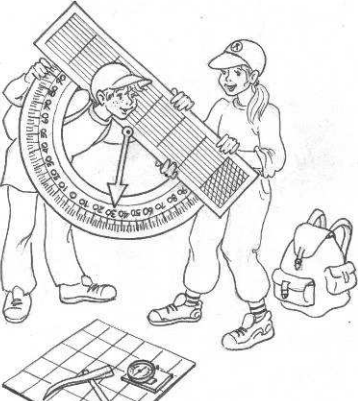



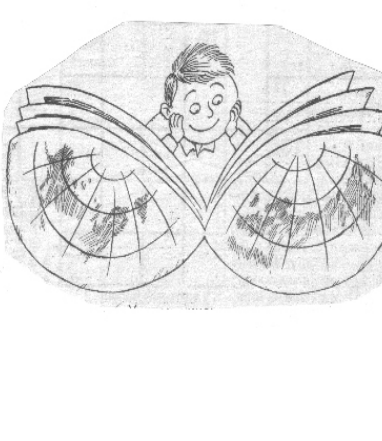
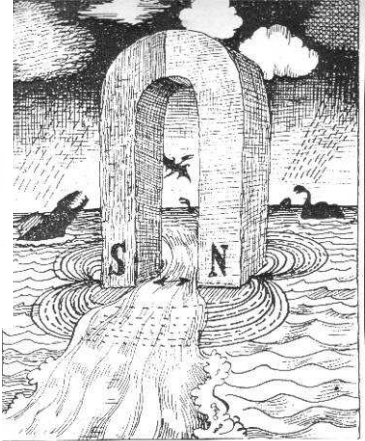


А.П.Сучкова
Т.П.Питолина

ПЕРВЫЕ ШАГИ В ГЕОЛОГИЮ



СОДЕРЖАНИЕ

ШАГ ПЕРВЫЙ 6-7 КЛАСС ВВЕДЕНИЕ В НАУКУ	ШАГ ВТОРОЙ 8-9 КЛАСС НАЧАЛО ПОЗНАНИЯ	ШАГ ТРЕТИЙ 10-11 КЛАСС ПУТЬ К ПОНИМАНИЮ
ТЕМА 1. Геология – наука о Земле		
1.1. Геология не бывает скучной!	1.2. Выдающиеся геологи, заложившие фундамент науки о Земле	1.3. Как изучают земные недра
		
Страница 1	Страница 4	Страница 9
ТЕМА 2. Земля – частица вселенной		
2.1. Наш космический дом	2.2. Загадки земной коры	2.3. Незримые силы Земли
		
Страница 11	Страница 13	Страница 15

ТЕМА 3. Жизнь Земли и жизнь на Земле		
3.1. О чём говорят окаменелости	3.2. Путешествие в прошлое Земли	3.3. Страницы книги под названием Земля
		
Страница 18	Страница 29	Страница 32
ТЕМА 4. Непостоянство лика земного		
4.1. Кто правит бал на Земле	4.2. Жар земных глубин	4.3. Человек преобразует природу
		
Страница 49	Страница 56	Страница 63

ТЕМА 5. Царство минералов

Азбука минералогии	Кристалл - совершенное творение природы	Где и как образуются минералы
		
Страница 66	Страница 84	Страница 89

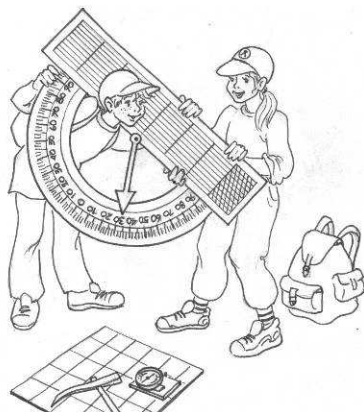
ТЕМА 6. Каменное море

6.1. Горная порода – что это такое?	6.2. Петрографическое разнообразие. Магматические породы	6.3. Петрографическое разнообразие. Осадочные и метаморфические породы
		
Страница 95	Страница 96	Страница 109

ТЕМА 7. Профессия: геолог!		
7.1. Что должен знать геолог?	7.2. Геологические специальности	7.3. Где готовят геологов?
Страница 122	Страница 124	Страница 126

ТЕМА 1: ШАГ 1

ГЕОЛОГИЯ - НАУКА О ЗЕМЛЕ



1.1. Геология не бывает скучной!

(предмет изучения, практическое значение, основные вехи развития науки)

Слово «геология» - не русское, а греческое. Оно состоит из двух частей: «гео» - Земля, «логия» - наука. Значит, геология - это наука о Земле, о составе слагающих её пород, о положении пластов и кристаллических массивов в земной коре, о том, как формировалась Земля в целом и земная кора в частности, каким изменениям подвергалась она в течение длительной истории своего существования.

Геология позволяет нам не только заглядывать в глубь космических времен, но и понимать происходящие на земной поверхности изменения, которые доступны нашему изучению. Тепло, идущее от Солнца, движение воздуха в виде ветра, капли дождя, мороз, снег, растения и животные, и даже человек - всё это геологические деятели, участники великого преобразования лика Земли. А в скрытой от нас глубине проявляются свои, внутренние, ещё более грандиозные события, процессы, приводящие к извержениям вулканов, землетрясениям, к движению целых материков.

Тот, кто не знает основ геологии, подобен неграмотному человеку: буквы-то он видит, а прочесть слово не может. На склоне оврага он заметит в одном месте твердый камень, в другом - рыхлую массу, но не знает, что это за породы и как они образовались, и как образовался сам овраг. В горной долине он удивляется, почему это слои пород странно закруглены или стоят почти вертикально. Он будет воспринимать только внешние формы, но не сущность явлений.

Без знаний геологии мы не сможем искать месторождения полезных ископаемых планомерно, а будем просто бродить, в надежде случайно найти то, что нам нужно. Не будучи специалистом, нельзя оценить качество и количество найденных полезных ископаемых, определить условия их залегания и возможность их отработки.

Геология занимается также изучением подземных вод для питьевого водоснабжения больших и малых городов и поселков, а также минеральных целебных вод.

Строительство крупных зданий, дорог, аэродромов, тоннелей, плотин требует тщательного изучения грунта, ибо без учета геологических данных нельзя проектировать, а тем более строить любые сооружения.

И, наконец, знание основ геологии необходимо всем, кто занимается естествознанием. Значение геологии в познании тайн возникновения и развития мира и всего живущего в нем переоценить невозможно.

Геология, как наука, зарождалась в рамках других или в виде самостоятельных наук (минералогия, петрология, горное дело, палеонтология и др.), слившихся постепенно в единое понятие - **геология**.

В современном понимании это комплекс наук, позволяющий нам рассматривать планету Земля как единое целое в тесной природной и исторической взаимосвязи.



Рис. 1. Геология и её основные составляющие

ЧТО ИЗУЧАЕТ ГЕОЛОГИЯ?

Объектом геологического изучения является земная кора. Мантия и ядро нам пока недоступны для наблюдения. В них геологи проникают с помощью специальных приборов и методов, да пользуются теми крохами вещества, которые природа сама выбрасывает на поверхность.

Предметами изучения служат минералы, горные породы, в том числе и полезные ископаемые, подземные воды, ископаемые остатки флоры и фауны (или их отпечатки), физические явления (гравитация, геомагнетизм, радиоактивность и др.), а также современные геологические процессы (вулканизм) и продукты, ими образованные.

Основными методами геологических исследований являются:

- визуальные наблюдения естественных обнажений горных пород, керн буровых скважин (до глубины 15 000 м), горные разведочные и эксплуатационные выработки (шахты, карьеры, шурфы и т.д.);
- геофизические методы (гравиметрия, магнитометрия, сейсмика, радиометрия, электрометоды, радиоизотопные методы и др.);
- аналитические исследования минералов и горных пород (химический, спектральный, рентгеноструктурный анализы), микроскопия - изучение тончайших срезов горных пород (шлифов) в прямом и поляризованном свете;
- геологическое картирование (геологическая съёмка) самых разных масштабов. Геологическая карта - научная база для изучения и поисков полезных ископаемых;
- аэрокосмическое картографирование для выявления крупных геологических структур Земли;
- поиски и разведка месторождений полезных ископаемых (бурение скважин, проходка разведочных горных выработок, геохимические, геофизические

исследования, технологические исследования, экономическая оценка минеральных ресурсов);

- инженерная геология (исследование грунтов под строительство крупных промышленных и гражданских сооружений);
- геоэкологический мониторинг, рациональное использование природных ресурсов.

Промежуточный результат геологических исследований: научно-производственный отчет, журнальные публикации, монография с полным анализом геологических данных, полученных за период исследования.

Конечная продукция, выдаваемая геологами по результатам своих исследований: геологическая карта (а также гидрогеологическая, тектоническая, полезных ископаемых и др.); подготовка месторождений полезных ископаемых к эксплуатации.

КАК ФОРМИРОВАЛАСЬ НАУКА О ЗЕМЛЕ

Представления о строении Вселенной и планеты Земля, более или менее близкие к современным, появились в Древней Греции во второй половине первого тысячелетия до н.э.

Сначала ПИФАГОР (570-500 гг. до н.э.) пришел к выводу, что Земля имеет сферическую форму и что Вселенная не что иное, как вложенные друг в друга концентрические сферы, которые вращаются вокруг Земли. По сравнению с существовавшими тогда понятиями о плоской Земле, это был величайший прорыв в науке. Но только 200 лет спустя АРИСТОТЕЛЬ (389-322 гг. до н.э.) привел прямые доказательства шарообразности Земли: по форме диска при лунном затмении. В своих трактатах он приводит даже длину окружности земного шара - 63 тыс. км. Неизвестно, сам ли и каким образом он делал расчет, но ошибка только на одну треть поражает нашего современника.

Пройдет ещё 100 лет, прежде чем ЭРАТОСФЕН (279-194 гг. до н.э.) с помощью остроумных астрономических наблюдений уточнил длину земной окружности (40 тыс. км), ошибившись при этом только на 2 % от современных инструментальных измерений (40,1 тыс. км).

Ещё во времена Аристотеля другой древнегреческий философ - ГЕРАКЛИД (388-314 гг. до н.э.) высказывает предположение, что Солнце и ближайшие к нему планеты представляют единую систему с Солнцем в центре, то есть то, что мы теперь называем гелиоцентрической системой.

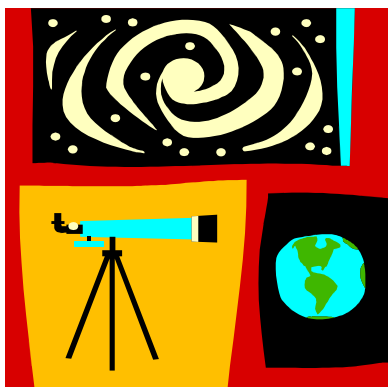
Правда, потребуется целое тысячелетие (в силу многих причин), пока Николай КОПЕРНИК (1473-1547), польский астроном, не поставит в великом споре о форме Земли последнюю точку, а Иоганн КЕПЛЕР (1571-1630), немецкий ученый, не сформулирует знаменитый закон «небесной механики», по которому Земля, как и другие планеты, вращается вокруг Солнца по своей собственной орбите, имеющей форму эллипса.

После решения этой важнейшей задачи на первый план встал вопрос: «А как же образовалась сама Земля?». Впервые независимо друг от друга более или менее правильно ответили на него немецкий философ Иммануил КАНТ (1724-1800) и французский астроном Пьер Симон ЛАПЛАС (1724-1827). Первый высказал предположение, что Вселенная образовалась из туманности («первичного Хаоса»), а второй довел эту мысль до логического завершения: по его гипотезе космические частицы, слипаясь друг с другом под влиянием сил тяжести (закон всемирного тяготения был уже общепризнан), образовали плотный сгусток, который, вращаясь под влиянием центробежных сил, стал плоским, дискообразным, и в силу тех же причин от его периферических частей отрывались небольшие концентрические кольца, которые в последствии сконденсировались в отдельные планеты. Из центрального же сгустка образовалось Солнце.

Так, умом наших гениальных предшественников сформировалось общее представление о создании мира и Земли в том числе. Все последующие научные изыскания только уточняли или дополняли эти фундаментальные научные постулаты.

ТЕМА 1: ШАГ 2

ГЕОЛОГИЯ - НАУКА О ЗЕМЛЕ



1.2. Выдающиеся геологи, заложившие фундамент науки о Земле

(о великих мыслителях, трудами которых создавалась современная наука)

Первым, по-настоящему крупным знатоком геологии, предстает перед нами КАЙ ПЛИНИЙ СЕКУНД, живший в начале первого тысячелетия нашей эры, более известный в истории под именем ПЛИНИЯ СТАРШЕГО (23-79 гг.). Это был римский ученый-энциклопедист. Из его огромного творческого наследия до нас дошла «Естественная история» - 36 томов, 6 из которых посвящено неорганической природе. Плиний Старший выступает как последователь Аристотеля. В своих трудах он приводит подробные сведения о многих известных тогда минералах и металлах. На многие столетия его «Естественная история» являлась основным источником сведений об устройстве мира, минералах и горных породах. Знаменательно, что погиб Плиний Старший при извержении Вулкана Везувий. В то время Плиний командовал специальной флотилией и при желании мог бы избежать своей участи. Но это был именно тот случай, когда интерес естествоиспытателя победил внутренний страх, и он остался наблюдать интересное явление стихии.

Огромный след в истории оставил Георгиус АГРИКОЛА (1494-1555) (рис.2), доктор медицины и философии, крупный знаток горного дела и металлургии. За 20 лет он написал 12-томную уникальную энциклопедию «О горном деле и металлургии». Агрикола не был теоретиком в геологии. Скорее он, образованный по тем временам горный инженер и металлург, подытожил накопившийся за 14 столетий после Плиния опыт поисков, разведки и переработки полезных ископаемых. По его словам, писал он только о том, что видел сам и что, прочитав и услышав, сам осмыслил. И в этом историческая ценность его работы.



Рис. 2. Георгиус АГРИКОЛА



Рис.3. М. В. ЛОМОНОСОВ

К началу XVIII столетия Европа, включая и Россию, становится центром научной геологической мысли. Появилось много блистательных естествоиспытателей, имевших разные подходы к познанию неорганического мира и разное понимание процессов образования земной коры.

Первым русским ученым-геологом следует считать Михаила Васильевича ЛОМОНОСОВА (1711-1765) (рис.3). Он был всесторонне одаренным ученым.

Значительную часть своего времени отдавал горному делу и геологии, В его труде «Слово о рождении металлов от трясения Земли» отчетливо просматриваются идеи о магматическом образовании многих горных пород, получившие чуть позже развитие в трудах западноевропейских натуралистов.

В работе «О слоях земных» им высказывается мысль о постепенности в процессах изменения земной поверхности, что также станет в последующем краеугольным камнем геологии. По словам другого крупнейшего русского геолога и мыслителя В.И. Вернадского, именно М.В. Ломоносов ввел в геологию «метод единства геологических процессов». Наш великий соотечественник был человеком, стоявшим по тем временам на передовых позициях науки, и, пожалуй, первым русским ученым, признанным в Европе.

А тем временем, то есть в XVIII и начале XIX веков, властителями умов в геологии стала плеяда талантливых естествоиспытателей, трудом которых и были построены основы геологической науки: А. Вернер, Д. Геттон, Ж. Кювье и другие.

Немецкий минералог и геолог Абраам ВЕРНЕР (1749-1817) (рис.4) относится к тем ученым, о которых говорят, что они составляют эпоху. Потомственный горный инженер, с детства впитавший азы минералогии, уже к 25 годам напишет книгу, которая на многие годы станет для всей Европы учебником по минералогии. А. Вернер сам открыл восемь новых минералов, 25 минералам дал названия, не изменившиеся до наших дней. В его честь также названы два минерала. Он впервые ввел в научную терминологию понятие «ископаемый». Но мировую славу принесли ему его взгляды о первопричинах происхождения «земной тверди».



Рис 4. Абраам ВЕРНЕР

Рис 5. Джеймс ГЕТТОН

Провозглашенная и активно защищаемая им так называемая концепция нептоунизма утверждала, что все, из чего состоит Земля, образовано водой, водной стихией. Разумеется, такие взгляды на суть вещей были и до Вернера, но он придал этим взглядам вид научной гипотезы, теории. Не все геологи разделяли эту точку зрения. Но геологические споры, борьба мнений о природе образования Земли были поставлены с тех пор на научную основу, и в этом величайшая заслуга А. Вернера.

Наиболее серьезным критиком нептоунизма стал шотландский натуралист Джеймс ГЕТТОН (1726-1797) (рис.5). Он не был профессиональным геологом, скорее был в геологии любителем, и это позволяло ему смотреть на многие явления неорганического мира непредвзято. Вершивший в те времена геологию А. Вернер не был для него непрекаемым авторитетом. Д. Геттон был выдающимся представителем другого, тоже крайнего в геологии направления - **плутонизма**, проповедавшего, что всё земное произошло из магмы. Как бы там ни было, его простой, но почти гениальный вывод о том, что граниты и базальты являются не осадочными (как говорили **нептоунисты**), а изверженными породами, нанесли нептоунизму непоправимый удар. Кстати, слава к Д. Геттону пришла уже после его смерти. Широкую известность в научных кругах он приобрел лишь тогда, когда один из его друзей изложил идеи Геттона в популярном виде в работе «Иллюстрации теории Геттона» (1802).

Споры нептоунистов и плутонистов не исчерпывали тематику дискуссий о

происхождении и развитии земной коры. Не менее важным фактом научной борьбы были споры между «катастрофистами» и «униформистами».

Ярким представителем первого направления был француз Жорж КЮВЬЕ (1769-1832) (рис.6). Он вошел в историю не только как один из крупнейших общественных и политических деятелей Франции времен Наполеона I, но и как ученый-естествоиспытатель, создатель сравнительной анатомии. Ж. Кювье впервые разделил животных на четыре типа: позвоночные, мягкотелые, членистые и лучистые, чем положил начало классификации животных. Основная его заслуга заключена в создании **палеонтологии** (науки о вымерших организмах) позвоночных. В числе первых ученых он выявил связь между земными слоями и находящимися в них останками позвоночных, став, таким образом, основоположником **исторической геологии**. Его главным научным кредо была вера, что в истории Земли ведущую роль играют сверхмощные силы - катаклизмы, катастрофы, которые перекраивают земную поверхность, уничтожая всё живое на обширных участках.

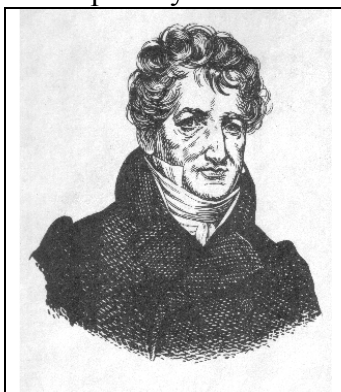


Рис 6. Жорж КЮВЬЕ



Рис 7. Уильям Смит

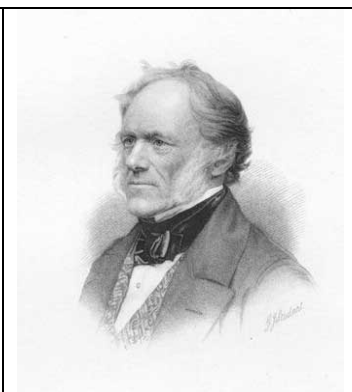


Рис 8. Чарльз ЛАЙЕЛЬ

Теория катастроф (**катастрофизм**) находила в то время многих сторонников, пока под напором противоречивых данных не потеряла свое значение.

Окончательное поражение теория катастрофизма потерпела от англичан: Д. Геттона, У. Смита и Ч. Лайеля. Первым отрицательно к теории катастроф отнесся Д. Геттон. В трактате «Теория Земли» он (как и М.В. Ломоносов) доказывает, что Земля меняет свой лик постепенно. Своим взглядам на изменение лика Земли он дал название - **униформизм**.

Одновременно, параллельно с Кювье, в области исторической геологии работал Уильям СМИТ (1769-1839) (рис.7), английский инженер-землемер, страстно увлеченный геологией. Участвуя в проходке каналов, он обратил внимание, что пласты пород отличаются постоянной последовательностью даже на большом удалении друг от друга. И самое главное, он первым заметил, что подобные по составу пород пласты содержат одинаковые ископаемые остатки. Это позволило Смиту сделать вывод, что одинаковый «набор» окаменелостей может образоваться только в одно время, а это значит, что возраст разноудаленных пластов с одинаковыми окаменелостями один и тот же. Так начались в геологии две новые ветви - **палеонтология**, наука об ископаемых животных, и **стратиграфия**, наука о последовательности залегания и образования горных пород.

Окончательный удар по катастрофизму нанес Чарльз ЛАЙЕЛЬ (1797-1875) (рис.8), английский геолог, выдающийся представитель европейских ученых, стоявших у колыбели современной геологии. Он жил в пору, когда споры между представителями идей катастрофизма и униформизма были в самом разгаре. Родился он в год смерти Геттона, но ему посчастливилось лично встречаться с Кювье. Собирая нужные аргументы в пользу той или иной гипотезы, он обратил внимание на колонны «храма Серписа» вблизи Неаполя. На этих колоннах четко выделялись три участка. На нижних и верхних частях колонн сохранился гладкий мрамор, а на средней он был источен моллюсками. Это явление наблюдали многие, но только Лайелю пришла в голову счастливая мысль, что колонны храма - это не столько памятник древней архитектуры, сколько памятник

геологический, свидетельствующий о периодических колебаниях уровня Неапольского залива. Источенный участок колонн непременно должен был находиться в воде где обитали моллюски. К этому времени нижние участки колонн уже были завалены обломками храма, и моллюски не имели к нему доступа. Наблюдаемое им и правильно истолкованное явление убедительно подтверждало, что опускания и поднятия суши проходили постепенно, без катастроф. Острый, аналитический ум, прекрасный литературный язык и стиль изложения написанных Лайелем книг принесли ему всемирную известность.

К создателям современной геологии следует по праву отнести Александра Петровича КАРПИНСКОГО (1846-1936) (рис.9). А.П. Карпинский родился и вырос в эпоху, когда геология, как наука в современном её понимании, только зарождалась, когда возникали всё новые и новые её разделы. Как геолог он был универсален, все дисциплины геологии «были ему доступны, и он оставался в них до конца жизни», - писал один из его учеников.

Родился он на Урале, в семье горного инженера, и это предопределило его судьбу. Урал на всю жизнь оставался его творческой лабораторией.

А.П. Карпинский разработал общую классификацию осадочных образований, которая не утратила своего значения до сих пор. Он - один из основателей палеогеографии, палеоокеанографии, ему принадлежат первые тектонические карты Урала и европейской части России. Он первым заметил, что смена очертаний морей подчинена единым правилам, установив этим закономерность движения земной коры.

Он был бессменным председателем Минералогического общества, директором и почетным директором Геологического комитета России, главного органа по управлению геологическими исследованиями в России в конце XIX и начале XX веков, академиком Петербургской академии наук с 1886 года. С мая 1917 г. и до конца жизни (почти 20 лет) был первым избранным президентом Российской академии наук. И хотя в его трудах нигде не встречено местоимение «Я» - эпоха Карпинского в российской геологии длилась без малого целое столетие.

Многие считают XIX и XX века «золотым веком» геологии. Действительно, за это время накопилось столько новых фактических наблюдений, появилось столько новых методов исследований, было создано столько новых приборов, инструментов, что геология не могла не получить нового импульса в своем развитии.

Из крупнейших исследователей этого времени мы отметим только несколько имен и скажем об их делах маленькую толику, но нам сразу станет понятна их роль в науке.

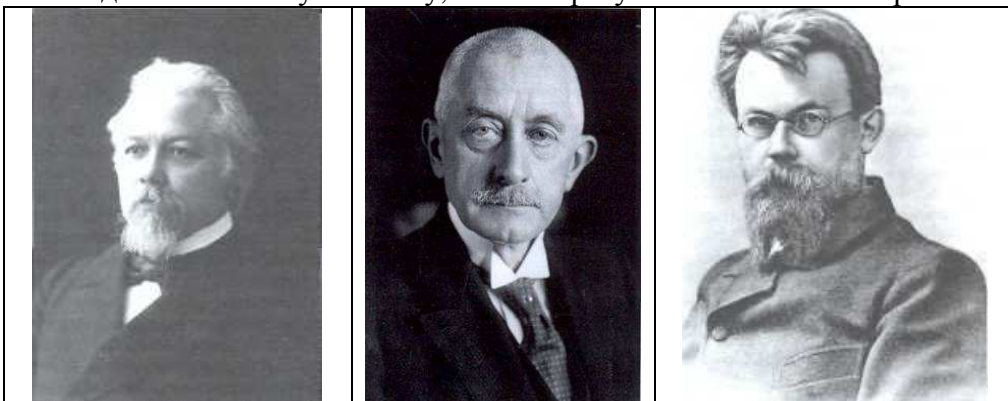


Рис. 9. А.П.Карпинский

Рис. 10. А.Вегенер

Рис. 11. В.И.Вернадский

Крупнейшей величиной мирового уровня следует считать немецкого геолога Альфреда ВЕГЕНЕРА (1880-1930) (рис.10). Это он первым высказал и привел много убедительных фактов в пользу теории «разъезда» материков по поверхности планеты. Сама мысль об этом многим геологам казалась абсурдной, поскольку считалось, что в земной коре есть только вертикальные перемещения. Вегенер же говорил о горизонтальных движениях, дрейфе материков. В эту теорию мало кто верил, потому что

геологи ещё не догадывались о существовании силы, способной двигать материки. А почти абсолютное совпадение очертаний западного берега Африки и Европы с восточной окраиной Южной и Северной Америки относили к разделу природных курьезов. И, тем не менее, это была гениальная догадка. Несколько позже его идеи будут положены в основу современных представлений о тектонике плит.

Это случилось после того, как английский геолог Артур ХОЛМС (1890-1965) предположил, что движущей силой дрейфа материков могут быть теплые конвекционные потоки в самой мантии (подъем теплых и опускание холодных масс).

Геологи и геофизики принялись усиленно разрабатывать теорию движения литосферных плит, на которых лежат материки. Несмотря на отчаянное сопротивление противников этой теории (есть много противоречивых моментов), «тектоника плит» к концу XX века стала господствующей теорией развития Земного шара.

Крупнейшим ученым XX века следует считать Владимира Ивановича ВЕРНАДСКОГО (1863-1945) (рис.11), русского естествоиспытателя-философа

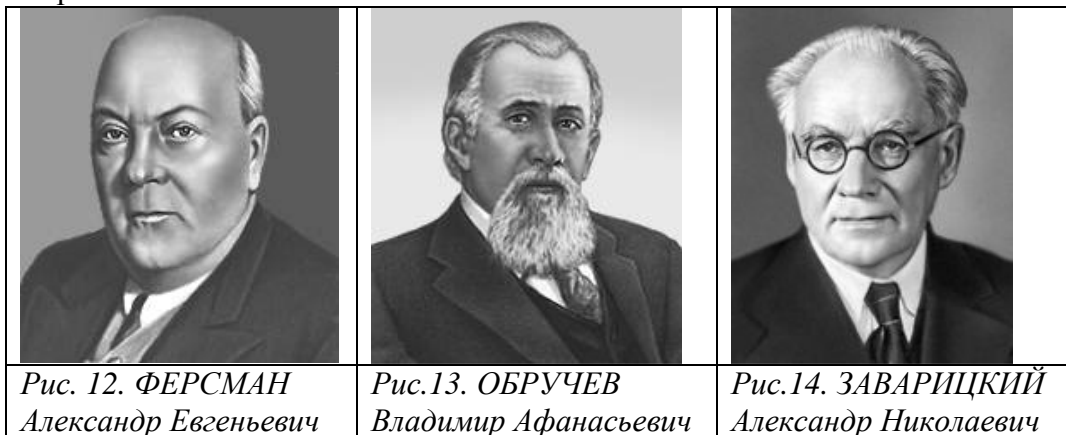
Как геолог, В.И. Вернадский занимался геохимией, т.е. наукой о химических элементах земной коры и планеты в целом. Он определил геохимию как историю распределения и движения химических элементов в пространстве и времени. Он смело перебросил мостик от геохимии к сознанию, к коллективному разуму человечества и показал влияние этого разума на геохимические процессы. Другими словами, он первый заметил пути, где высшее проявление органической жизни вступает в контакт с неорганической природой.

Так было заложено учение о биосфере, под которой он понимал строго организованную оболочку земной коры, неразрывно связанную с жизнью.

В.И. Вернадский стал основателем науки биогеохимии, которой ещё предстоит сказать многое в борьбе за чистоту природы, за сохранение всего живого в век бурно развивающейся, такой нужной, но и такой губительной для человека деятельности, как промышленность.

К выдающимся природоиспытателям, так или иначе повлиявшим на развитие геологии, мы должны отнести Чарльза ДАРВИНА, выдвинувшего теорию эволюционного развития животного мира с естественным отбором наиболее совершенных, приспособленных видов.

Из русских геологов по-прежнему наши умы занимают Александр Евгеньевич ФЕРСМАН (1883-1945) (рис.12), крупный минералог и замечательный популяризатор геологии в Советском Союзе; Владимир Афанасьевич ОБРУЧЕВ (1863-1956) (рис.13), знаток геологии Сибири и Центральной Азии, автор многих научно-популярных и художественных произведений; Иван Михайлович ГУБКИН, по научным прогнозам которого были открыты нефтяные залежи бассейна средней части р. Волги («второе Баку»); Александр Николаевич ЗАВАРИЦКИЙ (1884 - 1952) (рис.14), первый разведчик Магнитогорского месторождения, выдвинувший теорию вулканического происхождения медно-колчеданных руд, которая привела к открытию новых месторождений меди на Южном Урале.



ТЕМА 1: ШАГ 3

ГЕОЛОГИЯ – НАУКА О ЗЕМЛЕ



1.3. Как изучают земные недра

(о современных методах геологических исследований)

Даже при современном развитии науки и техники изучение строения Земли остается одной из сложнейших проблем естествознания. Известный французский вулканолог Гарун Тазиев писал: «В наше время легче и проще определить состав звезд, удаленных от нас на миллиарды миль, измерить их температуру, провести расчеты протекающих реакций, чем заглянуть вглубь Земли».

Данные о строении глубоких недр Земли получают, используя, в основном, методы **геофизики**, - науки о физических свойствах вещества нашей планеты. Это **сейсмический, гравиметрический, магнитометрический** методы.

Сейсмический метод возник на базе **сейсмологии** - науки о землетрясениях. В начале XX века один из основоположников сейсмологии Борис Борисович ГОЛИЦЫН писал: «Можно уподобить всякое землетрясение фонарю, который зажигается на короткое время и освещает внутренность Земли». Упругие колебания - сейсмические волны - распространяются с разной скоростью. От различных неоднородностей, от границ раздела пластов волны отражаются или преломляются в них. Изучая скорости и направления волн различного типа, геофизики постоянно уточняют представления о строении земной коры и Земли в целом.

Гравиметрический метод основан на измерении при помощи точных приборов - гравиметров - распределения силы тяжести на поверхности Земли.

Притяжение, или гравитация, связывает тела во Вселенной. Всё, что обладает массой, испытывает действие гравитации. Препград для всемирного тяготения не существует, оно передается через любую среду. Поэтому геофизики называют гравитационные силы далекодействующими. Количественная мера силы тяжести на Земле - ускорение свободного падения - величина постоянная, равная $9,8 \text{ м/сек}^2$. Измеряя величину свободного падения, ученые решают различные задачи, связанные с изучением Земли - её формы, строения недр и т.д. Теоретическая величина силы тяжести в любой точке - зависит от географической широты. В действительности этот показатель изменяется в зависимости от геологического строения. **Гравиразведка** позволяет выявить гравиметрические аномалии - области значительного увеличения или уменьшения силы тяжести, что позволяет широко применять этот метод и при поисках полезных ископаемых.

Магнитометрический метод основан на неоднородности магнитных свойств вещества Земли. Особые приборы - магнитометры - регистрируют параметры магнитного поля Земли в различных точках, что позволяет сделать выводы о составе вещества земных недр. Выявленные магнитные аномалии часто связаны со скоплениями различных полезных ископаемых.

В настоящее время важные сведения о строении глубинных зон дает изучение электрических токов Земли, теплового изучения её недр, распределение радиоактивных веществ.

В геологическую практику внедряются новые методы исследований -

дистанционные, позволяющие изучать нашу планету как бы со стороны. Стало возможным изучать из космоса крупнейшие структуры земной коры, что значительно расширило представление о строении и эволюции глубинных недр.

Благополучие человеческого общества, высокий уровень развития науки и техники во все времена зависели от наличия необходимого минерального сырья. Более 80% всех минеральных ресурсов добывается из глубин земных. Естественно, что изучение недр - насущная необходимость современной геологии. Без этого ни одна страна в мире не может рассчитывать на стабильное развитие своей экономики.

Время случайных открытий месторождений полезных ископаемых, а тем более крупных, практически ушло в прошлое. Геологическая изученность территории России позволяет с большой вероятностью научно предсказывать открытие новых месторождений в том или ином районе при выделении необходимых средств на эти цели.

Геологическое изучение начинается с геологической съёмки соответствующей территории. **Региональная съёмка** - основа, на которой базируются любые другие виды геологических работ. В результате составляются геологические карты, несущие информацию о всех отмечаемых в данном масштабе особенностях стратиграфии, тектоники, магматизма и рудоносности картируемой территории.

Следующий этап - **поиски**, которые иногда проводятся вместе с **геологической съёмкой**. На предварительной стадии целью поисков является выявление участков с благоприятными поисковыми признаками. В каждом конкретном случае задачи поисков, их методика и ожидаемые результаты зависят от местных природных условий и многих других причин. Детальные поиски проводят только на небольших площадях в пределах уже выявленных рудных полей или отдельных месторождений.

Если главная задача поисков заключалась в том, чтобы найти месторождение, то цель **геологической разведки** - установить количество руды в недрах, её качество и пригодность для использования, подсчитать запасы руд. Осуществляется это с помощью разведочных шурфов, скважин, а иногда и шахт.

Современная геология - это фундаментальная, вооруженная современными техническими средствами и развитым математическим аппаратом наука. Аэрокосмическая, геофизическая, геохимическая, буровая, горнопроходческая техника, комплексные геологические станции, стационарные и полевые лаборатории, новейшее компьютерное обеспечение используется сегодня в геологии.

Несмотря на развитие технических средств и методов, личные наблюдения исследователя, его способность наблюдать явления природы, сопоставлять, осмысливать и систематизировать факты - всё это остается главным элементом геологических работ, который не может заменить никакая техника.

В геологии существует более сотни специальностей, одни из них тесно связаны с химией (геохимическое направление), другие - с физикой (геофизическое направление), третьи - с математикой и компьютерами, четвертые - с биологией. Каждый легко отыщет себе работу и по душе, и по призванию.

Проверьте свои знания по теме «Геология - наука о Земле»

ШАГ 1

1. Зачем нужны геологические знания?
2. В каких предметах школьной программы вы уже столкнулись с элементами геологии?
3. Назовите и охарактеризуйте важнейшие отрасли геологии.

ШАГ 2

1. Кто из греческих ученых первым вычислил размеры Земли и первым составил карту мира?
2. Кто из греческих ученых пришел к выводу, что Земля круглая?
3. Назовите основателей концепции непутизма и плутизма, катастрофизма и униформизма.
4. Назовите российских геологов — создателей современной геологии.

ШАГ 3

1. Какие основные методы используются при изучении глубоких недр Земли?
2. Какие методы изучения внедряются в настоящее время в связи с развитием космических исследований?
3. Зачем нужно изучать недра Земли?

Интересные книги

1. Малахов А.А. Сто профессий геолога. М.: «Молодая гвардия», 1963
2. Новиков Э.А. Планета загадок. Л.: «Недра», 1980
3. Энциклопедия для детей. Геология, том 4. М.: «Аванта +», 1995
4. Баландин Р. Глазами геолога. М.: «Детская литература», 1973
4. История геологии. М.: «Наука», 1973

ТЕМА 2: ШАГ 1

ЗЕМЛЯ-ЧАСТИЦА ВСЕЛЕННОЙ

2.1. Наш космический дом

(о месте планеты Земля в Солнечной системе и её строении)



В Солнечную систему (рис. 15) входит Солнце, 8 больших планет вместе с их 31 спутником, более 100 000 малых планет (астероидов), 10^{11} (миллион миллионов) комет, а также бесчисленное множество мелких, так называемых метеоритных тел (поперечником от 100 м до ничтожно малых пылинок).

Центральное положение в Солнечной системе занимает Солнце. Его масса в 750 раз превосходит массу всех остальных тел, входящих в эту систему. Гравитационное притяжение Солнца является главной силой, определяющей движение всех обращающихся вокруг него космических тел.

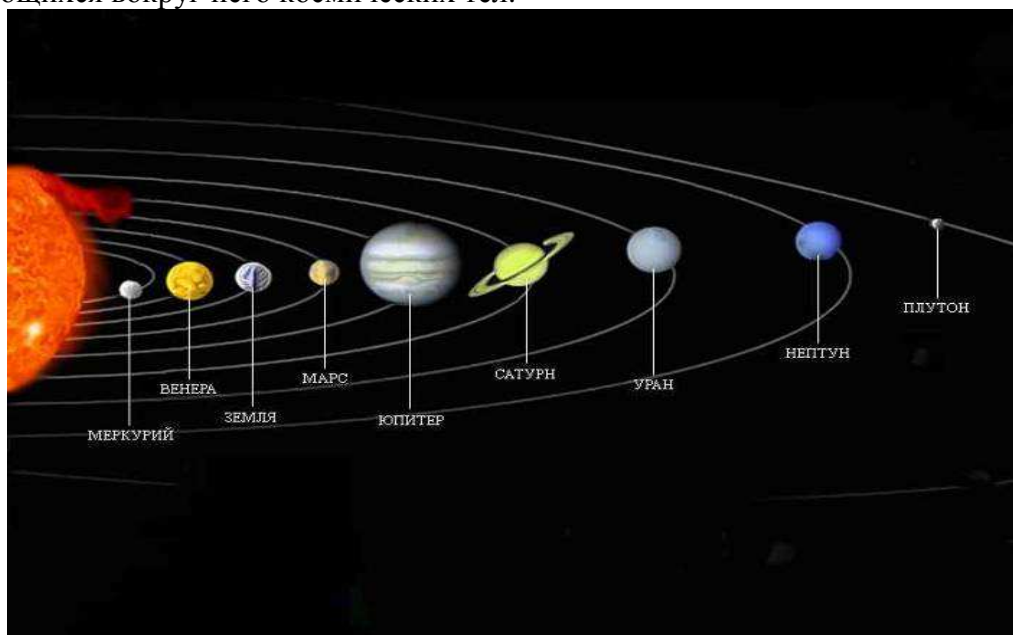


Рис.15. Планеты Солнечной системы.

Все большие планеты - **Меркурий, Венера, Земля, Марс, Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун** - обращаются вокруг **СОЛНЦА** в одном направлении (в направлении осевого вращения самого Солнца) по эллиптическим орбитам.

Планеты вращаются также вокруг своей оси, причем у всех планет, кроме Венеры и Урана, вращение происходит в прямом направлении, то есть в сторону обращения их вокруг Солнца. Подавляющее большинство орбит малых планет располагается между орбитами Марса и Юпитера. Все малые планеты обращаются вокруг Солнца в том же направлении, что и большие планеты. Вокруг Солнца обращаются также **кометы** - небольшие тела из разреженного газа с очень малым твердым ядром, получившие название от греческого слова, означающего «косматое светило».

Планеты делятся на две группы, которые отличаются друг от друга по массе, химическому составу, скорости вращения, количеству спутников.

Четыре ближайшие к Солнцу **планеты**, так называемой **земной группы**, невелики, состоят из плотного каменистого вещества и металлов.

Планеты-гиганты - Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун состоят, в основном, из легких веществ и поэтому, несмотря на огромное давление в их недрах, имеют малую плотность.

Плутон уже не относится к обычным планетам. Международный астрономический союз в 2006 г. в Праге постановил заново классифицировать холодный и далекий Плутон. В результате он был назван «карликовой планетой».

ПЛАНЕТА ЗЕМЛЯ

Земля имеет форму шара, слегка сплюснутого у полюсов. Такая форма имеет собственное название - **геоид**.

За 4,6 млрд. лет существования Земли сила тяжести увлекла вглубь более плотные тяжелые породы, а более легкие оставила ближе к поверхности. «Сортировке» способствовали высокие температуры земных недр. Таким образом, тело планеты стало неоднородным.

Модель строения Земли, созданная учеными на основе изучения земных глубин методом **сейсмического зондирования** (по разной скорости прохождения продольных волн), состоит из нескольких концентрических оболочек - **геосфер** (рис. 16).

В центре планеты располагается **внутреннее ядро** (до глубины 5100 км) с температурой, возможно, 6000°C и колоссальным давлением. Ученые предполагают, что оно состоит, в основном, из железа и никеля и является твердым. До глубины 2900 км его покрывает **внешнее ядро**, полностью расплавленное, которое также имеет металлический состав (железо, никель).

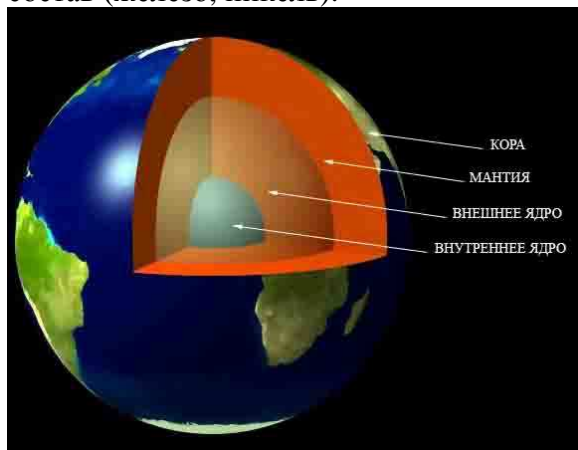


Рис.16. Строение Земли

Поверх внешнего ядра до глубины 40-100 км располагается твердая оболочка **мантия**. Она состоит из силикатов железа и магния. В верхней части мантии, на глубине 100-400 км от поверхности, расположен слой частично расплавленных пород, который называется **астеносфера**. Этот слой играет важную роль в тектонических движениях земной коры и в развитии глубинных геологических процессов. Над астеносферой на глубине 40-200 км располагается **литосфера** - твердая оболочка,

включающая в себя самую верхнюю часть мантии и **земную кору**. В составе земной коры преобладают кислород и кремний. Земная кора неоднородна по составу и по мощности. Различают земную кору континентальную и океаническую. Граница между земной корой и мантией носит название поверхности **Мохоровичича (Мохо)**.

Земля окружена водной и воздушной оболочками (**гидросферой и атмосферой**).

СПРАВОЧНЫЕ СВЕДЕНИЯ

Экваториальный радиус Земли - 6378,2 км.

Полярный радиус - 6356,8 км.

Средний радиус Земли - 6367,5 км.

Длина окружности экватора - 40076 км.

Поверхность Земли - 510 млн. кв. км.

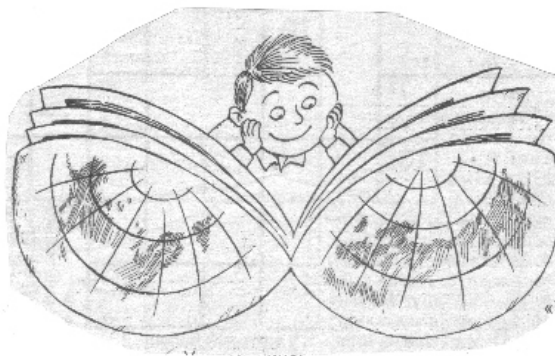
Океан занимает 71% поверхности Земли.

ТЕМА 2: ШАГ 2

ЗЕМЛЯ – ЧАСТИЦА ВСЕЛЕННОЙ

2.2. Загадки земной коры

(в этой главе рассказывается о том, как устроена земная кора, каков её химический состав)



Мы с вами живем на самой поверхности земной коры. Она состоит из кристаллического фундамента и перекрывающего чехла осадочных горных пород. В зависимости от места нахождения геологи различают земную кору **океаническую** и **континентальную** (рис. 16).

Кристаллический фундамент **океанической коры** сложен основными и ультраосновными магматическими породами (перидотиты, пироксениты, эклогиты). Слой этот называют **базальтовым**. Базальтовый слой перекрыт уплотненными и рыхлыми морскими осадками, которые образуют осадочный чехол океанической коры. Он развит повсеместно, но имеет незначительную мощность (меньше километра).

Континентальная кора лежит также на базальтовом кристаллическом фундаменте, но сложена она, в основном, магматическими и метаморфическими породами, среди которых преобладают гранитоиды (граниты и близкие к ним по составу породы). Этот слой называют гранитным. Осадочный чехол у континентальной коры прерывистый, но иногда его мощность составляет, например, в Прикаспийской низменности, до 25 километров.

Мощность континентальной земной коры местами достигает 70 километров, а океанической в среднем 5-10 километров (рис. 17).

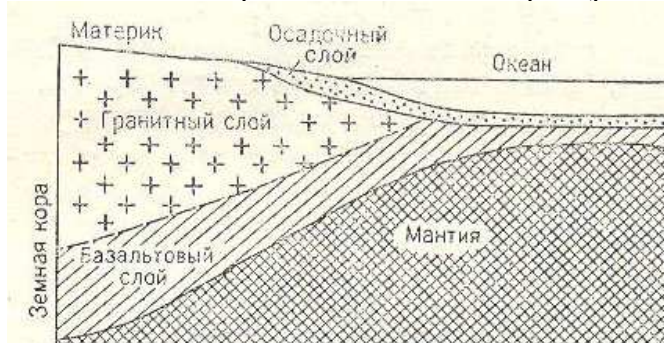


Рис.17. Схема строения земной коры

Породы **океанической коры** с момента своего образования почти не подвергались существенным изменениям и деформациям. Породы континентальной коры, напротив, неоднократно переплавлялись, испытывали глубокую химическую переработку, механически разрушались под действием эрозии, переотлагались в виде осадочных пород, а также подвергались разнообразным и интенсивным разрывным и пластическим деформациям.

Океаническая кора характеризуется возрастом пород до 180 млн. лет, тогда как самые древние породы на континентах имеют возраст, приближающийся к 3,6 млрд. лет.

ХИМИЯ ЗЕМЛИ

Всё то, из чего образованы «земная твердь», водная и воздушная оболочки Земли, состоит из различных сочетаний сравнительно небольшого числа химических элементов. Сейчас известны атомы 109 химических элементов. Сочетаясь в минералах и горных породах, атомы образуют огромное разнообразие органических и неорганических соединений. Их эволюцию во времени, распределение в земной коре и элементный состав исследуют несколько дисциплин, но главенствующая роль принадлежит **геохимии**. Геохимия научно изучает атомы земной коры и, насколько возможно, всей планеты, их историю, распределение, движение в пространстве-времени, их генетические соотношения. Для геохимии очень важно выяснить принцип распространения химических элементов в земной коре. Почему одни из них часто встречаются в природе, другие - значительно реже, а третьи - вообще большая редкость.

В конце XIX века главный химик Геологической службы США Ф.У. КЛАРК начал свою многолетнюю работу по определению химического состава земной коры на основании статистического обобщения данных многих анализов.

Химические элементы в земной коре встречаются крайне неравномерно. Только восемь из них составляют основную её массу. Кислород, кремний, алюминий, железо, кальций, калий, натрий и магний образуют более 99% массы земной коры. Изучение химического состава сотен минералов позволило дать предварительную оценку распространенности элементов в земной коре (рис. 18).

В честь ученого, который наметил путь к количественной оценке распространения химических элементов, А.Е. Ферсман в 1933 г. предложил называть **кларком** среднее значение содержания элемента в земной коре, в Земле в целом или в других природных телах.

Важное значение имеет определение среднего содержания химических элементов в разных природных образованиях.

В соответствии с тем, где элемент находится и как он ведет себя в различных геологических процессах, все они по классификации норвежского геохимика В.М. ГОЛЬДШМИДТА для удобства пользования делятся на четыре геохимические группы.

Атмофильные элементы, сосредоточенные в атмосфере, откуда и получили свое название («атмос» - пар, газ и «филео» - любовь). К ним относятся инертные газы, а также водород, азот, кислород.

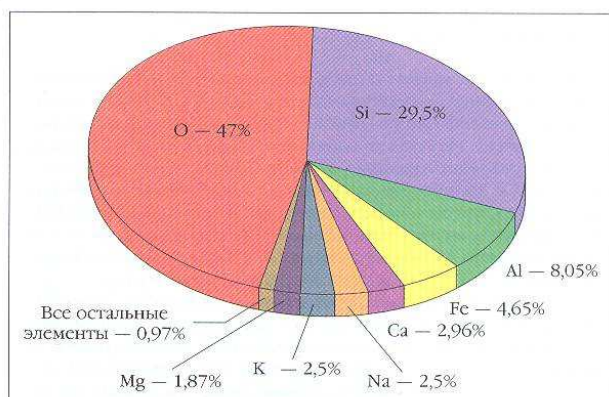


Рис. 18. Химический состав Земли

Литофильные элементы - элементы «земной коры». Они образуют устойчивые соединения с кислородом в виде оксидов, гидроксидов, солей кислородных кислот. К литофильным относятся наиболее распространенные элементы литосферы и каменных метеоритов: кислород, кремний, алюминий, кальций, магний, натрий, калий.

Халькофильные элементы имеют склонность давать соединения с серой и ведут себя подобно ионам меди («халькос» - медь). В земной коре они встречаются в виде сернистых минералов-сульфидов, характерны для сульфидных месторождений.

Сидерофильные («сидерос» - железо) элементы характеризуются склонностью концентрироваться совместно с железом в его природных соединениях. Часто могут встречаться в самородном состоянии. Например, золото, платина и др.

Знание химического состава пород и закономерности миграции химических элементов в земной коре помогает нам искать месторождения полезных ископаемых.

ТЕМА 2: ШАГ 2 ЗЕМЛЯ – ЧАСТИЦА ВСЕЛЕННОЙ

2.3. Незримые силы Земли

(о гравитации, магнетизме и других природных явлениях, управляющих земной механикой)



Планета Земля - сложнейшее космическое тело. О его строении и происходящих в его глубинах процессах мы знаем до обидного мало. Посмотреть «невооруженным» глазом в глубины земных недр невозможно. Те 10-15 км, куда проникла коронка сверхглубоких (по теперешним меркам) скважин, составляют только чуть больше 0,1% земного радиуса. Тем не менее, путем косвенных признаков, экспериментальных наблюдений (исследуя в основном скорости прохождения сейсмических волн), научных расчетов и просто умозаключений тайны земного шара чуть приоткрылись.

На начало 3 тысячелетия н.э. мы имеем более или менее ясное представление о строении Земли. Считается, что в центре земного шара находится очень плотное ядро с радиусом 3471 км. Оно в свою очередь разделяется на две части.

Первая часть (считая от центра) состоит из железо-никелевого сплава и имеет плотность порядка 12,5 г/см³. Плотность второй части чуть меньше - 9,9 г/см³ за счет, вероятней всего, примеси более легких оксидов и сульфидов железа.

Ядро окружает так называемая мантия (с глубины 2900 км), состоящая из твердого вещества, в котором преобладают оксиды магния, кремния и железа. Плотность мантийного вещества не превышает 5,5 г/см³.

Дальше идет оболочка Земли - земная кора, в которой господствуют оксиды кремния. Оксиды железа, алюминия, кальция, магния имеют подчиненное значение. Средняя плотность земной коры - 2,81 г/см³. Но, говоря об особенностях земного шара, нельзя забывать и о наличии невидимых, в какой-то степени пока тайных, природных сил, определяющих на Земле порядок вещей.

Одной из таких сил является **земной магнетизм**. Его индикатором служит простая магнитная стрелка компаса, которая давно, ещё с раннего средневековья, указывала морякам и путешественникам нужное направление. Но понимание сути этого явления пришло только в последние столетия. Оказалось, что Земля обладает своим собственным **магнитным полем**, силовые линии которого, выходя из магнитных полюсов (концов

гипотетического магнитного стержня) обволакивают, окружают земной шар. Магнитные полюса находятся вблизи географических полюсов, но не совпадают с ними. Более того, магнитные полюса имеют свойства менять со временем свое положение, как бы дрейфуют по поверхности земли, причем дрейф этот идет в одном, западном направлении. Установлено, что периодически через сотни миллионов лет магнитные полюса меняются местами. Это подтверждается способностью горных пород сохранять направление первичной намагниченности.

Роль магнетизма на ход эволюционного развития Земли изучена пока недостаточно, но то, что магнитное поле оказывает на всё живое, и, в первую очередь, на людей, огромное влияние, ни у кого уже не вызывает сомнения.

Второй планетарной силой является **гравитационное поле** или поле силы тяжести Земли, о котором люди узнали только в конце XVIII столетия. Установлением «закона всемирного тяготения и вытекающими из него «ускорения свободно падающего тела» Исаак НЬЮТОН внес революционные изменения в понимание природы Вселенной. Воспользовались этим и естествоиспытатели, в первую очередь, геологи. Изучая гравитационное поле Земли, они заметили, что ускорение свободного падения тела в любой точке Земли имеет постоянное значение, несмотря на разницу видимой массы горных пород: горы ли это или океан. Каким же образом покрывается дефицит массы, как понимать эффект «изостатического равновесия»? Ответ на эти вопросы свелся к пониманию, что отдельные блоки земной коры, «плавающие» в более плотном, но пластичном материале верхней мантии, в соответствии с законом Архимеда (масса погруженного в воду тела равна массе вытесненной воды), взаимно уравновешены. А это значит, что чем меньше плотность пород, выходящих на поверхность, тем большую плотность имеют породы нижележащие. Следовательно, под толщей океана, воды которого имеют плотность 1 г/см^3 , могут находиться только породы базальтового состава, плотность которых более 3 г/см^3 . Так пришли к пониманию, что на Земле существует кора двух типов: **океаническая, базальтовая** с высокой плотностью, но с меньшей мощностью, и **континентальная, гранитная**, с меньшей плотностью, но большей мощности.

Объяснение «изостатического равновесия» стало первым шагом к расшифровке причин дрейфа материков и к убеждению, что всё происходящее в недрах Земли и на её поверхности - от разрушения гор до осадконакопления - управляется гравитационным полем Земли.

Третья мощная двигательная сила - **тепловая конвекция магмы**. Об этом впервые заговорил южноафриканский геолог Александр дю ТОЙТ (1878-1948). Почему бы не принять на вооружение теорию конвекции мантийного вещества, даже зная, что мантия - вещество твердое. Ведь текут же ледники, а ведь они тоже твердые. Представление о конвективном движении мантийного вещества вполне допускает не только вертикальное, но и горизонтальное перемещение, горизонтальное течение масс непосредственно под земной корой. Тем более, что мантийные горные породы, поднявшись из далеких земных глубин к земной коре и потеряв при этом огромное внутреннее давление, вполне могут стать более пластичными и даже частично расплавленными. А это уже достаточно весомый аргумент в пользу «тектоники плит». Стал понятен механизм движения материков. Из этой предпосылки выходит, что двигаются не сами материки, а какие-то более крупные участки земной коры - плиты. Поэтому нет и «бульдозерного эффекта», просто необходимого, если бы двигались только материки.

К середине XX столетия глубоководные океанические исследования не только подтвердили факт наличия базальтовой коры на дне океанов, но выявили целые подводные хребты, простирающиеся в срединной, межматериковой части океанов.

Образцы горных пород, взятые по обе стороны осевой линии хребтов, показали не только молодой их возраст (180-200 млн. лет), но и удивительное, почти симметричное повторение состава пород и остаточной намагниченности.

Стало ясно, что срединно-океанические хребты, как их стали называть геологи, служат осевой линией, от которой отходят плиты, а вместе с ними и материки. Первым этот феномен объяснил американский ученый Гарри ХЕСС. По его представлениям, достаточно хорошо аргументированным, восходящие мантийные потоки принесли из глубины мантии хотя и твердое, но очень горячее вещество. При подходе к поверхности Земли оно частично расплавилось. Расплавление привело к увеличению объема, за счет которого вышележащие твердые породы земной коры оказались вытолкнутыми, приподнятыми. При этом они не выдержали сильной деформации и раскололись. В ослабленную расколами зону устремляется новое мантийное вещество - базальтовая магма, под напором которой старая континентальная кора отодвигается в сторону по осевой линии и приводит в движение огромные плиты и находящиеся на них материки. Таким образом, становится понятным, в общих чертах, механизм дрейфа материков. Находится научное объяснение теории Альфреда ВЕГЕНЕРА о движении материков, которые ещё в начале XX столетия считалась научной фантастикой.

Три могущественные природные силы - магнетизм, гравитация и конвективное движение масс - управляют основными, фундаментальными процессами, происходящими на Земле.

Разумеется, есть и другие, менее крупные и менее нами понимаемые земные силы, может быть, есть и более существенные, о которых мы ещё не знаем.

Проверь свои знания по теме: «Земля - частица Вселенной»

ШАГ 1

1. Перечислите планеты в порядке их удаления от Солнца.
2. На какие две группы делятся планеты Солнечной системы?
3. Какова истинная форма Земли, если учитывать экваториальный и полярный радиусы, и какое название имеет эта форма?
4. Назовите геосферы Земли.
5. Как называется граница между земной корой и мантией?

ШАГ 2

1. В чем различия континентальной и океанической земной коры?
2. Какая разница в возрасте континентальной и океанической коры, чем это вызвано?
3. Как называется группа элементов, способных концентрироваться совместно с железом?

ШАГ 3

1. Объясните, почему не совпадают земной и магнитный полюса?
2. Что такое изостатическое равновесие?
3. Почему теория Вегенера о дрейфе материков не была принята геологами в начале XX века

Интересные книги

1. Большой иллюстрированный атлас «Вселенная». ЗАО «Издательская группа «Контэнт», 2010
2. Геологи изучают планеты. М.: «Недра», 1984
3. Земля. М.: АСТ Астрель, 2004
4. Маркелова Л.П. Ключи к планетам. М.: «Знание», 1976
5. Короновский Н.В. Общая геология Из-во Московского университета, 2002
6. Куликов К.А., Сидоренков Н.С. Планета Земля. М.: «Наука», 1972
7. Резанов И.А. Эволюция земной коры. М.: «Наука», 1985
8. Юдасин Л.С. Путешествие в глубь Земли. М.: «Просвещение», 1987
9. Галкин И.Н. Маршрутами XX века. М.: «Мысль», 1982
10. Добровольский В.В. Химия Земли. М.: «Просвещение», 1988

ТЕМА 3 ШАГ 1

ЖИЗНЬ ЗЕМЛИ И ЖИЗНЬ НА ЗЕМЛЕ



3.1. О чем говорят окаменелости

(о древних органических остатках и их роли в геологии)

Философы древности ломали головы над загадкой окаменелостей. Находя окаменевшие морские раковины высоко в горах, они догадывались, что когда-то это были живые существа, а значит, эта территория когда-то была покрыта морем. И были совершенно правы, хотя по тем временам это и не укладывалось в логику мышления. Да, **окаменелости** (или **ископаемые**, или **фоссилии**) - это заключенные в осадочные породы более или менее ясно различимые остатки организмов или растений, ранее обитавших на нашей планете. Миллиарды умерших существ и растений погребены в пластах осадочных горных пород. Большая часть их разложилась и бесследно исчезла, и только немногие, пропитанные минеральными растворами, превратились в окаменелости. В наши руки попадают лишь жалкие остатки предельно разнообразного органического мира прошлого.

Наука, изучающая окаменелости, называется **палеонтология**. Эта одна из самых увлекательных биологических наук тесно связана с геологией. Она стала азбукой, а вернее кодом при расшифровке истории Земли.

Задача палеонтологии состоит не только в изучении строения, внешнего облика и систематизации древних организмов, но и в установлении времени, места, причин происхождения, развития, вымирания одних групп и возникновения новых. Изучая окаменелости, можно определить и тип окружающей среды, в которой образовалась горная порода, и судить о климате в те далекие времена. Окаменелости позволяют проследить, как изменялись биологические формы на протяжении миллионов лет. И, наконец, помогают установить возраст горных пород, в которых они заключены.

Пусть этот возраст является относительным (раньше-позже), но для геолога это самое главное.

На протяжении всей истории Земли на ней возникало и исчезало множество видов животных и растений, а на смену им приходили всё новые и новые виды. Каждому слою осадочных пород свойственен свой, только ему присущий комплекс органических остатков, по которому и определяется относительный возраст.

Ископаемые, которые приурочены только к определенным слоям, толщам горных пород, имеющих ограниченное распространение по площади, называются **руководящими**. Горные породы, расположенные в разных частях света, но содержащие одни и те же руководящие ископаемые, имеют один возраст.

Давайте рассмотрим хотя бы самые важные в этом смысле ископаемые формы животных и растений. Начнем с общепринятой, современной систематики типов, как древних, так и ныне здравствующих животных и растений. Таких типов - десять.

1 ТИП. ПРОСТЕЙШИЕ

Нас интересуют только одноклеточные **фораминиферы** и **радиолярии**.

Фораминиферы (рис. 19, 20) живут в раковинках, которые пронизаны тончайшими отверстиями или порами (фораменами). Жизнь они начинают в раковинке с

одной камерой, потом постепенно пристраивают к ней всё новые и новые «жилые комнаты». Форма раковинок самая разная: округлая, спиральная, коническая, плоская, похожая на кувшин, на гроздь винограда, словом - всевозможная. Построена раковинка из органического вещества, по составу похожего на рог или хитин, но многие имеют известковую раковину. Размер раковинок от 2-4 микрон до 100-160 мкм.

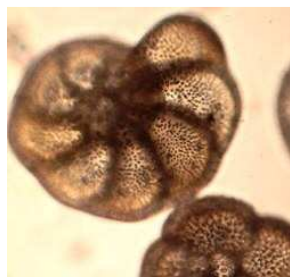


Рис. 19. Фораминиферы

Рис. 20. Известняк фораминиферовый

Основная масса фораминифер является морским бентосом или планктоном. Живут в прибрежных водах, в открытом океане, на малых и на самых больших глубинах.

Встречаются с кембрия (смотри гл. 3.2). Наиболее широко распространены в каменноугольном и пермском периодах, образуя так называемые фузулиновые известняки. В меловом периоде из фораминифер формировался писчий мел, в палеогеновом - нуммулитовые известняки (рис.21). Вымершие ныне нуммулиты - это крупные, до 6 см в диаметре, монетовидные фораминиферы. Из них образовались слои известняка, которые лежат под песками Сахары. Из этого известняка сложены знаменитые египетские пирамиды.



Рис. 21. Нуммулитовый известняк

Радиолярии по размерам напоминают фораминиферы, но их раковины сложены в основном кремнеземом. Из пор радиолярии выпускают наружу длинные нитевидные выросты, которые переплетаются и часто окутывают нитчатой массой всю раковину (рис. 22).

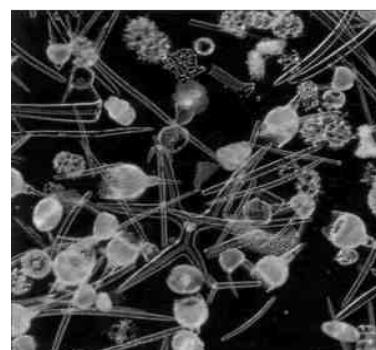
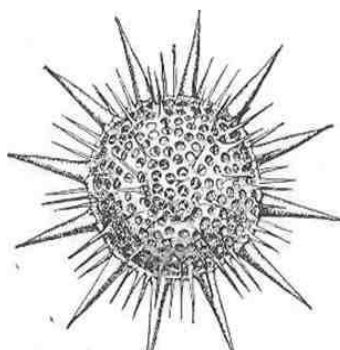
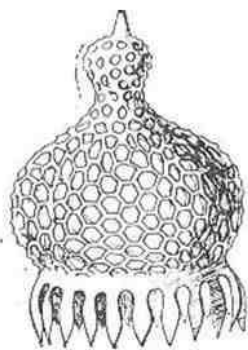


Рис. 22. Радиолярии. Современные радиолярии. Сильно увеличено

2 ТИП. ГУБКИ

Губки - самые простые из многоклеточных животных. Они представляют собой геологически очень древнюю группу, известную уже из нижнего кембрия. Ведут неподвижный образ жизни, прикрепляясь к морскому дну (рис. 23). В зависимости от места обитания и условий окружающей среды эти обычно имеющие неправильную форму организмы, приобретают облик кубка, гриба, воронки, вазы, комка, ядра, кустика, ветвистого деревца. Для определения губок внешняя форма не имеет решающего значения. Классификация губок основана на строении отдельных скелетных элементов животного - склер и спикул. После гибели животных в местах их постоянного обитания дно моря устилается этими элементами скелета (рис. 24). Известны горные породы, состоящие из спикул губок - **спонголиты**.

Полный скелет губки удастся получить очень редко. Приходится ограничиваться извлечением спикул специальными методами, а изучают их под микроскопом.

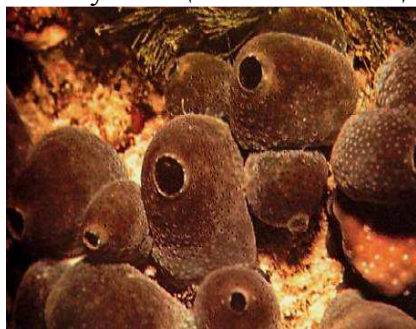


Рис.23. Современные живые губки.

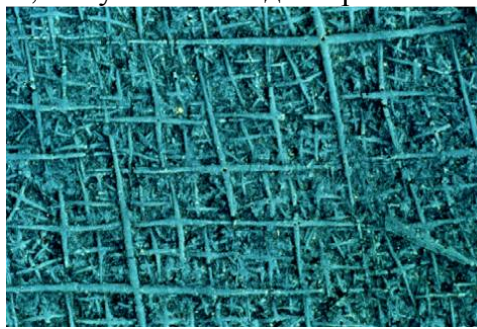


Рис.24. Спикулы кембрийской губки.

Известны губки с нижнего кембрия, но только в мезозое эта группа приобретает массовое распространение и выступает в качестве породообразующих рифостроящих организмов.

В роли руководящих форм губки выступают только в отдельных случаях.

3 ТИП. АРХЕОЦИАТЫ

Археоциаты (от греч. «архео» - «древний», «циатос» - «кубок») - одни из самых первых организмов, у которых был скелет (рис. 24). Они появились 590 млн. лет назад и «прожили» около 50 млн. лет. Остатки археоциат похожи на одностенные или двустенные кубки прихотливой формы. Пространство между стенками кубка перегородено горизонтальными, вертикальными или извилистыми пластинами. Все скелетные элементы пронизаны порами или каналами очень сложного строения.

Предположительно археоциаты - промежуточная группа между губками и кишечнополостными, а пока их рассматривают как отдельное царство. Археоциаты являются руководящими ископаемыми для нижнего и среднего кембрия. Они были первыми строителями рифов. Нараставшие друг на друга кубки сооружали подводные холмы на дне моря. Иногда холмы соединялись в подводный хребет, разделявший воды с весьма различными природными условиями. Такой древнейший «барьерный риф» перегораживал моря, занимавшие в раннем кембрии территорию современной Средней Сибири.

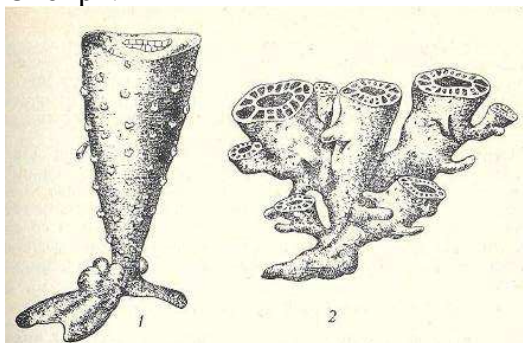


Рис 25. Археоциаты.

4 ТИП. КИШЕЧНОПОЛОСТНЫЕ

В основном это коралловые полипы или просто **кораллы**, которые существуют в морях планеты уже 470 млн. лет. Тело коралла похоже на мешок. Нет ни головы, ни ног, есть только большой рот и желудок. Вокруг рта растут щупальца. Ими коралл хватается пищу. «Кожа» коралла выделяет известь, окружая тело плотной корочкой. Коралл - животное не простое, это целый «кустик» сросшихся друг с другом полипов. Коралл развивается из маленькой личинки, которая плавает в море, потом садится на дно, приклеивается ртом к камню. Из личинки вырастает полип-мешочек. У него сбоку, словно почка на ветке, образуются новые полипы. И вот, вместо крошечного полипа возвышается на дне большое «каменное дерево» - коралл высотой до 3-4 метров. Рядом поселяются другие, теснят друг друга, образуя коралловый «лес». Старые кораллы отмирают, на их обломках новые полипы возводят ветвистые домики из извести, надстраивают этажи, тянутся к поверхности воды. И вот уже поднимается со дна моря отвесная стена - коралловый риф. Бывают рифы в сто и даже в тысячу километров длиной.

В ледниковую эпоху, когда по сибирским лесам бродили стада мамонтов, коралловые рифы окаймляли многие острова. Потом льды растаяли, уровень воды поднялся метров на 50. А кораллы не могут жить глубже 50 м, поэтому они постепенно надстраивали свои постройки, подтягиваясь до поверхности моря. Остров уже давно скрылся под водой, а на поверхности, словно крепостная стена, осталось кольцо кораллового рифа - атолла с озером - лагуной в центре. Пройдет время, ветер донесет до атолла семена деревьев, разрастется лес, поселятся люди.

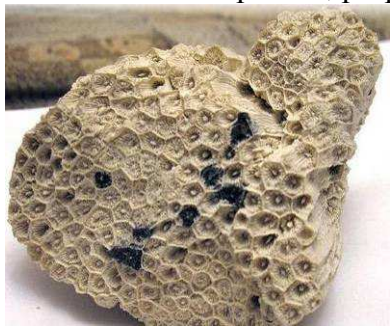


Рис. 26. Палеозойский коралл



Рис. 27. Колония палеозойских кораллов.
Поливовка.



Рис. 28. Современный коралл

Коралловые полипы делятся на **табуляты**, **ругозы** (или **четырёхлучевые** кораллы), которые полностью вымерли ещё в палеозойской эре (рис. 26, 27.). А вот **шестилучевые** и **восьмилучевые** кораллы, появившиеся в мезозое, живут до сих пор (рис.28).

5 ТИП. ЧЛЕНИСТОНОГИЕ

Членистоногие состоят из отдельных сегментов, каждый из которых имеет ножки. Типичными представителями являются **трилобиты**.

Трилобиты - одни из первых беспозвоночных, появившихся на Земле. Это самые массовые животные кембрийского моря. В начале кембрийского периода они превосходили по своей численности и по видовому разнообразию всех других животных. Но позже, в девонский период, их стало значительно меньше, а к концу палеозоя и вовсе вымерли. До наших дней дошли только их окаменелые остатки.

Тело трилобита как бы разделяется и поперечно и продольно на три части (рис. 29, 30). За это их и называли трилобитами. Слово «лобос» - по-гречески значит «лопасть». Трилобиты были покрыты хитиновым панцирем, пропитанным углекислотой или фосфорнокислой известью. Этот достаточно прочный спинной щит состоял из отдельных подвижных сегментов.



Рис 29. Трилобит



Рис. 30. Трилобит. Ядро и отпечаток.

У разных видов их разное количество. Трилобиты были небольшими, от 3 до 10 см, и только некоторые виды достигали до 70 см. В головной части имели небольшие «усики» - антенны. Глаза располагались на небольших лопастях - «щеках». Относительно короткие ножки служили и для захвата пищи, и для хождения, и для плавания, и для закапывания в песок. Это были подвижные, ползающие или плавающие животные, обитающие в прибрежных участках моря. Очевидно, для защиты от врагов трилобиты научились свертываться и поднимать глаза на стеблевидных отростках.

Трилобиты служат хорошим показателем геологического возраста, так как остатки их многочисленны и хорошей сохранности.

6 ТИП. МЯГКОТЕЛЫЕ или МОЛЛЮСКИ

Моллюски представлены в основном четырьмя классами:

- двустворчатые (или пелециподы);
- брюхоногие (или гастроподы);
- головоногие (или цефалоподы);
- внутрираковинные, к которым относятся белемниты.

Моллюски произошли от червей, но внешне на них не похожи. Различные классы этого типа выглядят различно, объединяет их то, что почти у всех моллюсков есть раковина. Под раковиной у всех моллюсков помещается мантия - кожистая оболочка, которая со спинной стороны покрывает мягкое тело животного и свисает по бокам. Тело обычно состоит из головы, туловища и ноги. Дышат моллюски, живущие в воде, жабрами, а обитатели суши - легкими. На голове имеются рот и глаза.

Моллюски очень древние животные - они появились в морях планеты с начала кембрийского периода и до сих пор обитают в различных участках дна Мирового океана и в пресноводных водоемах.

Класс ДВУСТВОРЧАТЫЕ

Эти моллюски в изобилии встречаются на морских и речных пляжах, на берегах озер. Головы у двустворок нет, туловище и нога сплюснуты с боков. Рот помещается на переднем крае туловища, которое заключено в мантию. Глаза находятся на краях мантии. С помощью ноги двустворки ползают, закапываются в ил, просверливают каменистое дно. Над мантией располагается защитный орган - скелет, раковина. Она состоит из двух частей - створок, соединенных между собой с помощью связки и замка. Размеры раковин двустворок изменяются от долей миллиметра почти до метра. Формы раковин весьма разнообразны, но их можно разделить на равностворчатые, как правило, ведущие подвижный образ жизни, и неравностворчатые, лежащие или прикрепляющиеся. Начальная часть створки, от которой начинается ее рост, называется макушкой. Створки раковины покрыты скульптурой - продольными ребрами, складками (рис. 31).



Рис. 31. Двустворчатые моллюски.

Первые двустворки появились на Земле в ордовикском периоде 510 млн. лет назад, в морских водоёмах. Начиная с каменноугольного периода, появляются первые пресноводные моллюски.

Класс ГАСТРОПОДЫ или БРЮХОНОГИЕ

Представители этого класса очень резко отличаются от описанных ранее двустворок. Их мягкое тело заключено чаще всего в спирально свернутую асимметричную раковину. К брюхоногим принадлежит всем известная наземная улитка. Из раковины улитки высовывается голова и нога с широкой плоской подошвой. Голова отделена от туловища, в нижней части головы имеется рот, наверху располагаются щупальца, рога. Туловище скрыто внутри раковины и окружено мантией, которая прикрепляется к столбику внутри раковины.

Раковина гастропод, как и у других беспозвоночных, состоит из кальцита или арагонита, нередко на внутренней стороне имеется перламутровый слой. По форме различают две группы раковин - завернутые в спираль и колпачковидные (рис. 32).



Рис. 32. Брюхоногие моллюски

Гастроподы, или брюхоногие моллюски, появились на нашей планете около 600 млн. лет назад в морях докембрийского периода - уже тогда гастроподы плавали и ползали по дну. В течение мезозойской и кайнозойской эр гастроподы испытали настоящий расцвет.

Класс ЦЕФАЛОПОДЫ или ГОЛОВОНОГИЕ

Головоногие появились в морях нашей планеты давно, около 500 млн. лет назад, в ордовикском периоде. Большинство их было покрыто раковиной, благодаря чему они и сохранились в ископаемом состоянии. Наиболее интересны для геологов два подкласса головоногих - **наружнораковинные**, к ним относятся вымершие аммоидеи, и **внутрираковинные**, к ним относятся белемниты.

АММОНОИДЕИ

Ископаемые животные, известные с палеозоя и полностью вымершие к концу мезозойской эры. Наиболее яркими представителями являются **аммониты**.



Рис. 33. Аммониты

Амон - один из самых главных богов Древнего Египта, покровитель города Фивы, который изображался как человек с головой барана, украшенной скрученными рогами с поперечными ребрами на них. Сходство раковины ископаемых с рогами бога Амона и дало название **аммониты** - одной из наиболее известных, наряду с трилобитами и динозаврами, групп древних морских животных (рис. 33).

Аммониты, впервые появившиеся на Земле в девонский период, наиболее изученные и часто встречающиеся ископаемые, являются предшественниками современных осьминогов и кальмаров. Своего наивысшего расцвета, если иметь в виду численность и разнообразие, аммониты достигли в пермский период. Затем, 245 млн. лет назад, в конце этого периода, они почти полностью исчезли при массовом вымирании. Некоторые из них сумели дожить до триасового периода и вскоре вновь распространились по всему миру.

К середине мезозоя аммониты достигли нового пика эволюционного процветания. Они столь часто встречались в мезозойских морях, а их окаменелости в таком изобилии попадаются в горных породах той эпохи, что сыграли весьма важную роль в разработке системы идентификации морских отложений мезозоя, которые накапливались около 180 млн. лет. С их помощью породы мезозоя расчленяются на 150 подразделений. Это значит, что время их образования определяется с точностью около 1 млн. лет. Не случайно аммонитов называют минутной стрелкой геологических часов.

В конце мелового периода аммониты внезапно исчезли с лица Земли.

БЕЛЕМНИТЫ

Тело у **белемнитов** удлинненное, цилиндрическое, окруженное мантией, выделяющей с внутренней стороны раковину. Белемниты, как считают зоологи, словно бы поглотили раковину. Раковина обросла складками тела и оказалась под кожей. Самые древние из них встречаются в юрских и особенно в меловых отложениях. Эти конические, заостренные раковины в народе получили название «чёртовы пальцы» (рис. 34).



Рис 34. Белемниты

7 ТИП. БРАХИОПОДЫ

Название большой группы ископаемых животных - **брахиоподы** (рис. 35) переводится с латинского как «руконогие», а чаще даже «плеченогие», что впрочем, не

меняет парадоксальности названия. У брахиопод раковина состояла из двух створок, поэтому они похожи на двустворчатых моллюсков, только содержимое раковины створок совсем другое. К тому же сами створки закрывали тело не по бокам, а со стороны брюшка и спины. У них нет головы, а «желудок» у многих брахиопод не сквозной, а открыт только со стороны рта. Если и было у брахиопод что-то заметное, так это «рука», «нога», да ещё раковина, которая могла быть самой разной формы. Ножка у брахиопод - не для хождения, а для того, чтобы прикрепляться ко дну. Она выходит из отверстия вблизи макушки брюшной створки, а у некоторых может отсутствовать. «Руки» - это длинная лента с продольной бороздой, на которой расположены реснички. Когда они двигаются, то создают ток воды и гонят ко рту мелкие пищевые частицы. Когда «руки» в спокойном состоянии, они свернуты в спираль. Так они занимают меньше места и могут быть упрятаны внутрь створок.



Рис. 35. Брахиоподы

Появившись в самом начале кембрия, брахиоподы существуют и поныне, но сейчас их очень мало и обитают они главным образом в теплых морях и на больших глубинах, кроме одного рода - **лингюла** (язычок), который живет на самой границе моря и суши.

В далеком прошлом брахиоподы были многочисленны и разнообразны. Многие из них образовали обширные подводные поселения протяженностью в десятки километров, подобно современным устричным банкам. Их расцвет пришелся на середину палеозоя - девонский период. В мезозое почти полностью сменился состав брахиоподовых сообществ, а в кайнозое брахиоподы пришли в упадок.

8 ТИП. ИГЛОКОЖИЕ

К иглокожим относятся беспозвоночные организмы, имеющие в большинстве радиальную пятилучевую симметрию. Они имеют внутренний известковый скелет, построенный из пластинок и несущий иглы, благодаря чему и называются иглокожими. Иглокожие делятся на две большие группы: подвижные (морские звезды и морские ежи) и прикрепленные. Из них нам интересны морские лилии или криноидеи.

Морские звезды - исключительно подвижные животные, ведущие придонный образ жизни. Остатки морских звезд обнаружены в отложениях всех периодов, но находки их редки, и сведения об ископаемых звездах отрывочны.



Рис.36. Морские ежи.

Морские ежи - это безрукие бесстебельчатые свободноживущие иглокожие (рис. 36). Они имеют шарообразный, дисковидный, овальный или сердцевидный облик. Скелет ежей состоит из многочисленных табличек. У наиболее древних иглокожих таблички налегают друг на друга как черепица, у более молодых они тесно прилегают друг к другу с ровным швом, образуя капсулу. Таблички несут подвижные иглы, отпадающие после

смерти животного и встречающиеся в осадке в изолированном виде. Обычно сохранность морских ежей достаточно хорошая. Наиболее древние морские ежи появились в морях ордовика 470 млн. лет тому назад. С началом мезозойской эры и до настоящего времени морские ежи переживают период расцвета, их остатки особенно многочисленны в юрских, меловых и палеогеновых морях. Для геологов находки морских ежей очень важны: по ним определяется возраст горных пород. Кроме того находки ежей указывают на условия образования осадков в морях с нормальной соленостью, а находки норок, высверленных ежами, свидетельствуют о близости береговой линии.

Морские лилии (криноидеи) среди прикрепленных иглокожих являются наиболее распространенными. Эти оригинальные и красивые животные существовали как в морях прошлых геологических эпох, так и сейчас. Основной частью их скелета является чашечка (рис.37), в которой заключены все внутренние органы. От чашечки отходит стебель, состоящий из отдельных члеников, и членистые «руки», служащие для захвата пищи и дыхания. Чашечка вместе с руками образует крону. Стебель криноидеи состоит из расположенных друг над другом члеников и прикрепляется к дну разветвленными корневидными отростками. В зависимости от условий стебли бывают разной длины и толщины. После смерти лилий их красивый скелет рассыпается на множество члеников, часто образуя криноидные известняки.

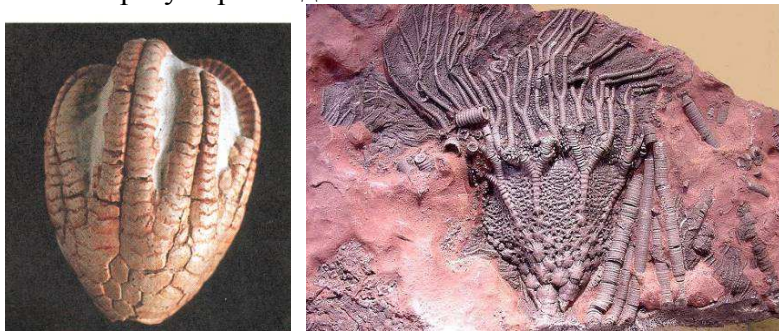


Рис.37. Криноидеи

9 ТИП. ПОЛУХОРДОВЫЕ

Представителями ископаемых этого типа являются граптолиты (рис. 38). Граптолит по-гречески - «камень с надписями». Действительно, останки вымерших животных чаще всего встречаются в виде отпечатков на тонких плитках черных сланцев, как будто кто-то начертил простым карандашом на камне линии, спирали, окружности. Их отпечатки довольно точны, и по ним можно различать роды и виды граптолитов. Однако такие отпечатки не дают полного представления о строении животных. Поэтому настоящей революцией в изучении граптолитов стали работы польского ученого Романа Козловского. Оказалось, что граптолиты - родственники довольно высокоорганизованных животных - полухордовых, а не кишечнополостных животных, на которых они так похожи. Об этом ученый узнал, изучив особенности микроскопического строения оболочек колонии.

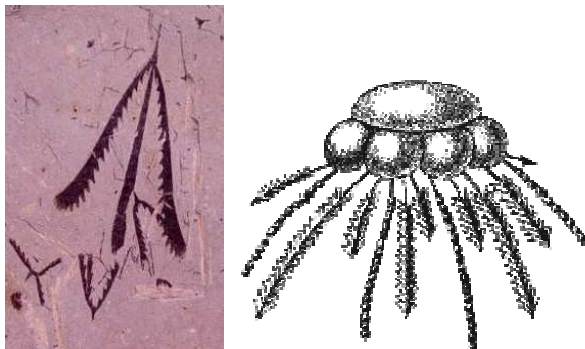


Рис. 38. Граптолит. Общий вид колонии

граптолитов (реконструкция)

Граптолиты обитали как на дне, так и в толще воды. Они имели наполненный газом пузырь, с помощью которого «парили» в толще воды. С пузыря свисали тонкие длинные «ветви», на которых сидели мелкие граптолиты, имевшие, вероятно, многочисленные

щупальца. С помощью их они добывали себе пропитание.

Граптолиты эволюционировали быстро, а свободное плавание способствовало широкому расселению. После смерти они могли разноситься течениями и погребаться на дне в отложениях даже тех морей, где они и не жили.

Таким образом, если одинаковые граптолиты мы встречаем в разных породах, то можем говорить, что эти породы образовались в одно и то же время.

Граптолиты являются классическим примером руководящих ископаемых. Основанное на них биостратиграфическое расчленение палеозойских пород является самым детальным. Возникнув в конце кембрия (около 500 млн. лет назад), граптолиты просуществовали около 230 млн. лет - до конца каменноугольного периода. Большое стратиграфическое значение граптолитов связано с их быстрой эволюцией, широкими ареалами, обусловленными планктонным образом жизни и захоронением в разнофациальных отложениях.

10 ТИП. ХОРДОВЫЕ

Тип хордовые объединяет самых разнообразных животных от сидящих на дне моря асцидий и живущих в пещерных озерах ланцетников до рыб, птиц, лягушек, змей, крокодилов, слонов, обезьян и человека. Всех этих непохожих друг на друга животных объединяет наличие хорды - хрящевой струны, протянутой вдоль спинной стороны тела. Первые хордовые появились в кембрии. История изучения вымерших и современных хордовых дает убедительную картину прогрессивной эволюции, которая приводит к человеку. Необходимо отметить, что позвоночные являются подтипом типа хордовых. Они объединяют большое количество вымерших и до 10 тысяч видов современных животных с разнообразной формой тела, зависящей от среды обитания и образа жизни. Значительная часть хордовых изучается в школах. На этом типе мы не будем останавливаться.

Отдельным разделом палеонтологии является **палеоботаника**, изучающая растительный мир геологического прошлого. Она теснейшим образом связана с геологией и особенно со стратиграфией. На палеоботанические данные, в основном, опирается определение геологического возраста континентальных и, прежде всего, угленосных отложений.

Все растения условно разделены на низшие и высшие.

К низшим относятся бактерии, водоросли, грибы и лишайники.

ВОДОРΟΣЛИ

Из водорослей наибольший интерес для геологов представляют сине-зеленые, колонии которых в процессе своей жизнедеятельности содействуют, выпадению карбонатов из воды, образующих известковые наросты и корки. Они часто встречаются в ископаемом состоянии и называются строматолитами (рис. 39).

Строматолиты представляют собой известковые или доломитовые, обычно сложнослоистые, прикрепленные к субстрату образования, возвышающиеся над окружающим дном в виде бугров и наростов. Stromatolites встречаются в отложениях почти любого возраста, но особый интерес для геолога представляют строматолиты из докембрийских толщ, в которых другие органические остатки встречаются крайне редко.



Постройки строматолитов. Вид сбоку



Постройки строматолитов. Вид сверху



Современные строматолиты. Австралия

Рис. 39. Stromatolites

Диатомовые водоросли являются микроскопическими одноклеточными, иногда колониальными организмами. Клетка диатомеи окружена кремнеземным панцирем. Диатомовые водоросли появились в юре и получили широкое развитие с мелового периода. Начиная с палеогена, они распространялись и в пресные водоемы. После отмирания створки диатомеи образуют горную породу - диатомит, а на дне современных водоемов - **диатомитовый** ил. Диатомеи являются хорошими определителями геологического возраста.

К высшим растениям относятся представители с корнями, стеблями и листьями. Выделяют следующие типы: **риниофиты, мохообразные, плауновидные, членистостебельные, папоротниковидные.**

Высшие растения появляются только в палеозое. **Риниофиты** появились в силуре и вымерли в среднем девоне. **Плауновидные** появились в раннем девоне и были представлены как **травянистыми**, так и **древовидными** формами. Древовидные достигли своего максимального развития в карбоне, в котором они были представлены лепидодендронами (рис. 40) - главными элементами влажных тропических лесов, основными углеобразователями того времени. Вымерли они в раннем триасе. Травянистые растения сохранились до нашего времени и произрастают от тундры до тропиков.

Членистостебельные, к которым относится семейство каламитов, известны с карбона. Вымерли эти древесные колоннообразные формы (до 10 метров высоты с постепенно колоннообразным сужающимся вверх полым стволом) в ранней перми. А вот семейство хвощовых появилось в ранней перми, эти растения произрастают и поныне.

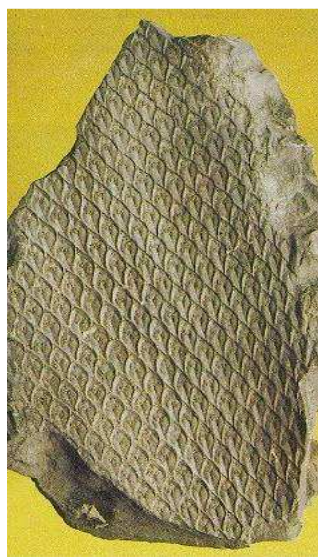


Рис. 40. Кусок норы лепидодендрона Рис. 41. Ископаемый папоротник

Папоротниковидные - наиболее многочисленный и разнообразный тип растений, играющий наибольшую роль в растительном покрове суши. Папоротниковидные произошли от псилофитовых и известны начиная с девона. Они делятся на папоротники, голосеменные и покрытосеменные. **Папоротники** произошли от **прапапоротников** в позднем девоне. В карбоне и перми папоротники (рис. 41) играли значительную роль в растительном покрове Земли. Не менее разнообразны они и в мезозое. В палеогене и неогене их видовой состав становится близким к современному.

Голосеменные растения представлены деревьями, реже кустарниками или лианами. К голосеменным относятся хвойные, цикадовые, гинкговые и многие другие. В современной флоре их насчитывается около 600 видов. В ископаемом состоянии голосеменные известны начиная с девона. В мезозое они становятся господствующим классом, распространенным почти повсеместно.

Покрытосеменные - наиболее многочисленный (до 200 000 видов) и разнообразный класс среди современных растений. Покрытосеменные появились в конце юрского - начале мелового периодов и в середине мелового периода заняли господствующее положение среди всех растений. А кайнозойская эра считается эрой господства покрытосеменных. В палеогене и неогене за счет остатков этих растений шло накопление ископаемых углей, а в четвертичном периоде они участвуют и в образовании торфяников.

Наиболее распространенная ископаемая фауна и флора, используемая при определении возраста пород геологических периодов, схематически представлена в таблице I.

Таблица I

НАИМЕНОВАНИЕ ТИПОВ ИСКОПАЕМОЙ ФЛОРЫ И ФАУНЫ	НАИМЕНОВАНИЕ ПЕРИОДОВ											
	КЕМБРИЙ	ОРДОВИК	СИЛУР	ДЕВОН	КАРБОН	ПЕРМЬ	ТРИАС	ЮРА	МЕЛ	ПАЛЕОГЕН	НЕОГЕН	ЧЕТВЕРТИЧНЫЙ
ИСКОПАЕМАЯ ФАУНА												
Простейшие	+	+		+	+	+	-		+	+	-	
Губки		+	+				-	+	+			
Археоциаты	+											
Кишечнополостные	-	+	+	+	+							
Членистоногие	+	+	+	+				-	-			
Мягкотелые											+	+
Брахиподы	+	+	+	+	+							
Иглокожие	+	+	+									
Полухордовые						+						
ИСКОПАЕМАЯ ФЛОРА												
Низшие растения	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Псилофиты			+	+								
Плауновидные			+	+	+	+						
Членистостебельчатые				+	+	+						
Папоротниковидные				+	+	+	+	+	+	+	+	+

ТЕМА 3: ШАГ 2

ЖИЗНЬ ЗЕМЛИ И ЖИЗНЬ НА ЗЕМЛЕ

3.2. Путешествие в прошлое Земли

(о том, как ведется отсчёт геологического времени, что такое «геологическая шкала»)



История Земли - это история крупных этапов ее развития, исчисляемых миллионами и миллиардами лет. Границы основных геологических этапов, как правило, соответствуют каким-либо явно выраженным изменениям в климате и атмосфере Земли, в характере животного и растительного мира, отраженного в окаменелостях, заключенных в горных породах.

Геохронологическая шкала - этот **геологический календарь** Земли - четко разделяется на эры - самые крупные отрезки времени (**архей** - 1 млрд. лет, **протерозой** - 2 млрд. лет, **палеозой** - 306 млн. лет, **мезозой** - 183 млн. лет, **кайнозой** - 65 млн. лет).

Архей и протерозой, не несущие в своих отложениях хорошо сохранившейся фауны, разделяются достаточно условно.

Палеозой, мезозой, кайнозой, в совокупности, называемые фанерозоем, делятся на периоды. Периоды делятся на эпохи, эпохи на века.

Для каждого из этих этапов характерны свои комплексы геологических образований (горных пород). Чтобы не путать время, как таковое, с комплексом пород, в них образованных, геологи договорились, что названию каждого временного этапа (**геохронология**) будет соответствовать собственное название комплексов пород (**стратиграфия**): **эре - группа** (например, палеозойская эра для времени и палеозойская группа для пород), **периоду - система** (силурийский период для времени и силурийская система для пород), **эпохе - отдел, веку - ярус**.

Постепенно геологическое время было упорядочено в так называемую **геохронологическую шкалу**, которая имеет в геологии почти такое же значение, как Периодическая система элементов в химии. Геологическое датирование составляет фундамент всех отраслей геологической науки.

С помощью геохронологической шкалы можно судить только о времени образования горных пород относительно друг друга, но эта шкала ничего не говорит о возрасте в привычных единицах времени - годах. Возможность измерить геологическое время в «абсолютных» единицах появилось в начале XX века, когда было открыто явление радиоактивности. Первая шкала «абсолютного» геологического времени была опубликована в 1937 г. Она дала возможность с высокой степенью достоверности определить истинную длительность геологической истории в целом и её этапов, выделенных на основе эволюции организмов, в частности.

Геохронологическая шкала представляет собой идеализированный, а не реальный, геологический объект, так как ни на одном континенте непрерывной последовательности отложений от архея до наших дней не наблюдается. Это вызвано тем, что ни один морской бассейн не развивался в неизменных границах в течение всей геологической истории Земли. Условия морского осадконакопления многократно сменялись континентальными и наоборот.

Геохронологическая шкала постоянно видоизменяется, дополняется. По мере накопления знаний появляются новые группировки эр и периодов, уточняется их абсолютный возраст. Но первоначальная суть этого высочайшего достижения человеческой мысли не изменяется.

Современная геохронологическая шкала в сокращенном виде представлена в таблице 2.

ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКАЯ ШКАЛА

Таблица 2

Акрон (Акротема)	Эон (Зонтема)	Эра (Эратема)	Продолжи- тельность и датировка границ, млн. лет	Периоды, длительность в млн. лет	РАЗВИТИЕ ЖИЗНИ В ХОДЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИСТОРИИ
ФАНЕРОЗОЙ		КАЙНОЗОЙСКАЯ	2	Четвертичный, 2	Развитие вплоть до современного животного и растительного мира. Пещерный медведь, лось, гигантский олень, зубр, лошадь Пржевальского, носорог, мамонт.
			24	Неогеновый, 22	Гигантские фораминиферы, двустворчатые моллюски, улитки, гигантские черепахи, сумчатые грызуны, лошади, антилопы, гиппопотамы, слоны, насекомые, рыбы, птицы. Первое появление приматов.
			65	Палеогеновый, 41	
		МЕЗОЗОЙСКАЯ	142	Меловой, 77	Фораминиферы, двустворчатые моллюски, кораллы, белемниты, аммониты, гигантские ящеры, костные рыбы, голосеменные растения. Первое появление покрытосеменных растений.
			206	Юрский, 74	Фораминиферы, двустворчатые моллюски, белемниты, аммониты, улитки, сумчатые, гигантские ящеры (наземные, морские, летающие), рыбы. Появление первотпицы - археоптерикса. Хвойные.
			248	Триасовый, 42	Двустворчатые моллюски, кораллы, белемниты, аммониты, брахиоподы, морские лилии, ящеры, рыбы. Первое появление млекопитающих. Хвойные, древовидные папоротники и хвощи.
		ПАЛЕОЗОЙСКАЯ	290	Пермский, 42	Брахиоподы, двустворчатые моллюски, аммониты, четырехлучевые кораллы, трилобиты, ящеры, чешуйчатые рыбы. Хвойные, впервые - гинкговые.
			354	Каменно- угольный, 64	Кораллы, двустворчатые моллюски, костные и хрящевые рыбы, впервые - пресмыкающиеся. Древовидные папоротники, хвощи и плауны, впервые - голосеменные.
			417	Девонский, 63	Двустворчатые моллюски, кораллы, аммониты, брахиоподы, морские лилии, трилобиты, костные и хрящевые рыбы. Первые земноводные и насекомые. Сосудистые споровые растения. Первые папоротники, первые наземные животные.
			443	Силурский, 26	Граптолиты, кораллы, брахиоподы, трилобиты. Первые наземные растения.
			490	Ордовикский, 47	Граптолиты, брахиоподы, трилобиты. Первые позвоночные (панцирные рыбы). Водоросли. Жизнь - только в море!
			554	Кембрийский, 64	Трилобиты, брахиоподы, водоросли. Жизнь - только в море!
Протерозой, PR	Верхний PR ₂		614	Вендский, 60	Древнейшие беспозвоночные, беспанцирные моллюски, первые растения (водоросли). Начало органической жизни (только в море!).
	Рифей		1650	1036	Древние многоклеточные водоросли и животные. Строматолиты.
	Нижний PR ₁		2500	850	Древние красные водоросли.
Архей, AR	Верхний AR ₂		3150	650	Древние строматолиты, бактериальные микрофоссилии.
	Нижний AR ₁		>3550	>400	Древние осадочные породы и следы жизни на Земле.

ТЕМА 3: ШАГ 3

ЖИЗНЬ ЗЕМЛИ И ЖИЗНЬ НА ЗЕМЛЕ

3.3. Страницы книги под названием Земля

(об исторической геологии, о том, на какие отрезки времени разделена история формирования Земли)



Николай Ясаманов, автор книги «Популярная палеогеография», очень образно написал о науке, которая называется историческая геология: «Раскрывая и расшифровывая историю нашей планеты, геологи сталкиваются с увлекательным и динамичным сценарием, написанным природой. История эволюции Земли - своеобразный, красочный и яркий спектакль, полный драматических событий, многие участники и зрители которого давным-давно ушли в небытие, оставив свой след в земных слоях».

Каждый пласт, каждый слой земной коры представляет собой как бы страницу огромной каменной книги, на которой своеобразным геологическим языком в виде отпечатков растений и животных, следов бурь, пронесившихся над планетой, и различных геологических процессов записаны события, происходившие на Земле и в её недрах многие сотни миллионов лет назад. Прочсть исторический сценарий, написанный этими «каменными иероглифами», хотя и нелегко, но вполне возможно. Однако составить полную картину эволюции нашей планеты очень сложно, так как одни «страницы» каменной летописи окончательно утеряны, другие сильно повреждены временем, а третьи - перепутаны и искажены.

Геологическая история Земли начинается со времени образования земной коры - твердой каменной оболочки планеты. Если Земля, как принято считать, образовалась около 5 млрд. лет, то земной коре не более 3,5-3,8 млрд. лет. Горные породы, слагающие земную кору, образовались далеко не одновременно: одни из них очень древние, другие - совсем молодые. Изучением последовательности залегания земных пластов, их взаимоотношений друг с другом занимается наука - стратиграфия. Еще в 1669 году Николай СТЕНОН (1638-1687), датчанин, анатом, врач, геолог и минералог, опираясь на наблюдения, четко сформулировал основной принцип стратиграфии: «Слой, лежащий выше, образовался позже слоя, лежащего ниже».

Начнем изучать историю с самых первых, а, значит, с самых нижележащих слоев.

История развития планеты по имени Земля от времени её образования и до наших дней настолько длительна и сложна, что о самых ранних этапах её существования, так называемой догеологической истории, ученые высказывают только гипотезы. Начальный этап принято называть космическим. В последующем возникла тонкая и непрочная первичная земная кора, состоящая из вулканических пород. Этот этап называют «лунным» и характеризуется он грандиозным развитием вулканических процессов, возникновением первичной атмосферы, которая ещё сильно отличалась от современной. Конец «лунного» этапа связывают с возникновением гидросферы. Возникли первые водоемы, в которых начали накапливаться осадки - древнейшие осадочные горные породы. Земля вступила в свою геологическую историю.

Самый первый, древнейший этап назван **архейским**. Начало его принимается

условно - по возрасту наиболее древних осадочных пород, известных в настоящее время на Земле. Такие породы найдены в юго-западной Гренландии, абсолютный возраст их составляет 3,7-3,9 млрд. лет. Но и эти породы образовались из более ранних. В Челябинской области в Кусинском районе (вблизи поселка Магнитка) найдены породы, возраст которых превышает 4 млрд. лет.

Среди горных пород архея встречаются прослои графитовых сланцев, образование которых связано с преобразованием органического вещества. На основании сделанных находок можно полагать, что в архейском океане уже были простейшие одноклеточные, а может и многоклеточные организмы, не имевшие минерального скелета, - сине-зеленые и красные водоросли, безъядерные бактерии - прокариоты. Архейский этап существовал более 1 млрд. лет.

На смену архею пришел **протерозой** (время простой жизни). В обилии появились эукариоты - организмы, клетки которых уже имели ядра. В самом конце протерозоя по всей Земле расселяется множество бесскелетных организмов. Наиболее богаты палеонтологическими остатками самые верхние горизонты протерозоя - отложения **венда** (614-554 млн. лет). В них обнаружены бесспорные отпечатки мягкотелых многоклеточных. Протерозой длился около 2 млрд. лет.

Архейский и протерозойский этапы жизни Земли объединяются геологами под общим названием **криптозой** - этап скрытой жизни. В соответствии с положением в геологическом разрезе земной коры криптозойские отложения именуются также докембрийскими или докембрием (3550—554 млн. лет, т.е. почти 3000 млн. лет).

Важным событием позднепротерозойского времени стало появление в атмосфере Земли свободного кислорода и сокращение содержания углекислоты. С появлением свободного кислорода начинает формироваться озон. Постепенно возникает озоновый «экран». Повышается соленость океана. Все это предопределило бурное развитие органической жизни в последокембрийский этап геологической истории Земли, который принято называть фанерозоем. Фанерозой делится на три эры: палеозойскую, мезозойскую и кайнозойскую.

ПАЛЕОЗОЙСКАЯ ЭРА КЕМБРИЙСКИЙ ПЕРИОД (КЕМБРИЙ)

554-490 млн. лет

(64 млн. лет)

Палеозойская эра начинается **кембрийским** периодом. Кембрийские отложения были выделены в 1835 году английским ученым Седжвиком, который назвал их так по древнему названию Уэльса (Кембрий), где они были описаны впервые.

Начало этому периоду положил поразительной силы «биологический взрыв», в ходе которого на Земле появились представители большинства основных типов животных, известных современной науке. Граница между докембрием и кембрием проходит между «пустыми» горными породами и породами, в которых внезапно обнаруживается удивительное разнообразие окаменелостей животных с минеральными скелетами.

«Кембрийский взрыв» - одна из важнейших загадок в истории развития жизни на Земле. Понадобилось почти 3 млрд. лет докембрия, чтобы простейшие клетки развились в более сложные, а затем всего за какие-то 60-70 млн. лет мир заселился невероятным разнообразием многоклеточных животных. С тех пор за более чем 500 млн. последующих лет на Земле не появилось ни одного нового типа животных с принципиально иным строением тела.



Рис. 42. Трилобиты кембрийского периода

В кембрийских морях обитали почти все типы беспозвоночных животных: **трилобиты, археоциаты, брахиоподы, иглокожие, моллюски**. Главной особенностью многих из них была способность строить прочный, сначала хитиново-фосфатный, затем известковый скелет. Наибольшее развитие получили трилобиты и археоциаты. Трилобиты (рис. 42) составляли до 60% всех известных палеонтологических остатков кембрия, в том числе и малочленистых, которые полностью исчезли к концу периода.

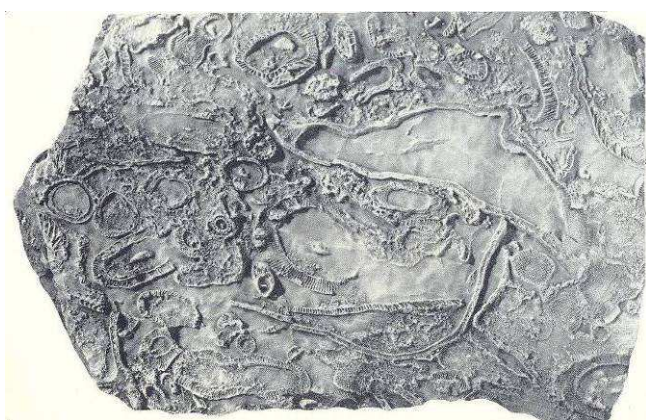


Рис.43. Известняк археоциатовый из кембрийских отложений Тувы.

Археоциаты обитали в мелководных теплых морях раннего кембрия (рис. 43). Они были распространены по всему земному шару и потому имеют исключительное значение для датировки кембрийских пород. 30% фауны кембрия занимали брахиоподы.

Флора кембрия в основном состоит из водорослей, остатки которых встречаются в виде многочисленных **строматолитов**. В конце кембрия появляются своеобразные земноводные споровые растения - **псилофиты**.

Атмосфера кембрия приобрела кислородно-углекисло-азотный характер. Основная масса - азот, углекислый газ - 0,3%, содержание кислорода по сравнению с докембрием увеличилось в несколько раз.

После вендского похолодания и развития покровного оледенения в начале кембрия наступило значительное потепление.

На платформах образовались мощные залежи калийных и каменных солей.

В областях с интенсивным вулканизмом происходило накопление фосфоритов, марганца.

ОРДОВИКСКИЙ ПЕРИОД (ОРДОВИК)

490-443 млн. лет

(47 млн. лет)

Начало **ордовикского** периода совпало с очередным повышением уровня моря, вызванным таянием кембрийских ледниковых покровов. Животный мир мелководья и прибрежных рифов бурно развивался и процветал. В ордовикских морях были широко распространены беспозвоночные и водоросли, появились первые позвоночные. Суша заселялась бактериями и одноклеточными водорослями, нередко формировавшими колонии. Среди беспозвоночных господствовали появившиеся в кембрии трилобиты, граптолиты, кораллы, брахиоподы, иглокожие, головоногие моллюски, губки.

Трилобиты сохранили свое ведущее значение, хотя их стало меньше (рис.44).

Преобладали формы с прочным известковым панцирем. Все они могли свертываться, защищая свое брюшко.



Рис.44. Трилобиты ордовика

Важную роль играли **грантолиты** (рис 44). Они быстро эволюционировали и имели широкие ареалы распространения.



Рис. 45. Грантолиты. Река Волхов. Увеличено.

Кишечнополостные были представлены главным образом **четырёхлучевыми кораллами - ругозами**. Они принимали участие в построении рифов.

Продолжали свое развитие **брахиоподы**: появились замковые с известковой раковиной (рис. 46).

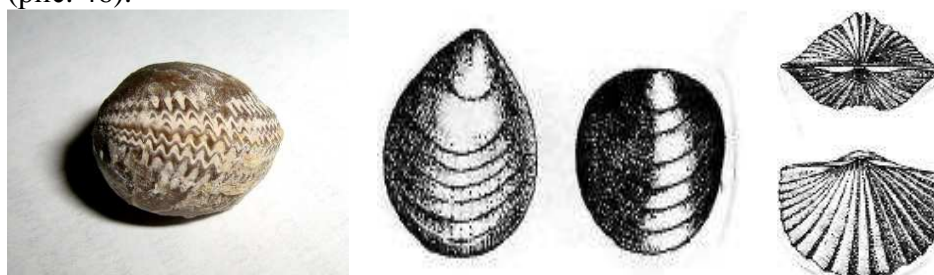


Рис. 46. Брахиоподы ордовика.

Иглокожие становились всё более разнообразными, среди них преобладали морские пузыри (рис. 47), а к концу ордовика появились морские лилии (**криноидеи**).



Рис. 47. Иглокожие ордовика. Морские пузыри

Широкое распространение имели **головоногие моллюски**, раковины которых достигали 2-3 м в длину (рис. 48).



Рис. 48. Головоногие моллюски ордовика

Начало ордовика ознаменовалось появлением первых позвоночных - бесчелюстных рыбообразных животных. Из среднего ордовика известны первые конодонты, которые относятся к проблематичным органическим остаткам, о происхождении которых до настоящего времени ещё нет единого мнения. Это зубоподобные образования, размером от долей мм до 3 мм. Состоят из фосфорнокислой извести. В ордовике наблюдается расцвет простых форм и появление сложных, стержнеобразных конодонт. Они широко используются в стратиграфии палеозойских отложений.

Значительного развития достигли разнообразные сине-зеленые, зеленые и багряные водоросли. Продолжается наращивание атмосферы и изменение её химического состава. Возрастает концентрация свободного кислорода. Но концентрация углекислого газа всё ещё превышала современную более чем в пять раз.

СИЛУРИЙСКИЙ ПЕРИОД (СИЛУР)

443-417 млн. лет

(35 млн. лет)

Силурийский период получил свое название по имени древнего племени силуров, населявших некогда Уэльс.

Органический мир силура по своему составу значительно отличается от ордовикского. В конце ордовика на земную жизнь обрушилось первое серьезное испытание - всеобщее похолодание. Оно оказало двойное воздействие: во-первых, от понижения температуры воды вымерли наиболее теплолюбивые обитатели; во-вторых, с похолоданием понизился уровень моря, т.к. вода уходила, превращаясь в лед на континентах. Высохли обширные мелководья, и их многочисленному населению пришлось исчезнуть.

Однако глобальная природная встряска не могла разрушить связи между морскими обитателями. И хотя общее число видов уменьшилось почти в 4 раза, это пошло на пользу: на место ушедших пришли новые, более жизнестойкие формы. Последовавшее затем потепление и таяние полярных шапок льда повысили уровень моря. Вновь завоеванные морем пространства быстро наполнялись жизнью. Среди беспозвоночных господствовали граптолиты, кораллы, брахиоподы, иглокожие, трилобиты, моллюски, губки.

Граптолиты в начале силура достигли в своем развитии апогея, затем чрезвычайно быстро эволюционировали и к концу периода почти полностью вымерли.

Кораллы продолжали строить рифы (рис. 49).

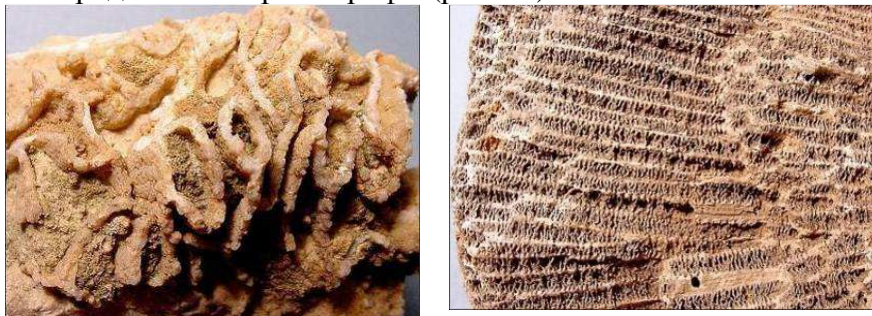


Рис.49. Кораллы силура. С сайта

Брахиподы продолжали свое развитие, хотя число родов несколько сократилось (рис. 50).



Рис. 50. Брахиподы силура.

Иглокожие развивались только в виде прикрепленных форм. Число морских лилий заметно увеличилось. Добавились морские бутоны, напоминавшие нераспустившиеся лилии (рис. 51).



Рис. 51. Членики морских лилий из силура.

Среди **моллюсков** зачительную роль играли **наутилоидеи** с прямой раковиной. Трилобиты (рис. 52) резко сократились в количестве. Появились первые настоящие **рыбы**.

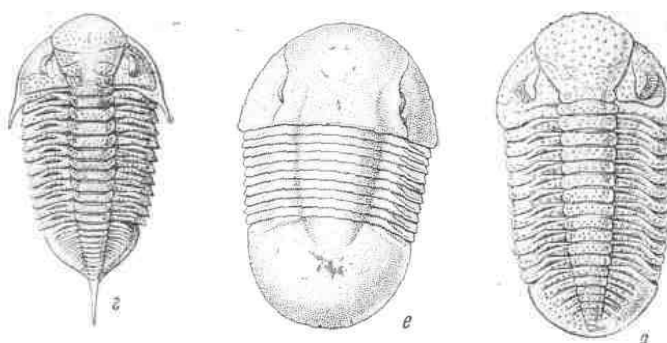


Рис. 52. Трилобиты из силурийских отложений.

Зеленый бордюр опоясал побережье - на берег вышли первые «настоящие» наземные растения - **риниофиты** (рис. 53), а в самом конце силура - и первые **плауновидные**.

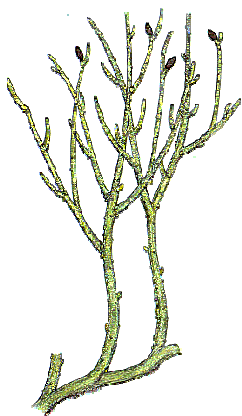


Рис. 53. Первое наземное растение, появившееся в силуре

Они пока ещё только высывывали из воды многократно раздвоенные зеленые безлиственные побеги, но уже могли поднимать воду по стеблю и не боялись осушения.

ДЕВОНСКИЙ ПЕРИОД (ДЕВОН)

417-354 млн. лет

(63 млн. лет)

Отложения этого периода - **девонская система**, выделены в 1839 году Мурчисоном и Сэдзвиком в графстве Девоншир в Англии, по имени которого она и была названа. Органический мир девона характеризуется значительным обеднением фауны беспозвоночных животных по сравнению с предыдущим силурийским периодом. Ведущая роль принадлежит здесь брахиоподам, моллюскам-гониатитам и рыбам. Девон часто называют «веком рыб». Были представлены все группы: пластинчатожилые, кистеперые, двоякодышащие, лучеперые. Заканчивали свой век бесчелюстные рыбообразные существа.

Девон можно назвать «веком головоногих моллюсков». Появились первые **аммоидеи** с закрученной в плоскую спираль раковины и более совершенным способом управления своим подводным поплавком (их ожидало блестящее будущее в мезозое) (рис. 54). Появились первые кальмароподобные формы.

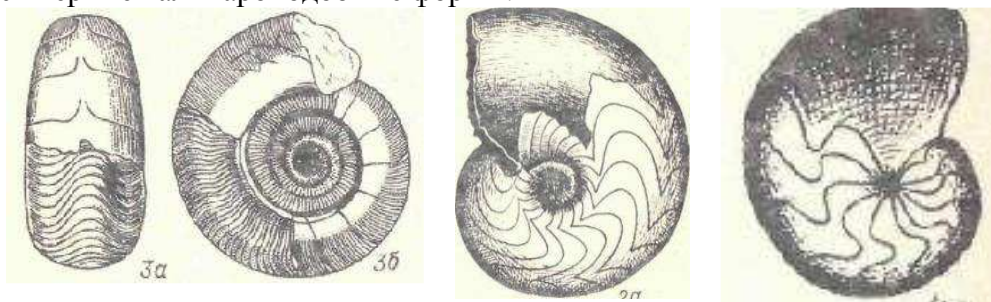


Рис 54. Аммоидеи девона.

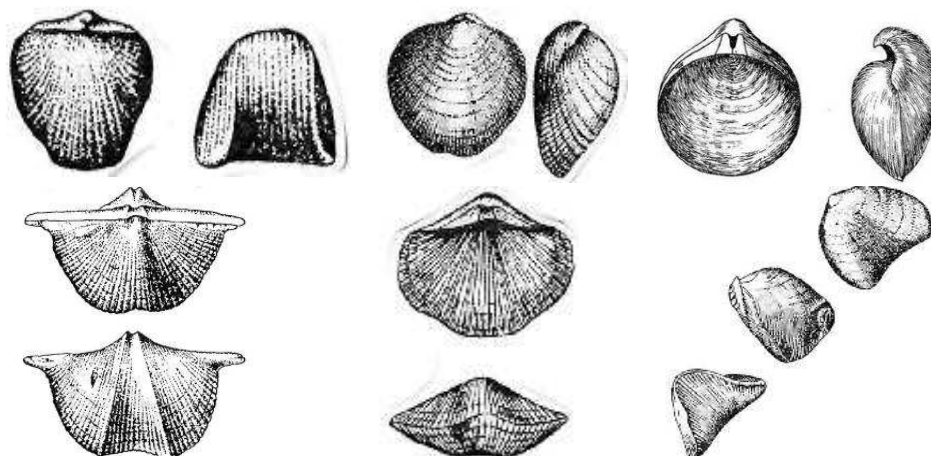


Рис.55. Брахиоподы из девонских отложений. Вид раковин с разных сторон.

Брахиподы достигли максимума своего развития, количество родов достигало более 300 (рис. 55). **Кораллы** (рис. 56), **морские лилии** (рис. 57) и другие животные строили грандиозные рифовые массивы, сохранившиеся до наших дней в виде огромных известняковых пластов.

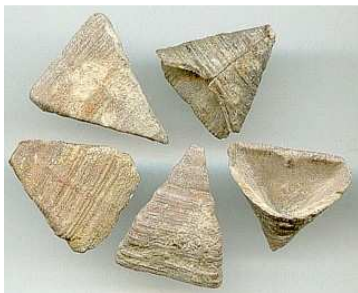


Рис. 56. Коралл из девона.

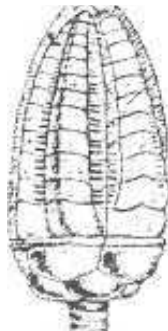


Рис. 57. Морская лилия
из отложений девона

К середине девона жизнь в море достигла невиданного ранее расцвета, однако к концу девона, примерно 367 млн. лет назад, произошли роковые события - «великое массовое вымирание». За короткий по геологическим часам срок - 500 тыс. лет рухнула вся общемировая система сообществ. Потрясение было столь сильным, что кораллы не могли от него оправиться в течение примерно 70 млн. лет. Лишь к концу каменноугольного периода кораллы снова «научились» строить рифы. Геологи называют это явление «событиями черных сланцев», когда на пластах горных пород, переполненных остатками кораллов, брахиопод и морских лилий, лежат черные сланцы, лишенные всяких остатков донной фауны.

В конце девонского периода на суше появились позвоночные. Первыми были **стегоцефалы**, которые произошли от **кистеперых рыб**.

В девонском периоде появились основные типы наземных растений: **плауновидные, членисто-стебельные, папоротники, праголосоменные**, а в самом конце периода - первые **голосеменные**.

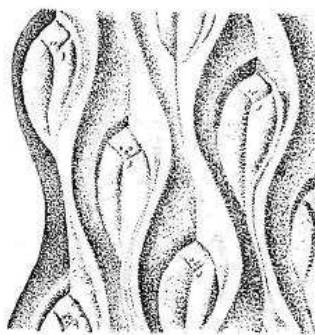
КАМЕННОУГОЛЬНЫЙ ПЕРИОД (КАРБОН)

354-290 млн. лет

(64 млн. лет)

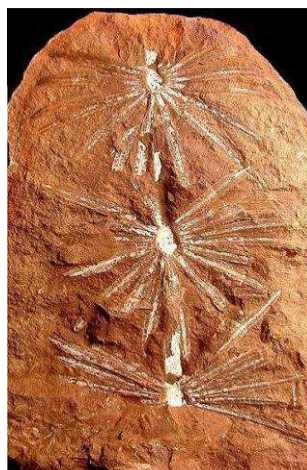
Отложения этого периода - **каменноугольная** система - названы так по наличию в их составе большого количества пластов каменного угля.

В начале каменноугольного периода большая часть суши была собрана в два огромных материка: Лавразию на севере и Гондвану на юге. В раннем карбоне климат на большей части поверхности суши был почти тропический. Громадные площади оказались заняты мелководными прибрежными морями. В этом теплом влажном климате широко распространились девственные леса из гигантских древовидных папоротников и ранних семенных растений (рис. 58). Они выделяли массу кислорода, и к концу периода содержание его в атмосфере Земли почти достигло современного уровня.



Lepidodendron





Calamites

Рис 58. Ископаемые остатки растений
каменноугольного периода.

Изобилие наземной растительности обеспечивало пищу для животных. Появились **пресмыкающиеся**: не только растительноядные, но и хищники - первые **зверообразные рептилии**. На суше стали многочисленны **скорпионы, пауки**. Поднялись в воздух и первые **насекомые**: гигантские стрекозы с метровыми крыльями. За ними охотились земноводные **стегоцефалы**.

В карбоне впервые появились природные зоны. В древесине появились годовые кольца - это значит, что растения произрастали в районах, где различались зима и лето. На протяжении позднего карбона оба суперматерика Лавразия и Гондвана неуклонно сближались друг с другом. Это движение вытолкнуло кверху новые горные цепи.

В карбоне было много мелководных морей, но среди морских беспозвоночных полностью потеряли свое бывшее значение древние группы: вымерли **граптолиты**, доживали последние дни **трилобиты и ракоскорпионы**. Зато господствовали **фораминиферы, замковые брахиоподы, моллюски - гониатиты, четырехлучевые кораллы, мшанки, морские лилии, древние морские ежи**.



Рис. 59. Фораминиферы из каменноугольных отложений.

Фораминиферы (рис. 59) достигли своего значительного развития, они принимали участие в накоплении известкового ила, превратившегося затем в фузулиновые известняки.

Число родов **брахиопод** несколько сократилось по сравнению с девоном (рис. 60).



Рис. 60. Брахиоподы из каменноугольных отложений.

Моллюски продолжали свое развитие (рис 61). Усложнялось внутреннее строение и скульптура раковины. Достигли расцвета четырехлучевые кораллы, как одиночные, так и колониальные (рис. 62).

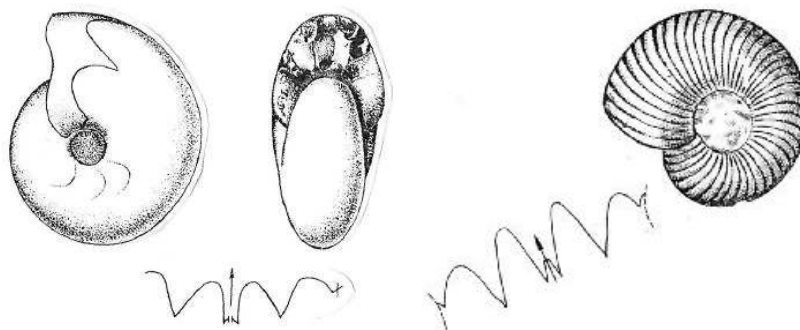


Рис 61. Аммониты из каменноугольных отложений.



Рис. 62. Кораллы из каменноугольных отложений.

Иглокожие были представлены разнообразными и многочисленными морскими лилиями (рис. 63), возросла роль морских ежей.



Рис. 63. Морские лилии из каменноугольных

отложений.

Весьма разнообразная физико-географическая обстановка, пестрый климат и интенсивная горообразовательная деятельность создали предпосылки для образования в толщах каменноугольной системы богатого комплекса полезных ископаемых.

Магматизм и сопутствующие ему процессы привели к образованию залежей руд железа, золота, серебра, платины, свинца, цинка, кобальта, вольфрама, молибдена, мышьяка, сурьмы, ртути, висмута, драгоценных камней. А самое главное - сформировались целые угленосные формации в Подмоскowie, Донбассе, Караганде и, частично, на Урале.

ПЕРМСКИЙ ПЕРИОД (ПЕРМЬ)

290-248 млн. лет

(42 млн. лет)

Пермский период был выделен в результате работ русских геологов Д.И. Соколова, Г.Е. Щуровского, Г.П. Гельмерсена и назван по месту широкого распространения осадков этого периода - Пермской губернии.

Весь пермский период суперматерики Гондвана и Лавразия приближались друг к другу. Азия столкнулась с Европой, взметнув ввысь Уральский горный хребет. Индия «наехала» на Азию и возникли Гималаи, а в Северной Америке выросли Аппалачи. К концу пермского периода формирование гигантского суперматерика Пангеи полностью завершилось.

Начало пермского периода ознаменовалось оледенением на южных материках и понижением уровня моря по всей планете. На части территории Лавразии стало очень жарко и сухо, там раскинулись обширные пустыни.

В морях продолжала существовать богатая фауна (рис. 64, 65, 66), даже более разнообразная, чем ранее. Но даже и те формы жизни, что испытывали тогда расцвет, не пережили грядущих перемен. Наступил новый «великий мор». В конце перми жизнь на Земле испытала глубочайший кризис. Окончательно исчезли все древние **кораллы**, **трилобиты**, древние **аммоноиды**, многие группы брахиопод, большинство морских лилий. Некоторые **рыбы** вымерли совсем, а такие как кистеперые и двоякодышащие «ушли в подполье», оставшись в качестве «живых ископаемых». Причины кризиса остаются неясными. Видимо Природа отбирала тех, кому суждено было начать эру «средней жизни» - **мезозой**.



Рис 64. Фузулиновый известняк



Рис.65. Аммониты пермского периода.

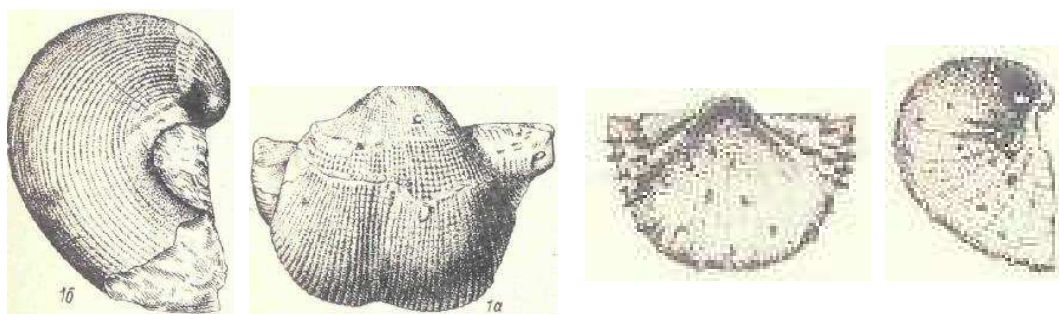


Рис.66. Брахиоподы пермского периода.

В отложениях пермской системы на территории Европы, Северной Америки и Азии хранятся крупнейшие залежи гипса, каменной и калийной соли, мощность которых превышает иногда 1000 метров. Огромные запасы этих солей сосредоточены в западной Приуральской зоне - Соль-Илецкое и Соликамское месторождения. Здесь запасы калийной соли превышают 20 млрд. тонн.

В раннепермскую эпоху в условиях полупустыни на востоке Русской платформы от бассейна Северной Двины до Прикаспийской впадины накапливался гипс. Со слоями пермской системы связаны крупные запасы каменного угля в Печорском, Тунгусском и Кузнецком бассейнах.

В конце перми возник ряд медных (медистые песчаники), мышьяковых, оловянных и урановых руд в Рудных горах Западной Европы, золота, полиметаллов и меди на Урале, Алтае, Тянь-Шане и др. На этом палеозойская эра, длившаяся 300 млн. лет, закончилась.

ТРИАСОВЫЙ ПЕРИОД (ТРИАС)

248-206 млн. лет

(42 млн. лет)

Триасовый период в истории Земли ознаменовал собой начало мезозойской эры, или «эры средней жизни». Название триасовая система получила в связи с тем, что она сложена в Западной Европе тремя литологическими комплексами пород: пестрым песчаником, раковинным известняком и пестрым мергелем.

Органический мир триаса существенно отличался от органического мира перми, но в его составе ещё присутствовали некоторые типичные палеозойские группы: среди позвоночных - **стегоцефалы**, среди растений — **каламитовые**. Среди морских беспозвоночных наиболее распространены **головоногие** и **двустворчатые моллюски**. Среди головоногих особенно широкое развитие получили аммониты с извилистой (**цератитовой**) лопастной линией (рис. 66), они вытеснили **гониятитов**. В триасе продолжала развиваться древнейшая группа **белемнитов**.

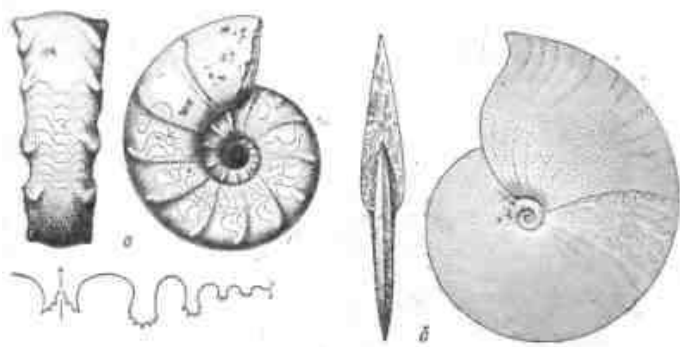


Рис. 67. Аммониты триаса.

Двустворчатые моллюски стали разнообразны по составу (рис. 68). Они заселили те экологические ниши, которые в палеозое были заняты **брахиоподами**. Увеличилось число семейств и родов **брюхоногих моллюсков**. В начале периода появились **шестилучевые кораллы**, а также новые морские ежи с прочным панцирем.

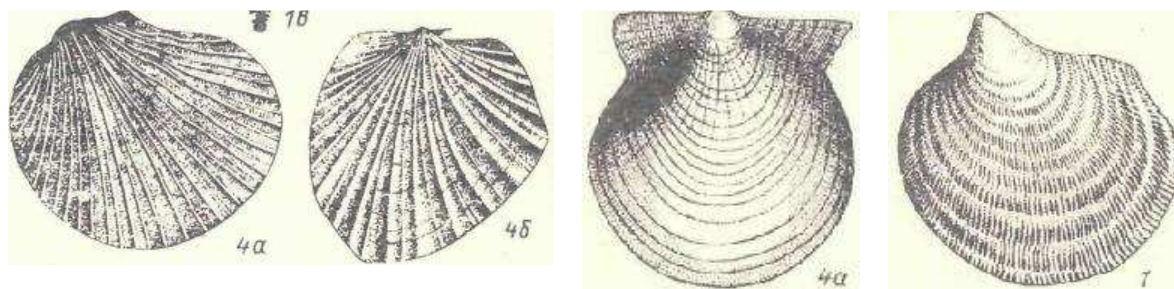


Рис. 68. Двустворчатые моллюски триаса.

Продолжают свое развитие позвоночные. Среди рыб сократилось число хрящевых, развиваются цельнокостные, появились костистые.

К концу периода вымерли **стегоцефалы**. Появились **бесхвостые земноводные**. Среди позвоночных господствующей группой становятся пресмыкающиеся: архозавры, черепахи, ихтиозавры и завроптеригии. В конце периода появились первые млекопитающие небольших размеров.

На суше доживают свой век последние **лепидодендроны**, **древовидные хвощи** и **кордаиты**. Появились высокоразвитые голосеменные - **листопадные гинкговые** и широко распространенные в наше время - **хвойные** растения.

ЮРСКИЙ ПЕРИОД (ЮРА)

206-142 млн. лет

(64 млн. лет)

Юрская система была выделена в 1829 году французским геологом А. Броньяром. Название получила по имени Юрских гор в Швейцарии.

К началу юрского периода гигантский суперматерик Пангея находился в процессе активного распада. К югу от экватора всё ещё существовал единый обширный материк, который снова называли Гондваной. В дальнейшем он тоже раскололся на части, образовавшие сегодняшние Австралию, Индию, Африку и Южную Америку. Когда Пангея начала раскалываться, возникли новые моря и проливы, в которых нашли прибежище новые типы животных и водорослей. В теплых и мелких морях образовались гигантские коралловые рифы, приютившие многочисленных аммонитов и новые разновидности белемнитов.

Аммониты занимали господствующее положение в морях. Они были очень разнообразны по форме раковины и особенно по её скульптуре (рис. 69). Белемниты резко отличались от триасовых (рис. 70). Двустворчатые и брюхоногие моллюски стали многочисленнее и разнообразнее (рис. 71). Более разнообразными по составу стали шестилучевые кораллы, принимавшие участие в рифообразовании. Большую роль стали играть морские ежи.



Рис. 69. Аммониты из юрских отложений



Рис. 70. Белемнит из юрских отложений



Рис. 71. Двустворчатые моллюски из юрских отложений.

Безраздельное господство захватили **динозавры** и прочие **рептилии**.

Первые птицы появились на Земле ближе к концу юрского периода. Самая древняя из них - археоптерикс - больше походила на маленького пернатого динозавра. У нее имелись зубы и длинный костный хвост, украшенный двумя рядами перьев.

Наземный растительный мир отличался расцветом голосеменных.

В начале юрского периода климат на Земле был теплым и сухим. Затем, когда обильные дожди начали пропитывать влагой древние триасовые пустыни, мир вновь стал более зеленым, с более пышной растительностью. В юрском ландшафте густо росли хвощи и плауны, которые уцелели с триасового периода. Кроме того было множество грибов.

МЕЛОВОЙ ПЕРИОД (МЕЛ)

142-65 млн. лет

(77 млн. лет)

Меловой период своим названием обязан писчему мелу - горной породе, широко развитой среди отложений этого возраста.

В течение мелового периода на нашей планете продолжался «великий раскол» материков. Громадные массивы суши, образовавшие Лавразию и Гондвану, постепенно распадались на части. Южная Америка и Африка удалялись друг от друга и Атлантический океан становился всё шире и шире. Африка, Индия и Австралия также стали расходиться в разные стороны. Большая часть Европы находилась тогда под водой. Органический мир претерпел значительные перемены. В раннем мелу он был сходен с юрским и имел типично мезозойский характер. В позднем мелу произошли крупные преобразования.

Аммониты продолжали господствовать в морях, но их состав был иной, чем в юрском периоде, и в конце периода все аммониты вымерли (рис. 72).

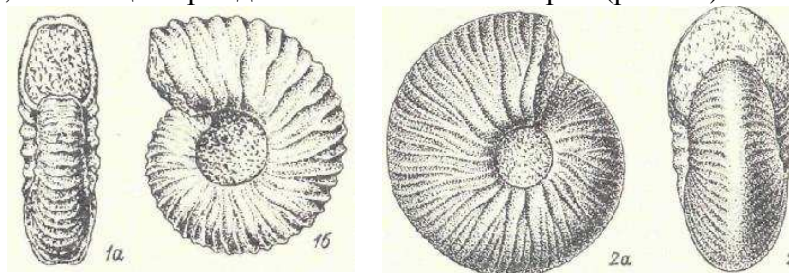


Рис 72. Аммониты из меловых отложений.



Рис. 73. Белемнит из меловых отложений

Белемниты, наоборот, достигли своего расцвета, были многочисленны и разнообразны (рис. 73). Возросло значение двустворчатых и брюхоногих моллюсков (рис.74).

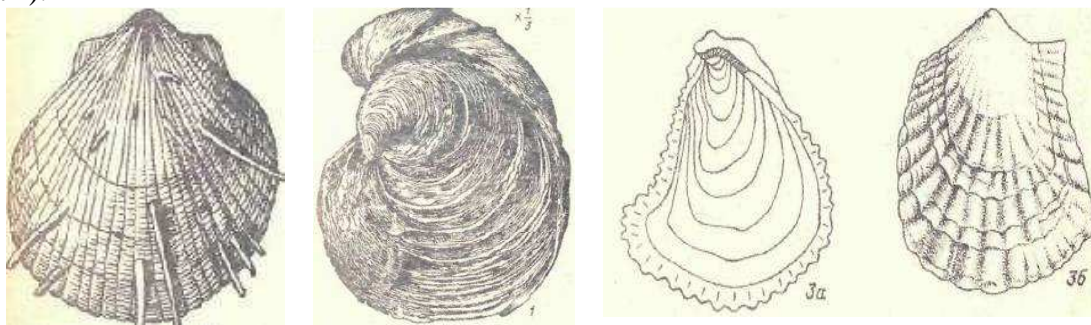


Рис.74. Двустворчатые моллюски из меловых отложений.

Разнообразнее стали морские ежи (рис.75). Продолжалась эволюция шестилучевых кораллов. По-прежнему они были рифостроителями. Максимального развития в позднем мелу достигли планктонные фораминиферы - глобигерины, которые являются основной составляющей белого писчего мела.



Рис. 75. Ежи из меловых отложений

Среди позвоночных преобладали пресмыкающиеся: на суше - динозавры, в морях - ихтиозавры, мезозавры, черепахи, в воздухе - птеродактили. Млекопитающие продолжали свое развитие.

Конец периода знаменовался вымиранием динозавров, крылатых ящеров, водных рептилий, зубастых птиц и примитивных млекопитающих.

Начиная с конца раннего мела появляются покрытосеменные, которые к концу периода вместе с хвойными стали господствовать в растительном мире. Меловым периодом заканчивается мезозойская эра.

В течение мезозоя образовались важнейшие месторождения нефти и газа, железных, вольфрамовых, молибденовых, оловянных руд, полиметаллов, золота и алмазов. По своей продуктивности эпоха мезозойского угленакопления стоит на втором месте после палеозойской.

ПАЛЕОГЕНОВЫЙ ПЕРИОД (ПАЛЕОГЕН)

65-24 млн. лет

(41 млн. лет)

В кайнозойской эре выделяется три периода: палеогеновый, неогеновый и четвертичный. В палеогене существовало небольшое количество древних форм жизни, а в неогене в условиях, близких к современным, преобладали и современные, новые формы.

Органический мир палеогена был разнообразным. Среди морских беспозвоночных получили исключительное развитие простейшие - фораминиферы, среди них крупные - нуммулитиды (рис. 76), участвовавшие в формировании нуммулитовых известняков.



Рис. 76. Нуммулиты палеогена. Крым

Двустворчатые и брюхоногие моллюски (рис. 77) господствовали как в морских, так и в лагунных и пресноводных водоемах. Из других беспозвоночных были широко представлены морские ежи, шестилучевые кораллы и губки. Родовой состав многих беспозвоночных был близок к современному.



Рис. 77. Двустворчатый и брюхоногий моллюск из отложений палеогена.

Из позвоночных продолжали развитие костистые рыбы. Существовали все отряды современных земноводных и рептилий. Господство захватили млекопитающие. По сравнению с современными, млекопитающие палеогена были представлены примитивными животными.

Наземная флора не испытала значительных изменений с началом кайнозойской эры. Продолжался процесс дальнейшей эволюции покрытосеменных растений, обновления и увеличения родового и видового состава. Сохраняли свое значение хвойные, остальные группы играли второстепенную роль.

НЕОГЕНОВЫЙ ПЕРИОД (НЕОГЕН)

24-2 млн. лет

(22 млн. лет)

В течение неогенового периода органический мир постепенно приобретает черты, близкие к современным, как по составу фауны и флоры, так и по её географическому распределению по провинциям. Особенно отчетливо это проявилось на суше.

Среди морских беспозвоночных продолжали господствовать двустворчатые и брюхоногие моллюски (рис. 78), родовой состав которых в конце периода ещё отличался от современного. Значительные изменения произошли среди фораминифер. Еще в палеогене вымерли крупные нуммулиты. Продолжали свое развитие рифостроящие кораллы, различные иглокожие, губки.

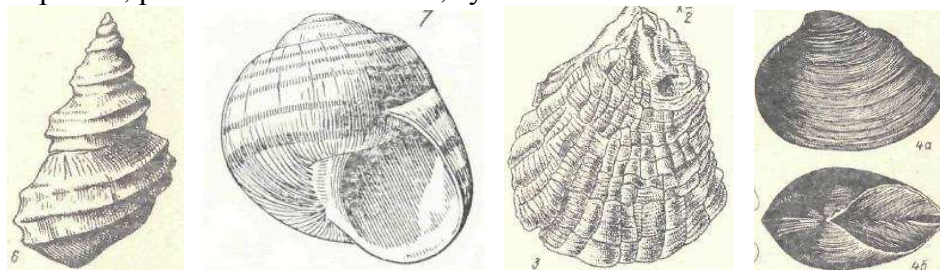


Рис. 78. Брюхоногие и двустворчатые моллюски из отложений неогенового периода.

Из позвоночных в морях господствовали костистые рыбы. Земноводные и рептилии по своему составу были близки к современному. Появляются новые птицы. Очень быстро эволюционируют млекопитающие, среди них господствуют плацентарные: разнообразные хоботные, непарнопалые, парнопалые, саблезубые кошки, грызуны.

Наземная флора мало отличалась от палеогеновой. Продолжалось господство покрытосеменных, достигших наивысшего разнообразия. Сократились ареалы тропической растительности, возник пояс степей. Похолодание привело к появлению таежной зоны хвойных лесов, а к началу четвертичного периода - зоны холодных степей и тундры.

В неогене материки были почти на тех же местах, что и в наши дни. Австралия и Южная Америка оставались изолированными от остального мира, и на каждом из этих материков продолжала развиваться собственная уникальная фауна и флора.

Огромные ледяные шапки в северном полушарии и громадный ледниковый покров Антарктиды изменили климат Земли и на поверхности материков и океанов похолодало. Большинство лесов исчезло, уступив место необъятным степям.

ЧЕТВЕРТИЧНЫЙ ПЕРИОД

(АНТРОПОГЕН)

1,7 млн. лет - наши дни

В связи с тем, что четвертичный период (антропоген) отличается от всех других кратковременностью, сколько-нибудь существенных изменений в составе флоры и фауны не произошло, поэтому применение биостратиграфических методов для расчленения четвертичных отложений не дает достаточного эффекта.

В начале периода большинство материков занимало почти те же места, что и в наши дни. На северное полушарие напоздали гигантские оледенения. Земная поверхность замерзала и вновь оттаивала, по меньшей мере, четыре раза. Холодные периоды получили

название ледниковых, а периоды потепления - межледниковых. Сегодня мы живем в эпоху межледниковья. Климат потеплел, ледники отступили, и настало время расцвета человеческой расы.

Растительный и животный мир начала периода мало отличается от современного. Изменения, которые произошли в его составе в течение периода, были вызваны главным образом изменениями климата - похолоданиями и потеплениями, связанными с наступлением и отсутствием ледников. Это привело к широкой миграции фауны и флоры в Северном полушарии, а во время максимального оледенения - к вымиранию теплолюбивых форм.

В морях формировалась современная фауна и флора. Среди животного мира заметные изменения произошли у млекопитающих, населявших Северное полушарие. В позднечетвертичное время теплолюбивые животные вымерли, широкое распространение получили холоднолюбивые: мамонты, шерстистые носороги, овцебыки, песцы и другие.

В течение четвертичного периода сформировалась современная растительность.

Человек принадлежит к группе животных, которых называют приматами. Наши древнейшие предки были маленькими древесными зверьками. Они обитали на Земле примерно 65 млн. лет назад, ещё в эпоху вымирания динозавров. Около 50 млн. лет назад появились более высокоорганизованные животные этого же типа - обезьяны. Со временем развитие некоторых групп приматов пошло по особому пути, и этот путь привел к возникновению первых человекообразных обезьян.

С кайнозойскими породами генетически связан разнообразный комплекс полезных ископаемых. Большой удельный вес в общемировых запасах и добыче занимают кайнозойские месторождения нефти, бурых углей, марганца, молибдена, бокситов, меди, свинца, цинка, ртути, серебра, алмазов и других полезных ископаемых.

Проверьте свои знания по теме: «Жизнь Земли и жизнь на Земле»

ШАГ 1

1. Что такое окаменелости и для чего они служат?
2. Из каких элементов состоит скелет губок?
3. Каким образом кишечнополостные образуют рифы?
4. Для чего трилобиты нужны геологам?
5. От каких животных произошли моллюски?
6. На какие виды делят моллюсков, что между ними общего?
7. Какое ископаемое называют в народе «чертов палец»?
8. Какие животные относятся к иглокожим?
9. Что такое строматолиты?
10. Какие растения являлись сырьём для образования каменных углей?

ШАГ 2

1. На какой основе выделены геологические этапы жизни Земли?
2. Что значит абсолютное и относительное летоисчисление?
3. Назовите эры и периоды, характеризующие жизнь земной коры.

ШАГ 3

1. Откуда произошло название геологических периодов?
2. О чем гласит закон Стенона?
3. Когда появились и вымерли археоциаты, трилобиты, аммониты?

Интересные книги

1. «Атлас текстур и структур осадочных горных пород» Ч.2. М.: «Недра», 1969
2. Бодылевский В.И. «Малый атлас руководящих ископаемых». Гостехиздат, 1962
3. Бейли Д., Седдон Т. Доисторический мир. М.: «Росмэн», 1995
4. Войткевич Г. В. Геологическая хронология Земли. М.: «Наука», 1984
5. Гаврилов В.П. Путешествия в прошлое Земли. М.: «Недра», 1976
6. Крумбигель Г. Вальтер Х. Ископаемые. М.: «Мир», 1980
7. Крылов И.Я. На заре жизни. М.: «Наука», 1972

8. Кузнецов С.С. Как читают историю Земли. Л.: «Недра», 1973
9. Немков Г.И. и др. «Краткий курс палеонтологии». М.: «Недра», 1978
10. Олейников А.Н. Геологические часы. Л.: «Недра», 1975
11. Яковлев А.А. Жизнь Земли. М.: «Детгиз», 1958.
12. Ясаманов Н.А. Современная геология. М.: «Недра», 1987
13. Ясаманов Н.А. Популярная палеогеография. М.: «Недра», 1985

ТЕМА 4: ШАГ 1

НЕПОСТОЯНСТВО ЛИКА ЗЕМНОГО

4.1. Кто «правит бал» на Земле

(о геологических процессах, создающих и преобразующих земную поверхность)



Процессы, создающие и изменяющие состав и строение **земной коры**, называются **геологическими**. Благодаря геологическим процессам образуются горные породы, формируется рельеф земной поверхности, происходит развитие нашей планеты. Геологические процессы - это непрерывные циклы перераспределения химических элементов, минералов и горных пород в недрах и на поверхности Земли.

Геологическим процессам свойственна большая масштабность. Их действие простирается от микромира до планеты в целом и растягивается на сотни миллионов лет. Поэтому преобладающее большинство происходящих в неорганическом мире изменений непосредственно недоступно для наблюдения. Судить о них можно лишь по их результатам.

Геологические процессы действуют на Земле с момента её возникновения и не прекращаются в настоящее время. В зависимости от источника энергии выделяются **эндогенные процессы** (внутри рожденные), которые происходят за счет энергии, идущей из глубин Земли, и **экзогенные процессы** (извне рожденные), идущие за счет энергии, получаемой от Солнца и атмосферных явлений.



Рис. 79. Цикл преобразования горных пород.

К **эндогенным** процессам относятся магматизм, метаморфизм и деформации земной коры, в том числе извержения вулканов, землетрясения, горообразование.

Экзогенные процессы - это выветривание и осадкообразование, геологическая деятельность поверхностных и подземных вод, ветра, ледников, организмов, то есть результат взаимодействия земной коры с атмосферой, гидросферой, биосферой.

Идет постоянная борьба двух начал - эндогенных и экзогенных. Они непрерывно и бесконечно меняют лик Земли. Внутренние силы перестраивают, насыщают земную кору всё новыми порциями глубинного вещества, создают глобальные черты рельефа Земли, в то время как внешние силы, питаемые энергией Солнца и направляемые полем силы тяжести, стремятся разрушить все эти «произведения» глубинных сил, сгладить их контрасты, снизить горы и целые материки, наполнить впадины рельефа образующимися от их разрушения осадками. Для геолога необходимо понимать сущность геологических процессов, их содержание и направленность (рис. 79). Далее рассмотрим главные составляющие этих процессов.

ВЫВЕТРИВАНИЕ

Какими бы твердыми и монолитными ни были горные породы, они сохраняют свои свойства только до тех пор, пока не попадают на поверхность. Здесь под влиянием солнечных лучей, воды, кислорода и углекислого газа, а также деятельности растений и животных, они очень медленно, но неуклонно разрушаются. Одни - быстрее, другие - медленнее. И нет ни одной горной породы, которая остается неизменной. Такое разрушение горных пород геологи называют **выветриванием**.

Физическое выветривание - разрушение горных пород под влиянием колебаний температуры. Особенно сильно оно проявляется на вершинах гор и в пустынях, где суточные колебания температуры особенно резки (до 60-80 градусов по Цельсию). При физическом выветривании породы разрушаются механически без существенного изменения минералогического состава.

Химическое выветривание происходит под влиянием кислорода, углекислого газа и воды, находящихся в атмосфере. Кислород окисляет в горных породах различные рудные минералы, например, ПИРИТ+КИСЛОРОД+ВОДА = ЛИМОНИТ+СУЛЬФАТЫ. Вода растворяет многие горные породы: каменную соль, гипс, известняк, а если в воде присутствует углекислый газ, то её растворяющая способность повышается. Тогда она разлагает даже полевые шпаты, участвуя в процессе **каолинизации**: ОРТОКЛАЗ+УГЛЕКИСЛЫЙ ГАЗ+ВОДА = КАОЛИНИТ+ ОПАЛ и др. Вода может просто присоединяться к минералу, тогда: АНГИДРИТ+ВОДА = ГИПС. ОКСИДЫ ЖЕЛЕЗА+ВОДА = ЛИМОНИТ (гидроксиды железа).

Биогенное выветривание - разрушение горных пород живыми организмами - растениями, животными, бактериями, вирусами. Биогенное выветривание может идти физически - под расклинивающим действием корней, и химически, так как в результате жизнедеятельности организмов происходят брожение, нитрификация и другие процессы, в результате которых образуются кислоты, разрушительно действующие на материнскую породу.

Одним из главных факторов выветривания является **климат**. Он регулирует скорость и направление выветривания. Для полного преобразования пород и глубокого проникновения агентов выветривания благоприятен жаркий, влажный климат экваториального пояса.

Сухой и жаркий климат пустынь сильно ограничивает химическое выветривание, так как отсутствует один из важных факторов - вода.

В умеренном, относительно влажном климате на первый план выступает физическое выветривание. Особенно интенсивно дезинтеграция горных пород протекает в холодном климате. Все виды выветривания, как правило, проявляются совместно.

Продукты выветривания по отношению к коренным породам делятся на

остаточные, оставшиеся на месте разрушения (**элювий**), и **перемещенные**, унесенные с мест разрушения. Перемещение продуктов выветривания происходит под действием силы тяжести, дождевых потоков, талых вод, ветра, ледников, морей и океанов.

Коллювий - обломочный материал, снесенный с водоразделов под действием силы тяжести и отложенный на склонах.

Делювий - обломки, перемещенные в результате смыва их атмосферными осадками и отложенные у подножия любых возвышенностей.

Толща горных пород, которая подверглась разрушению и осталась на месте выветривания породы, называется **корой выветривания**.

Длительное воздействие атмосферных факторов на первичные горные породы приводит к уносу одних минералов и повышению концентрации других. Транспортировка продуктов разрушения обычно сопровождается **дифференциацией** (сортировкой) обломков по их плотности, что приводит к обогащению рыхлых осадков определенными минералами. Поэтому с корой выветривания часто связаны месторождения полезных ископаемых, например, россыпи золота, руды никеля и кобальта.

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ МОРЯ

Моря и океаны занимают более 70% поверхности Земли. Это 90% водных запасов планеты. Вся масса воды находится в постоянном движении. Геологическая деятельность больших водных бассейнов складывается из трех основных процессов: **разрушения побережий (абразия)**, **переноса осадков** и их **накопления (аккумуляция)**.

Разрушительная работа моря проявляется, главным образом, в береговой полосе, где волны - главные разрушители и созидатели. Прибрежная полоса - гигантская мельница, которая перемалывает все, что в нее попадает. Степень разрушения берега зависит от его крутизны и высоты, от прочности и характера залегания горных пород, слагающих его, от сил и направления движения волн и др.

Важной частью геологической работы моря является накопление осадков. Морские бассейны - главные приемники обломочного материала, сносимого с суши реками, ледниками, ветром, прибоем, и даже метеоритной пыли. Море - основной резервуар накопления осадков на Земле.

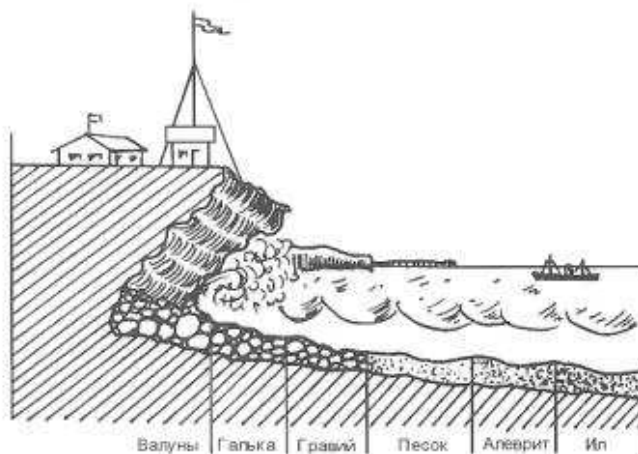


Рис. 80. Морской прибой. Разделение обломочных осадков в мелководной зоне моря

Морские осадки чрезвычайно разнообразны, что является следствием исключительного разнообразия физико-географических условий, в которых происходит накопление. Главные факторы, определяющие тип морских отложений: рельеф и глубина морского дна, степень удаленности от береговой линии и климатические условия. В соответствии с этими особенностями в пределах Мирового океана выделяют следующие зоны со специфическими условиями осадконакопления: **литоральную, батимальную и абиссальную**.

Осадки, образующиеся в **литоральной** и **мелководной** зонах, называются **неритовыми**, в **батимальной** и **абиссальной** - **пелагическими**.

Морские волны сортируют продукты разрушения берега, остроугольные обломки постепенно превращают в гравий и гальку. Частицы более мелкой размерности выносятся в море. Более грубые осадки - глыбы, галька, гравий отлагаются ближе к берегу, дальше следуют песчаные осадки, затем алевритовые и глинистые (рис. 80).

По происхождению и вещественному составу морские осадки делятся:

1. **Терригенные** - образованные за счет обломков, принесенных с суши.
2. **Хемотрогенные** - образованные химическим путем.
3. **Органогенные, биогенные** – образованные за счёт скопления остатков органики.
4. **Вулканогенные** – состоящие из продуктов вулканических извержений.
5. **Полигенные** - образованные в результате многих факторов.

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ВЕТРА

Ветры возникают из-за неравномерного распределения атмосферного давления и всегда имеют направление от области высокого давления к области с низким давлением. Динамика воздушных масс играет важную роль в формировании климата, морских течений и даже рельефа Земли.



Рис.81. Сальтация — перемещение частиц песка «прыжками» при сильном ветре

Ветры выдувают и развеивают (**дефляция**) частицы рыхлых горных пород, транспортируют их и аккумулируют в местах, где скорость воздушного потока резко снижается. Геологические процессы, происходящие под действием ветра, носят название **эоловых процессов**. Особенно ярко эта работа ветра проявляется в **пустынях**. Чем сильнее ветер, тем крупнее и на большее расстояние переносит он обломки горных пород (рис. 81), по пути обтачивая, шлифуя, просверливая (**корразия**), создавая оригинальные формы рельефа (рис. 82).

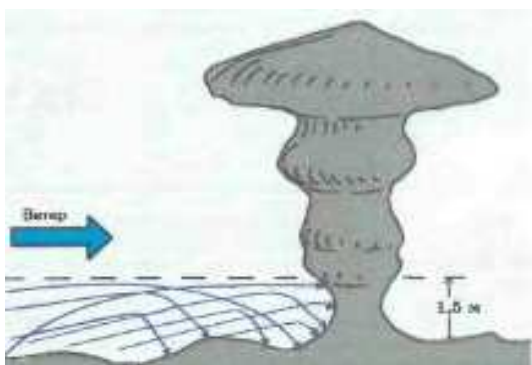


Рис. 82. Корразия - истирание пород движущимся песком. Особенно подтачивается нижняя часть «гриба»

Горные породы, образованные в результате геологической деятельности ветра, называются эоловыми. Типичным примером можно считать **лёсс**.

Лёсс - серо-желтая малопрочная порода, состоит из частичек пыли диаметром 0,01-0,05 мм. Эти пылинки состоят из кварца, силикатов, карбонатов. Под микроскопом видна их угловатая форма, благодаря чему они скрепляются, не дают породе рассыпаться. В воде размокает и рассыпается. Лёсс - самая плодородная почва. Лёссы формировались в прохладном, сухом климате и ведущую роль при этом играла деятельность ветра. Именно он переносил, сортировал и откладывал огромные массы мельчайших частиц (рис. 83)

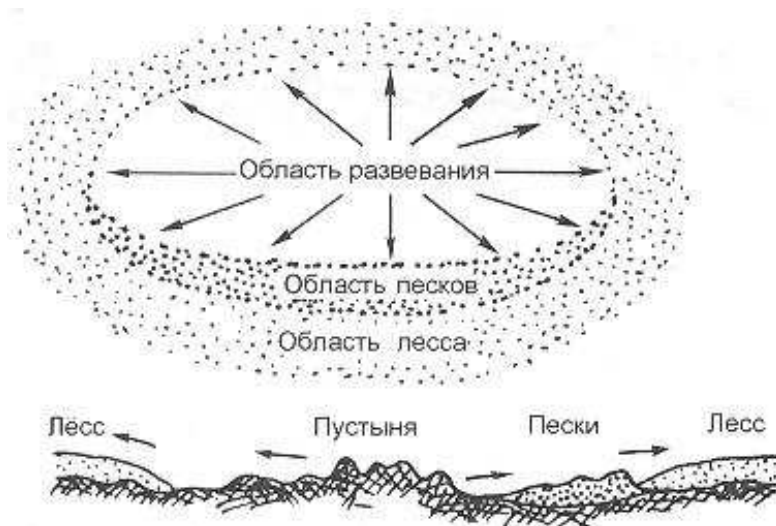


Рис. 83. Зоны накопления лёсса

Эоловые отложения перемещаются и накапливаются в виде холмистых образований, называемых **дюнами** и **барханами**. Дюны - песчаные холмы на берегах морей и озер. Барханы - скопления песка в пустынях (рис. 84).

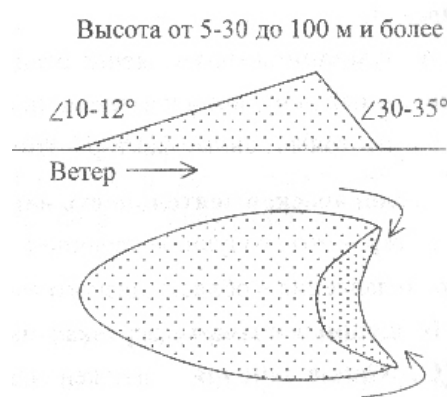


Рис. 84. Бархан. План и разрез бархана

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД

Вода - сильнейший разрушитель той части земной коры, которая возвышается над уровнем моря. Именно на сушу, на континенты направлена основная мощь экзогенных внешних процессов, которые используют энергию атмосферы и гидросферы.

Эрозия, т.е. разрушение земной поверхности, начинается с момента удара дождевых капель о землю. Повинуясь силе тяжести, вода стекает с гор на равнину и устремляется к морю. Текущая вода вызывает **плоскостную эрозию** или **плоскостной смыв**. Дождевые и талые воды в виде многочисленных мелких струй и безрусловых потоков омывают склоны и смывают рыхлый материал, подготовленный процессами выветривания. У основания склона, где сила потока резко падает, этот материал накапливается в виде слабо отсортированных осадков, которые называются **делювием**. В строении делювиальных шлейфов выделяются обычно две зоны: верхняя, образованная щебнем, гравием и песком, и нижняя, сложенная более тонким материалом - супесью, суглинком. Плоскостной смыв постепенно выравнивает и выполаживает склоны. На склонах, сложенных рыхлыми отложениями и лишенных растительности, стекающими струйками воды образуются желобки, бороздки, рытвины, канавки, которые постепенно углубляются и соединяются в одно русло. В результате плоскостной смыв сменяется русловым размывом. Рытвины разрастаются и часто превращаются в овраги (рис. 85).

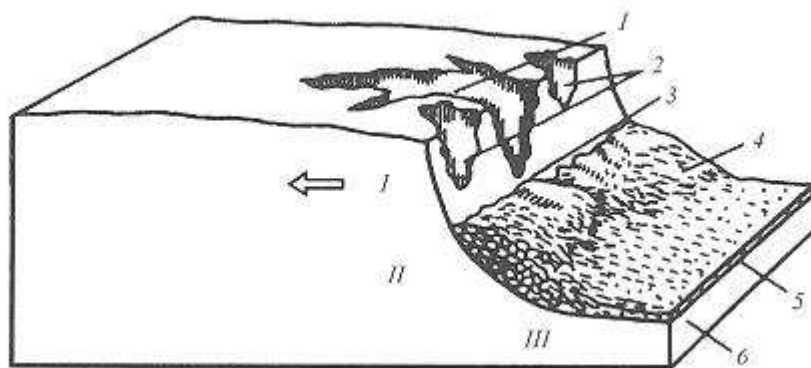


Рис. 85. Схема разрушения уступа поверхностными текучими водами:

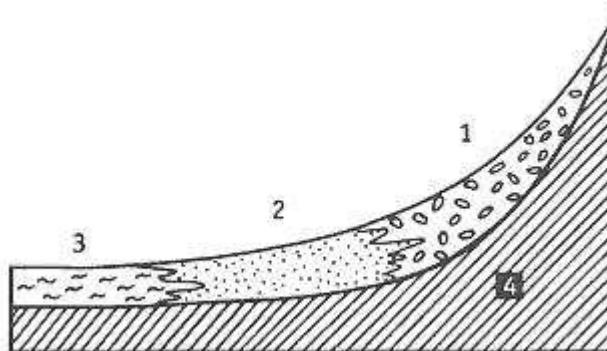
1 - овраги; 2 - обвалы, оползни; 3 - осыпь; 4 - делювий; 5 - осадки; 6 - коренные породы.

I - уступ; II - склон; III - педимент. Стрелка показывает направление разрушения уступа.

Временные горные потоки. При быстром движении вода временных потоков захватывает песок, щебень, гальку, крупные глыбы горных пород. Весь этот материал выносится в предгорье и откладывается на предгорной равнине, образуя пролювиальные конусы выноса, где наблюдается сортировка материала по крупности (рис. 86). От быстрого таяния льда и снега в горах или от сильных ливней в горных долинах возникают быстро несущиеся вниз грязекаменные потоки - сели. Они обладают огромной разрушительной силой.

Рис. 86. Конус выноса в разрезе:

1 - галечник, гравий, песок; 2 - песок, супесь, суглинок; 3 - суглинок, глина; 4 - коренные породы.



Пролувиальные отложения широко развиты среди древних континентальных отложений. Каждый раз, когда поднимались горные цепи, на предгорных равнинах накапливались мощные толщи продуктов их размыва, которые называются **молассами**.

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ РАБОТА РЕК

Реки существуют с тех пор, как на суше появилась вода. **Река** - постоянный или временный поток, движущийся в разработанном им углублении - **русле**. Всякая река имеет **исток** - место, где она берет начало. Место, где река впадает в другую реку, озеро, море, называется **устье**. Местность, с которой река собирает поверхностные и подземные воды, называется **бассейном** реки. Бассейны ограничены **водоразделами**.

Текучая вода не может не работать. Образовав единый поток, она начинает разрушать и перемещать вниз по течению все, что попадает на её пути. Геологическая работа рек сводится к **разрушению** или **эрозии** ложа, по которому течет речной поток, к **переносу**, **транспортировке** продуктов разрушения и **отложению**, **аккумуляции** перенесенного материала.

Река размывает дно и бока русла, это называется **глубинной** и **боковой** эрозией. Глубинная эрозия особенно велика в горных районах, где реки прорезают глубокие долины с отвесными склонами (**ущелья** или **каньоны**). В результате боковой эрозии долина реки расширяется и заполняется обломочными речными отложениями, которые

называются **аллювиальными**. Неровности и уступы постепенно сглаживаются и вырабатывается **продольный профиль равновесия**. От нижнего течения реки глубинная эрозия распространяется вверх до тех пор, пока кривая русла не станет пологой, плавной вогнутой линией, более крутой в верхнем течении и приближающейся к горизонтальной - в нижнем. Река не может углубить свое ложе ниже уровня бассейна, в который она впадает. Этот уровень называется **базисом эрозии**. Абсолютный базис - **Мировой Океан**. Эрозионная деятельность прекращается, когда устанавливается равновесие между скоростью эрозии и прочностью пород.

Продольный профиль равновесия - это предел, до которого может идти врезание долины при данных геологических условиях. Понижение базиса эрозии меняет скоростной режим потока и нарушает равновесие между эрозией и аккумуляцией (рис. 87).

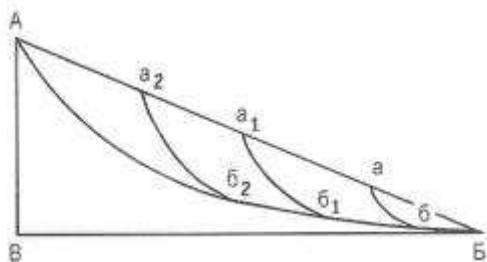


Рис. 87. Продольный профиль равновесия. А - верховья реки; В - базис эрозии; АВ - первоначальное положение долины; Аа₁б₁, Аа₂б₂В - последующие положения; Аб₂б₁В - продольный профиль равновесия.

При понижении базиса эрозии происходит омоложение реки - усиливается глубинная эрозионная деятельность, русло углубляется. Аллювиальные отложения, слагающие пойму реки, оказываются выше пойменных осадков при новом базисе эрозии. Неразмытые остатки древних пойм образуют ступенчатые уступы, называемые надпойменными террасами (рис. 88). При глубинной эрозии особую роль играет прочность пород, слагающих русло. При чередовании мягких и твердых пород в русле реки образуются **пороги, водопады**.

В аллювиальных отложениях часто концентрируются вымытые из коренных пород ценные минералы, образуя россыпные месторождения золота, платины, алмазов и др.

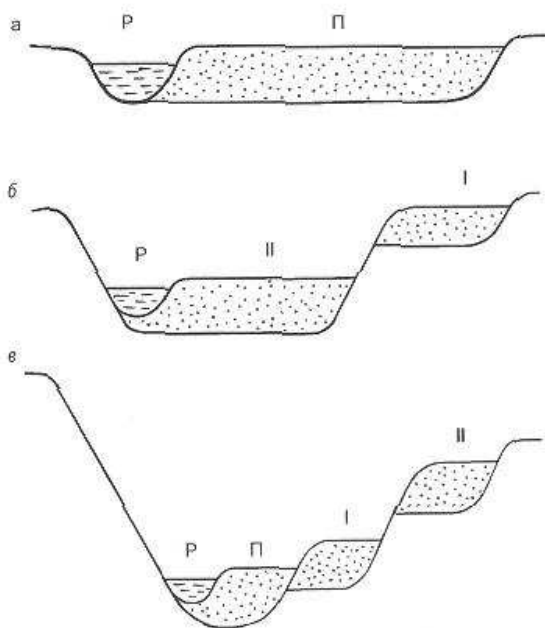


Рис. 88. Строение долины реки: а,б,в - последовательные стадии развития речной долины; Р - русло; П - пойма; I - первая надпойменная терраса; II - вторая надпойменная терраса.

ТЕМА 4: ШАГ 2

НЕПОСТОЯНСТВО ЛИКА ЗЕМНОГО



4.2. Жар земных глубин

(о процессах, происходящих внутри земной коры, об их воздействии на формирование поверхности)

Магматизм относится к **эндогенным** геологическим процессам. Под этим термином понимают внедрение огненно-жидкой массы - магмы, находящейся в верхних частях мантии, в земную кору или излияние её на поверхность. В зависимости от того, задержалась магма на глубине или излилась на поверхность, различают магматизм **глубинный** и **поверхностный** или **эффузивный**.

Магма - природный высокотемпературный расплав, образующийся в виде отдельных очагов в литосфере, главным образом, в астеносфере. Большая часть магмы, не выходя на поверхность, застывает на различных глубинах в земной коре. Эти глубинные магматические тела называются **интрузиями**, а слагающие их горные породы **глубинными** или **интрузивными**.

Незначительная часть магмы по трещинам или вулканическим каналам поднимается и изливается на поверхность Земли. Магма, излившаяся на поверхность, превращается в **лаву**. Она отличается от магмы тем, что почти не содержит летучих компонентов, которые при падении давления отделяются и уходят в атмосферу. Горные породы, образованные в таких условиях, называются **эффузивными** или **излившимися**.

Магматические породы характеризуются исключительным разнообразием. Известно около 1000 их разновидностей, но широко распространены около сотни. Магматические горные породы составляют основную часть земной коры, занимая более 90% объема. Они встречаются в земной коре не в произвольных сочетаниях, а в определенных ассоциациях, связанных общностью происхождения. Изучить процесс внедрения магмы из активного магматического очага пока объективно не представляется возможным, поэтому большое значение придается исследованию условий залегания уже давно застывших магматических пород.

Застывающая в толще земной коры магма приобретает различные формы. Наиболее распространенные формы залегания интрузивных тел имеют собственные названия (рис. 89)

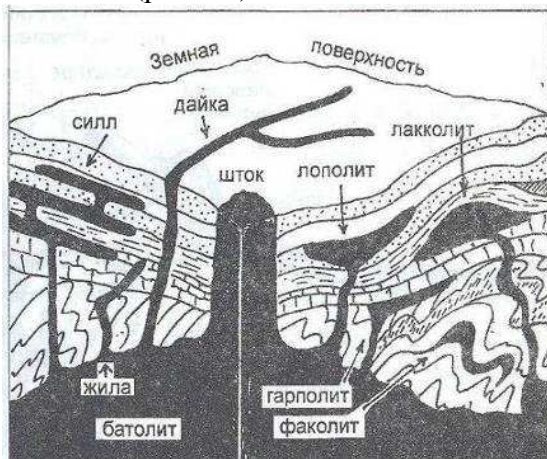


Рис.89. Формы залегания магматических пород.

Процессы магматизма играют важную роль в формировании земной коры, поставляя в нее материал из мантии, наращивая кору и приводя к перераспределению вещества внутри самой коры.

ВУЛКАНИЗМ

Поверхностные проявления магматизма называются **вулканизмом**.

Вулканы - геологические образования, возникающие над каналами и трещинами в земной коре, по которым постоянно или периодически извергаются твердые, жидкие или газообразные продукты вулканической деятельности. Извержения вулканов всегда поражали людей своей разрушительной мощью. Но, в отличие от многих других природных стихий, вулканы более доступны для нашего непосредственного изучения. Они непрерывно «ведут» свою подземную работу, накапливая скрытые силы, которые время от времени вырываются на поверхность Земли, принося страшные бедствия. Многие вулканы расположены в непосредственной близости от человеческого жилья и поэтому находятся в поле нашего зрения почти постоянно.

На Земле свыше 800 действующих вулканов. Их общая «производительность» - 3-6 млрд. тонн извергаемого вещества в год. Вещество это извергается из недр планеты с температурой больше 1000 градусов и представляет собой, так называемый **пирокластический**, в буквальном переводе «огненно-обломочный», материал: вулканические пеплы, шлаки, бомбы. Сравнительно небольшую часть составляют лавовые потоки и лавовые купола.

На поверхность Земли вулканы выносят также газы. Вулканический взрыв - работа, которую совершает магматический газ, расширяясь от небольшого объема до огромного пространства, которое он займет после взрыва. Магматический газ - это водяной пар, который содержит все компоненты, составляющие гидросферу и атмосферу Земли.

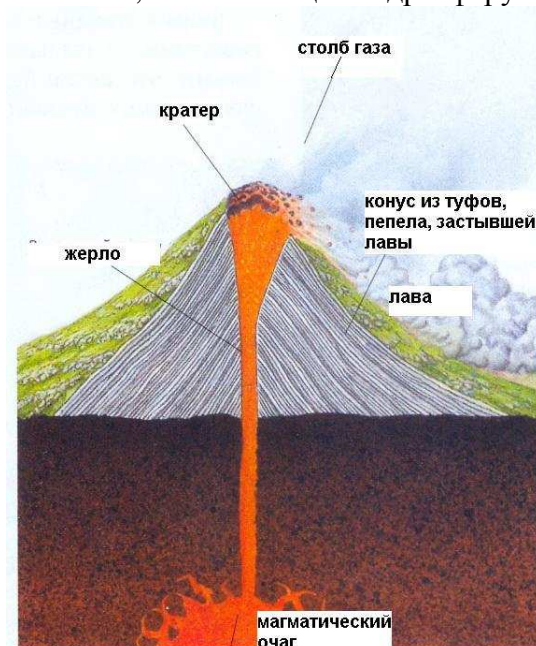


Рис. 90. Общий вид стратовулкана в разрезе.

Наиболее распространены вулканы центрального типа. Типичный пример - **стратовулкан** (рис.90). Магма поднимается по трубообразному каналу - жерлу. Вверху чашеобразное углубление - кратер. Конус вулкана сложен чередующимися слоями лавы и рыхлого материала - пепла, бомб, туфов.

Если лавовые покровы образуют вокруг вулкана огромный панцирь или щит, то такие вулканы называются щитовыми. Еще один тип вулканов - линейный или трещинный. Его возникновение связано с подъемом жидкой базальтовой магмы по трещине. Лава изливается в обе стороны, растекается на огромные площади, образуя лавовые покровы (рис. 91).

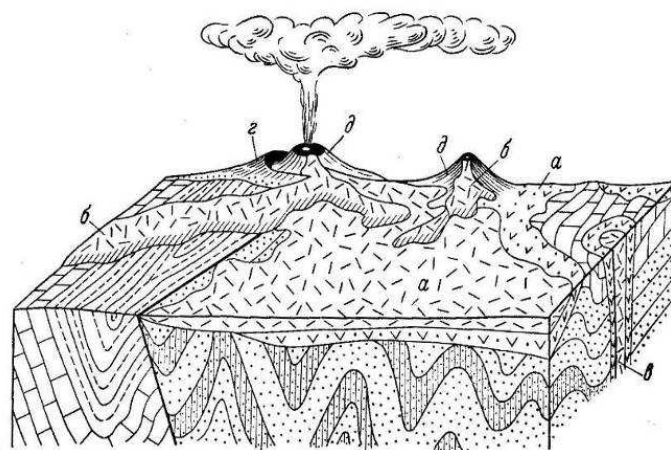


Рис.91. Формы залегания эффузивных пород: а – покровы; б – потоки; в – некки (жерловины); г – сомма; д – конусы; жирная линия – разлом в складках

Иногда магма, поднимающаяся по жерлу вулкана, не в состоянии прорвать уже застывшие вулканические породы. Но растущее давление газов наконец «вышибает пробку» из жерла и происходит мощный взрыв. Вершинная часть вулкана обрушивается, образуя при этом углубление с крутыми стенками – **кальдеру** (рис.92).



Рис. 92. Кальдера Кратерного озера. Северная Америка

В зависимости от характера выделения газов извержения бывают:

1. Эффузивные - газы выделяются спокойно (рис. 93).
2. Экструзивные - лава вязкая, медленно выдавливается, как бы выжимается на поверхность (рис. 93).

Рис. 93. Эффузия

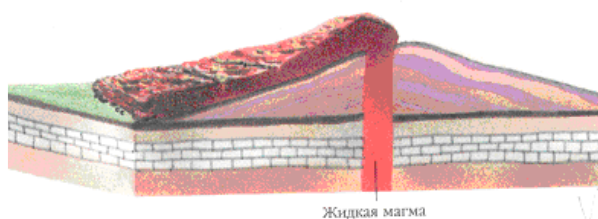
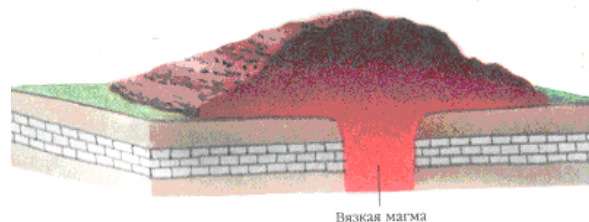


Рис. 94. Экструзия



3. Эксплозивные - газы выделяются быстро, лава расширяется газовыми пузырьками, происходит мощное взрывное извержение (рис. 95).

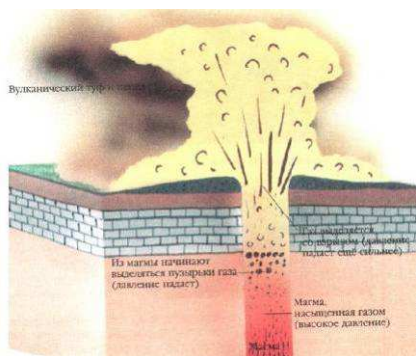
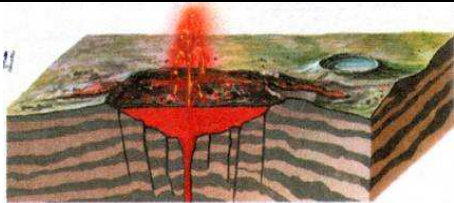

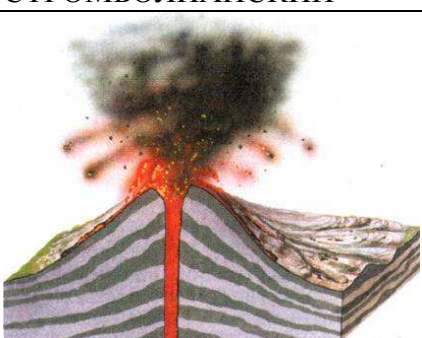




Рис.95. Эксплозия

Характер извержений бывает весьма различным, и зависит от температуры лавы и её химического состава, способа и скорости отделения газовых компонентов. Установлено несколько четко выраженных типов извержений - **гавайский, стромболианский, везувианский, пелейский, катмайский**. Краткая характеристика типов вулканических извержений в таблице 3.

ТИПЫ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ИЗВЕРЖЕНИЙ

Таблица 3

ТИП ВУЛКАНА	ЛАВА	ПЕПЕЛ И БОМБЫ	ГАЗЫ	ОБЩИЙ ХАРАКТЕР ДЕЯТЕЛЬНОСТИ. ДРУГИЕ ПРИЗНАКИ
 ГАВАЙСКИЙ	Жидкая	Отсутствуют	Почти отсутствуют	Спокойный. Наличие "озер" лавы в кратере, лавовые фонтаны
 СТРОМБОЛИАНСКИЙ	Довольно подвижная, волнистая	Незначительные выбросы крученых бомб.	Имеются в небольших количествах	"Спокойный" с небольшими взрывами.
 ВЕЗУВИАНСКИЙ, ПЛИНИАНСКИЙ, ВУЛКАНСКИЙ.	Средней вязкости, "хлебного" типа.	Значительные выбросы	Находятся в большом количестве и под большим давлением	Во время активной деятельности сильные взрывы. Потоки лавы редкие, небольшие, не растекаются.

	Весьма вязкая	Значительные выбросы	Тяжелый, перегретый газ	Сильный взрыв, образование "жгучей" тучи, выдавливание обелиска лавы.
ПЕЛЕЙСКИЙ				
	Очень вязкая	Взрыв необычайной силы. Выбрасывается масса старой, застывшей лавы (пыль песок, пемза)		
КАТМАЙСКИЙ				

Как показали наблюдения, характер извержения одного и того же вулкана со временем может измениться, что связано с изменением химического состава магмы, питающей вулкан. На поверхности земного шара лишь небольшое число вулканов находится в действии постоянно. Большая их часть проявляется периодически, долгое время, находясь в состоянии покоя. Изучение действующих вулканов показывает, что вулканическая деятельность приурочена к тектонически-активным участкам земного шара - областям современного горообразования и развития глубинных разломов.

На территории России самыми вулканическими районами являются полуостров Камчатка, Курильские острова и остров Сахалин. На Камчатке имеется 120 вулканов, среди них 29 действующих. Крупнейший и наиболее активный вулкан Камчатки - Ключевская сопка - самый высокий из действующих вулканов Евразии.

ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ

Землетрясение - это колебания земной поверхности при прохождении волн от подземного источника энергии. Наука, изучающая это явление, называется **сейсмология**. Волны, которые вызываются землетрясениями, называются **сейсмическими** («сеймос» - по-гречески землетрясение).

Наибольшее значение имеют два типа волн, распространяющихся непосредственно внутри объема горных пород - это **продольные** (или первичные) и **поперечные** (или вторичные). Продольные волны распространяются подобно волнам на воде. Они особенно опасны: раскалывают строения, встряхивая их так, что рушатся даже прочные стены. Кроме продольных волн от очага землетрясения расходятся поперечные, действующие по принципу пружины или гармоника (чередуются волны сжатия и растяжения). Подчас они подбрасывают сооружение.

Для регистрации землетрясений используют специальные приборы - **сейсмографы**, на которых записываются **сейсмограммы**, т.е. линии, повторяющие колебания земной поверхности в любом выбранном направлении.

Подобно звуковым волнам, расходящимся от удара гонга, сейсмические волны также всегда имеют источник энергии, который находится в недрах Земли. Хотя источник естественных землетрясений занимает некоторый объем горных пород, часто его определяют как точку, из которой расходятся сейсмические волны. Эту точку называют **фокусом землетрясения** или **гипоцентром**. Место на земной поверхности над очагом землетрясения по кратчайшему расстоянию называют **эпицентром**.

Интенсивность землетрясения - мера величины сотрясения грунта - определяется степенью разрушения зданий, характером изменений земной поверхности и данными об испытанных людьми ощущениях. Интенсивность землетрясений измеряется в баллах. В

нашей стране используется 12-бальная международная шкала.

Землетрясения вызывают силы, которые движут земную твердь. Прочные породы сопротивляются этим силам. В тот момент, когда достигнут предел прочности, они трескаются, раскалываются, разрушаются, перемешаются, деформируются. Силы эти называют **тектоническими**, а результаты их воздействия на горные породы земной коры изучает наука **тектоника** (от греческого «тектос» - строительство).

ТЕКТОНИЧЕСКИЕ ДВИЖЕНИЯ

Земные недра никогда не бывают спокойны. Под влиянием происходящих в них процессов поверхность планеты деформируется - поднимается и опускается, растягивается и сжимается, покрывается сетью трещин, создавая основу рельефа Земли.

Среди движений земной коры, называемых **тектоническими**, выделяют **колебательные, складчатые, разрывные и горизонтальные**.

Колебательные или **эпейрогенетические** (от греч. «эпейрос» - континент) движения поднимают и опускают огромные участки суши и океанов. Они определяют очертания морей и континентов. Опустившаяся территория затапливается морем - происходит морская **трансгрессия**. Поднятие отдельных блоков вызывает **регрессию** - отступление моря. Средние скорости таких движений очень малы - десятки метров в течение миллионов лет. Недаром они названы **колебательными** - в одном и том же месте они неоднократно сменяют друг друга.

Складчатые или **орогенетические** движения наиболее интенсивно проявляются в пределах активных зон земной коры - **геосинклиналей**. Накапливаясь в водной среде, осадочные породы залегают в виде плитообразных тел - пластов, которые в момент своего образования залегают почти горизонтально. Под влиянием эндогенных сил первоначальное положение пластов нарушается, изменяется площадь распространения слоев путем их смятия в складки.

Складки - наиболее широко распространенный тип тектонических нарушений. Выделяются два типа складок: выпуклые - **антиклинальные** (рис. 96) и вогнутые - **синклинальные** (рис. 97).

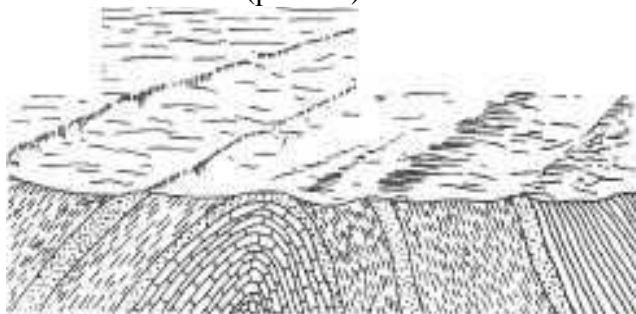


Рис. 96. Антиклинальная складка

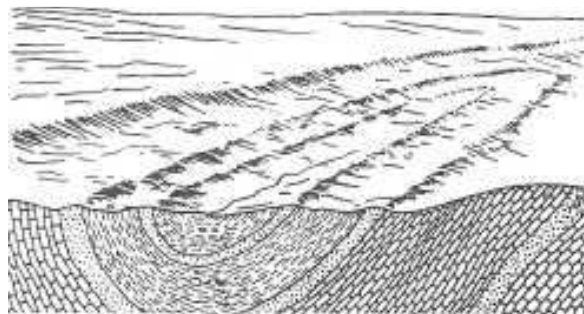


Рис. 97. Синклинальная складка

Под воздействием напряжений, возникающих в земной коре, происходят не только пластические деформации горных пород, но и разрывы сплошности пластов, появляются **разрывные** (или **дизъюнктивные**) нарушения. Чаще всего они создают единую систему с пластическими деформациями.

На снимках, сделанных из космоса, видно, что Земля разбита густой сетью трещин (разломов). Небольшие разломы проникают в земные недра неглубоко. Самые крупные - глубинные или сверхглубинные - до 20-300 км вглубь.

По разломам отдельные блоки земной коры нередко смещаются. При опускании одного блока относительно другого образуется **сброс**. Если опускание блоков происходит по разломам, ограничивающим их со всех сторон, образуются впадины - **грабены** (рис. 98). Крупнейшие грабены - **рифты**. Они расположены под водой вдоль оси срединно-океанических хребтов. В противоположных случаях, при сжатиях земной коры, происходит поднятие по разломам отдельных блоков, возникают **горсты** (рис. 98)

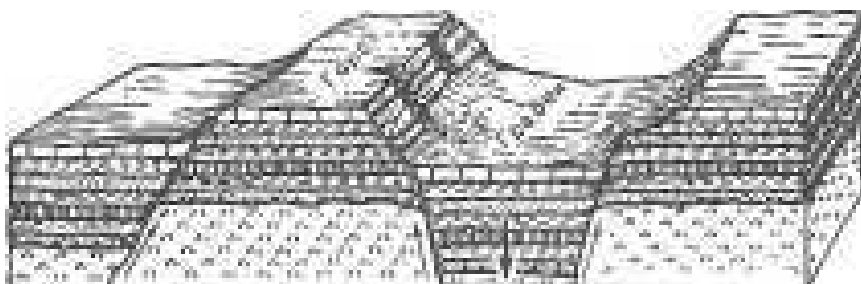


Рис. 98. Горст и грабен

Блоки могут смещаться по горизонтали относительно друг друга - образуется **сдвиг**. При образовании разломов, идущих почти параллельно земной поверхности, древние породы могут быть надвинуты на более молодые, при этом образуется **надвиг**. В самых больших надвигах - **шарьяжах** - горные породы перемещаются на десятки и сотни километров.

Любой участок литосферы постоянно перемещается по горизонтали со скоростью, не превышающей нескольких десятков сантиметров в год.

ГЛОБАЛЬНАЯ ТЕКТНИКА ЛИТОСФЕРНЫХ ПЛИТ

Литосфера, объединяющая самую верхнюю часть мантии Земли и земную кору, плавает на астеносфере; при этом она поднимается, опускается и скользит в горизонтальном направлении относительно нижней мантии и ядра Земли. Земная кора участвует во всех этих движениях как составная часть литосферы.

Каменная оболочка Земли не представляет собой единого целого. На карте землетрясений видно, что они происходят вдоль крупных - разломов, которые делят литосферу на части, называемые литосферными плитами.

Всего выделяют семь больших и несколько мелких плит. В их внутренних частях землетрясений мало. Возникновение землетрясений на границах литосферных плит говорит о том, что именно там накапливаются напряжения, происходит смещение одной плиты относительно другой.

Заметно различаются два вида границ между литосферными плитами. Если плиты удаляются друг от друга, на поверхности появляются глубокие расщелины - рифты. Они тянутся вдоль подводно-океанических хребтов. Если литосферные плиты сходятся, то границы выражены в рельефе высокими горами, глубоководными желобами, островными дугами, расположенными вокруг океанов.

Есть ещё и третий вид разломов. Это прямые линии, вдоль которых одна литосферная плита сдвигается горизонтально относительно другой. Их называют трансформными разломами.

Литосферные плиты различаются не только размером, но также составом и толщиной пород. Под глубоководными частями океанов литосфера намного тоньше, чем в пределах континентов и обширных мелководий - шельфов.

Литосферные плиты движутся всегда, их движение бесконечно. Впервые это предположил и пытался доказать астрономическими наблюдениями немецкий ученый Альфред Вегенер. Теперь разработаны и используются несколько методов определения перемещения материковых и океанических плит друг относительно друга.

Геологи в состоянии оценить перемещения с точностью до нескольких сантиметров в год. Линиями измерения ныне соединены все континентальные плиты. Перемещения материков друг относительно друга на земной сфере не выходят за пределы 10 – 21 см в год. К сожалению, природа этих глобальных сил в настоящее время не совсем ясна.

МЕТАМОРФИЗМ

В результате движений земной коры осадочные и магматические породы могут быть перемещены в более глубокие зоны Земли, где они подвергаются воздействию высокого давления, температур, газовых и водных растворов. Совокупность процессов

изменения горных пород в недрах Земли в условиях высоких температур и давлений называется **метаморфизмом**.

В зависимости от преобладания тех или иных факторов изменения горных пород различают следующие типы метаморфизма: динамометаморфизм, термометаморфизм, контактный метаморфизм, пневматолито-гидротермальный метаморфизм.

Динамометаморфизм - изменение горных пород под влиянием высокого давления при сравнительно низкой для метаморфизма температуре.

Преобразование горных пород под воздействием высокой температуры называется **термометаморфизмом**. Расплавленная магма и остывающие магматические интрузии, внедряясь в относительно холодные вмещающие породы, подвергают их в зоне контакта тепловому и химическому воздействию. Магматические интрузии также изменяются под воздействием вмещающих пород. Такой процесс называется **контактным метаморфизмом**. Характер контактных изменений зависит от температуры, состава магмы и состава вмещающих пород. Различают **термальный** и **метасоматический контактный метаморфизм**.

Термальный контактный метаморфизм происходит под влиянием высокой температуры интрузивного тела и низком давлении. При этом горные породы перекристаллизуются без существенного изменения химического состава исходной породы (образуются роговики).

Метасоматическим контактным метаморфизмом называются изменения горных пород, связанные с изменением химического состава породы и значительным привносом и выносом вещества (образуются метасоматиты).

Различные факторы метаморфизма, указанные выше, могут действовать в различных сочетаниях между собой в течение различного времени. Все это приводит к большому разнообразию процессов метаморфизма и продуктов, ими образованных.

Выделяют также **региональный метаморфизм**, который охватывает значительные площади и включает в себя все вышеперечисленные типы метаморфизма. Разновидность регионального метаморфизма - **ультраметаморфизм**. Он проявляется в глубоких частях Земли и представляет собой высшую степень метаморфизма. Для него характерно частичное (**анатексис**) или полное расплавление (**палингенез**) и затем вновь внедрение уже нового расплава во вмещающие породы.

Продукты процессов метаморфизма будут рассмотрены в главе о горных породах.

ТЕМА 4: ШАГ 3 НЕПОСТОЯНСТВО ЛИКА ЗЕМНОГО

4.3. Человек преобразует природу

(о роли человека в происходящих на Земле геологических процессах)



По силе воздействия на минеральную оболочку Земли люди сравнивались с такими могучими силами как текущие воды рек, ветер, морские и океанические волны. Темпы вмешательства людей в неорганическую природу не снижаются. Если в древние исторические времена человек практически не оказывал заметного влияния на поверхность планеты, а тем более на её недра, то с развитием промышленности положение резко изменилось. Особенно это стало заметно во второй половине XX столетия, когда научно-технический прогресс целиком поставлен на удовлетворение потребностей развивающегося общества.

Техническая мощь стала настолько активно видоизменять естественные преобразующие Землю процессы, что позволило великому русскому геологу и мыслителю В.И. Вернадскому с полным основанием сказать: «В качестве геологического фактора выступает деятельность человека». А академик А.Е. Ферсман писал о том, что «грандиозные горные и инженерные работы перераспределяют вещество на земной поверхности по своим собственным законам, столь отличным от естественных законов геологии...».

Настало время по-новому осмыслить все стороны усилившегося процесса воздействия человека на природное состояние планеты, ресурсы которой обеспечивают его жизнедеятельность. В этой связи даже появилось новое понятие «**ноосфера**» (сфера разума), или **техносфера**, которая включает в себя постоянно расширяющуюся область проникновения человека и техники в неорганическую природу. Наиболее существенным элементом техносферы стали поверхностная и приповерхностная части литосферы - земная кора. Именно на ней и в ней усиленно развиваются новые природопреобразующие процессы, порожденные деятельностью людей.

Вмешательство людей в природу происходит чаще всего целенаправленно, по их умыслу и желанию, но иногда это приобретает стихийный характер. Деятельность людей в этом смысле имеет разную направленность, например, горнодобывающую, инженерно-строительную, сельскохозяйственную и др. В конечном результате она изменяет не только залегание горных пород, но и их химический состав, способствует образованию новых форм рельефа, приводит к возникновению неизвестных ранее физико-химических явлений. Особенно большой ущерб наносят природе горные разработки. Более трети всех отходов от горнодобывающего и металлургического производства уходит в отвалы пустых пород. Раны, нанесенные Земле от такой деятельности, долго не заживают. Содержащиеся в отвалах вредные вещества, в большей части сульфидные минералы, окисляются, образуют серную кислоту, ядовитые соединения мышьяка, свинца, ртути и других металлов, которые, в конечном счете, попадают в почву и водоемы.

На поверхности Земли возникает **антропогенный** ландшафт. Преобразование естественного рельефа, прежде всего, выражается в изменениях высотных отметок. На месте гор образуются глубокие впадины, на месте равнин - горы поднятых из шахт и карьеров пустых пород. Нередко отвалы во много раз превышают объем добытого полезного ископаемого и составляют десятки и сотни миллионов кубических метров.

Подземная добыча полезных ископаемых приводит к созданию в недрах пустот, которые, в последствии, при определенных горно-геологических условиях вызывают проседания, провалы. Отличительной особенностью горнодобывающей промышленности является отчуждение земель, пригодных для сельскохозяйственного производства.

Инженерно - строительная деятельность человека со всей очевидностью преследует цель сnivelировать земную поверхность, сгладить имеющиеся неровности. Например, современный рельеф Казани значительно отличается от рельефа XVI-XVII веков. А поверхность пойменных террас Волги и Казанки была искусственно повышена до надпойменной террасы.

В естественных условиях вода является одним из главных разрушающих литосферу агентов. Насколько же увеличится её рельефообразующая роль, если через несколько десятилетий площадь искусственных водохранилищ превысит площадь природных пресных водоемов? В природе не имеется таких быстро меняющихся и неустойчивых типов рельефа, как берега новых водохранилищ. Быстро преобразуется и дно искусственных морей. Ежегодно в таких «морях» откладываются миллионы кубических метров наносов. Известны случаи, когда небольшие водохранилища заполнялись ими в считанные годы.

Влияние сельскохозяйственной деятельности на формирование антропогенного ландшафта распространяется на зону земной коры. Атмосфера и гидросфера в совокупности с органическими веществами играют в процессах преобразования неорганических масс ведущую роль. Почвы создавались и создаются на базе лежащих под ними геологических образований. Оттуда поступают микроэлементы, определяющие геохимический состав почв и степень их плодородия. Неиспользованных участков суши, пригодных для воспроизводства растительных и других биологических ресурсов, с каждым годом остается всё меньше и меньше.

Теперь главное - интенсификация производства, качественное улучшение обрабатываемых площадей. Сельскохозяйственная деятельность человека способствует созданию лучшего ландшафта как среды обитания людей. Но она порождает и ряд отрицательных явлений. С целью создания лучших условий для земледелия изменяют геологические, геохимические и гидрогеологические процессы. Срезают склоны, уничтожают отрицательные формы микрорельефа, на больших площадях рассеивают минеральные и органические вещества, обводняют пустыни и осушают заболоченные участки.

Среди целенаправленных действий, преобразующих поверхность земной коры, можно выделить технические, например, мелиорация и ирригация; агрохимические, биологические. Наряду с положительными результатами при проведении этих мероприятий из-за нарушения природного равновесия во взаимосвязанной системе биосферы создаются предпосылки для ускорения нежелательных процессов. В частности, увеличивается снос и разрушение органических и минеральных веществ. Объемы и скорость таких процессов несопоставимы с действием природных геологических сил. Внесение в почву огромного количества минеральных удобрений способствует изменению геохимического состава почвы. Достаточно отметить, что только вместе с калийными удобрениями на 1 кв. м земной коры, используемой для земледелия, ежегодно поступает 4-5 г хлора. За 25 лет на 1 га вносится около 1 кг хлора. Безусловно, такое изменение геохимического содержания элементов приводит к определенным сдвигам и в геологических процессах.

За последнее столетие на нашей планете подверглись эрозии около 27% всех обрабатываемых земель. По прогнозам, поверхности с антропогенными нарушениями скоро будут равновелики активным пахотным землям.

В США ветровая и водная эрозия уже захватила половину сельскохозяйственных земель. С участков, занятых сельскохозяйственными культурами, потоки воды ежегодно уносят около 3 млрд. т земной массы. Сильная ветровая эрозия наблюдалась в начале 70-х

годов на Северном Кавказе, в южных областях Украины и в некоторых районах центрально-черноземной полосы России. В результате действия современных водно-эрозионных процессов создаются овраги, балки, врезающиеся подчас на десятки метров в толщи горных пород. Вопросами изучения и правильного регулирования таких процессов в нашей стране уделяют большое внимание. Создан комплекс специальных мероприятий. Среди них можно выделить почвозащитные агрономические мероприятия, противозерозионные гидротехнические способы и т. д.

Наиболее продуктивно нарушенные земли восстанавливаются за счет мероприятий по рекультивации. Рекультивационные мероприятия подразделяются на горнотехнические, биологические и строительные.

Горнотехническая рекультивация - предварительная подготовка нарушенных территорий для целевого использования. Сюда входят работы по планировке поверхности, покрытию её слоем почвы, проведению необходимых мелиоративных мероприятий (дренажа, известкования кислых грунтов и т. д.), а также подготовка участка для освоения (возведение подъездных дорог, создание водоемов) и предупредительные инженерно-геологические работы.

Биологическая рекультивация, следующая за горнотехнической, производится прежде всего за счет деятельности агротехников, ботаников, биологов. Их задача - создание на ранее нарушенных участках земли пастбищ, пашен, садов, лесов, рыбоводных водоемов.

Завершающей стадией может стать строительная рекультивация: создание на нарушенных территориях промышленных и жилых районов, зон отдыха. Такие мероприятия входят в функции строительных организаций. Безусловно, капитальное строительство экономически целесообразнее размещать именно на непригодных для сельского хозяйства площадях.

Рачительное отношение к естественным ресурсам - общенародное дело. Это залог нашего будущего.

Проверьте свои знания по теме: «Непостоянство лика земного»

ШАГ 1

1. Как разделяют геологические процессы в зависимости от источника энергии?
2. Какие виды энергии вы знаете?
3. Назовите продукты геологической деятельности моря.
4. Что такое сальтация и корразия?
5. Как называются обломочные речные отложения?

ШАГ 2

1. Какая разница между магмой и лавой?
2. Перечислите типы извержений вулканов.
3. Где можно встретить вулканы в России?
4. Какое геологическое явление характеризуется терминами: фокус, гипоцентр, эпицентр?
5. Какие структуры образуются в земной коре в результате тектонических движений?

ШАГ 3

1. Что означает понятие «ноосфера»?

Интересные книги

1. Апродов В.А. Вулканы. М.: «Мысль». 1982
2. Бабаев А.Г. Пустыни. М.: «Мысль». 1986
3. Брансден Д. Непокойный ландшафт. М.: «Мир». 1981
4. Григорьев С., Емцев М. Скульптор лика земного. М.: «Мысль». 1977
5. Литинецкий И.Б. Предвестники подземных бурь. М.: «Просвещение». 1988
6. Новиков Э.А. Планета загадок. М.: «Недра». 1980

ТЕМА 5: ШАГ 1 ЦАРСТВО МИНЕРАЛОВ

5.1. Азбука минералогии

(о минералах и их главнейших свойствах)



Мы знаем, что земная кора сложена горными породами, которые, в свою очередь состоят из **минералов**. Термин «минерал» произошел от латинского слова «минера», которое в переводе означает «руда». Его возникновение связано с развитием в древности горного промысла. Современное определение: минерал - продукт природных процессов, имеющий определенный химический состав и характерный тип кристаллического строения. В настоящее время насчитывается более 4000 природных минералов. Все они разнообразны по внешнему виду, физическим и химическим свойствам. Одни минералы настолько отличаются от других, что спутать их практически невозможно. У других, наоборот, много сходных черт со своими собратьями и различать их удастся только с помощью специальных исследований. Каждый минерал имеет свой характер (если хотите, свою душу), которыми он выделяется среди своих многочисленных родственников.

Изучением минералов, их состава, физических и химических свойств, условий образования занимается наука - минералогия.

Каждый минерал отличается, прежде всего, теми чертами, которые определяют его внешний облик. К ним относится форма, цвет, прозрачность, блеск. Эти качества минерала мы распознаем сразу. Путем несложных экспериментов мы легко можем определить его удельный вес, твердость, хрупкость, вязкость, упругость, ковкость, спайность, излом. Помимо названных свойств существуют и другие, которые служат подспорьем при определении минералов: магнитность, теплопроводность, растворимость в воде и кислотах, плавкость, запах издаваемый минералом при ударе об него или его растирании и, даже, способность при падении давать определенного оттенка звук. Многие из этих свойств минералов были известны в древности. Об электропроводности, радиоактивности, люминесценции стало известно относительно недавно.

Самыми точными параметрами минерала являются его химический состав и кристаллическая структура. Они определяются специальными методами, которые доступны только специалистам.

Каждый минерал по-своему прекрасен, по-своему сложен и по-своему прост, но всегда интересен нам как творение природы. А ценим мы его за полезность в народном хозяйстве.

Интересно не только знать, как выглядит минерал, но и понять, почему он такой, а не другой, как и где возник, что определяет его свойства, где и каким образом эти свойства могут быть использованы в технике, искусстве или других сферах нашей жизни.

Начнем наше знакомство с минералами с их природной внешней формы (морфологии). В природе существуют природные формы минералов в виде **индивидов** и **агрегатов**. Индивидом называется каждый отдельный кристалл независимо от его размеров и наличия правильных граней. Однако основная масса минералов образует **сплошные массивные и зернистые агрегаты**, в которых тесно сросшиеся индивиды чаще всего не имеют правильной и специфической для них формы.

Формы нахождения минералов в природе определяются особенностями их внутреннего строения, химического состава, условиями образования, т.е. форма минерала несет информацию о его структуре, составе и происхождении.

ИНДИВИДЫ

Большинство минералов - кристаллические вещества, встречаются в виде многогранников - **кристаллов**. Минеральные индивиды могут быть самой разной величины - от мельчайших частиц, различимых только при микроскопических исследованиях с увеличением в десятки и даже сотни тысяч раз, до гигантских кристаллов с объемом в несколько кубических метров.

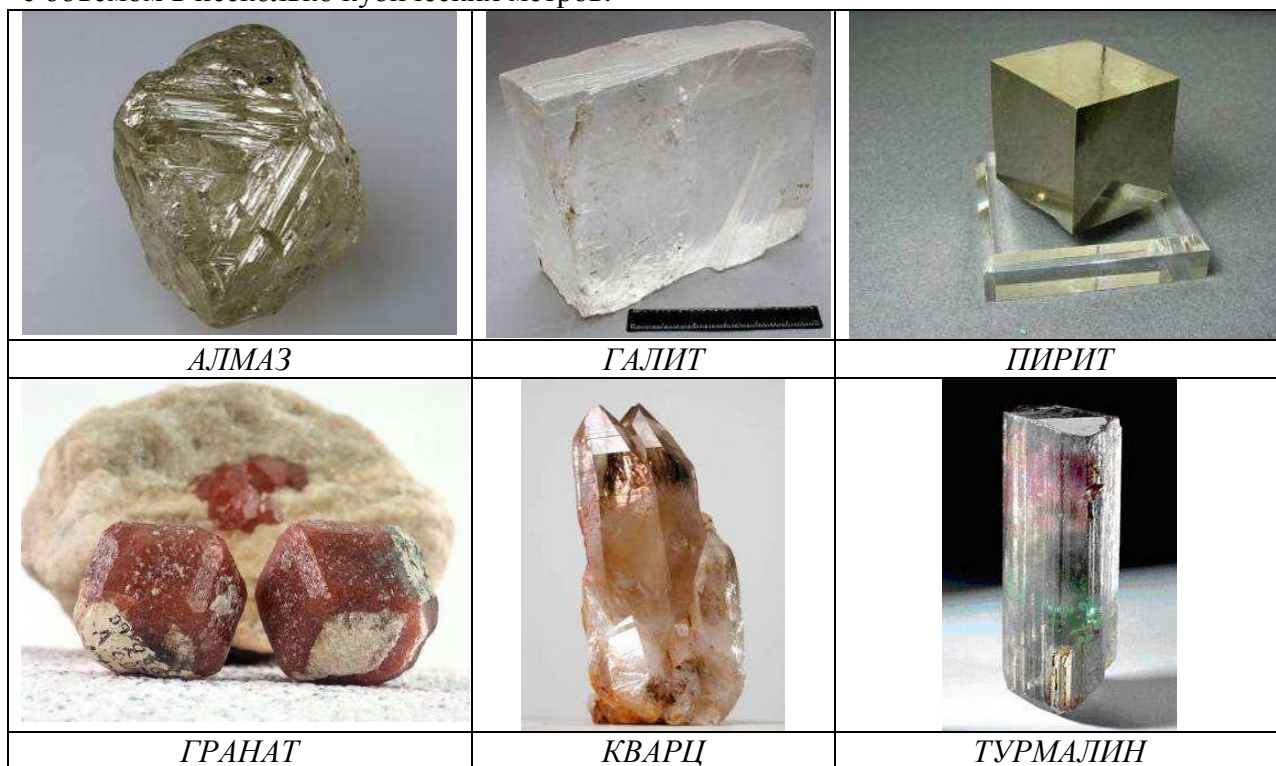


Рис. 99. Различные формы кристаллов

Хорошо образованные кристаллы минералов встречаются сравнительно редко, но для ряда минералов форма кристаллов настолько характерна, что является важнейшим **диагностическим признаком**.

На рис. 99 показана форма, наиболее характерная для названных минералов.

При изучении формы минералов необходимо обращать внимание на поверхность граней. Чаще всего грани природных кристаллов неровные, покрыты наростами и углублениями, нередко на гранях возникает определенным образом ориентированная штриховка, которая в некоторых случаях может служить важным диагностическим признаком. Штриховка, характерная для некоторых минералов, показана на рис. 100.

Характеризуя внешний вид минералов, следует иметь в виду, что различия в условиях образования и помехи при кристаллизации приводят иногда к самому необычному для данного минерала виду.

СКУЛЬПТУРА ГРАНЕЙ

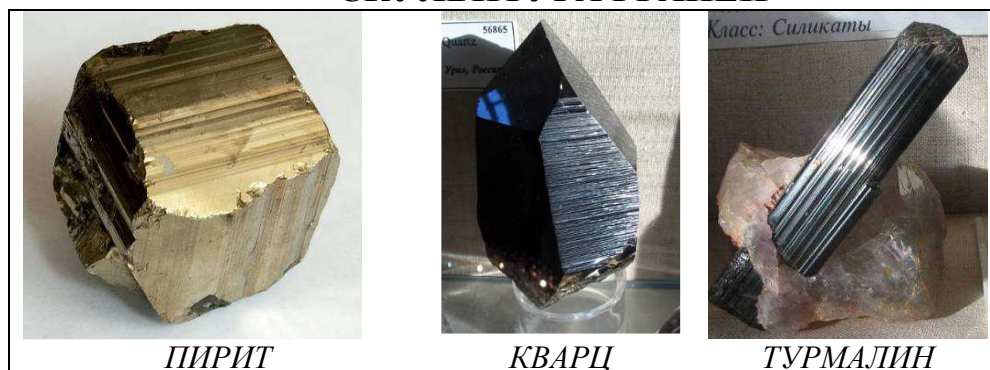








Рис. 100. Характерные штриховки на гранях кристаллов различных минералов

ДВОЙНИКИ

Кристаллы редко бывают одиночными, чаще они встречаются в виде закономерных сростаний - **двойников, тройников** и т.д. (рис.101). Индивиды, составляющие двойники, связаны между собой элементами **симметрии** (двойниковыми осями, двойниковыми плоскостями).

Для некоторых распространенных минералов установлены характерные, часто повторяющиеся **типы и законы двойникования**, получившие собственные названия.

ДВОЙНИКИ СРАСТАНИЯ

		
<i>КВАРЦ. ЯПОНСКИЙ ДВОЙНИК</i>	<i>КИАНИТ</i>	<i>ГИПС. «ЛАСТОЧКИН ХВОСТ»</i>
		
<i>ТИТАНИТ</i>	<i>РУТИЛ. КОЛЕНЧАТЫЙ ДВОЙНИК</i>	<i>АРАГОНИТ. ТРОЙНИК</i>

ДВОЙНИКИ ПРОРАСТАНИЯ

			
<i>СТАВРОЛИТ. ДВОЙНИК ПРОРАСТАНИЯ</i>	<i>ФЛЮОРИТ. ДВОЙНИК ПРОРАСТАНИЯ</i>	<i>САНИДИН. КАРЛСБАДСКИЙ ДВОЙНИК</i>	<i>КАССИТЕРИТ. ДВОЙНИК ПРОРАСТАНИЯ</i>

Рис. 101. Двойники

У плагиоклаза тонкие пластинки индивидов двойникуются попарно, ориентированы одинаково, через один (рис. 102). На плоскости спайности видна штриховка в виде системы близко расположенных тонких параллельных линий. Под микроскопом в скрещенных николях видно чередование светлых и темных полос.

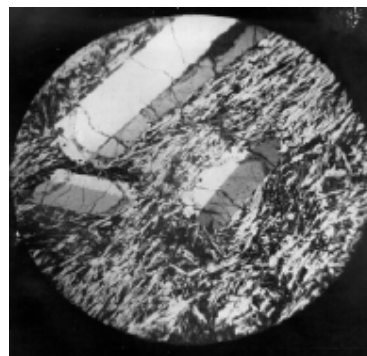


Рис. 102. Двойникование плагиоклаза. Образец. Шлиф

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ТИПЫ МИНЕРАЛОВ

Морфология минералов, их облик характеризуется степенью изометричности и выражается в различном соотношении их длины, ширины и толщины. В зависимости от этого выделяют морфологические типы и разновидности минералов (рис. 103).

ИЗОМЕТРИЧНЫЙ МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ ТИП



АЛМАЗ



ГАЛИТ



ФЛЮОРИТ



ГРАНАТ



ПИРИТ



МАГНЕТИТ

УДЛИНЕННЫЙ МОРФОЛОГИЧЕСКИ ТИП



ТУРМАЛИН



ТОПАЗ



КОРУНД



БЕРИЛЛ

УПЛОЩЕННЫЙ МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ ТИП /таблитчатые/



БАРИТ

ИЛЬМЕНИТ

КОРУНД

УПЛОЩЕННЫЙ МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ ТИП разновидности: тонкотаблитчатая, листоватая, тонкочешуйчатая



АЗУРИТ

КЛИНОХЛОР

ЛЕПИДОЛИТ

Рис. 103. Морфологические типы минералов

Изометричные кристаллы или минеральные зерна имеют одинаковые размеры во всех направлениях. У минералов удлиненного типа значительно преобладает длина над шириной. Среди них встречаются столбчатые, игольчатые, волокнистые, нитевидные разновидности. Уплощенные минералы отличаются тем, что их толщина меньше ширины. Они представлены таблитчатыми, тонкотаблитчатыми, листоватыми и тонкочешуйчатыми разновидностями.

АГРЕГАТЫ

Обычно минералы находятся в незакономерных срастаниях, так называемых **минеральных агрегатах**, которые могут быть сложены одним или несколькими минералами.

Зернистые агрегаты сложены кристаллическими зернами более или менее **изометричной** формы (рис. 104). Зернистые агрегаты различаются по величине зерен: крупно-, средне-, мелкозернистые, равномерно и неравномерно зернистые. Могут быть плотными и массивными, пористыми, землистыми, рыхлыми или сыпучими.



РИС. 104. ЗЕРНИСТЫЙ.
КАЛЬЦИТ



РИС. 105. ВОЛОКНИСТЫЙ.
АСБЕСТ



РИС. 106. НАТЁЧНЫЙ.
МАЛАХИТ

Кристаллически-зернистыми агрегатами минералов сложено большинство горных пород, в том числе различные руды.

Листоватые, пластинчатые, чешуйчатые агрегаты сложены индивидами пластинчатого, листоватого или чешуйчатого облика (слюда, хлорит, барит).

Шестоватые, игольчатые, волокнистые агрегаты - отдельные индивиды, которых имеют вытянутую в одном направлении форму (рис. 105). При этом индивиды могут быть радиально расположенные (радиально-лучистые агрегаты), параллельно расположенные (параллельно-волокнистые агрегаты), а также сноповидные, лучистые и другие.

Минеральные агрегаты могут иметь **натечные формы** (рис. 106). Образуются они путем постепенного натекания (обволакивания) нового вещества на уже отложенное вещество. Имеют вид сосулек (сталактиты, сталагмиты), почек, червей и т.д.

Почковидные формы, имеющие одновременно радиально-лучистое и концентрически-скорлуповатое строение, называют «**стеклянная голова**». **Бурая** стеклянная голова - лимонит, **красная** стеклянная голова - гематит, **черная** стеклянная голова - псиломелан (рис. 107).



Рис. 107. Почковидные формы – «стеклянная голова»

Древовидные ветвистые агрегаты, напоминающие ветви дерева, листья папоротника называются **дендриты**. Образуются они при быстрой кристаллизации в тонких трещинах. Характерны для ковких самородных минералов - медь, серебро и др. (рис. 108).



Рис.108. Дендриты.

Минералы могут иметь форму **налетов и примазок** - это тонкие пленки на поверхности других минералов и горных пород. Примером могут служить тонкие пленки гидроокислов железа на кристаллах кварца, примазки «медной зелени» и «сини» (малахит и азурит) на горных породах.

Иногда минералы имеют совершенно не свойственные им формы нахождения. Такие формы образуются за счет замещения минеральным веществом пространства одного минерала другим минералом. Такие формы называются **псевдоморфозами**. Типичные примеры - псевдоморфоза лимонита по пириту (рис. 109), окаменевшие стволы деревьев и т. д.



*ПСЕВДОМОРФОЗА. ЛИМОНИТ
ПО ПИРИТУ*



*БИОМОРФОЗА. ПИРИТ
ПО АММОНИТУ*



*ОКАМЕНЕВШИЙ
СТВОЛ ДЕРЕВА*

Рис.109. Псевдоморфозы

Друзы возникают при кристаллизации минерального вещества из растворов, циркулирующих в трещинах и пустотах горных пород. Очень красивы друзы кварца, пирита, кальцита, полевых шпатов и др. (рис. 110).



Рис. 110. ДРУЗА



Рис. 111. ЩЕТКА

Друзы представляют сростки хорошо сформированных кристаллов, приросших одним концом к общему основанию, благодаря чему у них огранены только свободные концы. При тесном соприкосновении кристаллы в друзе вытянуты более или менее параллельно друг другу. Такие агрегаты называют **гребенчатыми** или **щетковидными (щетками)**, в зависимости от размеров кристаллов (рис. 111). Сюда же относятся и **кристаллические корки**, которые образованы очень мелкими, тесно сросшимися кристалликами.

Друзы, щетки, кристаллические натечные корки заполняют различные по размерам и форме пустоты и образуют так называемые **секреции** (рис. 112).

Секреции получаются при заполнении какой-либо полости в горной породе частично или полностью кристаллическим или коллоидным минеральным веществом. Процесс идет от стенок к центру путем отложения вещества на стенках полости. Мелкие секреции - **миндалины** обычно нацело заполнены минеральным веществом. Крупные секреции нередко имеют внутри полость, стенки которой покрыты кристаллами или натечными образованиями и называются в зависимости от размера полости **жеодами** (рис.113), **погребями**, **отдушниками**.

Чаще всего образуют секреции кварц, халцедон, кальцит, целестин, гидроокислы железа и др.

Шаровидные, желваковые, овальные, почковидные и другие минеральные агрегаты округлой формы называются конкрециями, **стяжениями** и **оолитами**. В отличие от секретий, конкреции образуются при кристаллизации от центра к периферии. Обычно они имеют радиально-лучистое, концентрически-скорлуповатое, концентрически-зональное и плотное строение. Внешняя поверхность конкреции может быть гладкой и ровной или гребенчатой с отчетливо выраженным огранением. Находятся конкреции обычно среди осадочных пород, например, глин. В виде конкреций встречаются фосфорит, сферосидерит, марказит и другие минералы (рис. 114).



Рис. 112. СЕКРЕЦИЯ.
АГАТ



Рис. 113. ЖЕОДА.
ЛИМОНИТ



Рис. 114. КОНКРЕЦИЯ.
ПИРИТ

Оолиты представляют собой агрегат мелких шариков, размером от 0.05 мм до 2-3 см в диаметре. В центре иногда можно увидеть песчинку или обломок раковин, вокруг которых, как бы обрастая, группируется новое вещество. Оолиты характерны для арагонита («гороховый камень»), боксита, лимонита («бобовые руды»).

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МИНЕРАЛОВ

Внешние признаки, которые позволяют опознавать минералы макроскопически, относятся к их физическим свойствам. Это цвет, блеск, твердость, спайность, излом, плотность, ковкость, упругость, магнитность, а также химические свойства, такие как растворимость в воде, в кислотах, горючесть.

ЦВЕТ

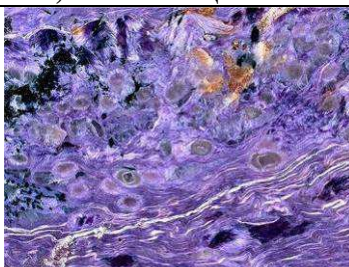
Наиболее яркий и выразительный внешний признак минералов - **цвет**. Минералы отличаются чрезвычайно большим разнообразием цвета и оттенков, интенсивности и сочности. Цвет минералов зависит от их внутренней структуры, от механических примесей и присутствия элементов-примесей (хромофоров).

Для одних минеральных видов характерна постоянная окраска, по которой их можно определить почти безошибочно. Для них цвет это **диагностический признак**: **малахит** - зеленый, **родонит** - розовый, **киноварь** - красный, **азурит**, **лазурит** - синий, **сера** – желтый (рис.115).

МИНЕРАЛЫ, ИМЕЮЩИЕ ПОСТОЯННЫЙ ЦВЕТ



МАЛАХИТ



ЧАРОИТ



УВАРОВИТ



СЕРА



КИНОВАРЬ



ЛАЗУРИТ

Рис. 115. Цвет минералов постоянный

Иногда один и тот же минерал может иметь разный цвет:
кальцит - бесцветный, белый, желтый, бурый, серый, зеленый, голубой (рис.116)...,

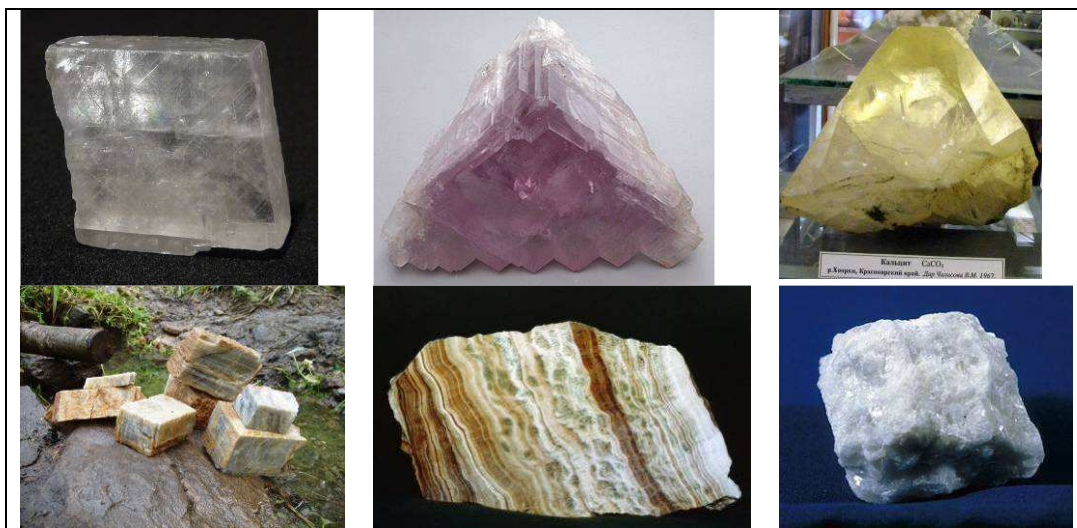


Рис. 116. Кальцит разного цвета

полевые шпаты - белые, желтые, красные, зеленые, черные (рис. 117)...,

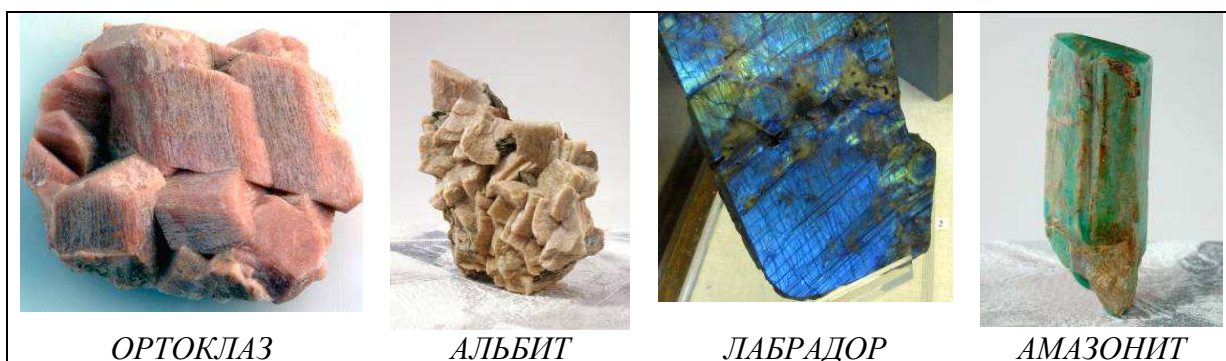


Рис. 117. Полевые шпаты разного цвета

флюорит - фиолетовый, зеленый, розовый, желтый, бесцветный (рис. 118)...,

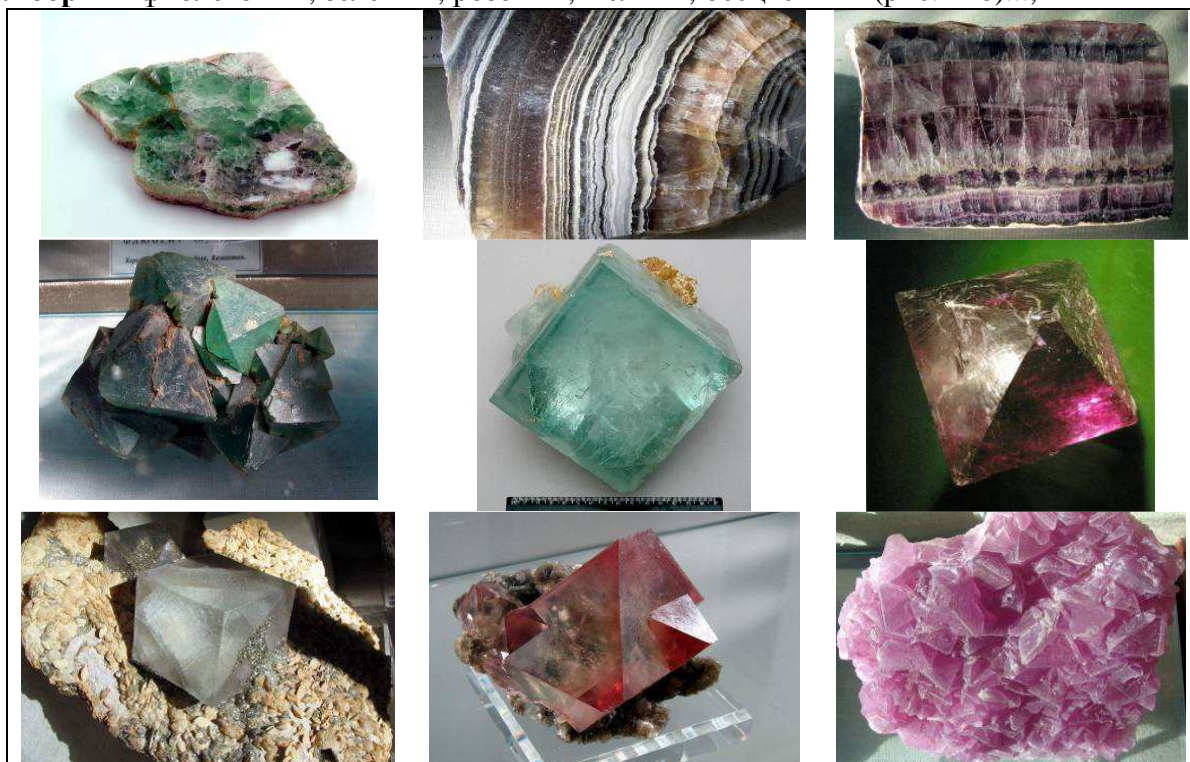


Рис. 118. Флюорит разного цвета

В зависимости от цвета один и тот же минерал может иметь разные названия.

Кварц черный - морион, фиолетовый - аметист, дымчатый - раухтопаз, желтый - цитрин, прозрачный - горный хрусталь (рис. 119);

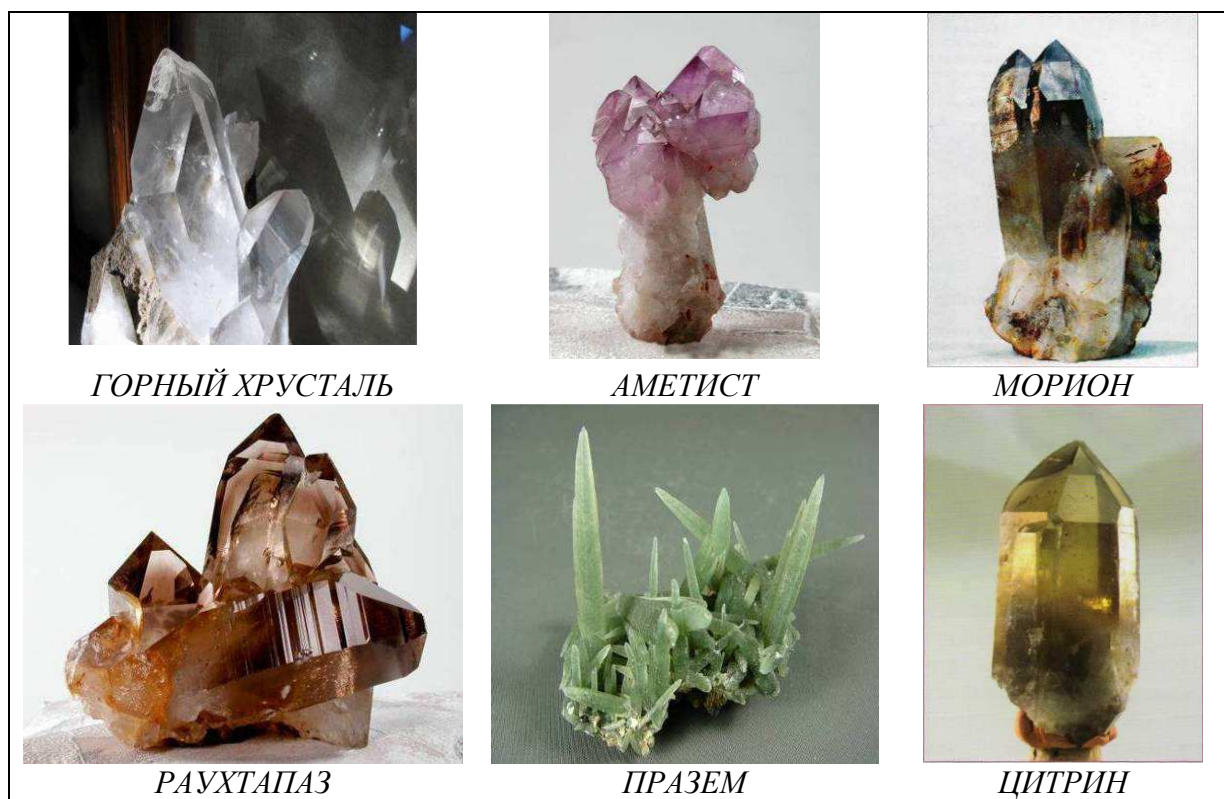


Рис. 119. Разновидности кварца

корунд красный - рубин, синий - сапфир, бесцветный – лейкосапфир (рис.120);

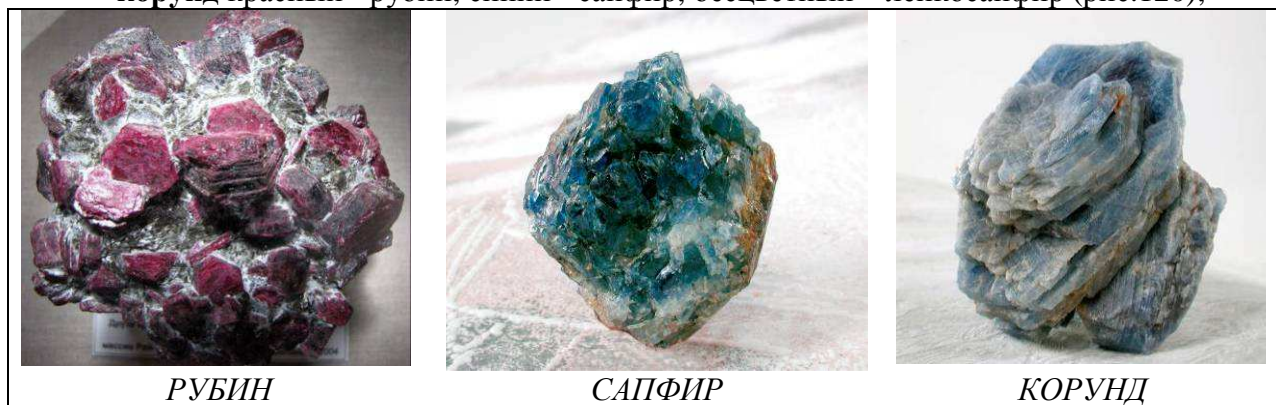


Рис. 120. Разновидности корунда

берилл зеленый - изумруд, голубой - аквамарин, желтый – гелиодор, розовый – воробьевит, прозрачный – гошенит (рис. 121).





Рис. 121. Разновидности берилла

Окраска минералов может быть **собственная (идиохроматическая)**, когда цвет обусловлен целиком особенностями химического состава, кристаллической структурой, присутствием хромофоров или дефектностью кристаллической структуры. Известны многие элементы-хромофоры, т.е. носители окраски: хром, марганец, железо, титан, ванадий, кобальт, медь, молибден, вольфрам, уран. Эти элементы могут быть в минерале главными, например, медь в малахите или марганец в родоните, они и образуют собственную окраску этих минералов, соответственно зеленую и розовую. Элементы-хромофоры могут быть и в виде примеси. Например, примесь хрома в берилле превращает его в зеленый изумруд, а в корунде - в красный рубин. **Хром** в переводе на русский с греческого означает «окраска», «цвет». Он окрашивает минералы в красный, зеленый, фиолетовый цвета.

Окраска может быть **чужеродная (аллохроматическая)**, связанная с механическими включениями ярко окрашенных посторонних минералов. Такая окраска не зависит от химической природы минерала. В полевом шпате, который называют **солнечным камнем**, наблюдается красно-коричневый оттенок с огненно-золотистыми искорками за счет включений мельчайших чешуек железной слюдки - гематита. Кварц зеленого цвета - **празем** - за счет включения иголок актинолита зеленого цвета.

Ложная окраска (псевдохроматическая) вызвана явлениями рассеяния света или интерференции световых волн. Один из типов ложной окраски – **побежалость**. Это явление, когда минерал, кроме основной окраски, имеет иную окраску в тонком поверхностном слое, обусловленную интерференцией света (рис.122). Побежалость может быть одноцветной (у ковеллина - синяя), либо пестрой, радужной (фиолетово-синяя у борнита, малиново-желто-сине-зеленая у халькопирита).

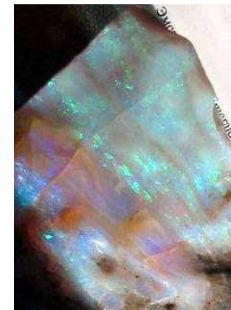
Иризация и опалесценция - характерные цветовые переливы, типичны для лабрадора и опала (рис. 123, 124).



*Рис. 122. Халькопирит.
Побежалость*



*Рис. 123. Лабрадор.
Иризация*



*Рис. 124. Опал.
Опалесценция*

ЦВЕТ ЧЕРТЫ

Черта - это цвет минерала в порошке (рис.125). Некоторые минералы в растертом состоянии имеют другой цвет, чем в образце. Порошок можно получить, проводя

кусочком минерала по белой шероховатой фарфоровой пластинке, которую называют «бисквитом». Чертят (отсюда и название свойства - черта) по пластинке минералами, у которых твердость меньше, чем твердость фарфора (6,5-7 по шкале Мооса).



Рис.125. Черта

Если твердость выше, то минерал оставляет царапину на фарфоре. Для некоторых минералов (таблица 4) черта является одним из главных диагностических признаков.

Таблица 4.

Минерал	Цвет	Черта
ХРОМИТ	черный	коричневая
ПИРИТ	соломенно-желтый	черная
ГЕМАТИТ	черный	вишнево-красная
ФЛЮОРИТ	разный	белая
СФАЛЕРИТ	коричневый	светлая
ГАЛЕНИТ	серый	свинцово-черная

БЛЕСК

Блеск - способность минерала отражать падающий на него свет. Величина отражения для каждого минерала своя и постоянная. Больше половины падающего света отражают ярко-белые с металлическим блеском кристаллы арсенипирита, серебро отражает свыше 90%. Ярко сверкающие гранями кварц, топаз отражают не более 5%.

Определять силу блеска инструментально довольно сложно, поэтому условно все минералы разделили на три группы: с **металлическим** блеском (рис.126), с **нематаллическим** блеском, с **полуметаллическим** или **металловидным** блеском (рис. 127).

Металлический блеск напоминает блеск поверхности свежего металла. Он хорошо виден на неокисленной поверхности образца. Минералы, обладающие металлическим блеском, непрозрачны и более тяжелые по сравнению с минералами, имеющими нематаллический блеск. Иногда, благодаря процессам окисления, минералы, имеющие металлический блеск, покрываются матовой коркой. Металлический блеск характерен для минералов, являющихся рудами различных металлов. Некоторые из них так и называют «блесками», например, свинцовый блеск, как синоним галенита.

Примерами минералов, имеющих металлический блеск, являются: золото, галенит, молибденит, пирит, халькопирит, платина, серебро, медь и др.



Рис 126. Металлический блеск

Полуметаллический или **металлоидный** блеск более тусклый, как у потускневших от времени металлов. Этот блеск очень трудно определить однозначно.Metalloидный блеск имеют гематит, хромит, магнетит...



Рис. 127. Металлоидный блеск

Блеск неметаллический (рис. 128) имеет много разновидностей:
стеклянный напоминает блеск полированного стекла (кварц, галит, корунд...);
алмазный - более сильный, чем стеклянный (алмаз, сфалерит, киноварь...);
перламутровый отликает радужными цветами, как перламутр. Наблюдается у минералов с хорошо выраженной спайностью (гипс, кальцит, слюды...);
шелковистый блеск - мерцающий. Характерен для минералов, имеющих волокнистое и игольчатое строение (гипс-селенит, асбест, малахит...);
У минерала с **жирным** блеском поверхность как бы смазана жиром или смочена водой. Особенно характерен для талька, нефелина, серы...

Восковой блеск похож на жирный, но более слабый (халцедон, опал).

Если минерал не имеет блеска его относят к группе **матовых** (каолинит).





Рис. 128. Разновидности неметаллического блеска

Блеск необходимо наблюдать на свежем изломе минерала. При определении блеска цвет минерала во внимание не принимается. А вот цвет минерала в порошке может помочь при определении блеска. Если черта светлее, чем цвет самого минерала, значит блеск алмазный, а если такая же или темнее - металлический.

ТВЕРДОСТЬ

В 1811 году немецкий минералог Фридрих МООС (1773-1839) выбрал 10 минералов, приняв их за эталонные, и устроил им «экзамен», царапая друг о друга. Более твердые минералы, рассуждал Моос, должны царапать своих противников, а более мягкие царапаться ими. Определение твердости по шкале Мооса заключается в том, что минерал с неизвестной твердостью сравнивается с минералами-эталонами (рис.129).

ШКАЛА ТВЕРДОСТИ МООСА



Рис. 129. Минералы шкалы твердости

Царапая по исследуемому образцу эталоном, определяют, какой из них оставляет царапину на образце. Если испытуемый и эталонный минералы царапают друг друга, их твердость одинаковая.

Твердость может быть различной по разным направлениям грани кристалла. Очень большая разница наблюдается у минерала дистена (кианита) - вдоль призмы - 4,5, а поперек - 6. Это свойство называется анизотропией твердости.

Заменителями шкалы твердости, которые удобно использовать во время минералогических экскурсий, служат: карандаш – 1-2; ноготь – 2-2,5; медная монета – 3-4; гвоздь – 4-4,5; стекло – 5-5,5; нож - 5,5-6; стальной напильник - 6,5-7.

СПАЙНОСТЬ

Спайность - способность минерала раскалываться по определенным направлениям с образованием ровных, блестящих поверхностей. Таких направлений может быть одно, два, три, четыре, шесть. Спайность зависит от строения кристаллической решетки, проходит параллельно плоскостям атомов и всегда параллельно возможным граням кристалла.

По степени совершенства (рис. 130) различают:

1. **Весьма совершенная** спайность – слюды, хлорит, тальк, гипс и др.
 2. **Спайность совершенная** - галит, галенит, кальцит, флюорит, сфалерит.
- Спайность средняя** - полевые шпаты, амфиболы, пироксены, по двум направлениям.
4. Спайность **несовершенная** - апатит, берилл; и др.
 5. Спайность **весьма несовершенная** - кварц, касситерит и др.

СПАЙНОСТЬ ПО СТЕПЕНИ СОВЕРШЕНСТВА

ВЕСЬМА СОВЕРШЕННАЯ			
			
<i>МУСКОВИТ</i>	<i>ТАЛЬК</i>	<i>МОЛИБДЕНИТ</i>	<i>ХЛОРИТ</i>
СОВЕРШЕННАЯ			
			
<i>ГАЛИТ</i>	<i>ГАЛЕНИТ</i>	<i>ФЛЮОРИТ</i>	<i>КАЛЬЦИТ</i>
СРЕДНЯЯ		НЕСОВЕРШЕННАЯ	
			
<i>ПЛАГИОКЛАЗ</i>	<i>АКТИНОЛИТ</i>	<i>АПАТИТ</i>	<i>КВАРЦ</i>

Рис. 130. Спайность по степени совершенства

СПАЙНОСТЬ ПО КОЛИЧЕСТВУ НАПРАВЛЕНИЙ

ОДНОМУ	ДВУМ	ТРЁМ	ШЕСТИ
			
<i>МУСКОВИТ</i>	<i>ПИРОКСЕН</i>	<i>ГАЛЕНИТ</i>	<i>СФАЛЕРИТ</i>

СПАЙНОСТЬ ПО ОРИЕНТИРОВКЕ ОТНОСИТЕЛЬНО ГРАНЕЙ КРИСТАЛЛОВ



Рис. 131. Спайность

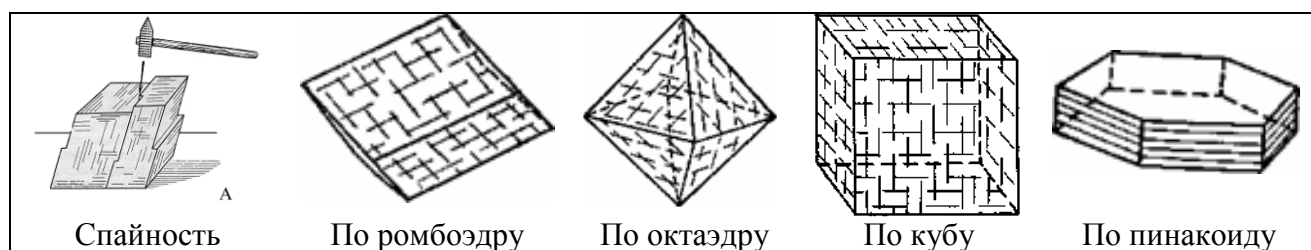


Рис. 132. Совершенная спайность

Угол между двумя плоскостями спайности является важным диагностическим признаком минерала (рис. 133).

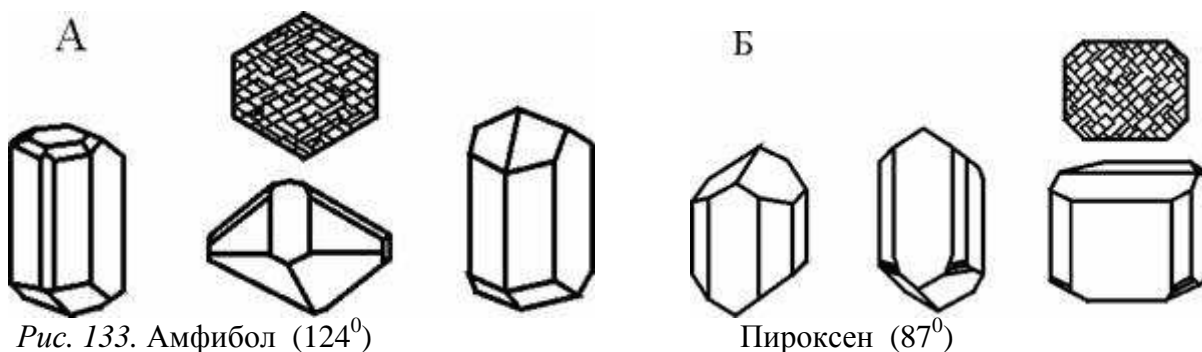


Рис. 133. Амфибол (124°)

Пироксен (87°)

ИЗЛОМ

Излом характеризует поверхность раскола минерала. По характеру поверхности излом может быть: неровный - сера, апатит; ступенчатый - полевые шпаты; занозистый, шелковистый - амфиболы, асбест; раковистый - кварц; землистый - каолинит (рис. 134.).

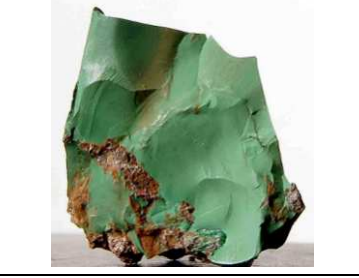
<i>РОВНЫЙ</i>	<i>СТУПЕНЧАТЫЙ</i>	
		
<i>БИОТИТ</i>	<i>КАЛЬЦИТ</i>	<i>ДОЛОМИТ</i>
<i>РАКОВИСТЫЙ</i>	<i>ЗАОЗИСТЫЙ</i>	<i>НЕРОВНЫЙ</i>
		
<i>ВОЛКОНСКОИТ</i>	<i>ГИПС-СЕЛЕНИТ</i>	<i>АПАТИТ</i>

Рис. 134. Излом.

ПЛОТНОСТЬ

Плотность у минералов бывает различная и зависит от химического состава. Минералы, в состав которых входят такие тяжелые элементы, как свинец, вольфрам, барий, имеют большую плотность. Наиболее тяжелыми являются самородные металлы. Кубик золота с размером по ребру 1 см, т.е. 1 см. куб. весит 19,3 г.

При определении минералов по внешним признакам плотность с большой точностью не определяется. При этом достаточно деления минералов на легкие и тяжелые. Легкие - кварц, слюда, полевые шпаты. Средние - кальцит, амфиболы. Тяжелые - магнетит, золото, барит, пирит, галенит и др.

Плотность минерала имеет числовое значение, равное удельной массе. Удельная масса - это масса 1 куб. см вещества, выраженная в граммах. 1 куб. см воды весит 1 грамм, таким образом, плотность воды равна 1 г/см кубический.

КОВКОСТЬ И ХРУПКОСТЬ

При царапании ножом хрупких минералов образуется порошок, при царапании ковких - порошка не образуется и на поверхности остается блестящий след. Например, сера и алмаз - хрупкие минералы, а золото и медь очень ковкие. Ковкость у халькозина является диагностическим признаком.

ГИБКОСТЬ И УПРУГОСТЬ

Свойство изгибаться или гибкость характерна для многих минералов. Гибкие листочки имеют кристаллы молибденита, хлорита, талька. Они изгибаются, но не восстанавливают свою форму после прекращения действия нагрузки. А вот у слюд (мусковит, биотит и др.) листочки в то же время и упругие, они восстанавливают первоначальное положение при снятии напряжения. Хризотил-асбест также имеет гибкие волокна в отличие от хрупкого волокнистого гипса-селенита.

МАГНИТНОСТЬ

Этим свойством обладают немногие минералы (рис. 135). Для определения магнитности пользуются магнитной стрелкой. Сильно магнитные магнетит или пирротин притягивают или отталкивают магнитную стрелку. Магнитные свойства важны при диагностике минералов. При минералогических исследованиях по этим свойствам производится разделение минералов на фракции.



Рис.135. Магнетит и железные опилки

ВКУС (РАСТВОРИМОСТЬ В ВОДЕ)

На вкус определяются лишь некоторые минералы, растворимые в воде.

Галит - вкус соленый, сильвин, мирабилит - горько-соленый, карналлит - горький.

РАСТВОРИМОСТЬ В КИСЛОТЕ

Для некоторых минералов диагностическим признаком является их реакция с 5-10% соляной кислотой. В первую очередь это кальцит, который реагирует в образце при комнатной температуре. Реакция сопровождается выделением углекислого газа в виде пузырьков. Доломит реагирует с кислотой в порошке, а магнезит - в порошке, но при нагревании. А вот пиролюзит растворяется в соляной кислоте с выделением хлора.

ГОРЮЧЕСТЬ

Некоторые минералы обладают горючестью. Например, сера, загорается от спички и горит, синим пламенем, выделяя резкий удушливый запах.

ТЕМА 5: ШАГ 2 ЦАРСТВО МИНЕРАЛОВ



5.2. Кристалл - совершенное творение природы

(о кристаллах и кристаллографии, элементах симметрии и других особенностях кристаллов)

Практическая деятельность людей неразрывно связана с кристаллами. Подавляющее большинство минералов имеет кристаллическое строение. В течение длительного времени изучались реальные кристаллы, которые растут в виде красивых правильных многогранников с плоскими гранями и прямыми ребрами. Однако, правильность и симметрия внешней формы характерны, но не обязательны для кристалла.

В естественном кристаллическом многограннике и в вырезанной из него пластинке одинаково закономерно расположенные частицы, из которых сложены кристаллы, т.е. атомы, ионы, молекулы, образуют правильные симметричные ряды, сетки, так называемые кристаллические решетки.

Кристаллы возникают при переходе вещества из любого агрегатного состояния в твердое. Минералы - кристаллические вещества - продукты природных физико-

химических процессов. Условия, в которых они возникают, разнообразны. Эти условия определяются концентрацией химических компонентов, температурой, давлением, взаимодействием с вмещающими породами. Способы образования минералов (кристаллов) сводятся к переходам вещества из газообразного состояния в твердое, из жидкого в твердое и из твердого в твердое.

1. ГАЗ \longrightarrow КРИСТАЛЛ

При охлаждении газа в кратере вулкана, при подземном пожаре или на горящем угольном терриконе образуются налеты и кристаллы нашатыря, серы и других легко летучих минералов (рис. 136).



Рис. 136 Образование кристаллов из газа

Наиболее обычный пример - образование снежинок, которые представляют собой скелетные кристаллики льда (рис. 137).



Рис137. Формы снежинок – скелетные кристаллы.

2. РАСПЛАВ \longrightarrow КРИСТАЛЛ

При медленном остывании магмы образуется множество кристаллов, которые растут, мешая друг другу, образуя кристаллически-зернистый агрегат (рис. 138).

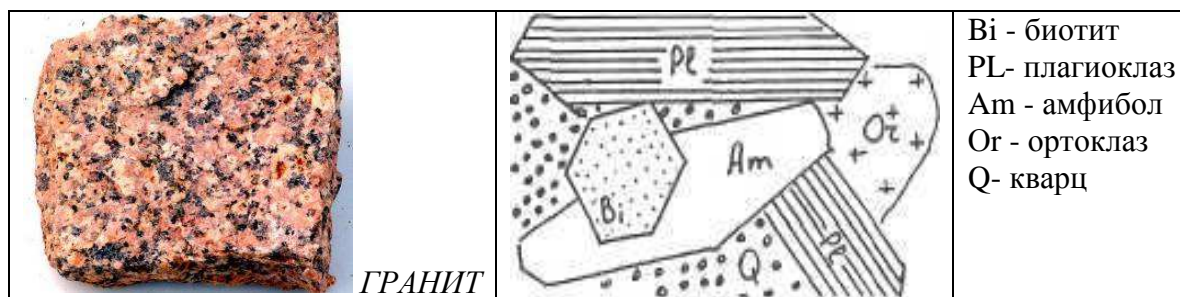


Рис. 138. Степень идиоморфизма минералов

3. РАСТВОР \longrightarrow КРИСТАЛЛ

Образование льда, выпадение различных солей в морях и озерах: например галита в озерах Эльтон и Баскунчак, разнообразных солей в заливе Каспийского моря Кара-Богаз-Гол (рис.139).



Рис. 139. Образование солей в озерах

4. ТВЕРДОЕ ВЕЩЕСТВО \longrightarrow КРИСТАЛЛ

При одних процессах кристаллическое вещество может образоваться из аморфного. Так с течением времени закристаллизовываются вулканические стекла.

Другой процесс - перекристаллизация: структура одних веществ разрушается, образуются новые кристаллы с иной структурой. Под влиянием температуры и давления известняк переходит в мрамор, песчаник - в кварцит, глинистые породы - в филлиты и кристаллические сланцы (рис. 140).

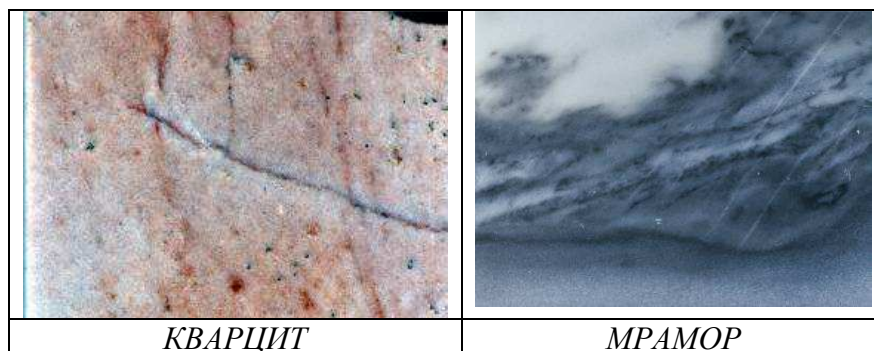


Рис. 140. Перекристаллизация

КРИСТАЛЛОГРАФИЯ

ЭЛЕМЕНТЫ ОГРАНИЧЕНИЯ КРИСТАЛЛОВ

Кристаллография - наука о кристаллическом состоянии вещества. Она изучает кристаллические индивиды, их состав, строение, геометрические, физические и физико-химические свойства.

Грани - плоскости, ограничивающие поверхность кристаллов и соответствующие сеткам кристаллической решетки.

Ребра - линии пересечения граней, соответствуют рядам материальных частиц.

Вершины - точки пересечения ребер.

Гранные углы - углы между гранями.

СИММЕТРИЯ

Одной из наиболее важных составных частей кристаллографии является учение о симметрии, знание законов которой помогает лучше понять сущность кристаллического состояния вещества и те причины, которые управляют внешней формой кристаллов и их внутренним строением. **Симметрия** в переводе с греческого - «соразмерность», закономерная повторяемость элементов фигуры, при которой она совмещается сама с собой при вращении вокруг оси, отражении в плоскости и др. Фигура, у которой отдельные части мысленно могут быть совмещены друг с другом посредством элементов симметрии, называется **симметричной**. Элементами симметрии многогранников являются: **плоскости** симметрии «Р», **оси** симметрии «L» и **центр** симметрии «С». Симметрия многогранника выясняется по наличию у него и взаимному расположению равных граней, прежде всего, одинаковой формы.

Вид симметрии кристалла - это полная совокупность его элементов симметрии. Элементы симметрии находятся во взаимосвязи и их взаимные сочетания весьма ограничены. Установлено, что возможны только 32 комбинации различных группировок. Это **32 класса** или **вида** симметрии. Классы объединяются в более крупные группы - **сингонии**.

Сингония или **сходноугольность** - группа видов симметрии, обладающая одним или несколькими одинаковыми элементами симметрии и имеющих одинаковое расположение кристаллографических осей.

Различают 7 сингоний, которые группируются в **три категории**:

Высшая категория включает в себя **кубическую** сингонию.

Средняя категория - **гексагональную, тетрагональную и тригональную** сингонии.

Низшая категория - **ромбическую, моноклинную, триклинную** сингонии.

Категории, сингонии, характерные элементы симметрии и примеры некоторых простых форм приведены в таблице 4.








Категория	Сингония	Характерные элементы симметрии	НЕКОТОРЫЕ ПРОСТЫЕ ФОРМЫ
ВЫСШАЯ	КУБИЧЕСКАЯ	$4L_3$	   
СРЕДНЯЯ	ГЕКСАГОНАЛЬНАЯ	L_6	  
	ТЕТРАГОНАЛЬНАЯ	L_4	  
	ТРИГОНАЛЬНАЯ	L_3	  
НИЗШАЯ	РОМБИЧЕСКАЯ	$3L_2$ или $3L_2P$	  
	МОНОКЛИННАЯ	L_2 или "P"	  
	ТРИКЛИННАЯ	нет или "C"	  

Таблица 4

ЭЛЕМЕНТЫ СИММЕТРИИ

«Р» - **плоскости**. Плоскость симметрии - это воображаемая плоскость, которая делит фигуру на две равные части, при отражении в которой фигура совмещается сама с собой (рис. 141, 142).

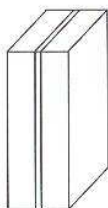


Рис.141. Многогранник с плоскостью симметрии

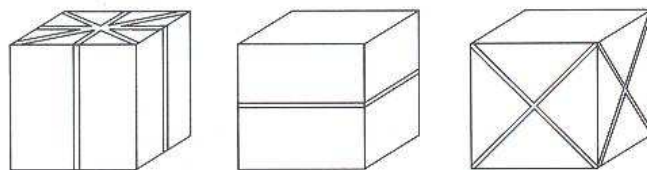


Рис.142. Девять плоскостей симметрии в кубе

«L» — **оси**. Осью симметрии называется воображаемая прямая, при повороте вокруг которой на определенный угол фигура совмещается сама собой.

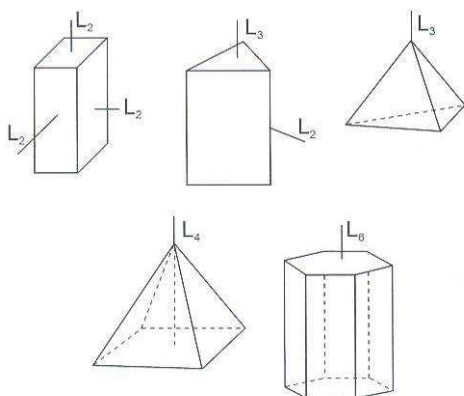


Рис. 143. Оси симметрии разного порядка

Порядком оси симметрии называется число самосовмещений фигуры при повороте её вокруг оси на 360 градусов (рис. 143). В кристаллах возможны оси 2, 3, 4, 6 порядков. Количество осей одного порядка пишут перед буквой «L», а порядок оси справа внизу. Например, 3 L_4 или 6 L_2 . Оси симметрии могут, как бы протыкать кристалл в вершинах, середине ребер, центре граней. Число ребер, сходящихся в вершине, должно быть кратно наименованию оси. Линия пересечения двух или нескольких плоскостей является осью симметрии. Число пересекающихся плоскостей указывает на порядок оси.

Центр симметрии — «С». Воображаемая точка внутри фигуры, характеризующаяся тем, что любая прямая, проведенная через нее по обе стороны и на одинаковых расстояниях, встречает равные точки фигуры (рис. 144).

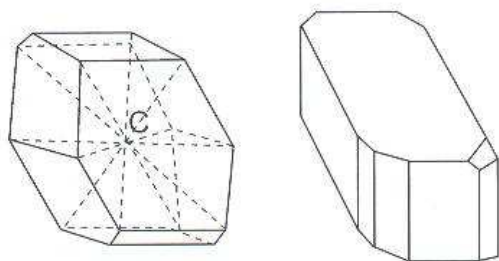


Рис. 144. Кристаллы с центром и без центра симметрии

Простой формой в кристаллографии называют совокупность одинаковых граней, связанных между собой элементами симметрии. Среди простых форм различают закрытые формы, которые замыкают часть пространства полностью, например, куб, октаэдр; открытые формы, например, призмы, пространство не замыкают и самостоятельно существовать не могут, а только в сочетании с другими простыми формами.

КОМБИНАЦИИ

Сочетание двух или нескольких простых форм называется комбинацией. Комбинироваться между собой могут только простые формы, относящиеся к одному виду симметрии.

Образование комбинации простых форм у кристалла циркона: тетрагональная призма и тетрагональная дипирамида (рис. 145).

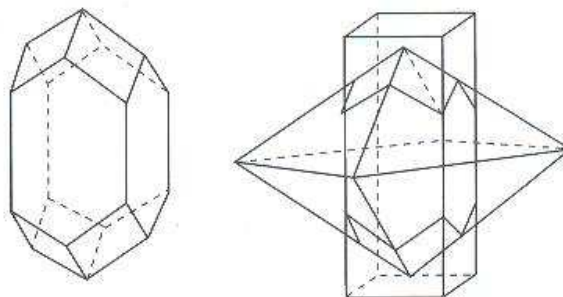


Рис. 145. Образование комбинации простых форм кристалла циркона - тетрагональная призма и тетрагональная дипирамида

Призма является открытой формой, дипирамида - закрытая форма, она замыкает пространство, пусть даже на продолжении своих граней.

Чтобы различить на кристаллах простые формы, нужно знать правило: сколько на равномерно развитом кристалле разных граней, столько будет и простых форм.

Три комбинации куба и октаэдра при различном соотношении размеров граней простых форм (рис. 146).

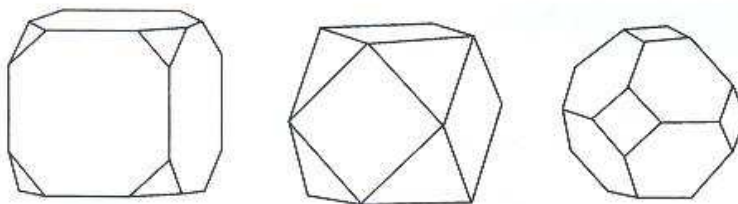


Рис. 146. Комбинации куба и октаэдра

На рис.147 пунктирными линиями показано, что продолжение квадратных граней до пересечения друг с другом дает куб, а продолжение треугольных граней дает октаэдр.

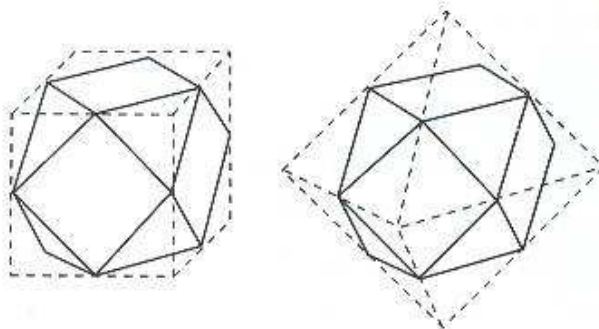


Рис. 147. Комбинационная форма (сплошная линия) и мысленное продолжение равных граней до пересечения друг с другом (пунктир), позволяющее увидеть простую форму - куб, октаэдр

Примером наиболее сложных комбинаций элементов симметрии могут служить кристаллы минералов, показанных на рис. 148.

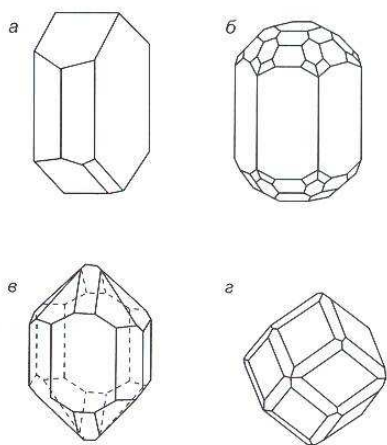


Рис. 148. Элементы симметрии некоторых минералов:
а) ортоклаз L_2PC ; б) берилл L_66L_2PC ; в) оливин $3L_23PC$; г) гранат $3L_4L_3L_26L_29PC$

ТЕМА 5: ШАГ 3

ЦАРСТВО МИНЕРАЛОВ

5.3. Где и как образуются минералы

(о том, в каких условиях образуются минералы, об их классификации)



Минералы - это продукты природных физико-химических процессов. Рассмотрим очень кратко, как образуются минералы в земной коре. Мы знаем, что **эндогенные** процессы протекают в недрах и связаны с магматической деятельностью. Застывание магмы ведет к образованию различных магматических горных пород. Газовые и водные растворы, которые выделяются при остывании магмы, переносят анионы и катионы веществ, которые при соответствующих условиях выделяются в виде самостоятельных минералов. В эндогенных условиях можно выделить **магматический, пегматитовый, пневматолитовый и гидротермальный** процессы образования минералов.

МАГМАТИЧЕСКИЙ

Минералы кристаллизуются непосредственно из магмы при её остывании. Так образуются все первичные минералы магматических горных пород - полевые шпаты, кварц, слюды, амфиболы, оливин и др. Число их значительно, а общая масса велика, что и определяет важное геологическое значение этого способа образования минералов. Когда говорят о магматическом происхождении минералов, то обычно указывают, с какими породами они связаны. Ассоциации минералов при этом будут различными. К минералам магматического происхождения относятся, кроме указанных выше, платина, хромит, апатит, циркон, рутил, сфен, магнетит, ильменит, гематит и др.

ПЕГМАТИТОВЫЙ

Этот процесс связан с кристаллизацией остаточного магматического расплава, обогащенного летучими компонентами. Силикатный расплав внедряется во вмещающие породы, заполняет в них трещины и полости, кристаллизуясь, образует жильные крупнокристаллические тела - **пегматиты**. Они богаты различными минералами. Кроме породообразующих — микроклина, плагиоклаза, кварца, мусковита, биотита, часто

встречаются турмалин, берилл, сподумен, лепидолит, топаз, танталит, колумбит, ортит и т. д.

ПНЕВМАТОЛИТОВЫЙ

Образование минералов за счет газообразных и летучих соединений, выделяющихся из магмы, называется **пневматолитовым**. Пневматолиты разделяются на вулканические и глубинные. В процессе возгона газов в трещинах лавовых покровов и кратере вулкана образуются минералы в виде налетов, корочек, землистых масс. Глубинные пневматолиты, просачиваясь сквозь горные породы, реагируют с ними, преобразуя их химический и минеральный состав. Образуются **грейзены**, в составе которых кварц, мусковит, лепидолит, топаз, турмалин, рутил, флюорит, касситерит, вольфрамит, молибденит, арсенопирит. Пневматолитовый процесс тесно связан с **гидротермальным**.

ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ

Гидротермы - горячие водные растворы, отделяющиеся от магмы или образующиеся в результате сжижения газов.

Гидротермальные растворы выносят из магматического очага целый ряд соединений металлов. Кроме того, гидротермы могут заимствовать различные вещества из боковых пород. По мере удаления растворов от магматического очага температура их падает. В результате падения температуры и реакций с вмещающими породами гидротермы отлагают свой груз в виде минералов. Гидротермы могут быть высоко- (более 180 градусов), средне- (180-100 градусов), низкотемпературные (менее 100 градусов). Гидротермальное происхождение имеет большинство руд цветных, редких и радиоактивных металлов, золото, а также различные неметаллические полезные ископаемые.

МЕТАМОРФИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ МИНЕРАЛООБРАЗОВАНИЯ

Благодаря движениям земной коры, породы могут попасть в более глубокие зоны литосферы, где существуют иные термодинамические условия, чем на поверхности. При этом они будут испытывать изменения - метаморфизм, главными факторами которого являются температура и давление. Выделяют контактовый, динамометаморфизм и региональный метаморфизм.

Контактовый метаморфизм проявляется на контакте двух пород, обычно магматической и осадочной. Образуются своеобразные породы - **скарны**, для которых характерными минералами являются пироксены, гранаты, магнетит, галенит, сфалерит и др.

Динамометаморфизм обычно выражается в дроблении и перетирании горных пород и минералов.

Региональный метаморфизм протекает на больших глубинах и захватывает огромные площади. Типичные минералы регионального метаморфизма - слюды, гранат, дистен, андалузит и др.

ЭКЗОГЕННОЕ МИНЕРАЛООБРАЗОВАНИЕ

Минералообразование происходит не только в эндогенных условиях. Горные породы, образовавшиеся на глубине в условиях высокой температуры и высокого давления, при выходе на дневную поверхность попадают в новые физико-химические условия и многие из них становятся неустойчивыми. Происходит процесс физического и химического выветривания.

В результате физического выветривания происходит механическое разрушение горных пород и минералов. При химическом выветривании происходит разложение старых минералов с образованием новых, устойчивых к поверхностным условиям.

Образование минералов может происходить и в результате химического осаждения вещества из истинных или коллоидных растворов. В озерах или морях возникали такие условия, когда растворенные вещества выпадали в осадок. Такого происхождения солей - гипса, галита, карналлита, сильвина, мирабилита...

КЛАССИФИКАЦИЯ МИНЕРАЛОВ

В настоящее время известно более 4000 минералов. Такое большое количество изучаемых объектов необходимо классифицировать. Существует несколько классификаций минералов, созданных для различных целей.

I. **По физическим свойствам** - минералы делятся на классы по одному из физических свойств (блеску, цвету, черте, твердости и др.). Используется в определителях минералов.

II. **Промышленная классификация** - минералы группируются по областям их промышленного применения.

III. **Геохимическая классификация** - объединение в один класс минералов, содержащих какой-либо общий элемент.

IV. **Генетическая классификация** -- объединение в один класс минералов одинакового происхождения.

V. **Географическая классификация** - группировка минералов по территориальному признаку.

VI. **Химическая классификация** - объединение минералов по химическому составу, с учетом их внутреннего строения. Во всех учебниках минералогии минералы сгруппированы по химическому составу, с обязательным учетом их структурных особенностей. Ниже приведена общепринятая классификация минералов по этому признаку.

1. **Самородные элементы** - золото, платина, медь алмаз, графит, сера.
2. **Сернистые соединения (сульфиды)** - пирит, галенит, сфалерит, киноварь, молибденит, халькопирит и др.
3. **Галоидные соединения (галогениды)** - флюорит, галит, карналлит и др.
4. **Окислы (оксиды)** - кварц, корунд, рутил, гематит, магнетит, ильменит, хромит, пиролюзит, касситерит и др.
5. **Силикаты** - оливин, гранаты, слюда, полевые шпаты, амфиболы, пироксены, тальк, серпентин, хлорит, нефелин, топаз, берилл и др.
6. **Бораты** - борсодержащие минералы (людвигит, аширит и др.).
7. **Карбонаты** кальцит, доломит, магнезит, малахит, азурит и др.
8. **Нитраты** – селитры.
9. **Фосфаты** - апатит.
10. **Сульфаты** - барит, целестин, гипс, ангидрит.
11. **Вольфраматы** - шеелит.

САМОРОДНЫЕ

К этому классу относятся минералы, представляющие отдельные химические элементы, находящиеся в свободном состоянии. Часто эти минералы и называют так же, как химические элементы - золото, серебро, медь, платина, сера.

К самородным минералам принадлежит около 50 минеральных видов, но наибольшее практическое значение имеют **золото, платина, серебро, медь, сера, графит, алмаз.**

Самородные минералы по химическим свойствам делятся на металлы и неметаллы. Для металлов характерны сильный металлический блеск, электро- и теплопроводность, ковкость. Обладая наибольшей плотностью, металлы имеют невысокую твердость – 2-4. Часто встречаются твердые растворы: серебра в золоте - **электрум**, меди в золоте - **медистое золото**, железа в платине - **поликсен**.

Самородные неметаллы обычно обладают неметаллическим блеском и хрупкостью. Для них характерны большая чистота химического состава и ярко выраженное явление **полиморфизма**.

Полиморфизм (от греч. «поли» - много, «морфэ» - форма) или многоформность - это способность одного и того же вещества в разных условиях образовывать совершенно разные кристаллические структуры, а, следовательно, и разные минералы. Яркий пример -

углерод. Если у него гексагональная сингония, то образуется графит, если кубическая - алмаз.

СУЛЬФИДЫ

Это производные сероводорода. В некоторых редких минералах место серы занимают селен или теллур (**селениды, теллуриды**). В этом классе минералов насчитывается более 250 видов, но общее содержание их в земной коре не превышает 0,15%. Наиболее распространены **пирит** и **пирротин**, которые по массе составляют около 75% всех сульфидов. Состав сернистых соединений очень разнообразен из-за обилия изоморфных примесей.

Большая часть сульфидов - это непрозрачные минералы с металлическим или металлоидным блеском. Цвет черты темный или окрашенный. Твердость не выше 4. За исключением пирита и арсенопирита с твердостью 6. Характерна большая плотность, для некоторых - электропроводность.

Блеск сульфидов - важнейший внешний признак. Рудокопы разделили их на **блески, колчеданы и обманки**. К **блескам** отнесены минералы с металлическим блеском стально-серого цвета, к **колчеданам** - минералы с металлическим блеском латунного или бронзово-желтого цвета. Минералы без металлического блеска и с неопределенной окраской называют **обманками**.

ОКСИДЫ

К **оксидам** относятся минералы, представляющие собой соединения химических элементов с кислородом. Гидроксиды, кроме того, содержат гидроксил и воду. Общее количество свободных окислов в земной коре составляет около 17%. Из них на долю только одного кремнезема приходится 12,6%, оксиды и гидроксиды железа составляют 3,9%. Из остальных наибольшее значение имеют оксиды и гидроксиды алюминия, марганца, титана, хрома. В состав оксидов входят более 40 химических элементов, образуя около 200 минералов.

Большинство минералов интенсивно окрашены в темные цвета, непрозрачны или просвечивают в осколках, имеют полуметаллический, неметаллический блеск, повышенную твердость — от 6 до 9. Иногда отмечается повышенная магнитность.

Гидроксиды железа, имеющие формулу $\text{FeO}(\text{OH})$, по разности кристаллических решеток делятся на ряд самостоятельных минералов: **гетит, лепидокротит, феррогидрит**. Смесь их называется **лимонит**. Важна также смесь гидроксидов алюминия $\text{AlO}(\text{OH})$ - **бёмита, гиббсита**. Смесь эта имеет общее название - **боксит**.

ГАЛОГЕНИДЫ

К **галогенидам** относятся соединения элементов с галогенами - фтором, хлором, бромом, йодом. Их можно также описать как соли плавиковой HF , соляной HCl и других подобных кислот.

В земной коре широко распространены минералы **фториды** и **хлориды**. В настоящее время известно около 100 видов, относящихся к галогенидам.

Хлориды щелочей калия, натрия, а также металла магния, обычно бесцветные или слабо окрашены примесью оксидов железа, прозрачны или просвечивают, легко растворяются в воде, обладают характерным вкусом. Твердость небольшая - от 2 до 3. К этому классу минералов относятся **галит, сильвин, карналлит**.

Из фторидов наиболее известен **флюорит** или **плавиковый шпат**, который существенно отличается от выше перечисленных минералов. Он нерастворим в воде, имеет твердость 4, большую плотность.

СИЛИКАТЫ

Силикаты и алюмосиликаты - самое обширное и многочисленное семейство минералов. К ним относится около 800 минеральных видов, которые слагают 3/4 земной коры. Многие силикаты являются порообразующими минералами магматических, метаморфических и, в меньшей мере, осадочных пород. Крайне разнообразны они по своему химическому составу и внешнему виду. Большинство минералов класса имеют

большую твердость (6-7), сравнительно малую плотность (2,5-4), стеклянный блеск.

В настоящее время на основе рентгеноструктурного анализа создана кристаллохимическая или структурная классификация силикатов. Основным структурным элементом является кремнекислородный тетраэдр - группа из одного атома кремния и четырех атомов кислорода. Силикатные группы могут легко соединяться между собой. В этой их способности заложены богатейшие возможности для «конструирования» разнообразнейших построек. С учетом разнообразия этих построек силикаты разделяются на группы.

Островные силикаты - с изолированными тетраэдрами или с изолированными группами тетраэдров: сдвоенными тетраэдрами, кольцами из трех, четырех, шести тетраэдров. Такие группы напоминают разнообразные по форме «острова», «атоллы», закономерно и симметрично расположенные в «море» других, слагающих силикатные минералы, групп атомов. Поэтому их и называют «островными силикатами».

Цепочечные силикаты - силикатные тетраэдры выстраиваются в линию - цепочку, соединившись своими вершинками. Образующиеся при этом постройки так и называются - цепочечными.

Ленточные силикаты - «ленточка» - основа структуры ленточных силикатов - представляет собой просто две соединенные между собой силикатные цепочки.

Листовые силикаты - если «строительного материала» для кремнекислородных тетраэдров достаточно, то можно составить из них целые «листы». Если эти «листы» сложить в стопку, то получится основа кристаллической структуры листовых или слоистых силикатов.

Каркасные силикаты - с непрерывными трехмерными каркасами из тетраэдров. Разнообразие каркасных силикатов обусловлено наличием в их структуре, наряду с кремнекислородными, алюмокислородных тетраэдров.

Наиболее распространенные силикатные минералы: оливин, гранаты, циркон, титанит, топаз, дистен, ставролит, эпидот, берилл, турмалин, хризокolla, пироксены, родонит, амфиболы, чароит, тальк, серпентин, хризотил-асбест, каолинит, мусковит, биотит, лепидолит, вермикулит, хлориты, глауконит, полевые шпаты, нефелин, лазурит, цеолиты.

КАРБОНАТЫ

К **карбонатам** относятся минералы, содержащие в своем составе углерод - кислородные группы CO_2 . Иногда их определяют как соли «угольной кислоты» - H_2CO_3 . Большинство карбонатов, а их известно около 800, безводные и представляют простые соединения, главным образом кальция, магния и железа. Из других элементов в их состав с образованием самостоятельных минералов входят марганец, реже натрия, барий, стронций и цветные металлы: медь, цинк, свинец.

Общие физические свойства: светлая окраска - белая, розовая, серая (исключение составляют карбонаты меди, имеющие зеленую или синюю окраску), сравнительно низкая твердость (3-4,5) и небольшая плотность, за исключением карбонатов цинка, свинца и бария; для большинства карбонатов характерна совершенная спайность, неметаллический блеск - стеклянный. Важным диагностическим признаком является действие на карбонаты кислот, от которых они в той или иной степени вскипают с выделением CO_2 . Главные карбонатные минералы: кальцит, арагонит, сидерит, доломит, магнезит, малахит, азурит.

СУЛЬФАТЫ

Сульфаты можно рассматривать как соли серной кислоты H_2SO_4 . Сульфатов сравнительно немного. Некоторые из них (гипс, ангидрит) слагают толщи одноименных осадочных пород.

Сульфаты имеют светлую окраску, небольшую твердость не выше 3,5, низкую плотность (кроме барита и целестина). Многие растворяются в воде.

Минералы: барит, целестин, гипс, ангидрит, мирабилит.

ФОСФАТЫ

Фосфатами называются соли фосфорной кислоты H_3PO_4 . Сюда относится более 300 минеральных видов. Преимущественно это редкие экзогенные минералы. Магматическое происхождение имеют **монацит** и **апатит**. К этой группе относится и фосфорит - осадочное образование, которое представляет собой смесь тонкодисперсного апатита с глинистыми и другими минералами и встречается в конкрециях, желваках, землистых массах.

ВОЛЬФРАМАТЫ

Эта группа содержит небольшое количество видов минералов. Чаше других встречается шеелит.

Проверьте свои знания по теме: «Царство минералов»

ШАГ 1

1. Какие формы нахождения минералов в природе вы знаете?
2. Какие физические свойства минералов вы знаете?
3. Какие свойства минералов называются диагностическими?
4. Как определяют твердость минерала?

ШАГ 2

1. Какие бывают способы образования кристаллов?
2. Какие элементы ограничения кристалла вы знаете?
3. Перечислите элементы симметрии кристалла.
4. Сколько различают сингоний и как они называются?

ШАГ 3

1. Какие геологические процессы называются эндогенными, а какие экзогенными?
2. Какие процессы минералообразования вы знаете?
3. Какие минералы при этом образуются?
4. По каким признакам можно классифицировать минералы?
5. Какие минералы называются самородными?
6. К какому классу минералов относятся блески, колчеданы и обманки?
7. Назовите примеры минералов-силикатов.

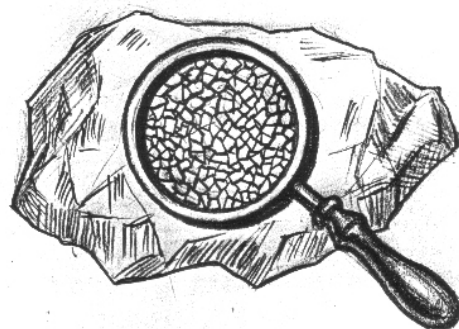
Интересные книги

1. Банн Ч. Кристаллы. М.: «Мир», 1970
2. Жабин А.Г. Жизнь минералов, М.: «Советская Россия», 1973
3. Камни и минералы. Музей естественной истории. Лондон, 1996
4. Кантор Б.З. Коллекционирование минералов. М.: «Недра», 1982
5. Кантор Б.З. Минерал рассказывает о себе. М.: «Недра», 1985
6. Кантор Б.З. Минералы. М.: «Хобби-книга». 1995
7. Наглядный словарь Земля. Лондон, 1986
8. Соболевский В.И. Замечательные минералы. М.: «Просвещение», 1983
9. Ферсман А. Е. Занимательная минералогия. Челябинск: «Урал ЛТД», 2000
10. Шаскольская М.П. Кристаллы. М.: «Наука», 1985
11. Шаскольская М.П. Очерки о свойствах кристаллов. М.: «Наука», 1978
12. Шуман В. Мир камня. Том I и 2. М.: «Мир», 1986

ТЕМА 6: ШАГ 1 КАМЕННОЕ МОРЕ

6.1. Горная порода: что это такое?

(на какие группы разделяются горные породы, что такое структура и текстура горных пород)



Земная кора сложена **горными породами**. **Горная порода** представляет собой природное соединение нескольких минералов или скопление минеральных обломков. Каждая горная порода образовалась в определенных природных условиях, и является продуктом определенных **геологических процессов**. Каждая горная порода занимает некоторый объем в земной коре: она образует **геологическое тело**, которое может иметь различные размеры и форму.

Наука о горных породах - **петрография** - изучает свойства, состав и классификацию, а наука **петрология** - условия их образования и изменения. Оба эти названия произошли от греческого слова «петра» - скала, камень, утес.

По своему происхождению, т.е. условиям образования, горные породы разделяются на три большие группы: **магматические**, связанные с процессами магматической деятельности; **осадочные**, связанные с экзогенными процессами; **метаморфические**, образующиеся в результате изменения ранее образованных горных пород.

Как мозаика состоит из кусочков смальты, так и горные породы сложены мелкими разноцветными частичками - минералами. Определение горной породы начинается с определения её минерального состава. Между минералами и горными породами такая же разница, как между отдельным деревом и лесом, домом и городом.

Горные породы могут быть **мономинеральными**, состоять из одного минерала, а могут состоять из нескольких минералов - **полиминеральными**. Минералы, слагающие основную массу горной породы, называются **породообразующими**. Минералы, которых в породе менее 5%, называются **акцессорными**.

Внешний вид горной породы, её минеральный состав, форма залегания в земной коре зависит от того геологического процесса, в результате которого эта порода образовалась и продуктом деятельности которого она является. Наряду с химическим и минеральным составом важнейшим диагностическим признаком, определяющим горную породу и её классификационное положение, являются **структура и текстура**.

Структура - это особенности внутреннего строения горных пород, определяемые формой, абсолютным и относительным размером слагающих их минеральных частиц (кристаллов, минеральных обломков).

Текстура - это особенности сложения горных пород, определяемые взаимным расположением их составных частей, характером и способом заполнения минеральным веществом занимаемого пространства.

Для каждой генетической группы горных пород характерны свои породообразующие минералы, структура и текстура. По ним можно определить их генезис, а, стало быть, тип и название породы.

Изучение горных пород имеет большое научное и практическое значение. С горными породами связаны полезные ископаемые, без которых наша жизнь невозможна, - топливо, сырьё для химической и тяжелой индустрии, машиностроения, керамической и стекольной промышленности и др.

Зачастую полезными ископаемыми являются сами породы. Кроме того, горные породы вмещают в себе огромное количество питьевых, минеральных и термальных вод.

ТЕМА 6: ШАГ 2 КАМЕННОЕ МОРЕ

6.2. Петрографическое разнообразие. Магматические породы

(классификация, минеральный состав, текстурные и структурные особенности, главные типы пород)



Современная классификация горных пород основана на их химическом и минеральном составе и на условиях образования. Принято выделять три основных типа горных пород: **магматические, осадочные, метаморфические** (рис.149).




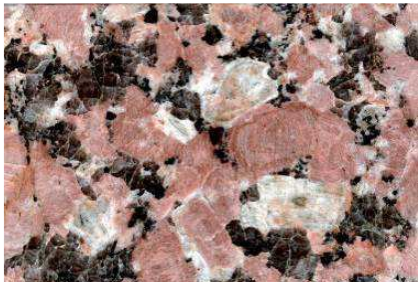


<i>МАГМАТИЧЕСКИЕ</i>	<i>ОСАДОЧНЫЕ</i>	<i>МЕТАМОРФИЧЕСКИЕ</i>
		
		
<i>ГРАНИТ</i>	<i>ИЗВЕСТНЯК</i>	<i>МИГМАТИТ</i>

Рис.149. Горные породы. Классификация

Магматические горные породы образуются при застывании природных расплавов - **магмы** и **лавы**. По условиям образования они делятся на **интрузивные** и **эффузивные** (рис. 150). Выделяются также **жильные** горные породы.

Интрузивные (или **глубинные**, или **плутонические**) образуются в глубинных зонах земной коры. Интрузивные горные породы остывают медленно, находясь, как в термосе, в недрах земли. Магма успевает полностью раскристаллизоваться, и порода получается **полнокристаллическая**.

Эффузивные (или **излившиеся**, или **вулканические**) горные породы, наоборот, быстро остывают при излиянии магмы на поверхность (магма, потеряв газовую составляющую, становится **лавой**). Кристаллы в них имеют гораздо меньшие размеры, и часто эти породы содержат застывший, но не успевший раскристаллизоваться расплав - **вулканическое стекло**. Порода получается **неполнокристаллической**. Каждой интрузивной породе соответствует аналог эффузивной.

МАГМАТИЧЕСКИЕ		
ИНТРУЗИВНЫЕ	ЭФфуЗИВНЫЕ	ЖИЛЬНЫЕ
		
ГАББРО	БАЗАЛЬТ	ПЕГМАТИТ

Рис.150. Горные породы магматические. Классификация

ПОРОДООБРАЗУЮЩИЕ МИНЕРАЛЫ МАГМАТИЧЕСКИХ ГОРНЫХ ПОРОД

Минеральный состав магматических горных пород зависит от химического состава магмы и от условий её кристаллизации. Минералы по их количественной значимости в составе породы разделяются на главные и акцессорные.

Главные - их в породе 90-95% - называются **породообразующие**. По их наличию определяют породу.

По химическому составу главные минералы разделяют на **салические** (сиалические), в составе которых преобладают кремний и алюминий (светлые минералы: полевые шпаты, кварц, нефелин, мусковит и др.) и - в их составе преобладают железо и магний (темные минералы: оливин, пироксены, амфиболы и др.).

Акцессорные. Их не более 5% от общего объема породы и подразделяются на характерные, присутствующие только в определенных породах (хромит, шпинель, ортит, монацит и др.) и нехарактерные, встречающиеся в породах разного состава (апатит, циркон, титанит, магнетит).

По происхождению минералы магматических пород делятся на **первичные** (магматические) и **вторичные**. Первичные образуются в результате кристаллизации самой магмы. Вторичные образуются за счет первичных в последующие этапы существования пород. Плаггиоклазы при разложении дают серицит, цеолиты; пироксены и амфиболы замещаются хлоритом и эпидотом и т.д.

Чтобы определить породу необходимо в первую очередь определить минералы, её слагающие. Если отдельные минералы достаточно велики (более 1 мм), то можно с помощью лупы использовать определения по внешним признакам - окраске, цвету черты, блеску, твердости, спайности, форме кристаллов, реакции с кислотой.

В большинстве пород минеральные зерна столь малы, что по внешним признакам они неопределимы. Поэтому главным орудием исследования петрографа является микроскоп. Под микроскопом изучают тонкие (0,03 мм) срезы горных пород, называемые **шлиф прозрачный** (рис. 151).

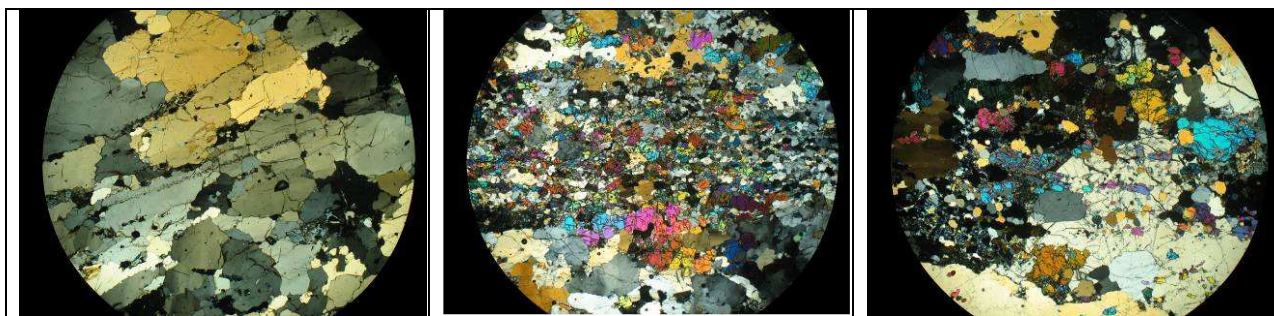


Рис. 151 Фотографии шлифов под микроскопом.

Минералы, слагающие породы, имеют разную величину и форму кристаллов и по-разному расположены относительно друг друга. Эти свойства отражают **структура и текстура** горной породы.

Структура (строение) - объединяет те особенности строения горной породы, которые связаны с размерами, формой и взаимными отношениями минералов.

Текстура (сложение) - показывает, как минералы распределены в пространстве.

Образование структур и текстур связано с процессами, происходящими в магме во время её застывания. Эти условия сказываются на размерах и формах кристаллов, возникающих в породе. При быстром застывании эффузивных пород, часть лавы не успевает кристаллизоваться и образуется стекловидная масса.

Иначе кристаллизуется магма в глубинах Земли. Остывание идет медленно. Из магмы постепенно удаляются легко летучие соединения, придающие ей подвижность (вода, соединения бора, фтора). В породе образуются крупные кристаллы, стекла же не остается совсем.

СТРУКТУРЫ МАГМАТИЧЕСКИХ ПОРОД

А. По степени **кристалличности** различают структуры (рис. 152):

полнокристаллическая - порода состоит из кристаллических зерен, стекла нет;

неполнокристаллическая - в породе присутствуют и кристаллы и стекло;

стекловатая - в породе преобладает стекло.

ПОЛНОКРИСТАЛЛИЧЕСКАЯ	НЕПОЛНОКРИСТАЛЛИЧЕСКАЯ	СТЕКЛОВАТАЯ
		
ГРАНИТ	ПОРФИР	ОБСИДИАН

Рис.152. Структуры магматических пород

Б. По абсолютным размерам зерен различают:

явнокристаллическая (фанеритовая) - зерна видны невооруженным глазом. В зависимости от размера выделяют структуры (рис. 153):

скрытокристаллическая (афанитовая) - зерна видны только под микроскопом.


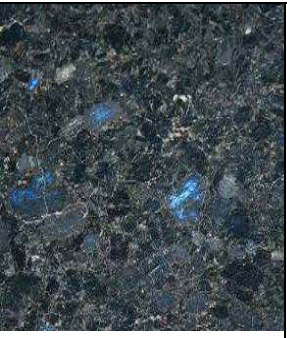


			
Гигантозернистая (более 50 мм);	Крупнозернистая (50-5 мм);	Среднезернистая (5-1 мм);	Мелкозернистая (меньше 1 мм)

Рис. 153. Структуры в зависимости от абсолютного размера зерен.

В. По относительным размерам зерен различают (рис. 154):

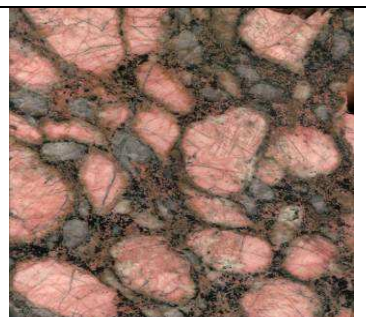
РАВНОМЕРНОЗЕРНИСТАЯ	НЕРАВНОМЕРНОЗЕРНИСТАЯ	
		
<i>Размер зерен одного и того же минерала примерно одинаков</i>	<i>Порфировидная: на фоне более мелких зерен выделяются крупные зерна - порфировидные выделения;</i>	<i>Порфировая: порфировые вкрапленники, в плотной афанитовой массе</i>

Рис. 154. Структуры в зависимости от относительного размера зерен.

Главнейшим элементом структуры является **форма минералов**.

Г. Кристаллографический облик минералов. Различают зерна:

изометричные - развитые равномерно во всех направлениях;

таблитчатые - когда ширина больше толщины;

призматические - длина преобладает над шириной.

Один и тот же минерал в зависимости от условий кристаллизации может получить различный облик кристаллов.

Способность минералов принимать свойственные им кристаллографические очертания называется **идиоморфизмом**.

Д. По степени идиоморфизма выделяют:

Идиоморфные («идиос», греч. - свой, собственный) - минералы с хорошо выраженными кристаллографическими очертаниями.

Ксеноморфные («ксенос», греч. - чужой) - зерна неправильных очертаний, огранка зависит от формы других кристаллов. Зерна заполняют промежутки между ранее образованными минералами. (Синоним - аллотриоморфные);

Гипидиоморфные («гипо», греч. - под, в подчинении) - частично ограненные, они имеют частично собственную форму, а частично обусловленную другими минералами, т.е. минерал может быть идиоморфным по отношению к одним и ксеноморфен по отношению к другим.

Полагают, что минеральные зерна кристаллографически правильной формы (идиоморфные), выделяясь из магмы первыми, росли в расплаве, который не препятствовал развитию граней. Зерна неправильных очертаний (ксеноморфные) выделялись из магмы последними, заполняя промежутки между ранее образовавшимися зернами (рис. 155).

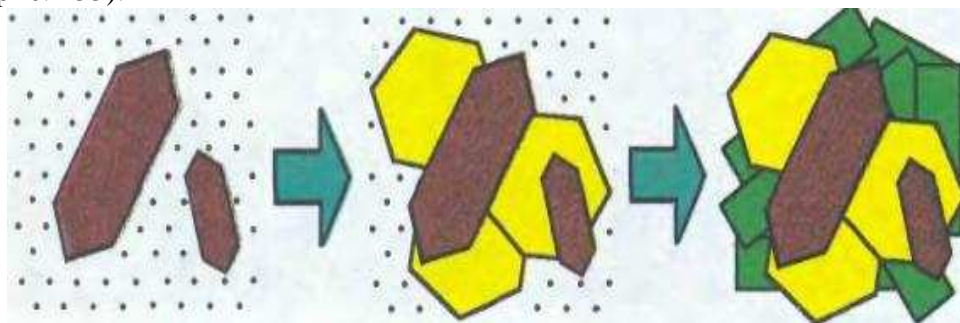


Рис. 155. Очередность кристаллизации минералов в медленно остывающей на глубине магме

ТЕКСТУРЫ

Текстуры определяются распределением в породе (равномерным или неравномерным) различных минералов, ориентировкой удлиненных или уплощенных минералов относительно друг друга, наличием или отсутствием в породе пустот или, как иногда говорят, степенью заполнения пространства минеральными зернами, слагающими породу (рис. 156).

Массивная (однородная) - минералы распределены в породе равномерно, уплощенные и удлиненные зерна ориентированы беспорядочно; условия образования породы во всех точках занимаемого ею пространства были одинаковы.

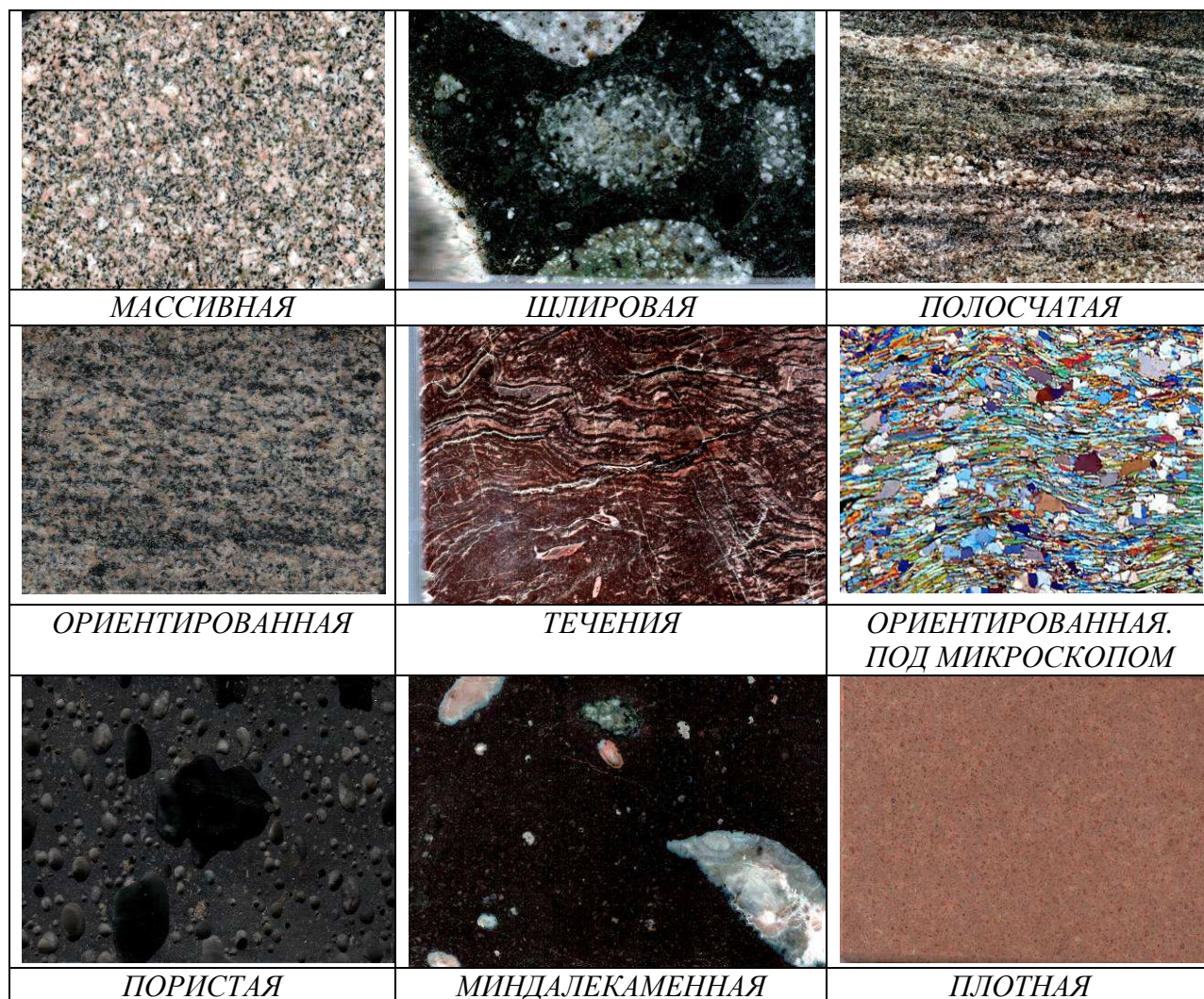


Рис. 156. Текстуры интрузивных пород

Шлировая (такситовая) текстура - минералы распределены в породе неравномерно; например, в ней имеются участки (шлиры), обогащенные цветными минералами. Шлиры могут иметь различное происхождение - концентрация продуктов ранней кристаллизации, вплавление магмой обломков вмещающих пород. Встречается только в интрузивных породах.

Полосчатая текстура - в породе имеются полосы различного минерального состава или различной структуры (размер зерен), чередующиеся между собой. Набор минералов может быть одинаковым, но их содержание в различных полосках - различно.

Ориентированная (директивная, параллельная, гнейсовая) текстура - уплощенные или удлиненные зерна ориентированы в породе субпараллельно (более или менее параллельно). Предполагают, что ориентировка возникла в процессе кристаллизации магмы при действии на нее в это время ориентированного давления.

В излившихся породах текстуры выделяются по наличию и отсутствию пустот, размерам и степени их заполнения. Пустоты образовались в следствии наличия в лаве газов.

Пористая текстура - наличие пустот.

Миндалекаменная текстура - пустоты заполнены минералами гидротермального происхождения.

Плотная текстура - без пустот.

Магма, внедряясь в слои земной коры, начинает остывать, образуя магматические тела - **интрузии**. В зависимости от количества и состава, а значит и физических свойств внедряющейся магмы, образуются различные формы залегания магматических горных пород. Большое значение имеют также геологические особенности района и механизм внедрения магмы.

При внедрении крупных масс расплава она прокладывает себе дорогу путем обрушения кровли, поглощая её (ассимилируя). Тогда магма сама формирует пространство, которое она занимает, образуя несогласные формы залегания - батолиты, штоки.

Магма может проникать по плоскостям напластования осадочных горных пород и тогда образуются **согласные** формы залегания - **лакколиты, лопполиты, силлы** и др. Проникая по трещинам, магма образует **жилы** и **дайки**.

ФОРМЫ ЗАЛЕГАНИЯ ИНТРУЗИВНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД

Батолит («батос» - глубина) - громадное тело интрузивных пород. Площадь более 100 кв. км. Характерна неправильная форма при постоянстве химического состава пород. **Граниты, гранодиориты, редко диориты.**

Шток - часто отпрыск более крупного тела батолитового типа. Образуется при заполнении магмой неправильных по форме полостей. Размер до 100 кв. км. **Граниты, диориты, габбро** и др.

Лополит («лопос» - чаша или блюдо), имеет вогнутую чашеобразную форму. Залегает согласно с вмещающими слоями. **Габбро, перидотиты, пироксениты, сиениты, щелочные граниты.**

Лакколит - тело грибообразной или куполообразной формы (рис.157). Вышележащие слои в силу напора магмы куполообразно изогнуты. Подводящий канал - трещина, уходит на значительную глубину. **Граниты, гранодиориты.**



Рис.157 Лакколит, вскрытый размывом. Гора Аю-Даг (Медведь-гора), Гурзуф, Южный берег Крыма.

Силлы - интрузивные залежи, пластовые интрузии. Образуются при внедрении подвижной магмы вдоль напластования осадочных пород. Подобные формы дают сибирские **базальты** - траппы.

Дайка - пластообразное, вертикальное или крутопадающее тело, имеющее большую протяженность по простиранию и падению при относительно небольшой мощности.

Некк и диатрема - тела, образовавшиеся при застывании лавы в подводящих каналах.

Некк (жерловина) - цилиндрическое тело, сильно вытянутое в вертикальном направлении. **Диатрема** похожа на некк, но заполнена пирокластическим материалом и обломками вмещающих пород.

На рис. 158 показаны основные формы залегания интрузивных тел.

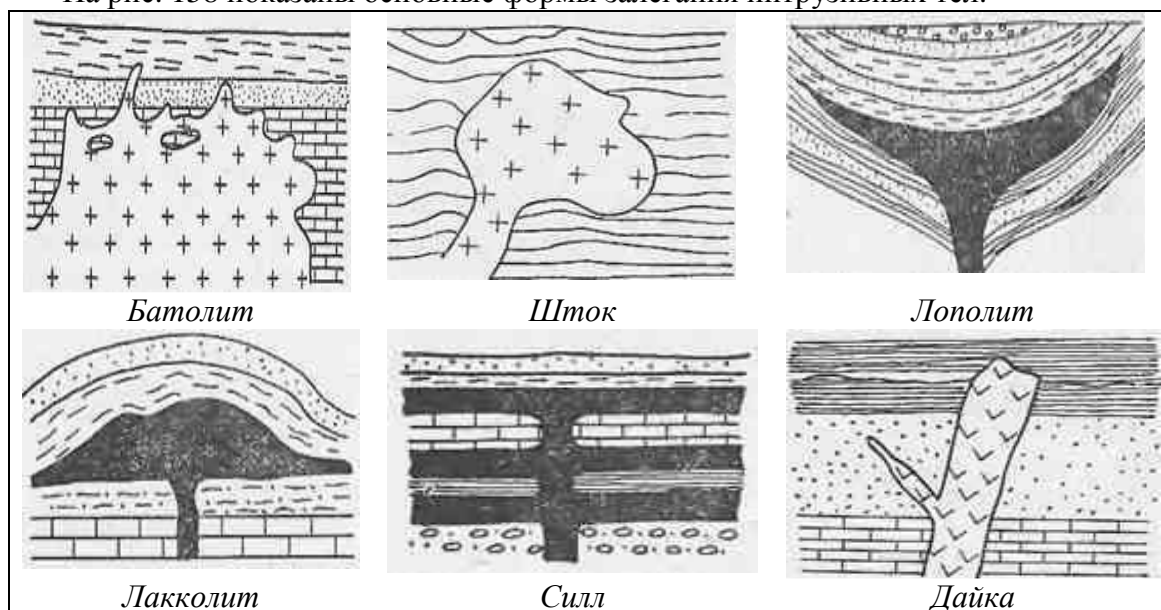


Рис. 158. Формы залегания интрузивных горных пород

ФОРМЫ ЗАЛЕГАНИЯ ЭФФУЗИВНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД

Формы залегания эффузивных пород (рис. 159) зависят от типа излияния магмы и её вязкости. Вытекающая из кратера жидкая лава стекает по конусам вулканов и заполняет пониженные участки поверхности с образованием **покровов** и **потоков**. Вязкая и малоподвижная лава не растекается, а образует **купола** и **конусы**.

Лавовый поток - языкообразная форма залегания эффузивных пород основного состава. **Лавовый щит** образуют кислые вязкие лавы, кристаллизующиеся вблизи жерла вулкана. **Лавовый покров** - плитообразные излияния, почти равные в ширину и длину. Свойственны базальтовым лавам.



Рис. 159. Формы залегания эффузивных горных пород

Как уже было сказано выше, магматические горные породы по способу образования разделяются на глубинные и излившиеся. Каждой глубинной магматической горной породе соответствует излившаяся магма того же химического состава. Дальнейшее разделение ведется по химическому составу, но с учетом минералогического. Чаще всего магма имеет силикатный состав, т.е. состоит из оксида кремния, оксида алюминия, а также химически связанных с ними оксидов калия, натрия, кальция, магния, железа, титана.

В зависимости от количества оксида кремния (кремнезема SiO_2), который входит в состав всех минералов группы силикатов, породы условно разделены на **кислые, средние, основные** и **ультраосновные**. В отдельную группу выделяются **щелочные** горные породы, содержащие примерно 20% щелочей (табл. 5).

ГЛАВНЫЕ МАГМАТИЧЕСКИЕ ГОРНЫЕ ПОРОДЫ

Таблица 5

ГРУППЫ ПОРОД	МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ	ИНТРУЗИВНЫЕ	ЭФФУЗИВНЫЕ
КИСЛЫЕ SiO_2 – более 65%	Кварц, калиевый полевой шпат	ГРАНИТ	ЛИПАРИТ (РИОЛИТ), КВАРЦЕВЫЙ ПОРФИР, ОБСИДИАН, ПЕМЗА
СРЕДНИЕ SiO_2 -65-52%	Плагиоклаз, амфибол	ДИОРИТ	АНДЕЗИТ, ПОРФИРИТ
	Калиевый полевой шпат, плагиоклаз, биотит, амфибол	СИЕНИТ	ТРАХИТ
ОСНОВНЫЕ SiO_2 - 52-45%	Плагиоклаз, пироксен, амфибол, оливин	ГАББРО	БАЗАЛЬТ, ДИАБАЗ
УЛЬТРАОСНОВНЫЕ SiO_2 – менее 45%	Пироксен, оливин, рудный минерал	ПЕРИДОТИТ	ПИКРИТ
	Оливин, рудный минерал	ДУНИТ	
	Пироксен	ПИРОКСЕНИТ	
ЩЕЛОЧНЫЕ SiO_2 примерно 55%	Полевые шпаты, нефелин, амфибол, пироксен, биотит	НЕФЕЛИНОВЫЙ СИЕНИТ	ФОНОЛИТ

НАИБОЛЕЕ РАСПРОСТРАНЕННЫЕ МАГМАТИЧЕСКИЕ ГОРНЫЕ ПОРОДЫ **ГРАНИТ**

Название породы связано с её зернистой структурой и происходит от латинского «гранум» - зерно.

Происхождение - интрузивная магматическая порода, кислая.

Минеральный состав. Граниты состоят из полевых шпатов, как калиевых, так и плагиоклазов, общее количество которых достигает 65-70%, и кварца - 25-35%. В небольшом количестве присутствуют слюды, роговая обманка. В зависимости от состава темноцветных минералов граниты подразделяются на биотитовые, роговообманковые и др.

Цвет. Высокое содержание светлых компонентов предопределяет светлые тона - голубоватый, желтоватый, розоватый, красноватый, зеленоватый, светло-серый. Своими цветовыми оттенками он обязан полевым шпатам.

Структура полнокристаллическая, как равномерно-, так и неравномернозернистая, крупно-, средне-, мелкозернистая.

Текстура массивная.

Разновидности. **Рапакиви** (гнилой камень) - крупнозернистый гранит с крупными зернами полевых шпатов, с порфировидной структурой. **Аляскит**, почти совсем лишенный темноцветных минералов и состоящий из щелочного полевого шпата (ортоклаза, микроклина) и кварца.

Формы залегания. Большей частью батолиты, штоки, лакколиты, реже дайки значительной мощности.

Формы отдельности. Плитняковая, матрацевидная.

Применение. Гранит используется как строительный и облицовочный материал.

РИОЛИТ (ЛИПАРИТ)

Название дано по месту первичного нахождения этих пород на о. Липари (Италия).

Происхождение - богатые кварцем излившиеся породы, производные гранитных магматических расплавов.

Минеральный состав такой же, как у гранитов. Риолит - плотная порода с мелкими вкраплениями зерен кварца, полевых шпатов.

Цвет белый, светло-серый, желтоватый, красноватый.

Структура неполнокристаллическая, без вкрапленников, порфировая с вкрапленниками кварца, калиевого полевого шпата, плагиоклаза.

Текстура однородная, флюидальная, сферолитовая.

Форма залегания - потоки.

Применение. В стекольной промышленности.

КВАРЦЕВЫЙ ПОРФИР

Порфирами принято называть породы, содержащие вкрапленники калиевого полевого шпата.

Название от греческого «порфирос» - пурпурный.

Происхождение. Излившаяся порода кислого и среднего состава, обычно измененная.

Минеральный состав. Калиевый полевой шпат (ортоклаз), плагиоклаз, кварц, биотит.

Цвет бурый, красный, желтый, зеленый, фиолетовый, сероватый, темно-серый и серый.

Структура порфировая. Порода плотная с мелкими, средними или крупными вкрапленниками. Вкрапленники матовые, сильно измененные.

Текстура однородная, массивная, флюидальная, что подчеркивается ориентировкой вкрапленников в направлении течения лавы.

Формы залегания - потоки, покровы.

Применение. Строительный материал.

ОБСИДИАН

Назван в честь римлянина Обсидиануса, впервые привезшего эту породу из Эфиопии.

Происхождение. Вулканическое стекло, по составу соответствующее риолиту.

Минеральный состав. Обсидианы практически лишены кристаллических выделений. Это пересыщенные кремнекислотой стекловатые породы. Летучие компоненты (особенно вода), составляющие около 3% и более, не могли удалиться из породы при её быстром остывании и затвердевании.

Цвет черный, серый, красно-бурый, сургучный, пятнистый и полосчатый.

Структура стекловатая. Излом раковистый.

Текстура массивная, флюидальная.

Применение. Поделочный камень.

ПЕМЗА

Название от латинского слова «пумекс», что значит - пена.

Происхождение. Вулканическое пенистое стекло. Возникают пемзы при внезапном улетучивании газов, преимущественно водяного пара, из лав в раскаленном состоянии.

Минеральный состав. Природные пенистые стекла образуются преимущественно из кислых магматических расплавов.

Цвет белый, серый, желтоватый, черный.

Структура «пенистая».

Текстура пористая. Вся масса пемзы, подобно губке, пронизана порами неправильной формы.

Благодаря большой пористости пемза легка, плавает в воде. Мелкопористые вулканические стекла называются **перлитом**.

Магматические горные породы **среднего** состава занимают промежуточное положение между кислыми и основными. Состоят из плагиоклазов, калиевых полевых шпатов и роговой обманки, реже авгита и биотита. Кварц обычно отсутствует, хотя есть разновидности, где количество кварца достигает 5-15%.

Интрузивные породы представлены **диоритами** и **сиенитами**, их эффузивные

аналоги соответственно **андезитами, порфиритами, трахитами.**

ДИОРИТ

Название от греческого «диорицейн» - различать.

Происхождение. Глубинная магматическая порода среднего состава.

Минеральный состав. Плаггиоклаз (андезин), иногда ортоклаз, микроклин, роговая обманка, авгит, биотит. Полевых шпатов до 75%, темноцветных минералов - 25%. Если присутствует кварц - 5-15%, то порода называется кварцевый диорит.

Цвет серый, темно-серый, зеленовато-серый.

Структура полнокристаллическая, средне- и мелкозернистая, редко крупнозернистая, порфировидная.

Текстура массивная, однородная, иногда шаровая.

Формы залегания. Штоки, краевые части массивов габбро, сиенитов, гранитов.

Применение. Строительный камень.

АНДЕЗИТ

Название от гор в Южной Америке - Анды.

Происхождение. Излившаяся порода, эквивалентна диоритовым магматическим расплавам. Андезитовые вулканы широко распространены в обрамлении Тихого океана.

Минеральный состав как у диорита. В основном плаггиоклаз (андезин) и роговая обманка, до 20% стекла.

Цвет темно-серый, черный.

Структура неполнокристаллическая, порфировая. Вкрапленники представлены плаггиоклазом, реже роговой обманкой, авгитом, биотитом. Основная масса чаще всего полукристаллическая.

Текстура пористая.

Формы залегания. Потоки, купола.

Формы отдельности. Столбчатые, радиально-лучистые.

Применение. Используется в качестве кислотоупорного материала.

ПОРФИРИТ

Структура порфировая.

Минеральный состав. Во вкрапленниках тусклые удлиненные зерна белого, желтоватого или зеленоватого плаггиоклаза.

Цвет в основном темный.

СИЕНИТ

Название дано по городу Сиене (Асуан) в Египте.

Происхождение. Глубинная магматическая порода среднего состава.

Минеральный состав. Кварца нет или очень мало. Преобладают ортоклаз, роговая обманка. Иногда присутствуют авгит и биотит.

Цвет розовый, серый, красный, белый.

Структура полнокристаллическая, крупно- и среднезернистая, мелкозернистая, иногда порфировидная.

Текстура массивная, однородная.

Форма залегания - шток.

Применение. Строительный камень.

ТРАХИТ

Название от греческого «трахис» - шершавый (большая часть трахитов кажутся шероховатыми на ощупь).

Происхождение. Трахиты охватывают большую группу молодых вулканических пород. Это излившиеся аналоги сиенитов.

Минеральный состав. Вкрапленники полевого шпата, роговой обманки, биотита, пироксена. В основной массе стекло.

Цвет красноватый, буроватый, желтоватый, серый, белый.

Структура порфировая. Основная масса неполнокристаллическая.

Текстура пористая, ноздреватая, флюидальная, текстура течения. Шероховатый на ощупь.

Форма залегания. Потоки, покровы.

Применение. Строительный материал.

НЕФЕЛИНОВЫЙ СИЕНИТ

Происхождение. Глубинная магматическая порода среднего состава.

Минеральный состав. Кварца нет. Основные минералы - нефелин, плагиоклаз и темноцветный минерал. В связи с непостоянством состава нефелиновые сиениты получили большое количество названий. **Хибинит** - ортоклаз, альбит, нефелин. **Миаскит** - щелочной полевой шпат, нефелин, биотит. **Мариуполит** - альбит, нефелин, эгирин.

Цвет зеленоватый, розоватый, серый, белый, желтоватый.

Формы залегания. Штоки, лакколиты.

Применение. Может использоваться как руда на алюминий. Строительный материал.

ФОНОЛИТ

Название от греческого «фонос» - звук, звон, «литос» - камень.

Происхождение. Излившийся аналог нефелинового сиенита.

Структура порфировая. Основная масса неполнокристаллическая.

Текстура массивная, плотная.

Цвет светлый.

Применение. Дорожно-строительный материал.

Горные породы, образованные из магмы основного состава, состоят из пироксенов и плагиоклазов. Характерно отсутствие кварца. В небольшом количестве могут присутствовать оливин, роговая обманка, биотит. Основные представители группы **габбро, базальт**.

ГАББРО

Название дано флорентийскими камнетесами.

Происхождение. Глубинная магматическая порода основного состава.

Минеральный состав. Плагиоклаз до 60%, пироксен до 40%, оливин от 0 до 40%, редко роговая обманка, иногда биотит.

Разновидность. **Лабрадорит**, почти на 100% состоящий из плагиоклаза.

Цвет темно-зеленый, темно-серый или черный.

Структура полнокристаллическая, от мелко - до крупнозернистой.

Текстура массивная, наряду с однородной характерна полосатая, линейная, шаровая текстуры.

Формы залегания. Штоки, линзы, интрузивные залежи, силлы, дайки.

Применение. Строительный и облицовочный материал.

БАЗАЛЬТ

Название от латинского «базальтес» - исковерканный, изуродованный или от греческого «базанитес» - камень из Базана и Сирии.

Происхождение. Вулканическая порода кристаллизуется из высокотемпературных основных лав, которые растекаются по земной поверхности, остывают и освобождают из себя газы..

Минеральный состав. Без микроскопа не определим. Под микроскопом обнаруживается состав, аналогичный габбро: плагиоклаз, авгит, оливин.

Цвет черный, темно-серый

Структура мелкозернистая, неполнокристаллическая. В неизменном состоянии основная масса плотная с занозистым изломом.

Текстура массивная, пористая.

Формы залегания в виде покровов, потоков, куполов, мощность которых на платформах составляет более километра, а по площади распространяются на сотни тысяч квадратных километров.

Темным массивным базальтам присвоено старинное шведское название **трапп**. **Трапп** или **траппар** - ступени лестницы древних лавовых потоков.

Разновидности. Полнокристаллический базальт - **долерит**. Базальт, образовавшийся при подводных излияниях и содержащий альбит - спилит.

Формы отдельности. Столбчатая, призматическая.

Применение. Строительный материал. Сырье для каменного литья.

ДИАБАЗ

Название от греческого «диабазис» - переход.

Происхождение. Излившиеся породы основного состава.

Минеральный состав. Точно определяется только под микроскопом.

Соответствует минеральному составу габбро. Так как диабазы сильно изменены вторичными процессами, в них интенсивно развиты хлорит, альбит и др. Во вкраплениях - удлиненные кристаллы плагиоклаза, авгита.

Цвет темно-зеленый благодаря развитию хлорита, темно-серый.

Структура полнокристаллическая, афанитовая, тонкозернистая, диабазовая или офитовая.

Текстура массивная, миндалекаменная. Миндалины могут быть заполнены кальцитом, цеолитом, халцедоном, опалом, хлоритом.

Форма залегания. Дайки, силлы, интрузивные залежи, покровы. Особенно часто встречаются диабазовые дайки разного размера. Диабазовые расплавы зарождаются в базальтово-габброидном слое земной коры и имеют важное геологическое значение. Большинство диабазовых излияний происходит в подводных условиях, где образуются подушечные, канатные или шаровые лавы.

Применение. Строительный и облицовочный материал. Сырье для каменного литья.

Ультраосновными (или ультрабазитами, или гипербазитами) названы породы, богатые оксидами железа и магния при почти полном отсутствии оксида алюминия и щелочей. Кремнезема содержат всего около 40-45%. Состоят исключительно из цветных минералов: оливина, пироксена, роговой обманки. Акцессорные минералы: хромит, магнетит, ильменит, платина и др.

Ультраосновные породы преимущественно **интрузивные**. Излившиеся аналоги встречаются крайне редко.

ПЕРИДОТИТ

Название от французского «перидот» - название минерала оливина.

Происхождение. Магматическая интрузивная порода ультраосновного состава.

Минеральный состав. Оливин, пироксен.

Цвет темно-зеленый, темно-бурый, черный, желто-зеленый.

Структура полнокристаллическая, от крупно - до мелкозернистой.

Текстура массивная, иногда ориентированная.

Форма залегания. Большая часть штоки, совместно с габбро, пироксенитами.

Применение. Строительный и облицовочный материал.

ДУНИТ

Название по горам Дун (Новая Зеландия).

Происхождение. Магматическая интрузивная порода ультраосновного состава.

Минеральный состав. Оливин, иногда хромит, магнетит.

Цвет темно-зеленый, почти черный, желтовато-зеленый.

Структура полнокристаллическая, средне- и мелкозернистая.

Текстура массивная.

Применение. Ценное огнеупорное сырьё.

Железосиликатные силикаты ультрабазитов под влиянием газовых и водных растворов легко разлагаются. Важнейшим процессом вторичного изменения ультраосновных пород является **серпентинизация** - превращение оливина в серпентин.

Серпентинизация происходит на значительной глубине и, строго говоря, должна быть отнесена к метаморфическим и метасоматическим явлениям.

ПИРОКСЕНИТ

Происхождение. Магматическая интрузивная порода ультраосновного состава.

Минеральный состав. Пироксен.

Цвет черный.

Структура полнокристаллическая, крупно- и среднезернистая.

Текстура массивная.

Форма залегания. Пироксениты чаще залегают в виде жилообразных внедрений в перидотитовых и габбровых массивах.

Применение. Строительный и облицовочный материал.

КИМБЕРЛИТ

Название дано по алмазному руднику Кимберли (Южная Африка).

Порода состоит из обломков ультраосновных пород, а также обломков вмещающих осадочных пород. Это брекчия, образовавшаяся в результате взрыва ультраосновной магмы и прорыва её в вышележащие породы. Обломки сцементированы глинистым материалом. В кимберлитах встречаются оливин, алмаз, пироп, циркон и др.

АПЛИТЫ И ПЕГМАТИТЫ

Аплиты и пегматиты по своему происхождению занимают самостоятельное место среди пород жильного типа. Их происхождение связано с остаточной магмой, богатой горячими газами и перегретыми парами из охлаждающегося магматического очага. Этот остаточный силикатный расплав, возникающий в глубинных условиях, устремляется по трещинам и разломам в верхние толщи и, постепенно охлаждаясь, кристаллизуется. Форма залегания преимущественно жильная, линзообразная, иногда неправильная, нередко ветвящиеся образования, а также штоки.

АПЛИТ

Название от греческого «гаплёос» - простой, т.е. порода с относительно простым минералогическим составом.

Происхождение. Магматическая жильная порода.

Минеральный состав. Аплиты являются производными гранитной или гранодиоритовой магмы, поэтому различаются гранит - аплиты, диорит-аплиты и бескварцевые сиенит-аплиты. В связи с этим минеральный состав разный.

Структура полнокристаллическая, мелко - и среднезернистая.

Текстура массивная.

ПЕГМАТИТ

Название от греческого «пегма», «пегматос» - крепко связанный.

Минеральный состав. Большая часть пегматитов является продуктом остаточной магмы при кристаллизации гранитов. Состав - кварц, полевой шпат (ортоклаз, микроклин), биотит, мусковит. Наряду с гранитным пегматитом выделяют сиенитовый пегматит, габбро-пегматит, нефелин-сиенитовый пегматит. У каждого соответствующий минеральный состав.

Структура полнокристаллическая, гиганто- и крупнозернистая. В гранитных пегматитах структура пегматитовая (графическая), характеризуется закономерным сростанием калиевого полевого шпата и кварца. Вростки кварца имеют своеобразную угловатую форму, часто напоминающую древние письма (письменный гранит, «еврейский камень»).

Текстура массивная.

Форма залегания. Пегматиты образуют неправильной формы жилы и линзы огромных размеров. Строение жил часто зональное.

ТЕМА 6: ШАГ 3 КАМЕННОЕ МОРЕ

6.3. Петрографическое разнообразие. Осадочные и метаморфические породы

*(классификация, минеральный состав,
текстурные и структурные особенности,
главные типы пород)*



Всё, что существует на Земле, рано или поздно разрушается, распадается на свои составные части. Поверхность суши, открытая солнцу, воде, воздуху и живым существам, меняется особенно быстро. Подвергаясь экзогенным геологическим процессам, в частности **выветриванию**, ранее образованные горные породы разрушаются. Продукты разрушения могут быть различны по своим размерам - от крупных глыб до мельчайших пылинок и отдельных химических соединений. Частицы пород, перемещенные водой, ледниками, ветром, в конце концов, где-то на суше или в морях отлагаются в виде осадка. После отложения осадок перекрывается слоями верхних осадков, оказывается погруженным на определенную глубину, где начинается его обезвоживание, уплотнение, цементация, перекристаллизация, иногда с образованием новых минералов. В результате образуется плотная **осадочная горная порода**.

Осадочные горные породы покрывают около 75% площади современных континентов, достигая мощности иногда в несколько километров. С осадочными породами связаны нефть, каменный уголь, горючие сланцы, фосфориты, россыпные месторождения золота, алмазов и других полезных ископаемых.

Часто сами осадочные породы являются полезными ископаемыми - руды железа, алюминия, марганца, калийные и другие соли, сырьё для строительных материалов и т. д.

Содержащиеся в осадочных породах окаменелости дают возможность воссоздать летопись истории жизни на Земле. Структурно-текстурные особенности осадочных пород позволяют расшифровать условия образования пород, сложную геологическую историю того или иного региона, что немаловажно при поисках и разведке месторождений полезных ископаемых

В основу **классификации** осадочных горных пород положено их происхождение и минеральный состав.

По способу накопления осадков различают породы **обломочные, хемогенные и органогенные**. В особую группу выделены **глинистые** породы.

ОСАДОЧНЫЕ ОБЛОМОЧНЫЕ ПОРОДЫ

Если частицы разрушенной материнской породы были унесены ветром или водой, или просто скатились с горы к её подножию, то такие осадки и образованные из них осадочные породы называются обломочными (рис. 160). А ещё они называются терригенными, от латинского «терра» - земля и греческого «генос» - происхождение. Терригенный осадок всегда представляет собой скопление обломков пород, минералов, иногда с остатками раковин и растений. Размеры обломков могут быть самыми разными, а название породы зависит от их размеров, окатанности и степени сцементированности.

Определяя размер обломочных зерен в осадочной породе, мы сразу определяем структуру обломочной породы. В основу названия структур положены греческие слова: **псефиты** («псефос» - галька, камешек), **псаммиты** («псаммос» - песок, песчаная земля), **алевриты** («алеврон» - мука), **пелиты** («пелос» - глина, илы).

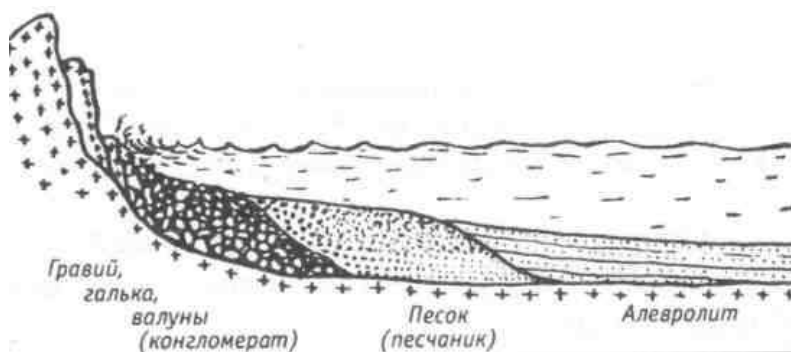


Рис.160. Образование осадочных обломочных пород

Таблица 6

КЛАССИФИКАЦИЯ ОБЛОМОЧНЫХ ПОРОД

Размер обломков, мм	ХАРАКТЕР ОБЛОМКОВ И ОТЛОЖЕНИЙ				ОСНОВНЫЕ СТРУКТУРЫ
	РЫХЛЫЕ		СЦЕМЕНТИРОВАННЫЕ		
	Обломки окатанные	Обломки угловатые	Обломки окатанные	Обломки угловатые	
Более 1000	валуны крупные	глыбы			псефитовые (грубообломочные)
100-1000	валуны	Мелкие глыбы			
10-100	галечник	щебень	конгломерат	брекчия	
2-10	гравий	дресва	гравелит		
0,1-2	песок		песчаник		
0,01- 0,1	алеврит		алевролит		псаммитовые (песчаные)
Менее 0,01	пелит (глина)		аргиллит		алевритовые
					пелитовые

Перемещаясь под действием собственного веса, воды или ветра, обломки начинают истираться, шлифоваться, полироваться. По результату этих процессов - **окатанности** - геологи могут определить условия среды, где это происходило.

Например, по форме галек в конгломератах можно проследить древнюю морскую береговую линию или ископаемую горную реку, а по форме и окатанности песчинок определить, где они образовались и накопились: в реке, море или пустыне.

По **степени окатанности** обломки подразделяются (рис. 161):

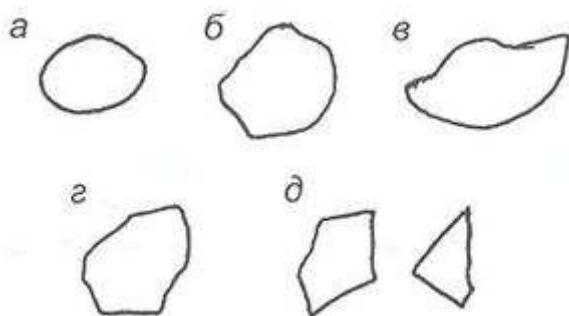


Рис. 161. Степень окатанности обломков:
а) хорошо окатанные; б) окатанные;
в) полуокатанные; г) неокатанные;
д) угловатые

Степень окатанности зависит от дальности переноса, твердости минералов, величины обломков и др.

Как бы долго обломки не перемещались, в конце концов, они находят себе спокойное убежище. Как только движение их прекращается, поры между ними начинают заполняться любым материалом, который приносит вода в твердом или растворенном состоянии. Перенесенный материал скрепляет обломки и поэтому называется цементом.

Состав цемента зависит от физико-химической обстановки бассейна, в котором происходит цементация, и может быть **мономинеральным** и **полиминеральным**.

Мономинеральный цемент - кальцитовый, фосфатный, кремнистый, гидрогётитовый, глауконито-фосфатный, глинисто-гидрогётитовый.

По соотношению обломков и цементирующего материала выделяют несколько типов цемента. Ниже приведены некоторые из них (рис.162).

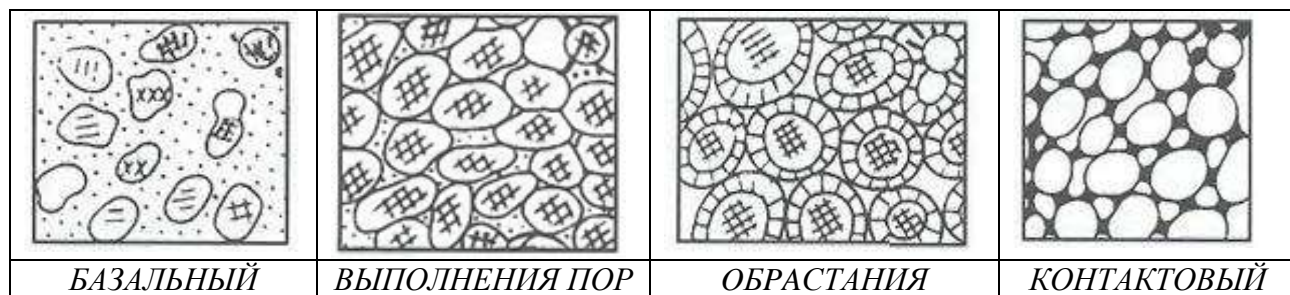


Рис. 162. Типы цемента.

ОПИСАНИЕ ОСАДОЧНЫХ ОБЛОМОЧНЫХ ПОРОД

КРУПНООБЛОМОЧНЫЕ ПОРОДЫ (ПСЕФИТЫ)

Глыбы - неокатанные угловатые обломки несцементированных горных пород более 100 мм.

Валуны - окатанные обломки несцементированных горных пород размером более 100 мм.

Щебень - рыхлая горная порода, состоящая из остроугольных обломков размером от 10 до 100 мм.

Дресва - рыхлая горная порода, состоящая из угловатых обломков размером от 2 до 10 мм. Часто является элювием (корой выветривания) гранитов.

Галечник и **гравий** образуются при переносе щебня и дресвы водными потоками или в зоне приобья. В процессе переноса окатываются, приобретая хорошо отполированные округлые формы.

Брекчия представляет собой сцементированные неокатанные обломки, размер которых более 10 мм. Цемент может быть различным. Обломки однородные и неоднородные по составу. Брекчии образуются в результате обвалов, оползней, выщелачивания, а также при тектонических движениях (тектоническая брекчия).

Конгломерат (от латинского «конгломератус» - скопившийся, собранный). Грубообломочная сцементированная порода, состоящая из галек диаметром более 10 мм и более мелкого связующего материала. Обломки минералов и пород в конгломератах всегда окатаны (галки, гравий) в отличие от брекчий, где они имеют остроугольную форму.

Гравелит - конгломерат, величина обломков соответствует гравию (2-10 мм).

СРЕДНЕОБЛОМОЧНЫЕ ПОРОДЫ (ПСАММИТЫ)

Пески по величине зерна разделяются на крупнозернистые - 0,5-2 мм, среднезернистые - 0,25-0,5 мм и мелкозернистые - 0,1-0,25 мм.

Минеральный состав. Наиболее распространенным минералом песков является кварц. Чисто кварцевые пески относятся к **мономинеральным**. Пески, состоящие из двух минералов, называются **олигомиктовые**, а состоящие из нескольких - **полимиктовые**. Пески, содержащие в своем составе полевой шпат, называются **аркозовые**. В том или ином количестве в песках могут быть встречены глауконит, слюда, карбонаты, магнетит, монацит, циркон, золото, платина, касситерит и др.

Происхождение. Пески могут быть речными, морскими, озерными, дюнными. Степень окатанности зерен различная: от угловатых до хорошо скатанных (морские пески).

Песчаники представляют собой сцементированные пески. Среди них можно выделить те же разновидности по составу, размеру, окатанности зерен, что и у песков. В определение песчаника включают также состав цемента (известковый, глинистый, кремнистый и др.) и тип цементации.

Разнородные грубозернистые песчаники сложного состава, содержащие обломки некоторых основных эффузивных пород, называются **граувакка** (от немецкого «грау» - серая, «вакка» - глина).

Полимиктовые песчаники, обогащенные пирокластическим материалом, называют **туфогенными**. Нахождение их в геологическом разрезе указывает на оживление вулканической деятельности в данный период.

Пески и песчаники применяются во многих отраслях промышленности и широко используются для разнообразных строительных целей.

МЕЛКООБЛОМОЧНЫЕ ПОРОДЫ (АЛЕВРИТЫ И АЛЕВРОЛИТЫ)

Мелкообломочные породы занимают промежуточное положение между песчаными и глинистыми породами и имеют более ограниченное распространение.

Алевритами называют тонкозернистые пылевидные породы морского, речного и эолового происхождения. Размер обломков от 0,01 до 0,1 мм. Характерной породой среди алевритов является **лёсс**.

Лёсс представляет собой однородную породу светло-желтого цвета, состоящую из кварца, глины, кальцита, в небольшом количестве присутствуют некоторые другие минералы и известковые конкреции - журавчики. Для лёсса характерны высокие пористость и водопроницаемость. Лёсс легко растирается в пыль. Близкими к лёссу породами являются лёссовидные суглинки. Они слоистые, более грубозернисты, содержат больше песчаного материала. Лёссовидные суглинки имеют различное происхождение.

Алевролиты (не путать с алевритами!) - сцементированный лёсс или лёссовидный суглинок. Очень похожи на твердые глинистые породы, особенно глинистые сланцы. Цемент в алевролитах преимущественно известковый или кремнистый. В воде не размокает. Алевролиты хрустят на зубах.

ГЛИНИСТЫЕ ПОРОДЫ (ПЕЛИТЫ)

Глинистые породы образовались в результате механического и химического выветривания. Размер механических зерен меньше 0,01 мм. В состав глин входят минералы группы каолинита, группы монтмориллонита и гидрослюд. Глинистые породы содержат различное количество примесей, таких как лимонит, гематит, гипс, пирит, марказит и др.

По химическому составу глинистых пород можно уверенно сказать, в какой обстановке они образовались. Химически трудно разлагающиеся минералы составляют механический остаток в глинах. Полевые шпаты при выветривании разлагаются до каолинита. Подобное разложение претерпевают темные основные силикаты, причем высвобождающиеся магний и железо входят в состав глинистого минерала монтмориллонита.

Геологические условия для осаждения тонких глинистых частиц создаются в устьях рек, в краевых областях морей и глубоких озерах, в долинах рек и потоков, где взвешенные частицы, образующие речную муть, осаждаются в виде илов, тончайших алевритов, суглинков.

Цвет белый, черный, серый, зеленоватый, бурый, желтый и любой другой.

Глина прилипает к языку, смоченная водой - скатывается пальцами в жгутик. При намокании разбухает. Если на неё подышать, издает землистый запах.

Разновидности. Тощие глины содержат много кварца, опала, халцедона. **Жирные глины** (огнеупорные) богаты каолином, жирные на ощупь.

Применение. Строительный, огнеупорный, поделочный материал.

Аргиллиты - плотные, лишенные воды и сцементированные глинистые породы, не размокающие в воде. Цементом в них часто служит халцедон. Иногда они имеют ложную

слоистость-сланцеватость, что выражается в раскалывании на тонкие пластинки. Это указывает на незначительные метаморфические изменения. Породы с четко выраженной сланцеватостью - **глинистые сланцы** или **филлиты** относятся уже к метаморфическим.

Помимо чисто глинистых пород, в природе широко распространены смешанные песчано-глинистые породы - супеси и суглинки. Супеси содержат до 20-30% глинистых частиц, а остальное - песчаная составляющая, а суглинки - до 40-50%.

К обломочным породам относятся смеси пирокластического и осадочного материала или чисто пирокластического состава. Это туфогенные песчаники и туффиты, которые имеют вулканогенно-осадочное происхождение.

ХИМИЧЕСКИЕ И ОРГАНОГЕННЫЕ ОСАДОЧНЫЕ ПОРОДЫ

Химические осадки образуются путем выпадения – кристаллизации минералов из растворов, как правило из морской или подземной воды, в результате различных реакций. Эти реакции вызываются увеличением концентрации того или иного компонента, изменением температуры растворов, коагуляцией коллоидов. В стадию диагенеза (уплотнения) из этих осадков образуются **хемогенные** осадочные горные породы.

Органогенные или **биогенные** породы образуются целиком или частично из остатков животных и растительных организмов. Весьма часто хемогенный и биогенный процессы протекают в природе одновременно и тогда образуются **биохимические** породы (рис. 163).



Рис. 163. Образование химических и биогенных осадочных пород

Классифицируют хемогенные и биогенные породы по их химическому и минеральному составу. Ниже перечислены наиболее распространенные хемогенные и органогенные породы их состав.

Алюминиевые - диаспор, гиббсит, бёмит.

Железистые - гидрогётит, гематит, сидерит, железистые хлориты.

Фосфатные - фосфорит.

Кремнистые – кварц, опал.

Карбонатные - кальцит, магнезит, доломит.

Сульфатные - гипс, ангидрит, мирабилит.

Галоидные - галит, карналлит, сильвин.

Каустобиолиты - уголь, торф, горючий сланец.

Структуры. По размеру зерен выделяют кристаллические и скрытокристаллические структуры. По форме зерен в хемогенных породах различают оолитовую и сферолитовую, а в биогенных - биоморфную (раковины целые) и органогенно-детритовую (порода состоит из обломков раковин).

ОПИСАНИЕ ХЕМОГЕННЫХ И БИОГЕННЫХ ОСАДОЧНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД БОКСИТ

Название дано по месторождению le Vaux (Южная Франция).

Происхождение. Хемогенная осадочная порода, образованная как химический осадок путем отложения коллоидных растворов. Может образоваться и как механический осадок в результате сноса и переотложения латеритных пород.

Минеральный состав. Породообразующие минералы: гиббсит, бёмит, диаспор. Присутствуют гематит, гидроксид железа, каолинит, опал, окиси марганца и др.

Цвет. Бокситы характеризуются исключительным разнообразием внешнего вида. Цвет зависит от примесей. Чаще всего они бывают красными, бурыми, коричневыми. Но бывают серые, белые, желтые, черные.

Структура и текстура. Бокситы обычно землистые, пористые, оолитовые, бобовые и обломочные.

Применение. Используются для получения алюминия, искусственных абразивов.

ЛАТЕРИТЫ

Название от латинского «латер» - кирпич. Представляют собой элювиальные образования при выветривании магматических пород в тропических и субтропических климатических зонах. Они богаты глиноземом и состоят в основном из диаспора, гиббсита и гидроксидов железа. Латериты имеют большое значение для поисков и разведки бокситов.

ЖЕЛЕЗИСТЫЕ ОСАДОЧНЫЕ ПОРОДЫ

Железистые породы образуются в результате латеритного выветривания массивов ультраосновных пород или путем выпадения из растворов. Большое значение при осаждении железистых пород и руд имеет кислородный режим среды. В зависимости от количества свободного кислорода выпадают оксиды (гётит, гидрогётит, гематит), карбонаты (сидерит) и силикаты (железистые хлориты) железа. Наиболее распространены **лимониты**, представляющие собой механическую смесь гидроксидов железа с глинистым и, частично, песчаным материалом.

Цвет железистых пород обычно бурый различных оттенков, нередко они имеют оолитовую структуру (бобовые руды), часто охристые, ячеистые, иногда в натечных формах и конкрециях. **Сидериты** образуют сплошные мелкозернистые массы или желваки и конкреции в глинистых породах. При метаморфизме осадочные железные руды обезвоживаются и переходят в гематит и магнетит.

МАРГАНЦЕВЫЕ ОСАДОЧНЫЕ ПОРОДЫ

Эти породы имеют меньшее распространение по сравнению с железистыми породами, но также чрезвычайно важны в промышленном отношении.

Марганец переносится в виде коллоидных соединений, которые осаждаются на больших глубинах, чем соединения железа. Возможно, что в образовании марганцевых пород и руд участвуют бактерии. Руды представлены как пиролюзитом так и другими оксидами марганца, либо родохрозитом. Имеют оолитовое строение, часто мягкие, сажистые. Залегают сплошными пластами или в виде линз и конкреций.

Скопление пород, содержащих марганец, широко распространены в глубоководных океанических осадках. Накопление марганца происходит в результате коагуляции коллоидных соединений марганца, принесенных с континента. Так образуются марганцевые конкреции и корки.

ФОСФАТНЫЕ ОСАДОЧНЫЕ ПОРОДЫ

ФОСФОРИТЫ

Фосфоритами называют различные осадочные породы (песчаники, глины, мергели), обогащенные кальциевыми соединениями фосфорной кислоты.

По внешнему виду фосфориты очень разнообразны. Цвет их серый до черного. Встречаются пластовые фосфориты, похожие на известняк, песчаник, кремнь и желваковые - в виде конкреций.

Встречаются ракушечные фосфориты, сложенные обломками ракушек, створки которых содержат фосфат кальция.

КРЕМНИСТЫЕ ОСАДОЧНЫЕ ПОРОДЫ

РАДИОЛЯРИТЫ

Это слабо сцементированные кремнистые породы желто-серого или красноватого цвета, состоящие более чем на 50% из скелетов

радиолярий - морских одноклеточных организмов с кремнистым скелетом.

ДИАТОМИТЫ

Сцементированные или рыхлые (диатомовая земля) кремнистые породы, состоящие из остатков диатомовых водорослей или диатомей. Рыхлый диатомит нередко называют кизельгуром. В диатомитах также встречаются скелеты радиолярий и губок. Из минеральных примесей часто присутствует глинистое вещество, зернышки кварца и глауконита.

Диатомит - легкая, пористая, мягкая на ощупь и липнущая к языку порода. Цвет её белый или светло-желтый.

ТРЕПЕЛ

Порода очень похожая на диатомит, но состоящая из мелких (0,01-0,001 мм) опаловых или кремниевых зернышек. По внешнему виду представляет собой рыхлую, пористую, мучнистую породу, но может быть плотным, компактным. Цвет белый, желтый, бурый, серый.

Благодаря большой пористости трепелы, как и диатомиты, обладают адсорбирующими свойствами, поэтому применяются как фильтрующий материал.

ОПОКА

Опаловидная пористая порода, очень похожая на трепел. От последнего отличается более плотной текстурой и раковистым сколом.

ЯШМА

Плотные халцедоновые породы, значительную часть которых составляют примеси и красящие вещества. Окраска яшм разнообразна и зависит от незначительного количества минералов-примесей, красящих её в разные оттенки, например гранаты, окрашивают яшмы в розовый цвет, гематит – в сургучный, хлорит и актинолит – в зеленый. Лучшие в мире яшмы находятся на Южном Урале.

ГЕЙЗЕРИТ

К кремнистым осадочным породам относятся гейзериты и другие кремнистые туфы, образовавшиеся при действии гейзеров или горячих источников. Состоят из опала, встречаются в виде корок, натёков, гроздевидных или почковидных образований. По внешнему виду похожи на известковый туф, но не реагирует с соляной кислотой. Белые, светло-коричневые или пестро-окрашенные.

КАРБОНАТНЫЕ ОСАДОЧНЫЕ ПОРОДЫ

Карбонатные породы наиболее распространены среди осадочных пород химического и биохимического происхождения, они представлены известняками, доломитами и мергелями.

ИЗВЕСТНЯКИ

По происхождению среди известняков различают два главных типа: известняки органогенного происхождения и известняки химического происхождения.

В основном известняки имеют органогенное происхождение. Они образуются за счет известковых скелетов и остатков раковин животных и растений (зоогенные и фитогенные известняки). Раковины или скелеты могут сохраниться полностью или претерпеть дробление, разрушение, перекристаллизацию. В том случае, когда известняк состоит из целых или битых раковин, он называется **ракушечником**. В зависимости от преобладания остатков тех или иных организмов различают известняки криноидные, фузулиновые, нуммулитовые, брахиоподовые и др.

К органогенным известковым породам принадлежит **мел** - белая землистая порода, сложенная из мелких частиц порошковатого кальцита, раковин фораминифер и одноклеточных морских водорослей с известковым панцирем (кокколитов).

Известняки химического происхождения могут быть тонкозернистыми, нередко имеют оолитовое концентрическое строение, встречаются натечные образования - **сталактиты, сталагмиты, корки** и др.

Окраска известняков светлая, белая, серая, реже черная.

Минеральный состав. Кальцит. Примеси - глинистый материал, доломит, глауконит, гидроксиды железа, соли.

Применение. Широко используются в качестве строительного материала, при изготовлении извести, в металлургическом и цементном производстве.

ДОЛОМИТ

Осадочная порода, состоящая из минерала доломита. Часто содержится примесь кальцита, глинистого материала. Между доломитами и известняками имеются промежуточные разновидности, которые называют **доломитизированными известняками**.

По внешнему виду доломиты - желтовато-белые породы, иногда с буроватым оттенком, иногда черные. В соляной кислоте растворяются с трудом без шипения и хорошо - в порошок.

МЕРГЕЛЬ

Известково-глинистая порода с содержанием глинистого материала до 30—50%. Цвет обычно пестрый, серый.

Мергели - хорошее сырьё для цементной промышленности.

ТЕКСТУРЫ ОСАДОЧНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД

В осадочных горных породах выделяют **текстуры первичные**, которые возникают в период накопления осадка или существования его в неотвердевшем состоянии, и **вторичные**, которые образуются в период превращения осадка в горную породу или при дальнейших изменениях породы.

Важное значение имеют слоистые текстуры, обусловленные чередованием слоев разных осадочных образований, или поверхностями напластования, отвечающими коротким перерывам в осадконакоплении одной и той же породы. Слоистость вызывается разными причинами: изменением размера обломков или состава пород, одинаковой ориентировкой осадочного материала, наличием конкреций, раковин и др.

Слоистость чрезвычайно разнообразна. Слои могут быть гигантскими и микроскопическими, параллельными и перекрестными, горизонтальными и косыми и т.д.

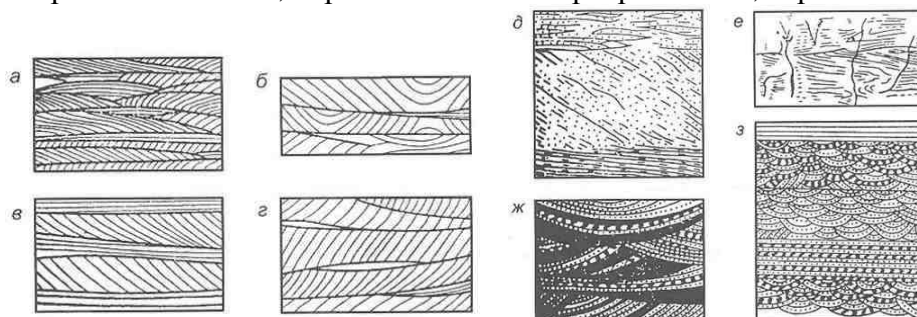


Рис. 164. Типы косой и волнистой слоистости: а) эоловой; б) эоловой мигрирующих дюн; в) временных потоков; г) речной; д) дельтовый; е) морской; ж) и з) ряби мелководья

На границах слоев нередко можно заметить следы ряби, течений, отпечатки дождя, следы животных и др. Для диагностики осадочных пород слоистость малопригодна, так как тип слоистости практически не связан с составом породы. Несмотря на это, слоистость всегда тщательно изучается, поскольку она дает возможность правильно определить генезис, т.е. условия, в которых образовался осадок. На рисунках 164, 165 изображены типы слоистости и ряби.

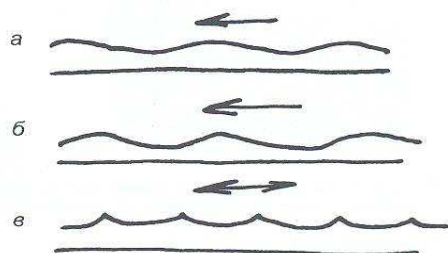


Рис. 165. Различные типы ряби: а) эоловой (ветровой); б) течения; в) волнения

Формирование осадочных пород представляет собой сложный и длительный процесс, связанный с экзогенными факторами. В образовании осадочных пород можно выделить следующие **стадии**:

1. Образование исходного осадочного материала; 2. Перенос осадочного материала; 3. Накопление осадка; 4. Преобразование осадка в осадочную породу (**диагенез**); 5. Изменение осадочной породы до начала метаморфизма или начала выветривания.

Первичной формой залегания осадочных образований является **слой** - геологическое тело, сложенное однородной осадочной породой (рис 165). Он ограничен двумя параллельными поверхностями, имеет постоянную мощность и занимает значительную площадь.

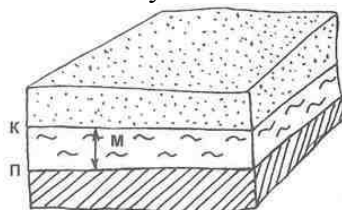


Рис. 166. Элементы слоя: К - кровля; П - подошва; М -

истинная мощность

Поверхность, ограничивающая слой снизу, называется **подошвой**, сверху - **кровлей**. Толщина слоя называется **мощностью**.

Истинная мощность - **кратчайшее расстояние между кровлей и подошвой** (рис. 166).

Помимо термина «слой», в практике употребляется термин «**пласт**». Пласт может заключать в себе несколько слоев. Когда говорят о слоистых толщах, подразумевается чередование слоев. В ненарушенном состоянии слоистые толщи залегают согласно, при этом границы слоев практически параллельны, а молодые слои последовательно залегают на более древних. Такое положение границ сохраняется и при наклонном, и при складчатом залегании слоев, подвергшихся тектоническому воздействию (рис. 167).



Рис. 167. Согласно залегание осадочных горных пород.

Прекращение осадкообразования, вызываемое обычно поднятием земной коры, а также разрушение, размыв, приводит к отсутствию тех или иных пород в разрезе. В этом случае стратиграфическая последовательность прерывается. Такое залегание слоистых толщ носит характер **несогласного залегания** (рис. 168).

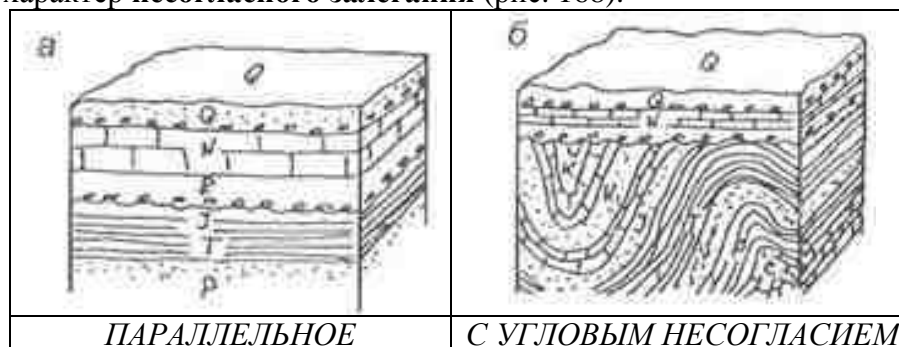


Рис. 168. Несогласное залегание осадочных горных пород

МЕТАМОРФИЧЕСКИЕ ГОРНЫЕ ПОРОДЫ

Под **метаморфизмом** понимают изменение уже существующих пород - магматических и осадочных, при котором образуются новые породы с новым минеральным составом, особой структурой и текстурой. Породы, испытавшие слабый метаморфизм, имеют сложный минеральный состав. В таких породах можно встретить и первичные минералы, и минералы, возникшие во время метаморфизма. При полном, глубоком метаморфизме химические элементы реорганизуются в очень малое количество минералов (от 2 до 6) и минеральные ассоциации становятся простыми.

При метаморфизме химический состав пород обычно мало меняется, и, следовательно, минеральные, структурные и текстурные изменения обусловлены физическими условиями во время перекристаллизации.

Преобразования, происходящие при метаморфизме, могут быть **физические** и **химические**. Хотя они происходят одновременно, их можно рассматривать отдельно.

Физические. Это разрушение зерен, перекристаллизация, взаимное прорастание зерен, увеличение размера зерен, параллельная ориентировка удлиненных или плоских зерен. Конечная структура определяется характером первичного материала, типом происходившего метаморфического процесса и его интенсивностью.

Химические. К этим преобразованиям относятся формирование новых минеральных ассоциаций либо путем перекристаллизации уже существующего материала, либо путем привноса или удаления некоторых химических веществ, которые перемещаются в виде ионов вместе с газами или жидкостями. При этом может измениться даже химический состав минералов.

ПРИЧИНЫ МЕТАМОРФИЗМА

Непосредственными причинами, вызывающими метаморфизм, являются **давление, высокая температура и циркуляция высокотемпературных газовых и водных растворов (флюидов)**.

Давление представляет собой либо вертикальную нагрузку, обусловленную весом вышележащих пород, либо гидростатическое давление растворов, находящихся между зернами, которое увеличивается с глубиной. Еще одно **давление - ориентированное**, связанное с тектоническими давлениями.

Тепло может быть общим теплом Земли, либо локальным теплом, вызванным трением, либо теплом магматических интрузий.

Активные растворы включают в себя горячие газы, особенно водяной пар и углекислый газ, и горячие растворы с ионами натрия, кальция, фтора, бора, серы.

Метаморфизм всегда связан с магматической или тектонической деятельностью. В верхних частях земной коры он проявляется в результате интрузивной деятельности и происходит на ограниченных участках земной коры (**локальный, контактовый метаморфизм**). В более глубоких зонах вызывается повышенным давлением, тектоническими движениями и охватывает большие площади (**региональный метаморфизм**).

Контактовый метаморфизм связан, в основном, с воздействием на вмещающие породы внедряющихся магматических масс (температура, растворы). Иногда контактовый метаморфизм называют **термальным**. Выражается он в образовании в контакте с интрузией «закаленных» пород - **роговиков** (по песчано-глинистым породам) и **мраморизованных известняков** (по карбонатным породам). Химический состав пород при этом существенно не меняется (рис. 169).

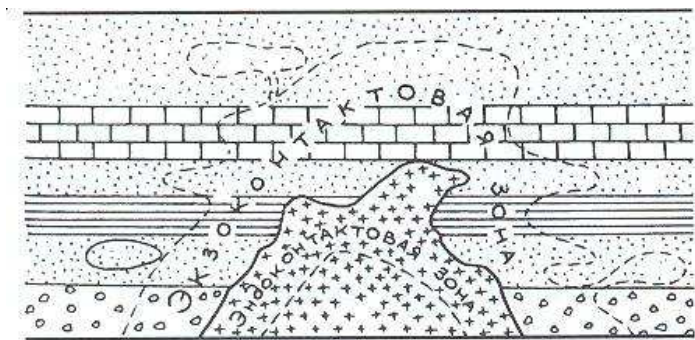


Рис. 169. Зоны контактового метаморфизма

Реакция между магматической и вмещающей осадочной породой происходит особенно интенсивно, когда в контактовую зону попадают постмагматические растворы, нередко приносящие новые вещества. По своей природе эти растворы являются **гидротермальными**.

Растворы просачиваются сквозь боковые породы, реагируют с ними, замещают их. Так образуются **метасоматические** тела.

Под **метасоматозом** понимают замещение горной породы с изменением химического состава, при котором растворение старых минералов и образование новых происходит почти одновременно, так что в процессе замещения порода всё время сохраняет твердое состояние. Эту разновидность контактового метаморфизма называют **контактово-метасоматическим**.

Региональный метаморфизм охватывает огромные пространства и мощные толщи пород. Важнейшими факторами регионального метаморфизма являются высокая температура, огромное давление вышележащих пород, воздействие жидких и газовых растворов. В зависимости от соотношения температуры и давления и того или иного количества растворов меняется степень метаморфизации пород. По этим признакам выделяются различные **зоны метаморфизма**, которым свойственны определенные метаморфические породы.

Ориентированное сжатие вызывает в породах деформацию скалывания, разрушает их и приводит к скольжению слагающих породу минералов по плоскостям спайности. Это сжатие, перераспределяя положение разрушенных частиц, заставляет фрагменты горной породы расположиться в виде **параллельных полос**. Некоторые зерна, благодаря пластичному течению, уплощаются. Затем все фрагменты спаиваются вместе, происходит увеличение размеров кристаллов и рост новых минералов. Формируются новые чешуйчатые минералы - хлорит, биотит, мусковит, тальк, роговая обманка. Например, это хорошо прослеживается при метаморфизме аргиллита (рис. 170). Зерна кварца уплощаются и ориентируются параллельно направлению наибольшего сжатия. Глинистые частицы перекристаллизуются в тонкие чешуйки слюды, расположенные параллельно. Упорядоченная ориентировка зерен позволяет глинистому сланцу легко раскалываться по параллельным плоскостям.

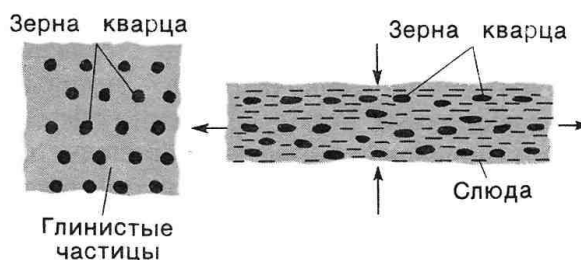


Рис. 170. Преобразование аргиллита в глинистый сланец

При более сильных изменениях из глинистых сланцев формируются **филлиты**, а затем **кристаллические сланцы**. При этом наблюдается постепенное увеличение размеров зерен и **листоватая (сланцеватая) текстура**.

Граниты и другие крупнозернистые породы могут изменяться до сланцеватых

метаморфических пород, которые называются **гнейсами**. Типичные гнейсы состоят из светлоокрашенных полос или линз полевого шпата и кварца, чередующихся со слоями или полосами темно-окрашенных биотита или роговой обманки. Сланцеватость в гнейсах обычно несовершенна и называется **гнейсовидностью** (рис. 171).

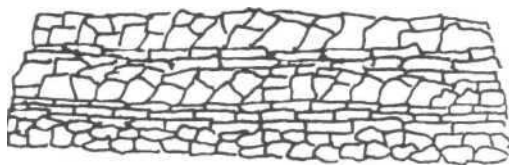


Рис. 171. Гнейсовидная текстура

Разновидностью регионального метаморфизма является **ультраметаморфизм**. Он проявляется в глубоких частях земной коры в складчатых областях и представляет собой высшую ступень метаморфизма. Для ультраметаморфизма характерно частичное или полное расплавление пород. Полное расплавление называется **палингенезом**, частичное - **анатексисом**. Расплавы проникают во вмещающие породы. Происходит как бы инъекция расплавленного магматического материала (обычно гранитного состава) во вмещающие породы и образование смешанных пород, состоящих из материала исходной породы и расплава. Смешанные породы называются **мигматитами**.

С ультраметаморфизмом тесно связаны процессы **гранитизации** - превращение различных пород, преимущественно осадочных, в граниты.

Метаморфические породы, как правило, сохраняют форму залегания тех пород, из которых они образовались. Это часто помогает выяснить их генезис.

Структуры метаморфических пород сходны со структурами глубинных магматических пород, но, в отличие от последних, у них нет ярко выраженного порядка выделения минералов, ибо образование кристаллических зерен идет в результате **бластеза** (**кристаллобластеза**), т.е. процесса перекристаллизации в твердом состоянии.

Структуры метаморфических пород возникают в процессе перекристаллизации в твердом состоянии, или **кристаллобластеза**. Такие структуры называются **кристаллобластовыми**.

По форме минеральных зерен и их расположению различают структуры (рис. 172):

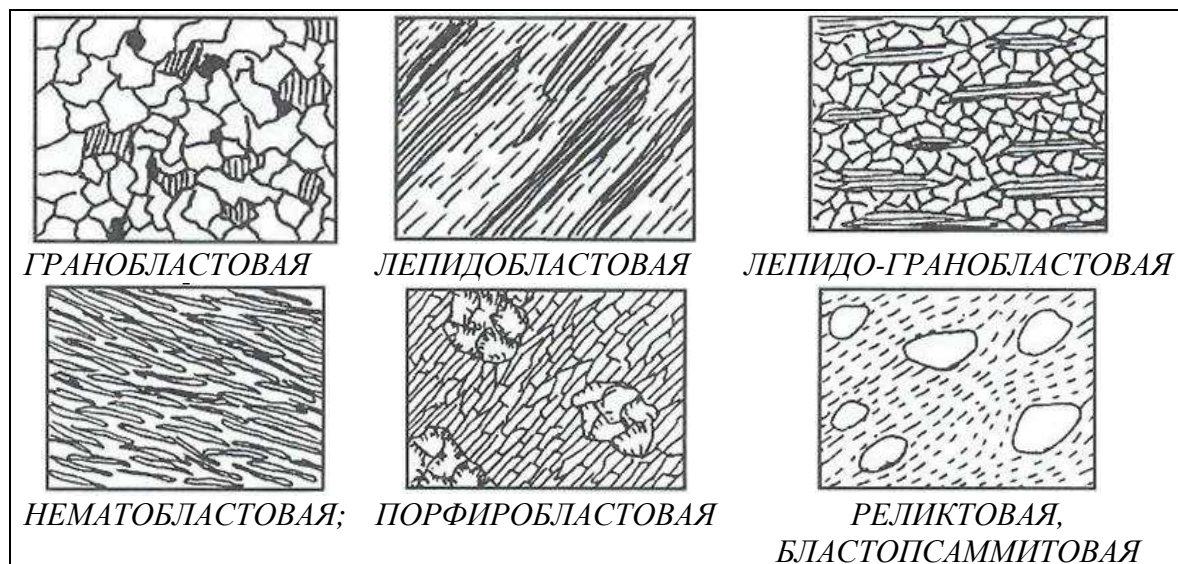


Рис. 172. Структуры метаморфических пород

Гранобластовая, зерна относительно близки по размерам и имеют более или менее округлые формы.

Лепидобластовая или **чешуйчатая**, вызванная присутствием чешуйчатых минералов слюды, хлорита, талька. Хлорито-биотитовый сланец.

Лепидогранобластовая, пластинки биотита в основной массе кварца и плагиоклаза. Гнейс.

Нематобластовая, представленная развитием шестоватых, призматических, стебельчатых минералов, в основном группы амфиболов.

Порфиробластовая, крупные зерна (гранат) - порфиробласты располагаются среди основной (амфибол) массы. Гранат-амфиболовый сланец.

Реликтовая, бластопсаммитовая, указывающая на первичную осадочную породу (песчаник с глинистым цементом). Серицитовый сланец с песчинками кварца.

Текстуры метаморфических пород зависят от формы вновь образованных минералов.

В метаморфических породах особенно распространены листоватые, чешуйчатые и пластинчатые минералы, что связано с приспособлением их к условиям кристаллизации при сильном давлении. Это выражается прежде всего в развитии **сланцеватости** метаморфических пород (рис. 173).

Сланцеватая текстура характеризуется тем, что породы распадаются на тонкие плитки или пластинки. Она является следствием расположения минералов плоскими поверхностями параллельно друг другу.

Очковая (линзовая) - представленная более или менее округлыми или овальными агрегатами среди сланцеватой массы породы.

Пятнистая - при наличии в породе участков (пятен), отличающихся по цвету, составу, устойчивости к выветриванию.

Полосчатая - когда под влиянием стресса порода собрана в мелкие складки.

Катакластическая - отличается раздроблением и деформацией минералов.

Массивная (однородная) - подобна одноименной текстуре магматических пород; наблюдается у пород, образовавшихся при отсутствии ориентированного давления, или стресса. Характерна для роговиков, мраморов, кварцитов, некоторых амфиболитов.

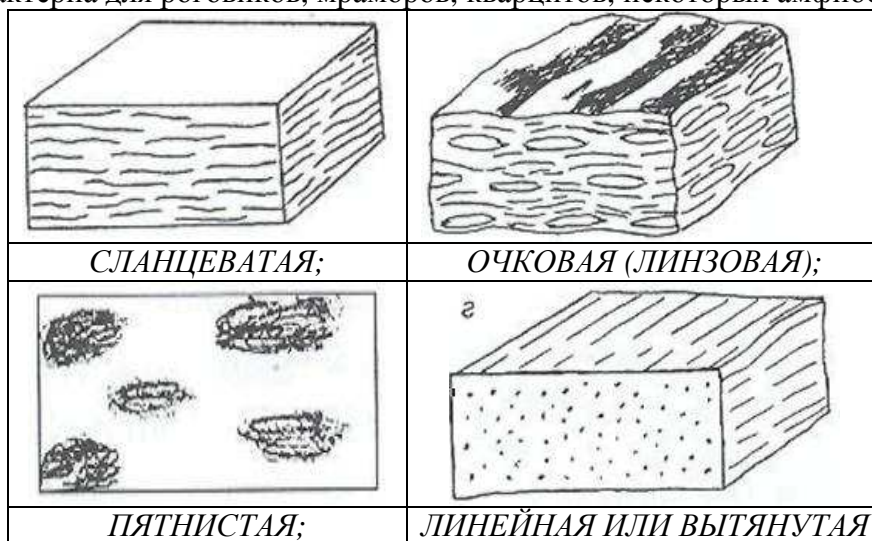


Рис. 173. Текстуры метаморфических пород

Проверьте свои знания по теме: «КАМЕННОЕ МОРЕ»

ШАГ 1

1. Что изучает наука петрография?
2. На какие группы по происхождению делятся горные породы?
3. Какое значение имеет структура при классификации магматических горных пород?

ШАГ 2

1. Как образуются осадочные горные породы?
2. В чем разница между осадком и осадочной горной породой?
3. Назовите текстуры, характерные для осадочных горных пород.

ШАГ 3

1. Какие условия окружающей среды могут вызвать метаморфизм в горных породах?
2. Какие типы структур и текстур встречаются в метаморфических горных породах?
3. Приведите примеры горных пород магматических, осадочных, метаморфических.

4. Какие горные породы можно встретить в вашем районе?

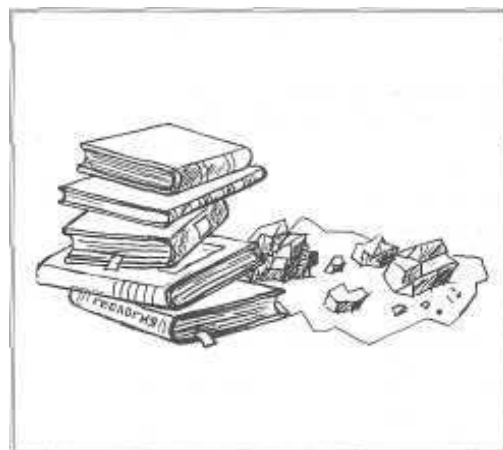
Интересные книги

1. Лебединский В.И. В удивительном мире камня. М.: «Недра», 1985
2. Лебедев А.И., Лебединский В.И. Популярная петрография. М.: «Наука», 1968
3. Немец Ф. Ключ к определению минералов и пород. М.: «Недра», 1982
4. Юбельт Р. Определитель горных пород. М.: «Мир», 1977

ТЕМА 7: ШАГ 1

ПРОФЕССИЯ: ГЕОЛОГ

7.1. Что должен знать геолог?



Люди, далекие от геологии, чаще всего спрашивают, откуда геологи знают, где следует искать золото, а где железную руду? Ответ прост: на то они и специалисты. Кроме специальных знаний, геолог, как ни странно, должен хорошо знать школьные предметы.

Зачем нужно знать географию, понятно. Не следует уподобляться Митрофанушке, который, как вам известно, говорил, что извозчик знает, куда ехать, а ему, Митрофану, знать не обязательно.

Химия и физика - обязательные и неотъемлемые составляющие геологических наук, среди которых важную роль играет геохимия и геофизика. На химии построена так любимая всеми **минералогия**, без химии и физики нельзя понять и восстановить процессы минерало- и породообразования, магматизма и метаморфизма, рудообразования, наконец. Простой пример. Вы встретили в маршруте две разновидности гранита. В одной из них содержится намного больше кварца, чем в другой. В чем тут дело? Геолог, не знающий физики и химии, не поймет, что эти граниты образовались из расплавов различного состава при различных температурах и давлениях и, скорее всего, они не могут быть одновозрастными.

Без знания **геометрии** в геологии вообще нечего делать. Вы не сумеете построить разрез, не сможете подсчитать запасы руды в месторождении. Ведь для того, чтобы их подсчитать, рудное тело нужно геометризовать, разделить на блоки, имеющие форму клина, призмы, конуса, пирамиды, правильно подсчитать их объемы, суметь разглядеть в разрезах на плоскости объемные фигуры.

И без понимания законов **алгебры** нет настоящего исследователя. Честно говоря, формулы алгебры в практике геолога встречаются редко, и дело не в алгебраических формулах, просто надо уметь расчленять сложные задачи на ряд простых алгоритмов. Алгебра - это введение в методику строгого логического мышления, это начало науки, которая называется **математической логикой**. Если вы захотите стать геологом, вам обязательно придется изучать **теорию вероятности** и **математическую статистику**.

Геологические процессы имеют вероятностный характер, а обработка обширной геологической информации также должна быть статистической.

Вот интересная и не до конца расшифрованная проблема. Вы уже знаете, что все процессы на Земле - магматизм, метаморфизм, отложение осадков ведут к рассеянию вещества. Почему же тогда образуются его скопления - месторождения?

Говорить будущему геологу о **физкультуре** долго не нужно. Геолог просто обязан

вести физически активный образ жизни - уметь много ходить, не уставая до потери пульса, плавать, переносить тяжести и еще многое другое. Он должен иметь навыки оказания первой помощи, суметь быстро развести костер в дождь, поставить палатку, переправиться через реку и т.д. и т.п. Те, кто бывал с туристами в походе, знают, что тренированные мальчики и девочки ставят палатку за 8 секунд, а вы сумеете?

Столь же обязательными для геолога являются знания **ботаники**. Ходят люди по траве, среди деревьев, а названия многих растений не знают. Геологу, часто оторванному от городских и сельских аптек, необходимо знать лекарственные растения, уметь их находить и использовать. Нелишне бывает знать и съедобные растения. Есть ещё растения-помощники геолога. Они укажут вам, где надо искать воду хорошего качества, а где вода будет соленой, а такой красивый цветок, как виола цинцифера (галмейная фиалка) расскажет, что под ней находятся цинковые руды. Есть ещё и биогеохимический метод поисков месторождений полезных ископаемых. Он заключается в отборе листьев и корней растений и исследовании их золы. Полиметаллические руды легче всего искать, изучая золу иголок лиственницы, а золото - золу деревьев обыкновенной березы. Конечно, надо ещё знать, когда следует собирать листву и иголки, в какое время они нам лучше подскажут - ищи здесь!

Очень важные науки - **история и литература**. Начнем с истории. Знание её необходимы не только потому, что в каждом геологическом отчете есть обязательная глава по истории изучения района. История, прежде всего, - это оружие для достижения нового, а чтобы научиться мыслить, надо изучить историю мысли. Интересный пример. История сохранила рассказ о том, что одному из римских императоров подарили вазу из очень лёгкого серебристого металла. По словам мастера, это легкое и красивое серебро было добыто из глины. Чтобы не обесценивать серебро, император велел отрубить мастеру голову, а вазу бросить в море. Нам ясно, что ваза была изготовлена из алюминия. Но уровень металлургии в Древнем Риме не позволяет нам бездоказательно утверждать, что в те времена мастер мог получить алюминий. В самородной форме он неизвестен, а для металлургического извлечения у мастера не было ни печей, ни нужных минеральных флюсов и ещё многого не было. Однако он получил алюминий! А вместе с отрубленной головой пропал и секрет. Чтобы его восстановить, нужны прежде всего геологи, от них металлурги могут получить такую информацию, которая может перевернуть всю сложную и ядовитую металлургию алюминия.

Литература, в отличие от всех других наук, развивает широкий и глубокий, как сейчас говорят, - системный взгляд на жизнь природы. Исследователь, знающий литературу, всегда находит новый нестандартный подход к явлениям, может свободно и гибко осмыслить их, он умеет просто, лаконично, грамотно и интересно излагать свои мысли. Возьмите книги широко известных геологов - Вернадского, Ферсмана, Обручева, Ефремова, и вы поймёте, что такое широко образованный геолог.

Геолог не может быть хорошим специалистом, если не знает иностранных языков. Самый минимум - знать и читать зарубежную геологическую литературу, но кроме того, ему будет очень интересно общаться со своими зарубежными коллегами, говорить с ними на их языке... Поэтому первое важнейшее качество будущего геолога - потребность всё время учиться. И второе - геолог должен уметь принимать ответственность за принятые решения, уметь слушать собеседника, спорить и отстаивать свою точку зрения или отказываться от нее под влиянием новых фактов. Все это показывает, что геолог должен обладать незаурядной способностью, которая опирается на любопытство - интерес к изучаемым природным явлениям - и любовь к профессии.

ТЕМА 7: ШАГ 2

ПРОФЕССИЯ: ГЕОЛОГ



7.2. Геологические специальности

Так что же это за профессия такая - геолог? Это трудная, интересная и многогранная деятельность, связывающая воедино творчество и повседневную работу - поиски и разведку месторождений полезных ископаемых. Всех профессионалов геологов можно обобщенно разделить на две группы.

Первая - это **геологи-съёмщики**, которые составляют карты - снимают (картируют) в разных масштабах отдельные участки поверхности суши и дна моря. Геологические и другие специализированные карты необходимы как основа, на которой производятся поисковые работы. Специалисты этой группы должны быть настоящими энциклопедистами, знать магматические, осадочные и метаморфические породы, разбираться в стратиграфии и палеонтологии, знать, находить и уметь оценивать признаки большинства месторождений, разбираться в методах геохимии и геофизики и ещё многое-многое другое.

Вторая группа - **геологи-разведчики**, в задачу которых входит оценка месторождений полезных ископаемых. Они должны изучить форму и размеры месторождения, оценить его запасы, изучить обводненность и трещиноватость вмещающих пород и руд, все качественные и количественные характеристики руд и сопутствующих компонентов, оценить экономическую эффективность добычи и переработки руд. Только после этого государство (в России недра - государственная собственность) может дать «добро» на передачу месторождения в разработку. Геологи-разведчики - специалисты не менее квалифицированные, чем съёмщики. Едва ли кто может сказать, что легче - по малозначащим признакам найти месторождение или превратить единственный выход руды в объект, достойный проведения дорогостоящей детальной разведки, изучить все его параметры так хорошо, чтобы убедить Государственную комиссию по запасам, что это месторождение можно и должно разрабатывать. А это не просто, ведь в горной промышленности работают рудничные геологи, хорошо знающие свое дело.

В последнее время геологи-съёмщики и разведчики объединились для изучения геологии и полезных ископаемых морей и океанов, ищут и находят месторождения нефти и газа, железомарганцевые конкреции, полиметаллические руды и даже алмазы. Богатства Мирового океана только начинают открываться.

Поиски и разведка различных полезных ископаемых имеют много специфических особенностей, и быть универсальным специалистом физически невозможно. Поэтому среди геологов выделяются специалисты по разведке месторождений нефти и газа, угольных, редкометальных, полиметаллических месторождений, по золоту, неметаллам и др. Объем геологических исследований настолько разнообразен и многопредметен, что возникла необходимость в целом ряде узких и высокопрофессиональных специалистов. Это **минералоги** и **петрографы**, владеющие методами точной диагностики минералов и

горных пород, без чего геология не может существовать; **палеонтологи**, владеющие диагностикой определения ископаемой флоры и фауны, без которых невозможно установление относительного возраста пород и составление карт.

Огромную всевозрастающую роль в геологических исследованиях играют **геофизики**, которые изучают физические параметры горных пород на больших площадях (магнитные свойства, поля силы тяжести, электропроводимость), без чего невозможны сколько-нибудь обоснованные оценки перспектив на различное оруденение. Не менее важны специалисты-**геохимики**, которые умеют оценивать перспективы территорий на широкий спектр полезных ископаемых, прямо указывают, где их следует искать; **геоморфологи** владеют методами геологического анализа рельефа, изучения современного и восстановления древнего палеоландшафта. Аэрокосмогеологи умеют дешифрировать аэро- и космоснимки, выделять на них различные структуры, площади развития различных пород, в том числе и околорудноизмененные. Нельзя не упомянуть **гидрогеологов**, занятых на поисках и оценке качества подземных вод - самого нужного полезного ископаемого. Геология не может существовать без специалистов-**топографов** и **геодезистов, горных инженеров и инженеров-буровиков, химиков и строителей**.

Большой отряд геологов работает в академических и отраслевых институтах, их задача - решение глобальных теоретических вопросов на современном уровне, анализ и обобщение всей полученной геологической информации, детальное изучение вещества, разработка различных методик поисков современной аппаратуры и т.п.

Нет ни одной отрасли хозяйства, где бы ни работали геологи. Среди других специалистов геологи оказались лучше всех подготовленными к решению глобальных проблем сохранения и улучшения природы, сбережению нашего общего и единственного дома - Земли. Геологи работают на вулканах, предсказывают землетрясения, без геологов нельзя построить дорог, жилищ, промышленных предприятий, выбрать площадки для складирования отходов, предсказать последствия градо- и гидростроительства.

Геология - это наука, которая объединяет и использует в своем учении о Земле все достижения физики, химии, биологии, информатики, находится на передовой линии бурно прогрессирующих естественных наук и, в свою очередь, обогащает их своими достижениями.

В заключение нужно сказать о той «романтике», которой любят окружать геологов в кино и книгах сомнительного качества: то у геологов в критических ситуациях кончаются тушенка и сгущенка, то на реке ледоход, метет пурга, напали волки или медведи, начался лесной пожар и прочие страсти-мордасти. Всё это - плод художественного воображения. Геологи работают по строгим правилам охраны труда и техники безопасности. Труд геолога не каторга и тот, кто работает в геологии по призванию, получает от работы огромное удовлетворение.

ТЕМА 7: ШАГ 3

ПРОФЕССИЯ: ГЕОЛОГ

7.3. Где готовят геологов



Профессионалов-геологов готовят университеты, горные, геологоразведочные институты (академии). Среднее звено специалистов получает подготовку в техникумах (колледжах).

Ниже приводятся краткие сведения о наиболее известных и престижных вузах России геологического профиля.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова (МГУ)
Геологический факультет 19991, Российская Федерация, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Геологический факультет,
Телефон: (495)939-2970, Факс: (495)932-8889, E-mail: admin@geol.msu.ru

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, 250-летие которого отмечалось в 2005 г., является одним из старейших вузов России. Подготовка геологов в нем была начата в 1835 г. Собственно Геологический факультет в составе Университета был основан в 1938 г. сначала как геолого-почвенный факультет, а с 1949 г. - в качестве самостоятельного факультета. За прошедшие годы геологический факультет, на котором работала и работает целая плеяда известных российских геологов, таких как А.П. Виноградов, Н.В. Белов, В.И. Смирнов, В.В. Белоусов, Ю.А. Орлов, В.В. Федынский, В.Е. Хаин, А.А. Маракушев, Е.Е. Милановский, В.А. Жариков, А.А. Ярошевский и многие другие, стал признанным и всемирно известным учебно-научным центром, где производится подготовка специалистов-геологов самой высокой квалификации.

В настоящее время на факультете функционирует четыре отделения, объединяющие 15 кафедр.

1. Отделение геологии - кафедры: динамической геологии, исторической и региональной геологии, палеонтологии, геологии и геохимии горючих ископаемых, геологии и геохимии полезных ископаемых, литологии и морской геологии.
2. Отделение геохимии - кафедры: кристаллографии и кристаллохимии, минералогии, петрологии, геохимии.
3. Отделение инженерной геологии - кафедры: гидрогеологии, инженерной и экологической геологии, геокриологии.
4. Отделение геофизики - кафедры: геофизических методов исследования земной коры, сейсмометрии и геоакустики.

Геологический факультет МГУ проводит подготовку научных специалистов по 42 специальностям и специализациям геологического образования для работы в научно-исследовательских институтах и в территориально-производственных организациях РАН и МПР России.

Московский государственный геологоразведочный университет им. С. Орджоникидзе.

Адрес: 117997, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 23. Тел.: (095) 433-63-33, msgpa@msgpa.msgpa.ru

Московский государственный геологоразведочный университет им.

С. Орджоникидзе является правопреемником Московского Ордена Трудового Красного Знамени геологоразведочного института им. С. Орджоникидзе, образованного в 1930 г. В МГГУ развиваются многочисленные научные школы и направления, ориентированные на приоритеты в развитии геологической науки и техники. Широко известны научные школы академиков Н.С. Шатского, М.И. Агошкова, Ф.П. Сваренского, чл.-корр. АН СССР М.В. Муратова, В.В. Белоусова и др.

Университет готовит специалистов по многим направлениям геологического образования: горное дело, геологическая съёмка и поиски месторождений полезных ископаемых, геология и разведка месторождений полезных ископаемых, поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания, геофизические методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых, прикладная геохимия, минералогия и петрология, технология и техника разведки месторождений полезных ископаемых, всего по 23 специальностям.

Наряду с подготовкой специалистов научной направленности, Университет готовит специалистов-практиков в различных областях геологических знаний.

Российский государственный университет нефти и газа им. И.М. Губкина (РГУ Ниг)

Факультет геологии и геофизики нефти и газа

Адрес: 119991, ГСП-1, Москва, Ленинский проспект, 65. Тел.: (095) 930-92-62.

Факс: (095) 135-8895, com@gubkin.ru

В 1930 г. на базе нефтяного факультета Московской горной академии был основан Московский институт нефтехимической и газовой промышленности им. И.М. Губкина (МИНХиГП). Своё современное название университет получил в 1998 г. Он является базовым вузом по подготовке инженерных кадров для нефтяной и газовой промышленности в области поисков и разведки месторождений нефти и газа, их разработки, транспорта и переработки углеводородного сырья.

Кафедры факультета геологии и геофизики нефти и газа возглавляют ведущие ученые страны, академики РАН А.Н. Дмитриевский, В.П. Гаврилов, почетный член РАЕН В.М. Добрынин, профессора В.П. Филиппов, С.А. Серкерев, С.Б. Вагин.

По направлениям геофизические методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых и геологии нефти и газа на факультете проводится обучение по специальностям: нефтяная и разведочная геофизика; геофизические методы изучения нефтяных и газовых скважин; измерительно-вычислительные системы; компьютерные системы и технологии; геофизические методы контроля за разработкой нефтяных и газовых месторождений; поиски и разведка нефтяных и газовых месторождений; нефтегазопромысловая гидрогеология; нефтегазовая геоэкология.

Санкт-Петербургский государственный университет

Геологический факультет. Адрес: 199164, г. Санкт-Петербург, Университетская наб., 7/9. Тел.: (812) 218-44-18, 218-95-81, olga@dean.geol.ru

Учебно-методический центр фундаментальной и прикладной геологии в составе СПбГУ состоит из геологического факультета, созданного в 1931 г., и НИИ земной коры им. Ф.Ю. Лессинга, образованного в 1936 г. Развитие геологии в СПбГУ неразрывно связано с именами работавших здесь известнейших русских геологов Д.И. Соколова, А.А. Иностранцева, В.В. Докучаева, В.И. Вернадского, Ф.Ю. Левинсона-Лессинга, а позже А.А. Полканова, П.А. Земятченского, В.В. Охотина и многих других.

Университет готовит специалистов по классическим специальностям геология, геофизика, геохимия, гидрология и инженерная геология по 30 различным специализациям

Санкт-Петербургский государственный горный институт им. Г.В. Плеханова (Технический университет) - СПбГИ (ТУ)

Геологоразведочный факультет Адрес: 199026, г. Санкт-Петербург, Васильевский остров,

21 линия, 25. Тел.: (812) 321-14-84. Факс: (812) 327-73-59, spmi@mail.wplus.net

Санкт-Петербургский государственный горный институт им.

Г.В. Плеханова - первое в России высшее техническое учебное заведение. Основан Указом Императрицы Екатерины II 21 октября 1773 г. для подготовки кадров для горнозаводского дела. До 1889 г. Институт был единственным горно-техническим вузом России.

Геологоразведочный факультет института основан в 1918г. Подготовка геологов ведется на 6 кафедрах: геологии и разведки месторождений полезных ископаемых; исторической и динамической геологии; минералогии; кристаллографии и петрографии; гидрогеологии и инженерной геологии; технологии и техники бурения скважин; геофизических и геохимических методов поисков и разведки месторождений полезных ископаемых.

По направлению геология и разведка полезных ископаемых ведется обучение по специальностям: геологическая съёмка и поиски месторождений полезных ископаемых; геология и разведка месторождений полезных ископаемых; поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания; геофизические методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых; прикладная геохимия, петрология, минералогия; технология и техника разведки месторождений полезных ископаемых.

Новосибирский государственный университет (НГУ)

Геолого-геофизический факультет.

Адрес: 630090, г. Новосибирск, ул. Пирогова, 2. Тел.: (383) 339-40-16. Факс: (383) 330-56-28, pasha@admin.nsu.ru.

Геолого-геофизический факультет НГУ основан в 1962 г. Факультет готовит бакалавров и магистров по направлению геология на базе крупнейших в стране научных институтов Сибирского отделения РАН - Института геологии и минералогии, Института нефтегазовой геологии и геофизики, Института горного дела, Института вычислительной математики и математической геофизики и Сибирского научно-исследовательского института геологии, геофизики и минерального сырья МПР РФ. На факультете работают известные российские геологи - академики РАН Н.Л. Добрецов, А.Э. Конторович, М.И. Эпов, члены-корреспонденты РАН В.А. Верниковский, А.В. Каныгин., В.А. Каширцев, В.А. Конторович, В.И. Опарин, Б.Н. Шурыгин.

Уральский государственный горно-геологический университет (УГГУ)

Адрес: 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30. Тел.: (343) 222-47-94

Уральский государственный горно-геологический университет (бывший Свердловский горный институт) является одним из старейших и известнейших вузов Урала. Выпуск инженеров-геофизиков осуществляется с 1929 г. на трех кафедрах: структурной геофизики, прикладной геофизики, геоинформатики.

Наиболее полные сведения о геологических вузах России, осуществляющих подготовку специалистов геологического профиля по направлениям и специальностям высшего геологического образования (по состоянию на декабрь 1999 г.), содержатся в «Справочнике вузов, осуществляющих подготовку специалистов геологического профиля» - М.: ЗАО «Геоинформмарк», 2001. 151с. (под ред. Ю.Г. Шульгина).

Южно-Уральский государственный университет Филиал в г. Миассе

Факультет «Геологический» (г. Миасс) г. Миасс, ул. 8 Июля, 10, 456304 (код 3513)
Телефон (3513) 55-56-33, 55-46-33

WWW<http://k1-geof.ilmeny.ac.ru/geoabout.htm>

Открыт в 1998 году. Выпускающая кафедра – «Минералогия и геохимия». В обучении участвуют специалисты Института минералогии и Ильменского государственного заповедника Уральского отделения РАН.

Студенты получают знания в области наук о Земле: геологии, минералогии, геохимии, геофизике, учении о полезных ископаемых. Они овладевают современными методами исследования минералов, горных пород и руд, методам поисков, оценки и

освоения месторождений.

При обучении используются экспозиции уникального естественно–научного музея Ильменского заповедника. Во время полевых практик студенты приобретают навыки геологического, минералогического и геохимического картирования месторождений.

Факультет имеет крепкие связи с Комитетами по природным ресурсам, геолого–съемочными, геологоразведочными и горнодобывающими предприятиями Урала и Сибири.

Интересные книги

1. Блинов Г.А., Маховецкий Э.С. *Покорители земных недр*. Л.: «Недра», 1986
2. Громов Л.В., Данильянц С.А. *Названо именем геолога*. М.: «Недра», 1982
3. Меньчуков А.Е. *Тем, кто идет по тайге*. М.: «Недра», 1979
4. Куваев О.М. *Территория*. М.: «Современник», 1975
5. Шалимов А.И. *Диплом Плутона*. Л.: «Детская литература», 1992