадка (пирит, глауконит и др.).

Процессы катагенеза связаны с преобразованием осадочных пород при их погружении на глубины в несколько километров. В зоне катагенеза действуют захороненные и проникающие сверху инфильтрационные подземные воды. В результате этого формируются вторичные минералы: хлорит, карбонаты, кварц, полевые шпаты, хлорит; руды урана, редких металлов, меди, свинца, цинка, серы, а также залежи углеводородов.

Метаморфогенные процессы связаны со сложными физико-химическими изменениями состава и структуры пород и минералов, попадающих в глубокие зоны земной коры. В условиях высоких температур и давлений в ходе общего медленного прогрева на больших площадях происходит перекристаллизация пород, возникают новые минералы. Метаморфогенные изменения происходят также: в результате контактового теплового воздействия магматических расплавов на вмещающие породы; в зонах крупных разломов (сдвигов и надвигов); при падении крупных космических тел (минералы тектитов).

Космогенные минералы, являются составными частями каменных и железных метеоритов и пород Луны. Каменные метеориты по минеральному составу близки к земным изверженным основным и ультраосновным породам.

Железные метеориты не похожи на горные породы земной коры и состоят из самородного никелистого железа, в котором содержится в среднем около 10% никеля. В составе метеоритов установлено 64 минерала, большинство из них встречается в земных горных породах. Минералы метеоритов и лунных пород имеют несколько иные химические и физические признаки и морфологию (внешний вид) кристаллов, чем минералы изверженных пород Земли.

Парагенетические ассоциации минералов. Это группы минералов, характеризующихся совместным нахождением в природе в результате единого одноврменного процесса минералообразования. Знание парагенетических ассоциаций минералов помогает ориентироваться в их происхождении, позволяет обосновать вероятное наличие минералов, не обнаруженных на месторождении, но характерных для данного парагенезиса. Понятие о парагенезисах широко используется при поисках полезных ископаемых. Например, коренное золото обычно встречается в жилах, заполненных молочно-белым кварцем.

Особый случай представляет совместное нахождение первичных минералов и образовавшихся за их счет вторичных. Например, халькопирита и других сульфидов меди с продуктами их оксиления в виде малахита, куприта и др. Искусственные минералы. В настоящее время известно много способов получения искусственных минералов из растворов и расплавов. Большое значение имеет получение искусственных технических и драгоценных камней и твердых сплавов: пьезокварца, рубина, алмаза, сапфира, изумруда, карборунда.

**5.2 Физические свойства минералов**

К основным физическим свойствам минералов относят кристаллическую форму, цвет в образце и цвет тонкого порошка (черты), побежалость, прозрачность, блеск, твердость, спайность, излом, плотность, и др. На основани этих свойств можно определить большинство минералов, не прибегая к химическому анализу. Кристаллическая форма является самым точным внешним признаком для определения минералов. Однако в природе минералы встречаются главным образом в виде зерен неправильной форы, не имеющих четко – выраженных кристаллических граней, и установить их кристаллическую форму невооруженным глазом очень трудно, для этой цели применяются оптические методы исследования шлифов (прозрачных тонких срезов или полированных образцов).

Иногда минералы образуют кристаллические формы, несвойственные им. Это обусловлено замещением ранее существовавших минералов с сохранением их внешней формы. Такое явленияе называется псевдоморфизмом. Например, встречающиеся в природе кубы лимонита, никогда не образующего кристаллы, представляют псевдоморфозу по пириту, кристаллы которого имеют форму куба.

Цвет минералов – важный признак для их характеристики и диагностики. Различают цвет минералов в образце и цвет тонкого порошка – черты. Цвет минералов может быть обусловлен внутренними их свойствами, незначительными изоморфными примесями и включениями посторонних минералов, различными световыми эффектами (преимущественно с явлениями интерференции). Поэтому цвет одного и того же минерала может иметь различные оттенки.

Цвет черты – цвет тонкого порошка минерала, который образуется, если минералом провести черту на неглазурованной поверхности фарфоровой пластинки. Цвет черты может отличаться от цвета образца.

Побежалость – окраска минералов, связанная с появлением на них тончайшей пленочки других минералов Чаще побежалость бывает радужной, переливающейся различными цветами, напоминающими окраску тонких пленок нефти, иногда одноцветной.

Блеск минералов обусловлен их способностью отражать свет и зависит в основном от показателя преломления света. Различают блеск металлический и полуметаллический, стеклянный, алмазный, перламутровый, смолистый, восковой и другие.

Твердость минералов – сопротивление механическому воздействию другого более прочного тела. Точное определение твердости минерала производится специальными приборами – микротвердометрами. Приближенно она оценивается по эталонным минералам шкалы Мооса, которая составляет 10 минералов в порядке увеличения твердости на единицу: 1- тальк, 2 – гипс, 3 –кальцит, 4 – флюорит, 5 – апатит, 6 – ортоклаз, 7 – кварц, 8 – топаз, 9 – корунд, 10 – алмаз. Если один из минералов царапает другой, то он считается более твердым. Для определения твердости какого-либо минерала его сравнивают с парой смежных эталонных минералов.

Спайность минералов – свойство кристаллов раскалываться по плоскостям, параллельным действительным и возможным граням. Эти плоскости называются плоскостями спайности. Явление спайности объясняется особенностями внутреннего строения кристаллов. Различают несколько степеней спайности:

• при весьма совершенной спайности минерал легко расщепляется пальцами на отдельные пластинки (слюда, гипс);

• совершенная спайность проявляется в том, что при ударе молотком минерал раскалывается по ровным плоскостям (кальцит);

• для средней степени спайности характерно образование при раскалывании минерала ступенчатой поверхности с параллельными ступеньками (полевой шпат);

• при несовершенной спайности на обломках расколотого минерала лишь изредка можно обнаружить остатки плоскостей (берилл);

• у минералов с весьма несовершенной спайностью на изломе практически нельзя обнаружить ровных, параллельных друг другу поверхностей (кварц). Излом – это форма поверхности раскола, на которой нельзя обнаружить элементов спайности. Различают формы излома:

• раковистый, напоминающий волнистую поверхность раковины (сера);

• занозистый, напоминающий неструганную доску (роговая обманка);

• землистый, имеющий матовую поверхность, как бы покрытую мелкой пылью (мел, лимонит);

• зернистый, характерный для минералов с зернистым строением (мелкокристаллический кальцит или доломит).

Наряду с перечисленными общими для всех минералов свойствами ряд минералов обладает характерными только для них физическими свойствами, являющимися иногда их основными диагностическими признаками. К таким свойствам следует отнести прозрачность, ковкость, плавкость, магнитные свойства, реакции с кислотами, радиоактивность.

**5.3 Классификация минералов и их характеристики**

В зависимости от химического состава все минералы разделяются на несколько классов, важнейшими из которых являются: самородные элементы, сульфиды, галлоиды, окислы и гидроокислы, карбонаты, фосфаты, сульфаты, силикаты, а также природные органические соединения.

Самородные элементы. Это класс минералов, состоящих из какого- либо одного элемента. Они мало распространены в земной коре. К ним относится золото, серебро, медь, платина, алмазы, сера, графит и др. Сера – S. Встречается в виде кристаллов и землистых агрегатов, желваков, налетов; цвет соломенно–желтый до бурого; черта бесцветная, блеск жирный, твердость 1 – 2; спайность несовершенная; образуется при химическом и микробилаьном разложении гипса и сернистых соединений, при вулканических извержениях. Ипсользуется как высококачественное сырье для получения серной кислоты.

Сульфиды (сернистые соединения). Класс сульфидов объединяет свыше 250 минералов. В химическом отношении сульфиды представляют собой соединения различных элементов с серой (производные H2S). Наиболее распространены галенит, сфалерит, халькопирит, пирит, борнит, киноварь, молибдеит и др.

Галенит (свинцовый блеск – PbS). Кристаллы кубической формы; цвет свинцово-серый; черта серовато – черная, блестящая; непрозрачен; блеск металлический; твердость - 2,5; спайность совершенная по кубу; часто встречается с пиритом и сфалеритом; нередко содержит примеси серебра; происхождение гидротермальное. Используется в качестве руды на свинец и

серебро.

Халькопирит (медный колчедан – CuFeS2). Встречается в виде неправильных зерен и сплошных масс; кристаллы тетраэдрической и октаэдрической формы; цвет латунно – желтый, нередко с пестрой побежалостью; черта черная с зеленоватым оттенком. Блеск металлический; твердость 3 – 4; спайность несовершенная; непрозрачен; слабо анизотропен; происхождение различное. Применяется как медная руда.

Пирит (серный колчедан – FeS2). Самый распространеный сульфид. Встречается в виде кристаллов кубической формы, сплошных масс, конкреций и др.; цвет светло-желтый, часто с побежалостью латунно-желтого, бурого и пестрого цветов, непрозрачен, изотропен; твердость 6 – 6,5; спайность весьма несовершенная; происхождение различное. Применяется как сырье для получения серной кислоты.

Сфалерит (цинковый блеск или цинковая обманка - ZnS) распространенный сульфид цинка, Выделения в виде кубических или тетраэдрических кристаллов и мелкозернистых или колломорфных агрегатов. Цвет черный, бурый, красноватый, желтый, зеленый, белый, Блеск жирный алмазный, прозрачен или полупрозрачен. Спайность весьма совершенная по кубу. Твердость 3. Гидротермальное и вторичное (эпигенетическое) происхожднение. Основная руда на цинк и примесный галлий.

Галлоиды. Минералы этого класса представляют собой соли галлоидно – водородных кислот: HCl, HF, HBr. Наиболее распространены соли хлористой кислоты – галит и сильвин, из фторидов – флюорит.

Галит (поваренная соль – NaCl). Встречается в виде кристаллических агрегатов, реже – отдельных кристаллов кубической формы; или белого цвета, бывают разности красного, серого, синего, желтого цветов; прозрачен и просвечивает; твердость - 2; спайность совершенная в трех направлениях;

хрупкий; легко растворим в воде; вкус соленый; образуется в процессе осадконакопления; осаждается на дне соленых озер, залегает в виде пластов и штоков (изометричных тел).

Окислы и гидроокислы (оксиды и гидрооксиды). Минералы этого класса составляют около 17 % массы литосферы. Класс делится на две группы: окислы и гидроокислы кремния (кварц, халцедон, опал и др.); окислы и гидроокислы металлов (гематит, магнетит, лимонит, корунд и др.).

Кварц – SiO2. Один из наиболее распространенных в природе минералов, на его долю приходится более 12 % массы литосферы; встречается в виде зернистых агрегатов, часто образует кристаллы в форме шестигранной призмы, оканчивающиеся с одной или с двух сторон шестигранной пирамидой; грани часто покрыты тонкой поперечной штриховкой; цвет кварца различный; его бесцветная прозрачная разновидность – горный хрусталь, сероватая - дымчатый кварц, фиолетовая – аметист, черная – морион; блеск на гранях стеклянный, на изломе – жирный; твердость 7; спайность весьма несовершенная; излом раковистый, неровный; происхождение кварца различное. Скрытокристаллическая разновидность кварца, называется халцедон. Он образует плотные полупрозрачные массы, натечные образования, желваки молочно-серого, жетого и других цветов; полосчатая разновидность халцедона называется агатом, а загрязненная песком и глиной – кремнем.

Опал – SiO2х n H2O. Аморфный минерал, встречающийся в виде плотных

натечных масс; цвет желтоватый, оранжевый, красноватый, черный; блеск слабостеклянный, слабожирный; излом раковистый, неровный; твердость 5,5. При нагревании кусочков опала в пробирке выделяется вода, этим опал отличается от халцедона. Опал поделочный камень, благородный переливчатый опал – полудрагоценный.

Гематит (железный блеск - Fe2O3). Встречается в виде листовых, чешуйчатых, зернистых и землистых агрегатов, редко - в виде кристаллов ромбоэдрического строения; цвет в кристаллах стально-серый, до черного, в чешуйках просвечивает темно-красным, землистые агрегаты – красные; черта вишнево–красная; блеск металлический; твердость 5 – 6; спайность несовершенная; излом раковистый; непрозрачный; обладает магнитными свойствами; образуется при метаморфических и гидротермальных процессах. Гематит слагает железные руды.

Магнетит (магнитный железняк – FeOхFe2O3). Встречается в виде зернистых масс, вкраплений, кристаллов; цвет железо–черный с синеватым оттенком; черта черная; блеск металлический; непрозрачный, твердость 5,5 – 6 ,5 ; спайность несовершенная; обладает сильными магнитными свойствами. Один из главных рудных минералов железа. Наиболее крупные месторождения имеют метаморфическое происхождение.

Карбонаты. Класс карбонатов объединяет минералы, являющиеся солями угольной кислоты H2CO3. Для всех карбонатов характерна способность вступать в реакцию с соляной кислотой HCl с выделением CJ2 («вскипанием»). На их долю приходится около 2 % массы земной коры. Некоторые карбонаты являются рудами металлов: железа, марганца, меди, цинка, свинца и др. Кальцит (известковый шпат – CaCO3), самый распространенный минерал этого класса, он целиком слагает такие породы, как известняк, мел и мрамор; бесцветный, белый, из-за примесей иногда имеет желтый, розоватый, сероватый и голубоватый тон; черта белая; блеск стеклянный, иногда перламутровый; прозрачный или просвечивает, прозрачные кристаллы кальцита называются исландским шпатом; твердость 3; спайность совершенная; бурно реагирует с соляной кислотой; происхождение осадочное, гидротермальное, биогенное, может быть также продуктом метаморфизма. Применяется в строительной, химической, металлургической, оптической и других отраслях промышленности.

Доломит – Ca,Mg,(CO3)2. Встречается в виде кристаллически зернистых масс, оолитовых, почковидных, шаровидных и других агрегатов; цвет белый, сероватый, красноватый, зеленоватый; блеск стеклянный; твердость 3,5 – 4; спайность совершенная; реагирует с HCl в порошке или при нагревании; происхождение гидротермальное и осадочное. Применяется в строительной, металлургической и других отраслях промышленности.

Фосфаты. Фосфаты относительно слабо распространены. Их масса не превышает 0,1 % массы литосферы. Из многочисленных минералов этого класса в основном солей ортофосфорной кислоты наиболее практическое значение имеют апатит.

Апатит – Ca5(PO4)3[(OH, F, Cl)]. Встречается в виде мелкозернистых масс, реже в виде отдельных кристаллов форме шестигранной призмы, достигающих больших размеров; цвет белый, зеленый, фиолетовый, бурый; черта светлая; блеск стеклянный, на изломе жирный; твердость - 5; спайность

несовершенная; излом неровный; образуется магматическим путем при внедрении щелочных магм. Служит сырьем для получения фосфора и фосфорных удобрений. Скрыто- микрокристаллический апатит входит в состав фосфоритов -фосфорных руд в основном осадочного происхождения.

Фосфориты - породы, обогащенные P2O5 более, чем 9%, состоящие из апатита, кварца, карбонатов и глинистых минералов. Они образуются в результате экзогенных процессовв основном осадочным биогенным путем. Апатит из фосфоритов легко растворяется при нагревании в соляной и азотных кислотах. Применяются для получения супефосфата.

Сульфаты. Минералы этого класса – соли серной кислоты. Образуются они в основном в результате осаждения солей серной кислоты в лагунах и озерах пустынь и при окислении сульфидов. Наиболее распространены гипс и ангидрит.

Гипс – CaSO4х2H2O. Встречается в виде толсто- и тонко-таблитчатых кристаллов; цвет белый, бесцветный, примеси обуславливают различные цветные тона; черта белая; блеск стеклянный; твердость-2; спайность весьма совершенная. При обезвоживании гипс переходит в ангидрит.

Ангидрит – CaSO4. Встречается в виде плотных мелкозернистых масс; цвет белый; блеск стеклянный, просвечивает; твердость 3 – 3,5; спайность совершенная. Гипс и ангидрит используется при производстве строительных материалов. Сииликаты. Самый многочисленный класс минералов. На их долю приходится до 33 % всех минералов. Силикаты составляют до 75 % массы земной коры (без кварца, сходного с ними по внутренней структуре). Участвуют в образовании пород, некоторые представляют собой ценные полезные ископаемые: драгоценные камни, слюды, керамическое сырье, руды лития и бериллия. Силикаты – соли кремниевых и аллюмокремниевых кислот. Наиболее распространены полевые шпаты. На их долю приходится до 50 % массы земной коры. В свою очередь, полевые шпаты делятся на калиевые полевые шпаты и плагиоклазы. Из калиевых полевых шпатов наиболее распространен ортоклаз.

Ортоклаз – KAlSi3O8. Является составной частью осадочных, изверженных и метаморфических пород; встречается в виде зернистых масс и кристаллов таблитчастой формы; цвет белый, светло–серый, розовый, мясо-красный; блеск стеклянный; твердость - 6; спайность совершенная; разновидностью ортоклаза является микроклин.

Плагиоклазы. Объединяют группу минералов, состоящих из смеси двух конечных минералов этой группы; альбита- NaAlSi3O8 и анортита - CaAl2Si2O8, имеющих одинаковую кристаллическую решетку. Такая смесь минералов называется изоморфной. Группу плагиоклазов составляют следующие минералы: альбит, олигоклаз, андезин, лабрадор и анортит.

Одну из групп силикатов составляют пироксены.

Роговая обманка. Характеризуется очень сложным и непостоянным химическим составом; кристаллы представляют собой удлиненные четырех- и шестигранные призмы; встречаются в виде волокнистых и плотных масс и отдельных кристаллов; цвет темно–зеленый, черный; черта зеленая; твердость 5,5; спайность совершенная в двух направлениях, в третьем направлении – заносистый излом; блеск стеклянный.

Большую группу минералов образуют листовые силикаты, к которым относят слюды: мусковит, биотит, тальк, серпентин, каолинит, глауконит и др. Мусковит (белая слюда – KAl2[(OH, F)2AlSi3O10] ). Бесцветный минерал; блеск стеклянный, перламутровый; прозрачный и полупрозрачный; твердость 2 – 3; спайность весьма совершенная, раскалывается на очень тонкие пластинки по плоскостям спайности; образуется при магматических и метаморфических процессах. Применяется в электро- и радиотехнике.

Каолинит (фарфоровая глина – Al4[(OH)8|Si4O10]. Встречается в виде плотных порошковидных и землистых масс; цвет белый, серовато – белый, желтоватый; твердость 1; излом землистый. Образуется при выветривании пород, содержащих полевые шпаты и светлые слюды. Применяется в строительстве, при производстве керамики и бумаги.

Природные органические соединения. Среди природных органических соединений особая роль отводится углеводородам. Это твердые, жидкие и газообразные химические соединения углерода (С) и водорода (Н) с примесью кислорода, серы и некоторых других элемнтов. В целом они получили название битоумов. Твердые органические соединения называеются битумами, среди которых выделяются асфальты, кериты и др. Все твердые битумы (за исключением озокерита) являются продуктами изменения тяжелых смолистых нефтей нефтяного ароматического типа. К жидким углеводородам относится нефть

Асфальты (горные смолы). Это хрупкие, смолистые изоморфные минералы темно–бурого, почти черного цвета; представляют собой смесь окисленных углеводородов с содержанием С от 67 до 88 %, Н – от 7 до 10 % и О + Н + S от 2 до 23 %; твердость 2. Являются продуктом преобразования нефтей с нафтеновым основанием; легко растворимы в скипидаре, хлороформе, сероуглероде; часто пропитывают пески и известняки, а также встречаются в виде жил, заполняют пустоты, образуя озера. Асфальты широко применяются в промышленности.

Асфальтиты. Так называется группа твердых и более чистых, чем асфальты ископаемых битумов – альберита, гремита, грахемита. Элементарный состав асфальтов и асфальтитов приблизительно одинаков. Цвет асфальтитов черный; хрупкие; поверхность излома блестящая; полностью растворяются в хлороформе; плавятся без видимого разложения.

Кериты. Это твердые, углеводородные битумы, образовавшиеся в результате метаморфизма нефтей. Их элементарный состав таков: С (80 – 90 %), Н (4 – 10 %), О+Н+S (2,5 – 10 %); твердые, очень хрупкие минералы черного цвета с сильным блеском; в органических растворителях полностью не растворяются; при нагревании не плавятся, а вспучиваются и разлагаются.

Озокериты (горный воск). Минералы от светло–желтого до черного цветов, с раковистым изломом; температура плавления 52 – 82 0 С. Озокериты горят ярким пламенем. Хорошо растворимы в бензине, керосине, нефти, сероуглероде, хлороформе. Широко используются в электротехнике, парфюмерии, медицине и текстильной промышленности.

Газообразные углеводороды объединяют природные углеводородные газы, среди которых выделяют сухие газы, попутные, газы газоконденсатных и газы каменноугольных месторождений.

**5.4. Породообразующие минералы**

Наиболее распространенные минералы, слагающие горные породы, называются породообразующими. К ним относятся полевые шпаты, кварц, пироксены, слюды, карбонаты, сульфаты и некоторые другие. Наряду с породообразующими выделяются второстепенные и акцессорные минералы. К второстепенным относятся минералы, присутствие или отсутствие которых не меняет тип породы и не влияет на основные ее свойства. Акцессорные минералы – это минералы, образующие количественно малую (< 1- 5 %), а качественно нередко характерную примесь в горных породах. Их можно использовать для диагностики сложных горных пород и определения возраста пород. Для каждой группы пород имеется строго определенный набор породообразующих минералов. Минералы, являющиеся для одних пород второстепенными, для других могут быть породообразующими.

**Контрольные вопросы**

1 Каковы физические свойства минералов?

2 Какие классы минералов Вам известны?

**Лекция 6 Основы петрографии**

6.1 Общие сведения о горных породах

6.2 Магматические породы

6.3 Осадочные породы

6.4 Метаморфические породы

6.5 Контрольные вопросы

**6.1 Общие сведения о горных породах**

Горными породами называются плотные или рыхлые агрегаты, слагающие земную кору и состоящие из устойчивого сочетания одного или ряда минералов и включений других пород. Петрография – это наука, занимающаяся изучением минерального и химического состава горных пород, их строения и условий залегания.

Горные породы образуются в результате геологических процессов, происходящих в недрах земной коры или на ее поверхности. В зависимости от происхождения они могут быть магматическими, осадочными и метаморфическими.

Строение горных пород определяется их структурой и текстурой. Структура – это особенности строения породы, обусловленные размерами, формой и особенностями срастания слагающих ее минералов, а также степенью кристалличности ее вещества. Различают несколько основных типов структур магматических пород. Полнокристаллическая структура характерна для пород, состоящих из кристаллических зерен минералов. По размерам зёрен различают следующие структуры: крупнозернистую (свыше 5 мм), среднезернистую (5 – 1 мм) и мелкозернистую (менее 1 мм). При скрытокристаллической (афанитовой) структуре зёрна минералов настолько малы, что едва различимы в микроскоп. Породы, имеющие стекловатую структуру, состоят из нераскристаллизовавшейся аморфной массы. При стекловатой массе выделяются отдельные кристаллы, называемые вкрапленниками.

Под текстурой (сложением) понимают расположение и распределение относительно друг друга основных частей породы в занимаемом ими пространстве. Различают несколько типов текстур:

• массивную или беспорядочную текстуру имеют породы, у которых нет какой – либо закономерности в расположении породообразующих минералов;

• слоистая текстура бывает у осадочных пород, состоящих из тонких слоев с разным составом, структурой, цветом, размерами;

• сланцевой текстурой характеризуются породы, расслоённные на тонкие пластины, расположенные в одном направлении;

• миндалекаменная текстура характерна для пород, содержащих миндалины,остав вещества которых резко отличен от состава вмещающей породы;

• у пород, имеющих флюидальную (признаки течения) текстуру, кристаллы минералов расположены в направлении потока лавы;

• пористую текстуру имеют породы, пронизанные видимыми на глаз порами, обусловленными газом, выделившимся при застывании магмы.

**6.2 Магматические породы**

Магматическими называются породы, образующиеся в результате остывания и затвердевания магмы, как на глубине, внутри земной коры, так и на земной поверхности после излияния. В зависимости от этого они делятся на глубинные, или интрузивные, и излившиеся, или эффузивные. Интрузивные породы также подразделяются на: абиссальные, застывшие на большой глубине (примерно более 5 км), и гипабиссальные, застывшие на небольшой глубине. Эффузивные породы, не подвергшиеся изменению, называются кайнотипными, а более древние, претерпевшие различные изменения, – палеотипными.

Интрузивные и эффузивные породы имеют различную структуру и текстуру. Абиссальные породы характеризуются полнокристаллической структурой и массивной текстурой. Для эффузивных пород более характерна стекловатая, скрытокристаллическая, порфировая структуры и флюидальная, пористая, миндалекаменная, а иногда и массивная текстуры. Кайнотипные породы имеют обычно пористую текстуру. У палеотипных пород, отличающихся большой плотностью, минералы порфировых выделений сильно замещены вторичными минералами. Гипабиссальным породам свойственна порфировая структура. Однако эти породы, как промежуточные по условиям образования, могут иметь и полнокристаллическую структуру. Таким образом, по структуре и текстуре можно определить некоторые условия образования горных пород.

Магматические породы отличаются по химическому и минералогическому составу, а также по физическим свойствам. Различия в химическом составе определяются главным образом содержанием кремнекислоты (SiO2). По этому признаку интрузивные и эффузивные породы разделяют: кислые (SiO2 – от 75 до 65 %), средние (SiO2 – от 65 до 52 %), основные (SiO2 – от 52 до 40 %) и ультраосновные (SiO2 менее 40 %). Крайние степени кислотности магматических пород определются содержанием в них кварца и оливина, которые вместе не встречаются. Кислые породы содержат много SiO2 , избыток которого представлен зёрнами кварца. В средних породах кварца практически уже нет. В основных породах с уменьшением содержания кремнекислоты возрастает содержание оливина. Больше всего оливина в ультраосновных породах.

Степень кислотности характеризуется также цветом и относительной плотностью породы. Цвет породы зависит от наличия таких цветных минералов, содержащих железо, как биотит, роговая обманка, авгит и др. В кислых породах преобладают светлые силикаты – мусковит и полевые шпаты. Чем кислее породы, тем они светлее. В основных породах возрастает

содержание темного силиката – авгита.

Кислые породы. Породообразующими минералами кислых пород являются калиевые полевые шпаты, кислые плагиоклазы, кварц и цветные минералы, слюды, амфиболы и изредка пироксены. Содержание полевых шпатов в кислых породах до 60 – 70%, что определяет их светлую окраску. Среди кислых пород наиболее распространены интрузивные породы – гранит и гранодиорит, а реже их эффузивные аналоги – липарит, кварцевый порфир.

Гранит – абиссальная порода, имеющая полнокристаллическую структуру. Цвет красный, розовый, серый, желтоватый; разновидность гранита без слюды называется аплитом. Разнообразные граниты широко распространены. Используется в строительном деле. С гранитами связаны месторождения пегматитов и руд олова, вольфрама, молибдена, меди, урана и редких металлов.

Средние породы. Породообразующие минералы средних пород – светлые плагиоклазы или калиевые полевые шпаты и цветные – слюды, роговая обманка, реже авгит. Такое соотношение минералов определяет светлую окраску пород. К представителям средних интрузивных пород относятся сиениты и диориты, а эффузивных – андезиты и трахиты.

Сиениты – абиссальная порода с полнокристаллической, среднезернистой структурой; цвет – от розового до сероватого; залегает в виде самостоятельных интрузивных тел или встречается по краям гранитных массивов. С сиенитами нередко связаны месторождения железа, меди, золота, вольфрама и др.

Диориты – абиссальная порода с полнокристаллической структурой, залегает в виде штоков или на периферии кислых интрузивных массивов. С диоритами связаны месторождения меди и полиметаллов.

Основные породы. Главными породообразующими минералами являются пироксены (авгиты) и плагиоклазы (часто лабрадор), а в меньшем количестве роговая обманка и оливин. Окраска пород темная. У интрузивных пород на темном фоне выделяются тёмно–серые зерна плагиоклазов. Основные представители интрузивных пород – габбро и диабазы, а их излившиеся аналоги – базальты. В некоторых сильно дифференцированных массивах основных пород имеются залежи платино-медно-никелевых сульфидных руд. Габбро – абиссальная полнокристаллическая, темноокрашенная порода, состоящая из авгита, роговой обманки и плагиоклаза. Разновидность, состоящая из лабродора, называется лабродоритом. С габбро могут быть связаны месторождения меди, железа, ванадия, золота и фосфора.

Диабазы – полнокристаллическая средне- и мелкозернистая порода полеотипного облика, состоящая из авгита и плагиоклаза; имеет офитовую (диабазовую) структуру, для которой характерна лучшая огранка кристаллов плагиоклаза, чем пироксена (авгита); окраска породы от зеленовато – серой до темно – зеленой.

Ультраосновные породы. Породы этой группы почти целиком состоят из оливина и пироксена, богатых окислами железа и магния. Из–за темного цвета этих минералов породы имеют темную или черную окраску с зеленоватым отттенком. Эффузивные ультраосновные породы очень редки. Основные представители этих пород – дунит, пироксенит и перидотит. С массивами ультраосновных пород связаны месторождения алмазов, платины и платиноидов и хрома.

Дунит состоит в основном из оливина; цвет желтовато – зеленый разных отттенков; широко развит на Урале. С дунитами связаны месторождения хромита и платиноидов.

Пироксенит образован главным образом пироксеном (авгитом) с небольшим содержанием оливина; структура полнокристаллическая от мелко- до крупнозернистой; цвет черный.

**6.3 Осадочные породы**

Формирование осадочных пород обусловлено экзогенными процессами. Среди осадочных пород выделяют обломочные, хемогенные и органогенные породы. Обломочные породы (кластические). Эти осадочные породы образуются в результате разрушения прежде существовавших пород, переноса их обломков в бассейны осадконакопления и дифференциации в процессе осаждения.

Основной текстурной особенностью обломочных пород является их слоистость, которая может быть - преимущественно горизонтальной, косой и неправильной. Выделяют также волнистую слоистость. Текстурные особенности обломочных пород определяются характером, взаиморасположением и количественным соотношением зёрен породы и цементирующих веществ.

Цементом называются минеральные вещества, заполняющие в осадочных породах промежутки между зёрнами и обломками породы, и связывающие их между собой. Различают мономинеральные и полиминеральные цементы. Состав последних крайне разнообразен. Чаще всего встречаются различные глинистые и карбонатные цементы.

Цементирующее вещество может развиваться в местах контакта зёрен породы (контактовый цемент), неравномерно распределяться в породе в виде локальных участков (пятнистый или сгустковый), обвалакивать зёрна породы в виде пленки (пленочный), развиваться в порах между соприкасающимися зёрнами (поровый). Если несоприкасающиеся зёрна породы погружены в цементную массу, то такой цемент называют базальным. В осадочных породах чаще встречаются комбинации двух или более перечисленных типов цементов. В соответствии со структурными особенностями обломочные породы подразделяются на крупно-, средне-, мелко- и тонкообломочные.

Крупнообломочные породы (псефиты) состоят преимущественно из обломков различного состава размером более 2 мм. Различают крупнообломочные породы несцементированные и сцементированные. Среди несцементированных пород имеются скопления угловатых неокатанных обломков с размером в попеперечнике свыше 100 мм, которые

называются глыбами, от 100 до 10 мм – щебнем, от 10 до 2 мм – дресвой. Их образование связано с выветриванием горных пород. Породы, состоящие из окатанных обломков тех же размеров, соответственно называются валунником (более 100 мм), галечником (10 – 100 мм), гравием (2 – 10 мм).

Валунник (скопление валунов), образуется при окатывании глыб водами горных рек, морскими волнами, движущимися ледниками; галечник и гравий - в результате окатывания и истирания глыб, валунов и щебня водами рек, морей и озер.

Среди сцементированных грубообломочных пород различают брекчию

и конгломерат. Брекчия - сцементированные неокатанные обломки (глыбы, щебень и дресва), конгломерат - сцементрованные, окатанные обломки (валуны, гравий и галька).

Среднеобломочные породы (псаммиты) состоят из обломков с размером зерен 0,1–2 мм. Они могут быть несцементированными – пески и сцементированными – песчаники. По размеру зёрен пески и песчаники разделяют на грубозернистые (1 – 2 мм), крупнозернистые (0,5 – 1 мм), среднезернистые (0,25 – 0,5 мм) и мелкозернистые (0,1 – 0,25 мм).

По составу зерен пески и песчаники могут быть мономинеральными и полимиктовыми. Мономинеральные пески и песчаники получают название того породообразующего минерала, из которого они преимущественно сложены (например, кварцевый, глауконитовый, или полевошпатовый песок). По составу цемента песчаники могут быть глинистыми, известковыми, железистыми, кремнистыми и т.д. Цвет песков и песчаников зависит от цвета преобладающих обломков, а у песчаников – и от цвета цементирующего вещества. Пески и песчаники как правило служат хорошими коллекторами для нефти и газа, с ними могут быть связаны и россыпные месторождения алмазов, золота, платины и других тяжелых и устойчивых ценных минералов..

Мелкообломочные породы (алевриты) состоят из частиц размером

преимущественно в 0,01 – 0,1 мм . К несцементированным мелкообломочным породам относятся собственно алевриты, лессы, суглинки, супеси.

Алевриты представляют собой рыхлую осадочную породу, промежуточную между мелкозернистыми песками и глинами. Сцементированные алевриты называются алевролитами. Алевролиты могут также служить коллекторами для нефти и газа. Тонкообломочные породы (пелиты) – глинистые породы с размером частиц менее 0,01 мм, причем размер около трети частиц не превышает 0,001 мм. Состоят они из глинистых минералов, минералов обломочного (слюды, кварц, полевые шпаты) и химического (карбонаты, сульфаты) происхождения.

Типичными глинистыми минералами являются каолинит и монтмориллонит. Они различны по составу: глина, состоящая из каолинита, называется каолиновой (белые глины), из монтмориллонита – бентонитовой.

Плотные глины, сцементрованные кремнеземом, называются аргиллитом. Глины и аргиллиты служат хорошими покрышками для залежей нефти и газа. Среди обломочных пород различают терригенные и карбонатные.

Терригенные породы – песок, песчаник, алеврит, алевролит, глина. Карбонатные породы сложены в основном известняками, состоящими из карбонатных зерен разного размера и карбонатных органических остатков. Проницаемые и пористые разности терригенных и карбонатных пород служат коллекторами нефти и газа. В этом отношении особенно интересны рифовые карбонатные породы

Хемогенные породы образуются при выпадении растворенных веществ из истинных и коллоидных растворов на дне водоемов. Структура веществ, связанных с их выпадением из истинных растворов - кристаллическая, а из коллоидных – скрытокристаллическая. Текстура этих пород преимущественно слоистая, но иногда может быть массивной. Основные хемогенные породы, с коллекторами которых связано более половины выявленных мировых запасов нефти, представлены известняками и доломитами.

Известняки – весьма распространенная порода, состоящая из минерала кальцита; бурно реагирует с соляной кислотой; цвет белый, желтоватый, серый. Типичными представителями известняков хемогенного происхождения являются известковый туф, оолитовые известняки, плотные тонкозернистые известняки.

Доломиты по внешнему виду похожи на известняки; образуются путем доломитизации известняков вследствие замещения в них части кальция магнием, а также путем химического выпадения из раствора при большом содержании в воде магния. В отличие от известняка порошок доломита слабо

вскипает при действии на него соляной кислотой.

Мергели – это известково-глинистая порода, у которой глинистые частицы сцементированы карбонатным цементом. В отличие от известняка на поверхности мергеля после капли соляной кислоты остается грязно – серое пятно.

Галлоидные породы. Они сложены солями натрия и калия (каменные слои) и обычно образуются в результате отложения из водных бассейнов в засушливых областях; залегают в виде пластов большой мощности; нередко служат хорошими покрышками для залегания нефти и газа. Галоидные породы являются ценным минеральным сырьем.

Сернокислые породы (гипс, ангидрит) образуются из водных растворов в условиях замкнутых бассейнов; нередко гипсы и ангидриты переслаиваются с отложениями солей. Ангидриты и гипсы встречаются в осадочных породах, особенно в доломитах.

Органогенные породы. Эти породы формируются из останков животных и растительных организмов. Структура их может быть органогенно-обломочной и детритусовой (детрит – перетертые обломки раковин). Текстура слоистая, иногда массивная. К органогенным породам относят известняки органогенного происхождения. Они образуют известковые напластования, типичными представителями которых являются рифы. Разновидность органогенных известняков – мел. С известняками рифовых массивов могут быть связаны залежи нефти и газа.

Ископаемые угли представляют собой ряд естественных твердых, горючих ископаемых растительного происхождения, содержащих некоторое количество минеральных примесей. Угли характеризуются большим многообразием, что обусловлено их происхождением и степенью метаморфизма. По происхождению ископаемые угли разделяются на две основные группы: гумолиты и сапропелиты.

Гумолиты образовались из остатков высших растений, а сапропелиты – из низших (водорослей) и животного планктона в условиях зарастающих озер. В свою очередь, гумолиты подразделяются на гумиты и липтобиолиты. Образование гумитов связано с разложением стеблевых частей высших растений в обводненных, сухих и частично проточно–пойменных болотах. К гумитам относится подавляющее большинство встречаемых в природе углей. Гумиты разделяются на три основных класса, отличающихся степенью метаморфизма: бурые, каменные, антрациты.

Липтобиолиты образовались в результате накопления стойких (древесных) частей растений при биохимическом разложении растительного материала в проточно–пойменных болотах. Наряду с углеродом в состав углей входят водород, кислород, азот, сера, глинистые минералы и др. От минеральных примесей зависит зольность ископаемых углей, колеблющаяся от 1 до 50 %. При зольности свыше 50 % угли превращаются в углистые глины или углистые аргиллиты. Вместе с битумами угли представляют собой минеральные образования органического происхождения, способные гореть и объединяемые под общим названием – каустобиолиты.

**6.4 Метаморфические породы**

Метаморфические горные породы образуются в результате воздействия процессов метаморфизма на магматические и осадочные породы. Для метаморфических пород типична сланцеватая текстура. При метаморфизме первоначальная структура и минералогический состав могут полностью или частично изменяться. Большинство метаморфических пород имеет полнокристаллическую структуру. Под действием процессов метаморфизма граниты переходят в гнейсы, известняки - в мрамор, кварцевые пески – в кварциты, глины – в глинистые сланцы и далее в гнейсы. Рассмотрим ряд метаморфических пород по степени увеличения их метаморфизованности. Глинистые сланцы – сланцеватые метаморфизированные глинистые породы в начальной стадии изменения. Для них характерны сланцеватость и способность раскалываться на пластины.

Кварциты – образуются при метаморфизме кварцевых песков, песчаников и других кремнистых пород. Это крепкая порода белого и светло – серого цвета с полнокристаллической мелкозернистой структурой, массивной и плотной текстурой.

Гнейсы – породы соответствующие минеральному составу гранита и отличающиеся полосчато-штриховой текстурой.

Мигматиты – переходные разности между гнейсами и гранитами.

**Контрольные вопросы**

1 Как подразделяются горные породы в зависимости от происхождения?

2 Назовите типы структур горных пород?

3 Назовите типы текстур горных пород?

4 Какие различают магматические породы в зависимости от места застывания магмы?

5 Как классифицируются магматические породы по степени кислотности?

6 Как классифицируются осадочные породы?

7 Как классифицируются обломочные породы?

8 Какие породы относятся к крупнообломочным?

9 Какие породы относятся к среднеобломочным?

10 Какие породы относятся к мелкообломочным?

11 Какие породы относятся к тонкообломочным?

12 Какие терригенные породы Вы знаете?

13 Какие карбонатные породы Вы знаете?

14 Какие хемогенные породы Вы знаете?

15 Какие породы относятся к органогенным?

16 Какие породы относятся к метаморфическим?

17 Чем отличаются пески от песчаников?

18 Какие породы являются коллекторами нефти и газа?

19 Назовите породы покрышки залежей нефти и газа?

20 Чем доломиты отличаются от известняков?

**Лекция 7 Основы исторической геологии**

7.1 Основные задачи исторической геологии

7.2 Методы исторической геологии. Понятие о стратиграфическом, палеонтологическом и палеографическом методах изучения геологического прошлого Земли

7.3 Фации и формации комплексов горных пород

7.4 Стратиграфические и геохронологические подразделения геохронологической шкалы. Геологическая карта. Геологический разрез

7.5 Методы определения возраста Земли и горных пород

7.6 Развитие органического мира и тектонические движения в докембрии, палеозое, мезозое и кайнозое

**7.1. Основные задачи исторической геологии**

Историческая геология изучает историю и закономерности развития Земли с момента образования земной коры. Основные задачи исторической геологии следующие:

1 - расчленение горных пород по их относительному возрасту от более древних к молодым, а также установление абсолютного возраста горных пород;

2 - прослеживание истории развития органического мира от древнейших эпох до настоящего времени;

3 - воссоздание непрерывно менявшейся физико - географической обстановки и условий формирования осадочных пород;

4 - изучение истории тектонических движений и развития тектонических структур;

5 - выяснение последовательности магматических процессов и образования магматических пород;

6 - изучение закономерностей размещения в земной коре месторождений полезных ископаемых. Историческая геология опирается на данные палеонтологии, стратиграфии, петрографии, минералогии, литологии, тектоники и других геологических дисциплин.

**7.2 Методы исторической геологии. Понятие о стратиграфическом, палеонтологическом и палеографическом методах изучения геологического прошлого Земли**

Основные методы исторической геологии, позволяющие восстанавливать геологическое прошлое Земли: стратиграфический, палеонтологический и палеографический.

Стратиграфический метод основан на изучении последовательности залегания и взаимоотношения слоев и толщ осадочных пород, а также эффузивных и интрузивных пород. Это достигается расчленением слоев, слагающих тот или иной разрез, по их относительному возрасту и сопоставлением между собой (корреляцией).

Петрографический метод заключается в изучении и сравнении состава пород в соседних разрезах. Этот метод позволяет судить и об относительном возрасте изверженных пород.

Палеонтологический метод занимается изучением окаменелых остатков некогда живших животных (ископаемая фауна) и растений (ископаемая флора). Остатки служат критерием для определения относительного возраста осадочных пород, поэтому этот метод является основой стратиграфических исследований осадочных толщ. Каждый комплекс осадочных пород характеризуется присущим только им: полезными ископаемыми, фауной и флорой.

**7.3 Фации и формации комплексов горных пород**

Различные физико-географические условия определяют формирование комплексов осадочных пород, обладающих специфическими для этих условий литологическим составом, палеонтологическими признаками и другими особенностями. Такие комплексы пород получили название фаций. По месту образования выделяют три основные группы фаций:

• морские

• лагунные

• континентальные

Морские фации подразделяются на группы: прибрежные, мелководные, средних глубин и глубоководные.

Среди прибрежных различают фации ила, песка, береговых скал, рифов и другие. Мелководные фации образуются в области шельфа, фации средних глубин - в батиальной области, а глубоководные фации - в абиссальной области.Среди лагунных выделяют фации опресненных бассейнов, засолоненных бассейнов, дельт и эстуариев. Континентальные фации по условиям осадконакопления подразделяются на речные, озерно-болотные, пустынные, предгорий, ледниковые, межгорных впадин и кору выветривания.

Комплекс пород, разных по возрасту, но сходных по происхождению, называют формацией. Формации охватывают комплексы пород определенного сочетания, образование которых связано с определенными структурно-фациальными зонами. Примером может служить флиш - это мощные толщи мелководных морских отложений, состоящие из ритмически переслаивающихся мергелей, аргиллитов, известковых песчаников и иногда грубообломочных пород.

Выделение формаций находит применение при изучении толщ земной коры, сложенной магматическими и метаморфическими породами.

**7.4 Стратиграфические и геохронологические подразделения геохронологической шкалы. Геологическая карта. Геологический разрез**

Периодическая смена физико - географических условий привела к большому разнообразию форм животного и растительного мира, которые подразделяются на ряд обширных групп. Представители каждой группы характеризуются своими условиями жизнедеятельности и строением. В принятой в палеонтологии классификации крупные группы родственных организмов называются типами. Каждый тип подразделяется на классы, класс - на роды, а род - на виды. Вид является основной элементарной единицей, объединяющей особи, для которых характерно полное сходство во внешнем и внутреннем строении организмов.

Животный мир подразделяется на следующие типы:

1-простейшие 8-другие насекомые

2-губки археоциаты 9-другие членистоногие

3-кишечнополостные 10-моллюски

4-двукрылые 11-иглокожие

5-перепончатые 12-остальные типы

6-чешуекрылые 13-хордовые

7-жестококрылые 14-млекопитающие.

Растительный мир разделен на восемь типов:

1 - слоевцовые 5 - членистостебельные

2 - мхи 6 - папоротниковые

3 - псилофиты 7 - голосеменные

4 - плауновые 8 - покрытосеменные

Стратиграфическая и геохронологическая шкалы. Смена в геологической истории Земли физико-географических условий обусловила большое многообразие животного и растительного мира на основании различия руководящих и сопутствующих им форм растительного и животного мира, а также различий в петрографическом составе горных пород в толще земной коры, которая подразделена на пять крупнейших, последовательно сформировавшихся групп пород. Группы подразделяются на системы, системы, в свою очередь, на отделы, а отделы - на ярусы. Каждое подразделение имеет свой характерный комплекс руководящей фауны и флоры. Время, за которое происходило накопление осадков данной группы, называется эрой, каждой системы - периодом, отдела - эпохой и яруса - веком. Соотношение их приводится ниже.

Стратиграфические подразделения

Геохронологические подразделения

1. Группа 1.Эра

2. Система 2.Перио д

3. Отдел 3.Эпоха

4. Ярус 4.Век

5. Зона 5. Время

Группы, системы, отделы и соответствующие им отрезки времени - эра, период, эпоха - составляют Международную стратиграфическую и геохронологическую шкалу, в которой подразделения до отделов (эпох), а в ряде случаев и до ярусов (веков) являются едиными для всех материков.

Стратиграфическая шкала показывает определённую последовательность накопления толщ земной коры и соподчинённость выделенных стратиграфических единиц г(руппа, система, отдел, ярус), а геохронологическая - временной этап развития Земли и органического мира за отрезок времени (эра, период, эпоха, век). Международная стратиграфическая и геохронологическая шкалы являются основой периодизации геологической истории Земли.

Ввиду многообразия физико - географических условий не все осадочные породы содержат руководящую фауну и флору, а во многих толщах органические остатки отсутствуют. В этих случаях составляются местные стратиграфические шкалы.

Наиболее крупной единицей местной шкалы является серия. Серия может делиться на свиты, свиты - на пачки. Сериям и свитам присваиваются местные географические названия, пачки нумеруются.

Геологическая карта представляет собой вертикальную проекцию выходов горных пород на поверхность, изображённую на топографической карте с помощью условных знаков. Возраст горных пород на геологических картах обозначается с помощью соответствующих индексов, окраски или штриховки. Индексы - это буквенные и цифровые обозначения возраста пород согласно стратиграфической шкале, например:

Индекс системы ( девонская ) D3fr

Индекс отдела (верхний)

Для наглядного представления о характере залегания горных пород геологическая карта сопровождается геологическими разрезами и стратиграфической колонкой.

Геологический разрез - это графическое изображение вертикального сечения земной коры вдоль определённой линии. На разрезе отображаются условия залегания горных пород, соотношения пород различного возраста. Разрез составляется по данным выходов слоёв под четвертичные отложения и буровых скважин, пробуренных на различные глубины.

**7.5 Методы определения возраста Земли и горных пород**

Сущность методов определения возраста Земли и горных пород состоит в установлении содержания в них продуктов полураспада радиоактивных элементов. Зная качество оставшегося в породах радиоактивного элемента, скорость его полураспада, а также количество появившихся устойчивых элементов, с помощью специальных формул можно установить абсолютный возраст породы.

Абсолютный возраст - время, прошедшее с момента образования минералов и пород до настоящего времени, выраженное в годах. Для определения абсолютного возраста Земли используются четыре метода: свинцовый, гелиевый, стронциевый и аргоновый.

**7.6 Развитие органического мира и тектонические движения в докембрии, палеозое, мезозое и кайнозое**

Докембрий. В начале стадии формирования земной коры наша планета являлась гигантской геосинклинальной областью. Об этом свидетельствуют смятые в крутые и сложные складки, прорванные многочисленными интрузиями и сильно метаморфизированные докембрийские породы. К концу докембрия земная кора расчленяется на платформы и геосинклинальные области. Возникают платформы: Русская, Индийская, Северо-Американская. Геосинклинальный режим развития сохраняется в Гренландской, Аппалачской, Кордильерской, Урало-Тяньшанской, Монголо-Охотской, Верхояно-Колымской, Восточно-Азиатской и Средиземноморской геосинклинальной областях.

Появление первых многоклеточных организмов связывают с концом архейской эры. В рифейскую эру растения (водоросли, споры) и редкие останки животных, червей, губок, членистоногих и других беспозвоночных имели уже достаточно высокую организацию.

Палеозой охватывает шесть периодов:

• кембрийский (кембрий), ордовикский (ордовик);

• силурийский (силур), девонский (девон);

• каменноугольный (карбон), пермский (пермь).

Продолжительность палеозоя составила 330 млн. лет. В палеозое к платформам, образовавшимся в докембрии, присоединились новые участки континентальной коры - области палеозойской складчатости (в ранний палеозой - каледониды, в поздний палеозой - герциниды). Каледониды в Европе - Ирландия, Шотландия, Северная Англия, северо-западная часть Скандинавского полуострова, остров Шпицберген, Северная Земля, Таймыр; в Азии – это северо - западная, западная и юго-западная окраины Казахского мелкосопочника, Северный Тянь - Шань, Западный Саян, Кузнецкий Алатау, хребет Танну - Ола, горный Алтай, Центральная Монголия, Юго - Восточный Китай; в Австралии - Тасмания, Лакланская система; в Америке - Северная и Восточная Гренландия, Ньюфаундленд, Северные Аппалачи. Герциниды: Западная, Центральная и Южная Европа, Северо - Западная Африка (Марокканская Месета), Уральская, Южно - Тянь - Шанская и Обь - Зайсанская области, Рудный Алтай, Монголия, Западный Китай, Большой Хинган, Аппалачи, Канадский Арктический архипелаг, Анды Южной Америки, Австралийские Альпы, Западная Антарктида.

В палеозое существовал Тихий океан. Можно выделить две эпохи господства суши на море: начало девона - первая, пермь - триас – вторая. Другие периоды палеозоя, особенно ордовик и средний карбон, были временами широких трансгрессий моря. Эти процессы охватили в основном материки северного полушария.

Палеозойская эра - эра древней жизни. Это время появления простейших наземных растений и животных, развития большинства групп беспозвоночных, древних позвоночных в морях и на суше. Растительный мир прошел путь от водорослей до папоротниковых растений. Палеозой - время господства споровых растений. В ранний палеозой происходит становление и развитие беспозвоночных (археоцеаты, трилобиты) и низших растений. Из позвоночных развитие получили панцирные рыбы. Появляются первые наземные животные (скорпионы). Во второй половине палеозоя получили развитие скорпионы, пауки, стрекозы, простейшие (фавозитес), плеченогие (спирифер), хрящевые рыбы. На суше появляются первые земноводные (стегоцефал) и пресмыкающиеся. Развиваются споровые п(апоротниковые) растения, в конце палеозоя появляются голосеменные.

Мезозой. В мезозое формируются впадины Индийского, Атлантического океанов. На протяжении эры формируются мезозойские складчатые области (киммериды): Верхояно-Чукотская область, Малый Хиган, архипелаг Новосибирских островов и остров Врангеля, Аляска, большая часть Кордильер, Анды, Южный Тибет, Малакка, а также плиты (Западно - Сибирская, Туранская, Скифская). В начале мезозоя т(риасовый период) в северном полушарии преобладали континентальные условия. В дальнейшем (юрский и меловой периоды) морские условия постепенно расширяются.

В состав мезозоя входят три периода: триасовый (триас), юрский (юра), меловой (мел). Продолжительность мезозоя - 173 млн. лет.

Мезозойская эра- эра средней жизни. Это время развития новых групп растений и животных. Органический мир мезозоя по уровню развития занимает промежуточное положение между древним органическим миром палеозоя и новым органическим миром кайнозоя. Типичными для мезозоя являются голосеменные растения, которые, как известно, появились в перми. Мезозой - время господствования голосеменных растений. Наряду с этим продолжается развитие папоротников. В конце мезозоя появляются покрытосеменные растения.

В мезозое создаются условия, весьма благоприятные для развития пресмыкающихся. Пресмыкающиеся в это время господствуют на суше (динозавры), в морях (ихтиозавры), в воздухе (птерозавры), поэтому мезозойскую эру называют веком рептилий. В мезозое появляются первые птицы (археоптерикс). Главная роль в фауне морских беспозвоночных принадлежит головоногим моллюскам (аммониты, белемниты). Из позвоночных развиваются костистые рыбы. В мезозое появляются первые млекопитающие. В конце эры вымирают многие мезозойские формы (динозавры, ихтиозавры, птерозавры, аммониты).

Кайнозой подразделяется на три периода:

палеогеновый (палеоген);

неогеновый (неоген);

антропогеновый (антропоген) или четвертичный.

Продолжительность кайнозоя 68 млн. лет. В кайнозойскую эру структура земной коры очень близка к современной. К началу кайнозойской эры Гондванский материк распался на части, образовались современные континенты южного полушария и Индостан, возник Северный Ледовитый океан, новые участки континентальной коры (альпиниды). Альпиниды обрамляют Тихий океан. Они протягиваются в широтном направлении от Атлантического океана до Тихого океана. Располагаются вдоль южных окраин Европы и Азии.

К ним относятся:

• Восточные Карпаты, Крым, Кавказ, Копетдаг, Памир, Корякское нагорье, Камчатка, Сахалин, Алеутские, Курильские острова;

• Япония, Тайвань, Филиппины, Альпы, Балканы, Пиренеи, Апеннины, Иранское нагорье, Гиндукуш, Атлас, Гималаи, Анды, береговые хребты Кордильер, Калифорния, горы Новой Гвинеи и Малайского архипелага, Новая Зеландия. Кайнозойская эра, включающая и современную эпоху развития, характеризуется дальнейшим изменением и усложнением органического мира.

На распределение и эволюцию растительного мира, среди которого господствуют покрытосеменные, существенное влияние оказывают климатические условия. В конце позднечетвертичной эпохи почти всюду устанавливаются фитогеографические области, близкие к современным. Одновременно с ними определяются и зоогеографические области. Кайнозойский облик животного мира определяют млекопитающие. Они быстро развиваются и широко распространяются на суше. Некоторые формы, подобные китам, дельфинам и тюленям, возвращаются к водному образу жизни, а летучие мыши – к воздушному. Первые отряды хищных, копытных и других появляются в эоцене. Позднее в отряде копытных выделяются парнокопытные. Важнейшая особенность четвертичного периода - появление и развитие человека и его культуры.

**Контрольные вопросы**

1 Какие основные методы исторической геологии Вы знаете?

2 Какой метод исторической геологии занимается изучением ископаемой флоры и фауны?

3 Критерием для чего служат остатки флоры и фауны?

4 Какие группы фаций выделяют по месту образования?

5 Как на геологических картах обозначается возраст горных

пород?

6 В чём сущность методов определения возраста Земли?

7 Какие методы используются для определения абсолютного возраста Земли?

**Лекция 8 Основы структурной геологии**

8.1 Основные элементы структурной геологии

8.2 Пликативные и дизъюнктивные нарушения

8.3 Геологические карты и разрезы

8.4 Контрольные вопросы

3.2.1 Основные элементы структурной геологии

В результате тектонических движений земной шар оказался разделенным на

тектонические структуры, различные по глубине заложения, размерам, генезису и

типу. Наиболее крупными структурами Земли являются континенты и океаны. В

пределах континентов и океанов выделяются тектонические структуры литосферы,

по степени тектонической активности они разделяются на два вида: неустойчивые

(подвижные) и устойчивые (стабильные). К первым относятся геосинклинальные

области и орогены, ко вторым - платформы и срединные массивы, а глубинные

разломы - это тектонические структуры того же порядка.

Геосинклинальные области - вытянутые участки литосферы с аномально

интенсивными вертикальными и горизонтальными движениями, повышенным

магматизмом и метаморфизмом. В развитии геосинклинальных областей

выделяют несколько этапов. На этапе зарождения происходит растяжение земной

коры, ее раскалывание и образование первичной геосинклинальной борозды типа

раздвига. Начало орогенного этапа отличается сокращением области аккумуляции

осадков вследствие разрастания поднятий, уменьшением глубины моря и смены

карбонатных пород терригенными, соляносными и угленосными.

Орогены - сооружения литосферы, характеризующиеся относительно высокой

тектонической активностью и сильно расчлененным рельефом. Следует различать

орогены континентальные и океанические. Формирование континентальных

орогенов горно - складчатой области происходит в одну из тектоно -

магматических эпох, и определяется их возрастом. Океанические орогены обычно

приурочены к центральным районам океанов, поэтому называются срединно -

океаническими хребтами. Платформы. После завершения горообразования земная кора, ставшая под

действием глубокого метаморфизма достаточно жесткой, больше не претерпевает

интенсивных тектонических движений. На смену геосинклинальному приходит

платформенный этап развития рассматриваемого участка литосферы. Платформы

имеют двухъярусное строение и являются относительно устойчивым,

консолидированным складчатостью, метаморфизмом и интрузиями, участком

литосферы изометрических очертаний. Различают платформы континентальные и

океанические. Континентальные платформы разделяются на древние и

молодые. К древним относятся платформы, время формирования фундамента

которых связано с концом раннекарельской тектоно - магматической эпохи.

Молодые платформы располагаются между древними на месте бывших

геосинклинальных областей. Фундамент молодых платформ складчатый.

Океанические платформы изучены крайне слабо. С ними связывают

абиссальные равнины дна океана мощностью коры до 5 - 7 км.

Срединные массивы - это устойчивые области литосферы за счет

регионального метаморфизма и гранитизации. Они участвуют в строении горно-

складчатых областей в виде межгорных впадин, в геосинклинальных областях

разграничивают смежные области.

Глубинные разломы. Для глубинных разломов характерны длительность в

развитии и большая глубина заложения, превышающая мощность земной коры.

Различаются континентальные, океанические и транзитные глубинные разломы.

Первые в пределах континентов рассекают кору континентального типа.

Транзитные глубинные разломы пересекают континенты и океаны, образуя целый

пояс разломов.

3.2.1.1 Структурные элементы платформ

Платформы формируются на месте орогенных структур после их активной

денудации. Поэтому в строении платформ выделяют два структурных этажа.

Нижний структурный этаж является фундаментом, или складчатым основанием.

Верхний структурный этаж - платформенный чехол, который сложен полого

залегающими слоями осадочных пород. Участки выходов на поверхность

кристаллического фундамента древних платформ называются щиты. Участки

платформ, где фундамент опущен и перекрыт чехлом осадочных пород,

называются плитами. Участки с маломощным чехлом соответствуют

положительным платформенным структурам - антеклизам, сводам.

Отрицательные платформенные структуры называются синеклизами, впадинами.

В сторону геосинклинальной области глубина погружения фундамента и мощность

осадочного чехла резко возрастают, такое соединение платформы с

геосинклинальной областью называется передовым прогибом.

3.2.1.2 Основные формы залегания осадочных горных пород

Понятие о слое и слоистости. Толща осадочных пород состоит из пластов

(слоёв) горных пород. Пластом (слоем) называется геологическое тело, сложенное

преимущественно однородной осадочной породой, ограниченное сверху и снизу

приблизительно параллельными поверхностями напластования.

Основные элементы пласта (слоя). Плоскости соприкосновения с

окружающими породами называются поверхностями напластования. Породы,

покрывающие слой называются кровлей, а породы, подстилающие – подошвой.

Положение пласта в пространстве определяют элементы его залегания: линия

простирания, линия падения, угол падения и простирание (азимут). Линия

простирания - это линия пересечения пласта с горизонтальной плоскостью.

Линия падения - это направление наибольшего наклона пласта. Линия падения

всегда перпендикулярна линии простирания. Углом падения пласта называется

угол наклона пласта к горизонту. О простирании пласта судят по направлению

горизонталей, образующихся при пересечении кровли или подошвы пласта с

горизонтальными плоскостями. Азимутом линии простирания и линии падения

называется угол, отсчитываемый от северного направления истинного меридиана

до заданного направления по ходу часовой стрелки.

Кратчайшее расстояние между поверхностями напластования называется

истинной толщиной. Любое другое расстояние между кровлей и подошвой

называется видимой толщиной. При неполном обнажении слоя замеряют

неполную толщину - расстояние по перпендикуляру к поверхности наслоения от

кровли или почвы до любой точки слоя.

Уменьшение толщины, наблюдаемое на небольшом расстоянии, называется

пережимом. Если уменьшение толщины сопровождается исчезновением слоя, то

такое явление называется выклиниванием. Пласт, выклинивающийся во все

стороны на коротких расстояниях, называется линзой. Толщина линзы невелика по

сравнению с её протяженностью. Тонкий пласт, залегающий в толще мощных

платов, называется пропластком или прослойком.

3.2.1.3 Понятие о слоистости

Слоистость - это чередование слоёв, тонких прослойков, отличающихся по

своим свойствам (например, чередование глинистых пород и песчаника). Если

смежные по вертикали слои связаны постепенным переходом, это говорит об их

согласном взаимоотношении (залегании слоёв). Согласное залегание образуется в

том случае, если при изменении состава отложений осадконакопление в бассейне

не прерывалось. Однако в отдельные моменты истории по тем или иным причинам

осадконакопление может прерываться. За время перерыва поверхность

образованного слоя осадков подвергается выветриванию, размывается,

осадконакопление вновь возобновляется. Различается стратиграфическое

несогласное залегание, угловое несогласное залегание пластов.

3.2.2. Пликативные и дизъюнктивные нарушения

а) складка и её элементы

Крылья складки - две поверхности, ограничивающие складку по краям,

имеющие более или менее одинаковый наклон слоёв. Замок складки - место

перегиба слоёв, слагающих крылья складки. Чётких границ между крыльями и

замком складки не существует. Ядро складки представляет собой породы,

слагающие центральную часть складки. Угол складки - угол между

продолженными до пересечения поверхностями крыльев. Осевая поверхность

складки - поверхность, проходящая через точки перегиба слоёв в замке складки.

Осью складки называется линия пересечения осевой поверхности складки с

горизонтальной поверхностью. Шарнир складки - это линия, проходящая через

точки максимального перегиба слоя в замке складки. Он характеризует строение

складки вдоль осевой поверхности, повторяет все изгибы слоя.

б) складчатые формы залегания слоёв

Первоначальное горизонтальное залегание пластов называется

ненарушенным. Отклонение от первоначального горизонтального залегания

пластов называется нарушением или дислокацией. Нарушение с разрывом

сплошности пласта называется дизъюнктивной дислокацией.

Нарушение, происшедшее без разрыва сплошности пласта называется

пликативной дислокацией.

Основной формой нарушения без разрыва сплошности пласта является

складка. Простейшими видами складок являются антиклинали и синклинали. У

антиклинали изгиб слоёв обращен выпуклостью вверх, у синклинали -

выпуклостью вниз. Флексура - это однокрылая складка, имеющая коленообразный

изгиб.

в) разрывные нарушения и их типы

При тектонических движениях земной коры пласты горных пород могут

быть разорваны и смещены относительно друг друга. Среди разрывных

(дизъюнктивных) нарушений принято различать разрывы со смещением (разломы)

и разрывы без смещения (трещины). Прилегающие к разлому участки горных

пород называются крыльями. Крыло, перекрывающее разлом, называется

висячим, а крыло, перекрываемое разломом, - лежачим. Расстояние между

сопряжёнными точками по разлому называется длиной смещения, а по вертикали

- его амплитудой.

Сбросы - это разрывные разрушения, у которых висячее крыло относительно

лежачего смещено вниз, а поверхность разрыва наклонена в сторону крыла,

занимающего более низкое положение (лежачего).

Взбросы - это разрывные нарушения, у которых висячее крыло

относительно лежачего смещено вверх, а поверхность разрыва наклонена в сторону

расположения приподнятых слоёв.

Надвиги - разрывные нарушения, по форме напоминающие взбросы, но с

меньшими углами наклона разрывного нарушения. Грабены - блок горных пород, ограниченный разрывными нарушениями и

опущенный относительно смежных с ним блоков.

Горсты - блок горных пород, поднятый относительно смежных с ним

блоков.

3.2.3 Геологические карты и разрезы

Геологическая карта представляет собой вертикальную проекцию выходов

горных пород на поверхность, изображённую на топографической карте с

помощью условных знаков. Возраст горных пород на геологических картах

обозначается соответствующими индексами, окраской или штриховкой. Индексы -

это буквенные и цифровые обозначения возраста пород согласно

стратиграфической шкале, например:

Индекс системы (девонская) D3fr Индекс яруса (франкский)

Индекс отдела (верхний)

Для наглядного представления о характере залегания горных пород

геологическая карта сопровождается геологическими разрезами и

стратиграфической колонкой.

Геологический разрез - это графическое изображение вертикального

сечения земной коры вдоль определённой линии. На разрезе отображаются условия

залегания горных пород, соотношения пород различного возраста. Разрез

составляется по данным выходов слоёв под четвертичные отложения и буровых

скважин, пробуренных на различные глубины.

Структурные карты. Тип залежи и его форма зависят от характера

ограничивающих её геологических границ. Форму тектонической структуры и

соответственно структурных поверхностей (кровли и подошвы залежи) изучают по

структурным картам. Конфигурация изогипс характеризует направление падения

(простирания) слоев; расстояние между изогипсами (их плотность) –это углы

наклона слоев.

Исходными данными для построения структурной карты служат план

расположения скважин и величины абсолютных отметок картируемой поверхности

в каждой скважине. Абсолютная отметка или расстояние по вертикали от уровня

моря до картируемой поверхности рассчитывается по формуле:

Н = (А + l) – L , где

А – амплитуда устья скважины;

L – глубина залегания картируемой поверхности в скважине;

l - удлинение скважины за счет искривления.

Построение структурной карты – это процесс определения положения

изогипс картируемой поверхности на плане. Есть два основных способа

построения структурных карт: способ треугольников и способ профилей. Первый

применяется наиболее часто. Он основан на нахождении между парами скважин с

известными абсолютными отметками залегания картируемой поверхности

положения точек с промежуточными значениями абсолютных отметок и

проведении через точки с одинаковыми отметками изолиний (изогипс).

При построении структурной карты методом треугольников необходимо:

• выявить (до начала построения) направление осей структур;

• определить доминирующее направление падения слоев (например, скважины,

расположенные на разных крыльях структуры или по разные стороны прогиба);

• начинать проведение изогипс следует с участков, наиболее полно освещенных

пробуренными скважинами;

• помнить, что конфигурация изогипс на прилегающих слабоосвещенных

участках должна подчиняться п(роходить параллельно) изолиниям,

проведенным по большому количеству точек наблюдения;

• выполнять соединения точек с одноименными отметками следует плавными

линиями без резких изгибов.

На структурных картах строят положения внешнего и внутреннего контура

нефтегазоносности.

Типовой геологический разрез - обобщенный разрез месторождения,

присущий большинству пробуренных скважин. На этом разрезе приводят среднюю

толщину разных по возрасту пачек пород, стратиграфическую и литологическую

колонки, геофизическую характеристику и краткое описание пород с указанием

руководящей фауны, интенсивности нефтепроявлений, поглощений промывочной

жидкости и т.п. Как правило, типовые геологические разрезы составляются для

подготовленных к разработке или разрабатываемых месторождений. В качестве

типового, может быть принят типичный разрез скважины, достаточно полно

охарактеризованный керном и данными геофизических исследований скважин.

При сложном строении месторождения можно составлять несколько типовых

разрезов, характеризующих отдельные участки месторождения.

Сводный геологический (геолого-физический) разрез месторождения –

это такой разрез, при составлении которого учитываются не только средние

значения мощности, но и диапазон их изменения (крайние максимальные и

минимальные значения). Обязательно указывают интервалы нефтегазопроявлений

и поглощения промывочной жидкости при бурении.

Геологические профильные разрезы представляют собой графическое

изображение в вертикальной плоскости строения недр и содержащихся в них залежей. Их составляют на основании выполнения детальной корреляции разрезов

скважин.

На геологических профильных разрезах показывается положение различных

геологических границ и прослеживается наличие породы разного возраста и

литологического состава в соответствии с гипсометрическим положением

относительно горизонтальной плоскости – уровня моря. Литологическую

характеристику пород, и в первую очередь, коллекторов и непроницаемых

разделов между ними, а также непроницаемых пород, перекрывающих и

подстилающих продуктивные отложения, обозначают условными знаками или

различным цветом. Проводят линии контактов (ГНК, ГВК, ВНК), условными

знаками (расцветкой) показывают характер насыщения коллекторов, (газо-, водо- и

нефтенасыщенных пород). Наносят интервалы перфорации и результаты

опробывания. На геологическом профильном разрезе должны быть шкала

абсолютных отметок, стратиграфическая колонка и литологическая колонка.

В последнее время для изучения процесса разработки залежей стали строить

схематические геологические профили. Они отличаются от геологических

профильных разрезов тем, что линии схематических профилей проходят не по

строго ориентированной вертикальной плоскости, а непосредственно через

определенные скважины, в результате чего линия профиля зачастую оказывается

ломаной.

**Контрольные вопросы**

1 Назовите виды тектонических структур по степени активности?

2 Какие тектонические структуры относятся к неустойчивым?

3 Какие тектонические структуры относятся к устойчивым?

4 Какие разновидности глубинных разломов существуют?

5 Назовите тектонические структуры платформ?

6 Назовите структурные элементы платформ?

7 Назовите основные элементы пласта (слоя)?

8 Какие виды складок геосинклинальных областей без разрыва сплошности пласта Вы знаете?

9 Какие виды складок платформенных областей без разрыва сплошности пласта

10 Какие виды складок с разрывными нарушениями Вы знаете? 5

11 Назовите элементы складки?

**Лекция** **Горные породы как грунты.**

Горные пароды (грунта) и их классификация по гранулометрическому составу.

План: 1.     Горные породы как грунты.

.     Грунты как дисперсные системы.

3.     Вещественный состав грунтов.

4.     Гранулометрический состав грунтов. Ключевые слова: Грунты, генезис, дисперсная фаза, многофазная, ситуация, коллоидная, гель, золь, однофазная, гранулометрический, водоотдача, набухание, фракция, сыпучие, пылеватая, тяжелый суглинок.

Грунты – это горные породы, находящиеся в сфере воздействия инженерного сооружения и рассматриваемые с инженерной – строительной точки зрения. Грунты изучает наука грунтоведение. Преобладающие значение в грунтоведении имеет изучение свойств рыхлых (крупнообломочных и песчаных) и глинистых пород. Это объясняется тем, что массивные твёрдые горные породы (скальные грунты) обладают жесткой связью между минеральными зёрнами и с инженерно – строительной точки зрения оказываются в большинстве случаев достаточно прочными, не вызывающими опасений в отношении устойчивости сооружений. Рыхлые и глинистые горные пароды (грунты) характеризуются отсутствием жёсткой связи между частицами и обладают непостоянными физико – механическими свойствами. Они широко распространены на земной поверхности и служат основанием для разного рода зданий и сооружений, а также материалом для возведения земляного полотна, плотин и дамбу для хвостохранилищ  и других инженерных объектов. Основой рыхлых и глинистых грунтов являются твёрдые минеральные частицы, создающие структурный каркас грунтов. Поры грунтов занимают газы и вода.

В практике чаще всего приходится иметь дело с накоплениями мелкораздробленных частиц в виде песчаных, суглинистых и глинистых образований. Такие грунты называются дисперсными. Дисперсные грунты представляют собой многофазную систему. Они состоят из двух или более веществ, распределённых одно в другом. Примером такой системы является глинистая суспензия, состоящая из мелких глинистых частиц, равномерно распределённых в воде. В качестве непрерывной среды или дисперсной среды здесь является вода, а в качестве дисперсной фазы – распределённой вещество – глинистые частицы. Такая система является двухфазной и между этими фазами, т.е. между поверхностью глинистых частиц и водой существует поверхность раздела. Фазы взаимодействуют друг с другом через поверхность раздела причём, чем больше эта поверхность, тем активнее происходит это взаимодействие. Дисперсные системы с размером частиц дисперсной фазы от 1 до 100 мм.к., не обнаруживают свойств, присутствующих истинным растворам, но отличаются своеобразными свойствами. Также системы называют коллоидными. Характерным признаком таких систем является их относительная неустойчивость, т.е. они могут существовать только при определённых условиях, в противном случае немедленно выпадают в осадок за счёт свёртывания, или коагуляции, коллоидов. Этот осадок называется гелем. В отличии от него коллоидные системы с жидкой дисперсной средой принято называть золем.

Глинистые грунты, состоят не только из коллоидных, но из других более крупных частиц, не обладающих или обладающих в незначительной степени коллоидными свойствами. Выделяют частицы коллоидных размеров от 0,000001 до 0,0001 мм, тонкодисперсные частицы от 0,0001 до 0,005 мм и грубодисперсные больше 0,005 мм. Последние свойствами не обладают.

В дисперсных грунтах наблюдается тесное взаимодействие твёрдой, жидкой и газовой фаз. В зависимости от условий существований грунта значение этих фаз меняется и вместе с этим меняются и физико – механических свойств грунтов, поэтому в механике грунтов, изучающей эти свойства, все грунты разделяются по принципу соотношения фаз на три группы – 1) однофазные 2) двухфазные 3) трёхфазные. Однофазные – это сухие грунты (обычно песчаные), состоящие из твёрдой и газообразной фазы. Однофазными их называют потому, что газообразная часть в данном случае практически не влияет на механические свойства грунтов. Двухфазные грунты состоят практически из твёрдой части и воды, т.е. это водонасыщенные грунты. Трёхфазные – это грунты, в порах которых содержатся вода и воздух, причём воздух в оценке свойств грунта начинает играть заметную роль.

Главной составляющей грунта является его твёрдая фаза. Она определяет его классификационное положение и физико-механические свойства. Существенную роль при этом играют вещественный и гранулометрический состав. Твёрдая фаза грунта слагается из минеральной и органической части. Минеральная часть состоит из первичных минералов, которые перешли в состав грунта из материнской породы, и вторичных минералов, образовавшихся уже после образования грунта, в результате последующих физико – химических процессов. Первичные минералы представляют собой обломки кварца, полевых шпатов, карбонатов, чешуйки слюд, вторичные – это глинистые минералы (каолинит, монтмориллонит, гидрослюда), окислы и гидраты окислов, железа, алюминия, кремния и др. Роль минералов различна. Первичные минералы являются скелетом грунта, а его цементом служат вторичные минералы. На свойства грунтов большое влияние оказывают глинистые минералы, в частности, монтмориллонит и водорастворимые минералы (гипс и др.).

Грунты содержат те или иные количества органических примесей, образовавшихся в результате биохимических превращений, связанных с жизнедеятельностью различных микроорганизмов. В состав грунта входят углерод, кислород, водород и азот. Наличие органических веществ придаёт грунтам повышенную влагоёмкость и пластичность, сильное набухание, плохую водопроницаемость и водоотдачу. Каждая рыхлая и глинистая горная порода состоит из обломков самого различного размера. Обломки (минеральные частицы), близкие по своим размерам и свойствам, объединяют в группы, называемые фракциями. Количественное содержание этих фракций принято называть гранулометрическим составом.

Гранулометрический состав является одной из важнейших характеристик грунтов, имеющей существенное значение для оценки их металогического типа и физико-механических свойств. Для его определения производят гранулометрический анализ. Сыпучие рыхлые грунты (песок, гравий и т.д.) анализируют ситовым методом. Грунт последовательно просеивают через сито с различными размерами отверстий. Пески с примесью глины предварительно размачивают в воде, высушивают и уже после этого подвергают пересеиванию. Значительно сложнее производить гранулометрический анализ глинистых грунтов (супесей, суглинков, глин). Эти грунты требуют применения специальной методики.

Фракции рыхлых и глинистых пород. таблица 1. Наименование фракций Диаметр частиц, мм Валуны (окатанные)и глыбы (неокатанные) более 200 Галька (окатанная) или щебень (угловатый) 200-20 Гравий (окатанный) или дресва (угловатая) крупный средний мелкий 20-10 10-4 4-2 Песчаные частицы: очень крупные крупные средние мелкие очень мелкие 2,0-1,0 1,0-0,5 0,5-0,25 0,25-0,10 0,10-0,05 Пылеватые частицы крупные мелкие 0,05-0,01 0,01-0,005 Глинистые частицы грубые тонкие 0,005-0,001 менее 0,001 Породы Содержание фракций а/о глинистых больше 0,001 пылеватых 0,002-0,05 песчаных 0,05-2 Глина тяжелая меньше 60 - Больше чем пылеватых Глина тяжёлая полевая меньше 60 Больше чем песчаных - Глина 30-60 - Больше чем пылеватых Глина пылевая 30-60 Больше чем песчаных - Суглинок тяжёлый 20-30 - Больше чем пылеватых Суглиноктяжёлый пылевой 20-30 Больше чем песчаных - Суглинок средний 15-20 - Больше чем пылеватых Суглиноксредний пылевой 15-20 Больше чем песчаных - Суглинок лёгкий 10-15 - Больше чем пылеватых Суглинок лёгкий пылевой 10-15 Больше чем песчаных - Супесь тяжёлая 6-10 - Больше чем пылеватых Супесь тяжёлая пылевая 6-10 Больше чем песчаных - Супесь лёгкая 3-6 - Больше чем пылеватых Супесь лёгкая пылевая 3-6 Больше чем песчаных - Песок больше 3 - Больше чем пылеватых Песок пылеватый больше 3 Больше чем песчаных - В природе редко встречаются глинистые, песчаные породы, состоящие из одной фракции, в большинстве случаев они состоя из смеси различных фракций. В зависимости от относительного содержания а породе тех или иных фракций можно говорить о степени её однородности или неоднородности, а также соответствующим образом классифицировать. В инженерно-геологической практике при классификации глинистых пород по гранулометрическому составу учитывают содержание в них глинистых, пылеватых, песчаных и гравийных фракций.

Для глинистых отложений четвертичного возраста наиболее часто применяется классификация, представленная в таблице 2. Следует заметить, что в этой классификации термины «Суглинок», «супесь» определяют не только относительное содержание тех или иных фракций в глинистой породе, но и их стратиграфическую принадлежность к образованиям четвертичного возраста. Поэтому классификацию в таблица 2, можно применять только для четвертичных отложений. Коренные глинистые породы редко классифицируются только по гранулометрическому составу, так как они в большинстве случаев уплотнены, в какой-то степени сцементированы и могут быть отнесены к породам полускальным. Минеральные частицы, их слагающие, большей частью сцементированы в микроагрегаты. Наличие в этих породах цемента создаёт большие трудности при производстве гранулометрического анализа. Выводы и заключения. При инженерно-геологическом изучении обломочных и глинистых пород почти всегда целесообразно определять их гранулометрический состав. Это позволяет:

Выводы: 1) классифицировать их на типы, которые можно выделять на геологических колонках, разрезах, картах; 2) давать структурную характеристику пород; 3) сравнивать эти породы между собой в колонках, и на разрезах на разных глубинах и участках, оценить степень их однородности; 4) примерно судить об особенностях условий образований пород и их минеральном составе; 5) Оценивать породы как строительный материал для возведения дамб, плотин, насыпей; 6) примерно характеризовать их физико-механические свойства; 7) Оценивать сопротивляемость их разработке, и категории буримости и т.д. Фракции рыхлых и глинистых пород. Наименование фракций Диаметр частиц, мм Валуны (окатанные) и глыбы (неокатанные) более 200 Галька (окатанные) и щебень (угловатый) 200-20 Гравий (окатанный) и дресва (угловатая) крупный 20-10 средний 10-4 мелкий 4-2 Песчаные частицы: очень крупные 2,0-1,0 крупные 1,0-0,5 средние 0,5-0,25 мелкие 0,25-0,10 очень мелкие 0,10-0,05 Пылеватые частицы: крупные 0,05-0,01 мелкие 0,01-0,005 Глинистые частицы: грубые 0,005-0,001 тонкие больше 0,001 Контрольные вопросы: 1. Расскажите все генетические типы осадочного происхождения? 2. Проблемная ситуация. Размокание, набухание глинистых пород (грунтов). 3. Зависимость водные свойства с размерами частиц пород?    
**Лекция Основные понятия о поисково-разведочных работах.**

## Методы поиска и разведки нефтяных и газовых месторождений

Целью поисково-разведочных работ является выявление, оценка запасов и подготовка к разработке промышленных залежей нефти и газа.

В ходе поисково-разведочных работ применяются геологические, геофизические, гидрогеохимические методы, а также бурение скважин и их исследование.

**Геологические методы**

Проведение геологической съемки предшествует всем остальным видам поисковых работ. Для этого геологи выезжают в исследуемый район и осуществляют так называемые **полевые работы.** В ходе них они изучают пласты горных пород, выходящие на дневную поверхность, их состав и углы наклона. Для анализа коренных пород, укрытых современными наносами, роются шурфы глубиной до 3 м. А с тем, чтобы получить представление о более глубоко залегающих породах бурят картировочные скважины глубиной до 600 м.

По возвращении домой выполняются камеральные работы, т.е. обработка материалов, собранных в ходе предыдущего этапа. Итогом камеральных работ являются геологическая карта и геологические разрезы местности (рис. 5.4).

Геологическая карта - это проекция выходов горных пород на дневную поверхность. Антиклиналь на геологической карте имеет вид овального пятна, в центре которого располагаются более древние породы, а на периферии - более молодые.

Однако как бы тщательно ни производилась геологическая съемка, она дает возможность судить о строении лишь верхней части горных пород. Чтобы «прощупать» глубокие недра используют геофизические методы.

**Геофизические методы**

К геофизическим методам относятся сейсморазведка, электроразведка и магниторазведка.

Сейсмическая разведка (рис. 5.5) основана на использовании закономерностей распространения в земной коре искусственно создаваемых упругих волн. Волны создаются одним из следующих способов: 1) взрывом специальных зарядов в скважинах глубиной до 30 м; 2) вибраторами; 3) преобразователями взрывной энергии в механическую. Скорость распространения сейсмических волн в породах различной плотности неодинакова: чем плотнее порода, тем быстрее проникают сквозь нее волны. На границе раздела двух сред с различной плотностью упругие колебания частично отражаются, возвращаясь к поверхности земли, а частично преломившись, продолжают свое движение вглубь недр до новой поверхности раздела. Отраженные сейсмические волны улавливаются сейсмоприемниками. Расшифровывая затем полученные графики колебаний земной поверхности, специалисты определяют глубину залегания пород, отразивших волны, и угол их наклона.

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  |  |
| Рис. 5.4 Антиклиналь на геологической карте i геологический разрез через нее по линии АВ Породы: 1 - самые молодые; 2 - менее молодые; 3 - самые древние | Рис. 5.5 Принципиальная схема сейсморазведки: i - источник упругих волн; 2 - сейсмоприемники; 3 - сейсмостанция |

**Электрическая разведка** основана на различной электропроводности горных пород. Так, граниты, известняки, песчаники, насыщенные соленой минерализованной водой, хорошо проводят электрический ток, а глины, песчаники, насыщенные нефтью, обладают очень низкой электропроводностью.

Принципиальная схема электроразведки с поверхности земли приведена на рис. 5.6. Через металлические стержни А и В сквозь грунт пропускается электрический ток, а с помощью стержней М и N и специальной аппаратуры исследуется искусственно созданное электрическое поле. На основании выполненных замеров определяют электрическое сопротивление горных пород. Высокое электросопротивление является косвенным признаком наличия нефти или газа.

**Гравиразведка** основана на зависимости силы тяжести на поверхности Земли от плотности горных пород. Породы, насыщенные нефтью или газом, имеют меньшую плотность, чем те же породы, содержащие воду. Задачей гравиразведки является определение мест с аномально низкой силой тяжести.

**Магниторазведка** основана на различной магнитной проницаемости горных пород. Наша планета - это огромный магнит, вокруг которого расположено магнитное поле. В зависимости от состава горных пород, наличия нефти и газа это магнитное поле искажается в различной степени. Часто магнитомеры устанавливают на самолеты, которые на определенной высоте совершают облеты исследуемой территории. Аэромагнитная съемка позволяет выявить антиклинали на глубине до 7 км, даже если их высота составляет не более 200...300 м.

Геологическими и геофизическими методами, главным образом, выявляют строение толщи осадочных пород и возможные ловушки для нефти и газа. Однако наличие ловушки еще не означает присутствия нефтяной или газовой залежи. Выявить из общего числа обнаруженных структур те, которые наиболее перспективны на нефть и газ, без бурения скважин помогают гидрогеохимические методы исследования недр.

**Гидрогеохимические методы**

К гидрохимическим относят газовую, люминесцентно-биту-монологическую, радиоактивную съемки и гидрохимический метод.

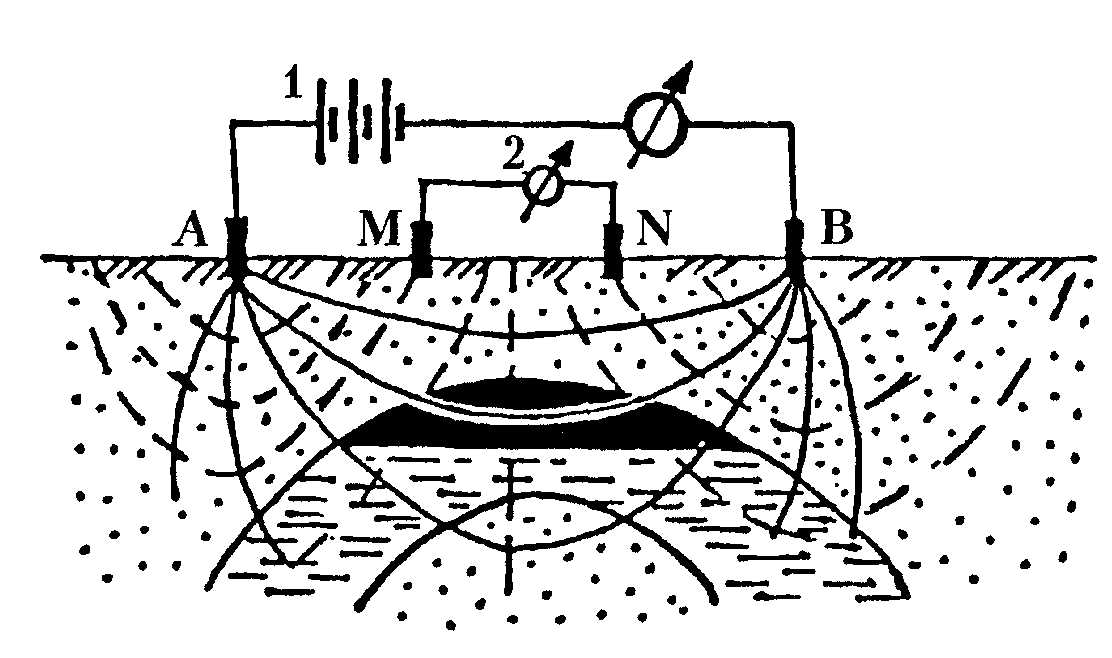


Рис. 5.6 Принципиальная схема электроразведки

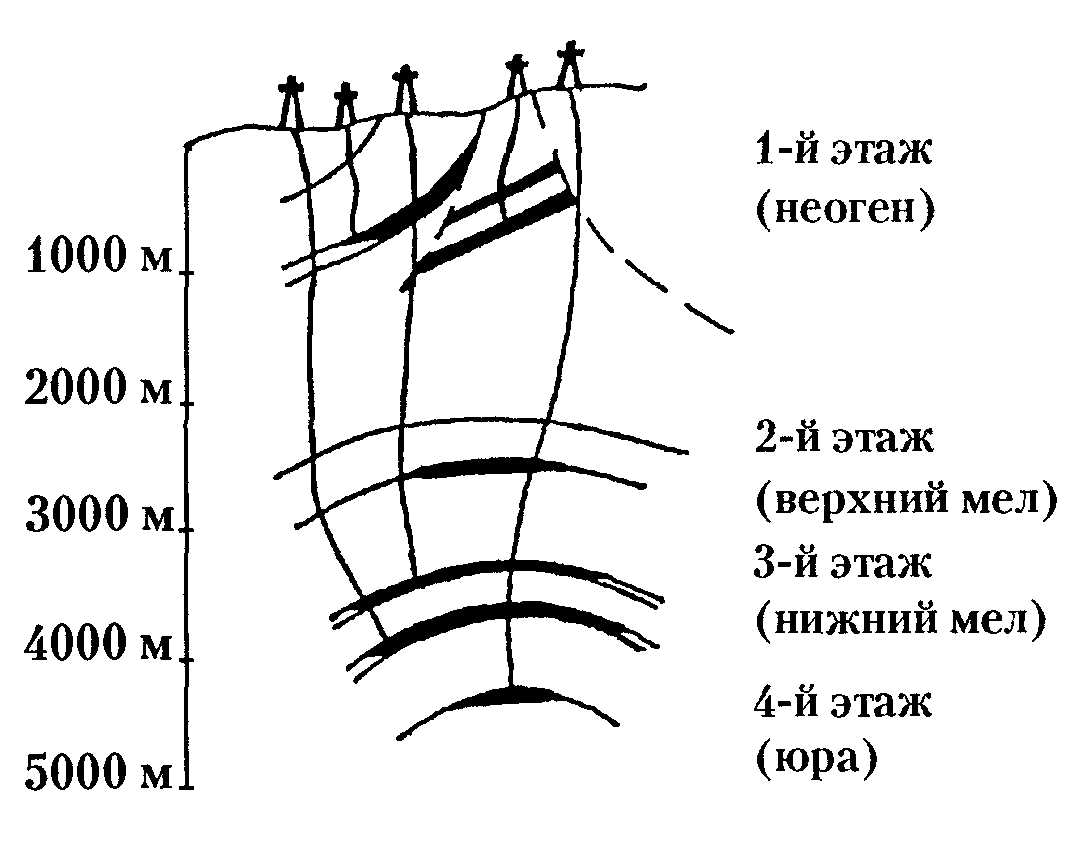


Рис. 5.7 Схема многопластового нефтяного месторождения

**Газовая съемка** заключается в определении присутствия углеводородных газов в пробах горных пород и грунтовых вод, отобранных с глубины от 2 до 50 м. Вокруг любой нефтяной и газовой залежи образуется ореол рассеяния углеводородных газов за счет их фильтрации и диффузии по порам и трещинам пород. С помощью газоанализаторов, имеющих чувствительность К)"15 ...10"G %, фиксируется повышенное содержание углеводородных газов в пробах, отобранных непосредственно над залежью. Недостаток метода заключается в том, что аномалия может быть смещена относительно залежи (за счет наклонного залегания покрывающих пластов, например) или же быть связана с непромышленными залежами.

Применение **люминесцентно-битуминологической съемки** основано на том, что над залежами нефти увеличено содержание битумов в породе, с одной стороны, и на явлении свечения битумов в ультрафиолетовом свете, с другой. По характеру свечения отобранной пробы породы делают вывод о наличии нефти в предполагаемой залежи.

Известно, что в любом месте нашей планеты имеется так называемый радиационный фон, обусловленный наличием в ее недрах радиоактивных трансурановых элементов, а также воздействием космического излучения. Специалистам удалось установить, что над нефтяными и газовыми залежами радиационный фон понижен. **Радиоактивная съемка** выполняется с целью обнаружения указанных аномалий радиационного фона. Недостатком метода является то, что радиоактивные аномалии в приповерхностных слоях могут быть обусловлены рядом других естественных причин. Поэтому данный метод пока применяется ограниченно.

**Гидрохимический метод** основан на изучении химического состава подземных вод и содержания в них растворенных газов, а также органических веществ, в частности, аренов. По мере приближения к залежи концентрация этих компонентов в водах возрастает, что позволяет сделать вывод о наличии в ловушках нефти или газа.

**Бурение и исследование скважин**

Бурение скважин применяют с целью оконтуривания залежей, а также определения глубины залегания и мощности нефтегазоносных пластов.

Еще в процессе бурения отбирают керн-цилиндрические образцы пород, залегающих на различной глубине. Анализ керна позволяет определить его нефтегазоносность. Однако по всей длине скважины керн отбирается лишь в исключительных случаях. Поэтому после завершения бурения обязательной процедурой является исследование скважины геофизическими методами.

Наиболее распространенный способ исследования скважин -**электрокаротаж.** В этом случае в скважину после извлечения бурильных труб опускается на тросе прибор, позволяющий определять электрические свойства пород, пройденных скважиной. Результаты измерений представляются в виде электрокаротажных диаграмм. Расшифровывая их, определяют глубины залегания проницаемых пластов с высоким электросопротивлением, что свидетельствует о наличии в них нефти.

Практика электрокаротажа показала, что он надежно фиксирует нефтеносные пласты в песчано-глинистых породах, однако в карбонатных отложениях возможности электрокаротажа ограничены. Поэтому применяют и другие методы исследования скважин: измерение температуры по разрезу скважины (термометрический метод), измерение скорости звука в породах (акустический метод), измерение естественной радиоактивности пород (радиометрический метод) и др.

## Этапы поисково-разведочных работ

Поисково-разведочные работы выполняются в два этапа: поисковый и разведочный.

**Поисковый этап** включает три стадии:

- региональные геологогеофизические работы;

- подготовка площадей к глубокому поисковому бурению;

- поиски месторождений.

На первой стадии геологическими и геофизическими методами выявляются возможные нефтегазоносные зоны, дается оценка их запасов и устанавливаются первоочередные районы для дальнейших поисковых работ. На второй стадии производится более детальное изучение нефтегазоносных зон геологическими и геофизическими методами. Преимущество при этом отдается сейсморазведке, которая позволяет изучать строение недр на большую глубину. На третьей стадии поисков производится бурение поисковых скважин с целью открытия месторождений. Первые поисковые скважины для изучения всей толщи осадочных пород бурят, как правило, на максимальную глубину. После этого поочередно разведуют каждый из «этажей» месторождений, начиная с верхнего (рис. 5.7). В результате данных работ делается предварительная оценка запасов вновь открытых месторождений и даются рекомендации по их дальнейшей разведке.

**Разведочный этап** осуществляется в одну стадию. Основная цель этого этапа - подготовка месторождений к разработке. В процессе разведки должны быть оконтурены залежи, определены состав, мощность, нефтегазонасыщенность, коллекторские свойства продуктивных горизонтов. По завершении разведочных работ подсчитываются промышленные запасы и даются рекомендации по вводу месторождений в разработку.

В настоящее время в рамках поискового этапа широко применяются съемки из космоса.

Еще первые авиаторы заметили, что с высоты птичьего полета мелкие детали рельефа не видны, зато крупные образования, казавшиеся на земле разрозненными, оказываются элементами чего-то единого. Одними из первых этим эффектом воспользовались археологи. Оказалось, что в пустынях развалины древних городов влияют на форму песчаных гряд над ними, а в средней полосе *-* над развалинами иной цвет растительности.

Взяли на вооружение аэрофотосъемку и геологи. Применительно к поиску месторождений полезных ископаемых ее стали называть **аэрогеологической съемкой.** Новый метод поиска прекрасно зарекомендовал себя (особенно в пустынных и степных районах Средней Азии, Западного Казахстана и Предкавказья). Однако оказалось, что аэрофотоснимок, охватывающий площадь до 500...700 км2, не позволяет выявить особенно крупные геологические объекты.

Поэтому в поисковых целях стали использовать съемки из космоса. Преимуществом космоснимков является то, что на них запечатлены участки земной поверхности, в десятки и даже сотни раз превышающие площади на аэрофотоснимке. При этом устраняется маскирующее влияние почвенного и растительного покрова, скрадываются детали рельефа, а отдельные фрагменты структур земной коры объединяются в нечто целостное.

Аэрогеологические исследования предусматривают визуальные наблюдения, а также различные виды съемок - фотографическую, телевизионную, спектрометрическую, инфракрасную, радарную. При **визуальных наблюдениях** космонавты имеют возможность судить о строении шельфов, а также выбирать объекты для дальнейшего изучения из космоса. С помощью **фотографической и телевизионной** съемок можно увидеть очень крупные геологические элементы Земли - мегаструктуры или морфоструктуры.

В ходе **спектрометрической** съемки исследуют спектр естественного электромагнитного излучения природных объектов в различном диапазоне частот. **Инфракрасная** съемка позволяет установить региональные и глобальные тепловые аномалии Земли, а **радарная** съемка обеспечивает возможность изучения ее поверхности независимо от наличия облачного покрова.

Космические исследования не открывают месторождений полезных ископаемых. С их помощью находят геологические структуры, где возможно размещение месторождений нефти и газа. В последующем геологические экспедиции проводят в этих местах полевые исследования и дают окончательное заключение о наличии или отсутствии этих полезных ископаемых.

Вместе с тем, несмотря на то, что современный геолог-поисковик достаточно хорошо «вооружен», повышение эффективности поисковых работ на нефть и газ остается актуальной проблемой. Об этом говорит значительное количество «сухих» (не приведших к находке промышленных залежей углеводородов) скважин.

Так, первое в Саудовской Аравии крупное месторождение Даммам было открыто после неудачного бурения 8 поисковых скважин, заложенных на одной и той же структуре, а уникальное месторождение Хасси-Месауд (Алжир) - после 20 «сухих» скважин. Первые крупные залежи нефти в Северном море были обнаружены после бурения крупнейшими мировыми компаниями 200 скважин (либо «сухих», либо только с газопроявлениями). Крупнейшее в Северной Америке нефтяное месторождение Прадхо-Бей размерами 70 на 16 км с извлекаемыми запасами нефти порядка 2 млрд. т было обнаружено после бурения на северном склоне Аляски 46 поисковых скважин.

Есть подобные примеры и в отечественной практике. До открытия гигантского Астраханского газоконденсатного месторождения было пробурено 16 непродуктивных поисковых скважин. Еще 14 «сухих» скважин пришлось пробурить прежде, чем нашли второе в Астраханской области по запасам Еленовское газоконденсатное месторождение.

В среднем, по всему миру коэффициент успешности поисков нефтяных и газовых месторождений (т.е. доля успешных продуктивных скважин) составляет около 0,3. Таким образом, только каждый третий разбуренный объект оказывается месторождением. Но это только в среднем. Нередки и меньшие значения коэффициента успешности.

Геологи в этом не виноваты. Они имеют дело с природой, в которой не все связи объектов и явлений достаточно изучены. Кроме того, применяемая при поисках месторождений аппаратура еще далека от совершенства, а ее показания не всегда могут быть интерпретированы однозначно.

**Лекция**

**Условия залегания нефти и природного газа.**

**Коллекторами нефти и газа** называются породы, слагающие природные резервуары, способные вмещать подвижные вещества (воду, нефть, газ) и отдавать их в естественном источнике или в горной породе при разработке в данной термобарической и геохимической обстановках. В качестве коллекторов могут выступать все известные разновидности горных пород (в одном из месторождений Восточной Туркмении даже в толще соли содержится небольшое скопление газа).

Различают гранулярные (межзерновые), трещинные, кавернозные и биопустотные коллекторы. Часто встречаются промежуточные разности, особенно трещинно-кавернозные и гранулярно-трещинные.

Гранулярными являются в основном песчано-алевритовые породы и некоторые разности карбонатных – оолитовые, обломочные известняки, а также остаточные породы (дресва выветривания). Пустоты коллекторов представлены порами.

Трещинными коллекторами могут быть осадочные породы, изверженные и метаморфические. Трещины определяют, главным образом, проницаемость этих образований.

## Понятия о залежах и месторождениях нефти и газа Нефть и газ могут находиться в самых различных  геологических условиях, но приурочены они главным образом к коллекторам осадочного чехла, хотя промышленные скопления нефти и газа встречаются и в изверженных породах. Залежи нефти и газа в недрах Земли находятся в пористых и трещиноватых породах, играющих. Как говорят, роль «ловушек», и представляют собой так называемые природные резервуары. Различают «структурные ловушки», возникшие вследствие тектонических причин, и «стратиграфические и литологические ловушки», являющиеся следствием стратиграфических и литологических условий. Залежи нефти и газа в зависимости от типа природного резервуара и типа «ловушки» подразделяют на пластовые сводовые, пластовые экранированные, массивные и литологически ограниченные Пластовые сводовые залежи – это скопления нефти и газа в сводовой части пористого пласта. Они могут быть в той или иной степени разбиты нарушениями, приводящими к образованию в некоторых случаях отдельных блоков нефтегазоносных пластов. Пластовые экранированные залежи – это скопления нефти и газа в пористом пласте, ограниченные вверх по восстанию пласта «экраном», сложенным  вследствие различных условий плохо проницаемыми породами. Массивные залежи – это скопления нефти и газа в структурах или эрозионных и рифовых выступах массивных известково-доломитовых толщ. В этом случае залежи нефти и газа не приурочены к какому-то одному стратиграфическому горизонту, а занимают ту или иную часть какого-либо из указанных  выступов независимо от характера имеющихся здесь напластований. Массивная залежь образуется и в песчано-глинистых толщах при наличии гидродинамической связи между проницаемыми пластами ( например, Уренгойское месторождение в сеноманской толще и др.). Литологически экранированные и литологически ограниченные залежи – это скопления нефти и газа в линзах и зонах с повышенной пористостью, заключенных в плохо проницаемых породах. Под залежью нефти и газа следует понимать единичное скопление их в породе-коллекторе (пористом или трещинном), ограниченном непроницаемыми или проницаемыми породами, поры которых заполнены водой, или теми и другими одновременно. В том случае, когда порода-коллектор содержит только газ, то залежь называют газовой. Если в залежи одновременно присутствуют и нефть и газ в свободном состоянии, то такую залежь называют нефтегазовой. Если скопление нефти и газа достаточно велико и рентабельно для разработки, то залежь называют промышленной. Если залежь мала и разработка ее не представляет практического интереса при современном состоянии техники эксплуатации, говорят о непромышленной залежи. По мере развития методов добычи жидких и газообразных полезных ископаемых из горных пород меняется и оценка залежи с точки зрения рентабельности ее эксплуатации. Совокупность залежей нефти и газа в пределах одной площади образует месторождение. Количество залежей в месторождении может быть самым различным. Существуют месторождения, в которых известна всего одна залежь нефти или газа. В то же время некоторые месторождения содержат по 30-40 и более различных залежей нефти и газа. Если нефтяное месторождение содержит хотя бы одну промышленную залежь нефти и газа, то оно уже является промышленным месторождением. Месторождения нефти и газа в зависимости от того, связаны они с геосинклинальными или с платформенными областями, разделяются на два класса (по И.О.Броду): Класс 1 – месторождения, сформировавшиеся в платформенных областях. Класс 2 – месторождения, сформировавшиеся в складчатых областях. В соответствии с этим составлено большинство известных  классификаций для месторождений нефти и газа. В зависимости от размеров территории распространения нефтяных и газовых скоплений, их геологического строения, истории развития, наличия того или иного типа геологических структур и ряда других признаков, принято выделять нефтегазоносные бассейны, области, зоны, районы и провинции. Наряду с процессами образования и формирования залежей нефти и газа происходит также и разрушение сформировавшихся залежей. Газо-нефтесодержащие толщи часто приближаются к дневной поверхности, а нередко и выходят на нее. Эти условия в конечном итоге приводят к разрушению залежей вследствие: 1) промывания нефтесодержащих пластов в связи с изменением направлений и ускорением движения пластовых вод; 2)  активизации фильтрации внутри пласта по системе трещин; 3) возникновения процессов окисления углеводородов при приближении залежей к зонам интенсивного водообмена; 4) разложения углеводородов благодаря усилению бактериальных процессов; 5) прямого разрушения залежей процессами эрозии. Происхождение нефти

Считается, что за время существования нефтяной промышленности человечеством добыто около 85 млрд. т нефти и оставлено в недрах отработанных месторождений еще 80...90 млрд. т. Кроме того, доказанные запасы нефти в настоящее время составляют около 140 млрд. т. Итого около 300 млрд. т. Что за «фабрика» произвела такое количество нефти?

Вопрос о происхождении нефти имеет не только познавательное, но и большое практическое значение. «Только тогда, когда мы будем иметь правильное представление о тех процессах, в результате которых возникла нефть, ...будем знать, каким образом в земной коре образуются ее залежи, мы получим ... надежные указания, в каких местах надо искать нефть и как надлежит наиболее целесообразно организовать ее разведку», - справедливо писал в 1932 г. академик И.М. Губкин.

В развитии взглядов на происхождение нефти выделяют 4 этапа:

- донаучный период;

- период научных догадок;

- период формирования научных гипотез, связанный с нача лом развития нефтяной промышленности;

- современный период.

Ярким примером донаучных представлений о происхождении нефти являются взгляды польского натуралиста XVIII в. каноника К. Клюка. Он считал, что нефть образовалась в раю и является остатком той благодатной жирной почвы, на которой цвели райские сады. Но после грехопадения Бог решил наказать человечество и уменьшил урожайность земли, удалив из нее жирное вещество. Одна часть жира, по мнению каноника, испарилась под влиянием солнечного тепла, а другая опустилась вглубь Земли, где и образовала скопления нефти.

Примером взглядов периода научных догадок является высказанная М.В. Ломоносовым мысль о том, что нефть образовалась из каменного угля под воздействием высоких температур. В своей работе «О слоях земных» в середине XVIII в. он писал: «Выгоняется подземным жаром из приуготовляющихся каменных углей оная бурая и черная масляная материя и вступает в разные расселины...»

С началом развития нефтяной промышленности вопрос о происхождении нефти приобрел важное прикладное значение. Это дало мощный толчок к появлению различных научных гипотез.

В 1866 г. французский химик М. Бертло высказал предположение, что нефть образовалась в недрах Земли при воздействии углекислоты на щелочные металлы. Другой французский химик Г. Биассон в 1871 г. выступил с идеей о происхождении нефти в результате взаимодействия воды, углекислого газа и сероводорода с раскаленным железом. Обе эти реакции действительно приводят к образованию нефтеподобного вещества, а сами гипотезы являются первыми представителями неорганической теории происхождения нефти.

В 1888 г. немецкий химик К. Энглер, нагревая жиры морских животных при давлении 1 МПа до температуры 320...400 "С, получил нефтеподобные продукты. На этом основании он вместе с геологом Г. Гефером выдвинул гипотезу о происхождении нефти из животного жира, т.е. из органического вещества.

В настоящее время сформировались две теории происхождения нефти: органическая и неорганическая.

Сторонники **органической теории** утверждают, что исходным материалом для образования нефти стало органическое вещество.

**В основе современных взглядов на происхождение нефти лежат положения,** сформированные академиком И.М. Губкиным в 1932 г. в его монографии «Учение о нефти». Ученый считал, что исходным для образования нефти является органическое вещество морских илов, состоящее из растительных и животных организмов. Его накопление на дне морей происходит со скоростью до 150 г на 1 квадратный метр площади в год. Старые слои довольно быстро перекрываются более молодыми, что предохраняет органику от окисления. Первоначальное разложение растительных и животных остатков происходит без доступа кислорода под действием анаэробных бактерий. Далее пласт, образовавшийся на морском дне, опускается в результате общего прогибания земной коры, характерного для морских бассейнов. По мере погружения осадочных пород давление и температура в них повышаются. Это приводит к преобразованию рассеянной органики в диффузно рассеянную нефть. Наиболее благоприятны для нефтеоб-разования давления 15...45 МПа и температуры 60...150 "С, которые существуют на глубинах 1,5...6 км. Далее, под действием возрастающего давления нефть вытесняется в проницаемые породы, по которым она мигрирует к месту образования залежей.

Таким образом, процесс **нефтеобразования делится на три этапа:**

1) накопление органического материала и его преобразование в диффузно рассеянную нефть;

2) выжимание рассеянной нефти из нефтематеринских пород в коллекторы;

3) движение нефти по коллекторам и ее накопление в залежах.

В последующие годы **взгляды И.М. Губкина блестяще подтвердились.** В 1934 г. в нефти, асфальтах и ископаемых углях были найдены порфирины, входящие в молекулу хлорофилла. В 50-е годы нашего столетия А.И. Горской (в СССР) и Ф. Смитом (в США) были открыты нефтяные углеводороды в осадках водоемов различных типов (в озерах, заливах, морях, океанах). Открытие крупнейших нефтяных месторождений в осадочных бассейнах сначала между Волгой и Уралом, а затем в Западной Сибири также подтверждает взгляды И.М. Губкина. Наконец, в настоящее время большинство нефтяных месторождений мира находится в местах сосредоточения осадочных пород, содержащих окаменелые останки животных и растений.

Вместе с тем сторонники органического происхождения нефти бессильны объяснить существование ее гигантских скоплений там, где органического вещества в осадочных породах относительно мало (например, бассейн реки Ориноко).Более того, довольно значительные скопления нефти в Марокко, Венесуэле, США и других странах встречаются в метаморфических и изверженных породах, в которых органического вещества просто не может быть. До недавнего времени бесспорным подтверждением родства нефти и органического мира считались соединения, встречающиеся в обоих из них (например, порфирины). Однако в настоящее время многие из этих соединений получены неорганическим путем. При этом синтезе также получается значительное количество твердых парафинов, часто встречающихся в нефти. Органическая же теория объяснить такую долю парафина в нефтях не может.

Абсолютно не вписываются в органическую теорию происхождения нефти находки, сделанные в магматических породах. Так, в древнейших кристаллических породах, вскрытых Кольской сверхглубокой скважиной, зафиксировано присутствие родственного нефти битуминозного вещества, а на вьетнамском шельфе открыты крупные нефтяные месторождения (Белый Тигр, Волк, Дракон), где продуктивными оказались не привычные нефтяникам песчаники и известняки, а глубинный гранитный массив. Похожее, хотя и небольшое, месторождение (Оймаша) известно в Казахстане.

Сторонники неорганической теории считают, что нефть образовалась из минеральных веществ.

В 1876 г. Д.И. Менделеев выдвинул, так называемую, «карбидную» гипотезу происхождения нефти. По мнению ученого, во время горообразовательных процессов по трещинам-разломам, рассекающим земную кору, вглубь проникает вода. Встречая на своем пути карбиды железа, она вступает с ними в реакцию, в результате которой образуются оксиды железа и углеводороды. Затем последние по тем же разломам поднимаются в верхние слои земной коры и образуют нефтяные месторождения.

Заслугой Д.И. Менделеева является то, что впервые вместо общих рассуждений им была выдвинута стройная гипотеза, объясняющая не только химическую, но и геологическую сторону процесса образования нефти из неорганических веществ.

Оппоненты «карбидной» гипотезы утверждают, что существование карбидов железа в недрах Земли не доказано, а кроме того, в условиях высоких давлений и температур горные породы становятся пластичными и поэтому существование трещин, ведущих к ядру Земли, по их мнению, невозможно.

В 1892 г. русский геолог В.Д. Соколов, основываясь на фактах находок битумов в метеоритах, а также на наличии углеводородов в хвостах некоторых комет, предложил «космическую» гипотезу возникновения нефтяных углеводородов в коре нашей планеты. По его мнению, углеводороды изначально присутствовали в газопылевом облаке, из которого сформировалась Земля. Впоследствии они стали выделяться из магмы и подниматься в газообразном состоянии по трещинам в верхние слои земной коры, где конденсировались, образуя месторождения нефти. Оппоненты В.Д. Соколова утверждают, что существование в недрах Земли трещин большой протяженности, соединяющих земное ядро с поверхностью, невозможно. Современными же исследованиями установлено, что в атмосфере планет Юпитера, Сатурна, Урана и Нептуна присутствует метан, хотя никакой органики на этих планетах не было и быть не может. Ученые предполагают, что метан образовался в условиях высоких температур из водорода и углекислого газа, широко распространенных в космосе.

В 50-е годы ленинградский геолог-нефтяник Н.А. Кудрявцев собрал и обобщил огромный геологический материал по нефтяным месторождениям мира. Прежде всего он на более обширном материале подтвердил наблюдения Д.И. Менделеева о том, что многие месторождения обнаруживаются под зонами глубинных разломов земной коры. Во-вторых, он собрал сведения об отсутствии прямой связи между наличием нефти и количеством органического вещества в породе. Таким местом является, в частности, Мархининский вал на севере Сибири, где горные породы на глубину двух километров буквально пропитаны нефтью, а количество углерода, образовавшегося одновременно с породой, составляет всего 0,2...0,4 %. На этом основании ученый считал, что нефтеносность Мархининского вала связана не с преобразованием органического вещества, а с наличием глубинного разлома, по которому углеводороды поднимались из недр планеты. Тем же самым можно объяснить присутствие нефти в кимберлитовых трубках, которые представляют собой каналы взрывного разлома земной коры, образовавшиеся в результате прорыва глубинных газов и магмы из недр Земли.

На основании этих и других фактов Н.А. Кудрявцев выдвинул «магматическую» гипотезу образования нефти. По его мнению, на больших глубинах в условиях очень высокой температуры углерод и водород образуют углеводородные радикалы СН, СН2 и СНГ Затем по глубинным разломам они поднимаются вверх, ближе к земной поверхности. Благодаря уменьшению температуры, в верхних слоях Земли эти радикалы соединяются друг с другом и. с водородом, в результате чего образуются различные нефтяные углеводороды.

Основываясь на этой гипотезе, Н.А. Кудрявцев советовал искать нефть не только в верхних слоях, но и значительно глубже. Этот прогноз блестяще подтверждается открытием все более глубоко залегающих нефтяных месторождений.

Оппоненты Н.А. Кудрявцева утверждают, что в условиях высоких температур углеводородные радикалы существовать не могут. Однако Э.Б. Чекалюк выполнил необходимые расчеты и показал, что на больших глубинах высокое давление полностью подавляет термическую деструкцию углеводородов. Кроме того, здесь происходит не только синтез углеводородов из воды и углекислого газа, но также их полимеризация, циклизация и конденсация в крупные углеводородные молекулы. Оптимальные термодинамические условия для синтеза нефти, по мнению ученого, имеют место на глубинах порядка 100...200 км. Прорыв нефтяных углеводородов ближе к поверхности происходит по разломам, возникающим в мантии и земной коре.

До недавнего времени в СССР общепризнанной считалась теория органического происхождения нефти, согласно которой «черное золото» залегает на глубине 1,5...6 км. Белых пятен в недрах Земли на этих глубинах почти не осталось. Поэтому теория органического происхождения не дает практически никаких перспектив в отношении разведки новых крупных месторождений нефти.

Иное дело теория неорганического происхождения нефти. В недрах нашей планеты имеется достаточное количество исходного материала для образования углеводородов. Источниками углерода и водорода считаются вода и углекислый газ. Их содержание в 1 м! вещества верхней мантии Земли, поданным Е.К. Мархинина, составляет 180 кг и 15 кг соответственно. Благоприятная для реакции химическая среда обеспечивается присутствием закисных соединений металлов, содержание которых в вулканических породах доходит до 20 %. Образование нефти будет продолжаться до тех пор пока в недрах Земли есть вода, углекислый газ и восстановители (в основном закись железа). Таким образом, теория неорганического происхождения нефти не только объясняет факты, ставящие в тупик «органиков», но и дает нам надежду на то, что запасы нефти на Земле значительно больше разведанных на сегодня, а самое главное -продолжают пополняться.

В целом можно сделать вывод, что обе теории происхождения нефти достаточно убедительно объясняют этот процесс, взаимно дополняя друг друга. А истина лежит где-то посредине.

## Происхождение газа

Метан широко распространен в природе. Он всегда входит в состав пластовой нефти. Много метана растворено в пластовых водах на глубине 1,5...5 км. Газообразный метан образует залежи в пористых и трещиноватых осадочных породах. В небольших концентрациях он присутствует в водах рек, озер и океанов, в почвенном воздухе и даже в атмосфере. Основная же масса метана рассеяна в осадочных и изверженных породах. Напомним также, что присутствие метана зафиксировано на ряде планет Солнечной системы и в далеком космосе.

Широкое распространение метана в природе позволяет предположить, что он образовался различными путями.

На сегодня известно несколько процессов, приводящих к образованию метана:

- биохимический;

- термокаталитический;

- радиационно-химический;

- механохимический;

- метаморфический;

- космогенный.

**Биохимический процесс** образования метана происходит в илах, почве, осадочных горных породах и гидросфере. Известно более десятка бактерий, в результате жизнедеятельности которых из органических соединений (белков, клетчатки, жирных кислот) образуется метан. Даже нефть на больших глубинах под действием бактерий, содержащихся в пластовой воде, разрушается до метана, азота и углекислого газа.

**Термокаталитический процесс** образования метана заключается в преобразовании в газ органического вещества осадочных пород под воздействием повышенных температуры и давления в присутствии глинистых минералов, играющих роль катализатора. Этот процесс подобен образованию нефти. Первоначально органическое вещество, накапливающееся на дне водоемов и на суше, подвергается биохимическому разложению. Бактерии при этом разрушают простейшие соединения. По мере погружения органического вещества вглубь Земли и соответственного повышения температуры деятельность бактерий затухает и полностью прекращается при температуре 100 "С. Однако уже включился другой механизм - разрушения сложных органических соединений (остатки живого вещества) в более простые углеводороды и, в частности, в метан, под воздействием возрастающих температуры и давления. Важную роль в этом процессе играют естественные катализаторы - алюмосиликаты, входящие в состав различных, особенно глинистых пород, а также микроэлементы и их соединения.

Чем же отличается в таком случае образование метана от образования нефти? Во-первых, нефть образуется из органического вещества сапропелевого типа - осадков морей и шельфа океанов, образованных из фито- и зоопланктона, обогащенных жировыми веществами. Исходным для образования метана является органическое вещество гумусового типа, состоящее из остатков растительных организмов. Это вещество при термокатализе образует, в основном, метан. Во-вторых, главная зона нефтеобразования соответствует температурам горных пород от 60 до 150 °С, которые встречаются на глубине 1,5...6 км. В главной зоне нефтеобразования наряду с нефтью образуется и метан (в сравнительно малых количествах), а также его более тяжелые гомологи. Мощная зона интенсивного газообразования соответствует температурам 150...200 "С и больше, она находится ниже главной зоны нефтеобразования. В главной зоне газообразования в жестких температурных условиях происходит глубокая термическая деструкция не только рассеянного органического вещества, но и углеводородов горючих сланцев и нефти. При этом образуется большое количество метана.

**Радиационно-химический** процесс образования метана протекает при воздействии радиоактивного излучения на различные углеродистые соединения.

Замечено, что черные тонкодисперсные глинистые осадки с повышенной концентрацией органического вещества, как правило, обогащены и ураном. Это связано с тем, что накопление органического вещества в осадках благоприятствует осаждению солей урана. Под воздействием радиоактивного излучения органическое вещество распадается с образованием метана, водорода и окиси углерода. Последняя сама распадается на углерод и кислород, после чего углерод соединяется с водородом, также образуя метан.

**Механохимический процесс** образования метана заключается в образовании углеводородов из органического вещества (углей) под воздействием постоянных и переменных механических нагрузок. В этом случае на контактах зерен минеральных пород образуются высокие напряжения, энергия которых и участвует в преобразовании органического вещества.

**Метаморфический** процесс образования метана связан с преобразованием угля под воздействием высоких температур в углерод. Данный процесс есть часть общего процесса преобразования веществ при температуре свыше 500 "С. В таких условиях глины превращаются в кристаллические сланцы и гранит, известняк - в мрамор и т.п.

**Космогенный** процесс образования метана описывает «космическая» гипотеза образования нефти В.Д. Соколова.

Какое место занимает каждый из этих процессов в общем процессе образования метана? Считается, что основная масса метана большинства газовых месторождений мира имеет термокаталитическое происхождение. Образуется он на глубине от 1 до 10 км. Большая доля метана имеет биохимическое происхождение. Основное его количество образуется на глубинах до 1...2 км.