

Шығыс Қазақстан облысы өкімдігінің білім  
басқармасы  
КМҚК «Геология барлау колледжі»  
КМҚК



КТКП  
«Геологоразведочный  
колледж» управления  
образования Восточно-  
Казахстанского  
областного акимата

**Базовый опорный конспект по дисциплине  
«Общая геология»  
для специальности 0701000 «Геологическая съемка, поиск и  
разведка МПИ»  
0703000 «Гидрогеология и инженерная геология»**

**Шапортина Л.А.**

**Базовый опорный конспект по дисциплине  
«Общая геология»  
для специальности 0701000 «Геологическая съемка, поиск и  
разведка МПИ»,  
0703000 «Гидрогеология и инженерная геология»**

Утвержден на заседании  
методического совета колледжа

Разработан 20.11.13.

(дата)

Переработан 19.01.2017 г

(дата)

**г.Семей, 2017 г.**

Шапортина Л.А. Базовый опорный конспект по предмету «Общая геология»- 79 стр.

Базовый опорный конспект разработан в соответствии с рабочей учебной программой и предназначен для студентов II курса колледжа специальности 0701000 «Геологическая съемка, поиск и разведка МПИ», 0703000 «Гидрогеология и инженерная геология». Он содержит основные материалы теоретического и практического курса по дисциплине «Общая геология» и состоит из 6 разделов, а также содержит контрольные вопросы и задания по курсу. Сведения наиболее полно систематизированы и конкретизированы. Благодаря четким определениям основных понятий, их признаков и особенностей студент может сформулировать ответ, за короткий срок усвоить и переработать важную часть информации, успешно сдать экзамен. Базовый опорный конспект будет полезен не только студентам, но и преподавателям при подготовке и проведении занятий.

## Содержание

№	Разделы и темы	Стр.
1.	Тематический план	7
2.	Урок №1 Введение	9
3.	Раздел 1. ЗЕМЛЯ В МИРОВОМ ПРОСТРАНСТВЕ	
4.	Урок №2 Тема 1.1: Строение Вселенной.	10
5.	Урок №3 Тема 1.2 Строение Солнечной системы.	10
6	Раздел 2. СВЕДЕНИЯ О ЗЕМЛЕ	
7	Урок №4 Тема 2.1: Геодезическая характеристика Земли.	12
8	Урок №5-6 Тема 2.2: Физические свойства Земли.	13
9	Урок №7 Тема 2.3: Строение Земли (внутренняя оболочка)	15
10	Урок №8 Тема 2.4: Строение Земли (внешняя оболочка)	16
11	Раздел 3. ЗЕМНАЯ КОРА	
12	Урок №9 Тема 3.1: Строение земной коры.	17
13	Урок №10 Тема 3.2: Вещественный состав земной коры	17
14	Урок №11 Понятие о минералах и их происхождение. Классификация.	20
15	Урок №12 Тема:3.4 Горные породы. Происхождение	22
16	Урок №13 Тема 3.5 Возраст земной коры и методы его определения	25
17	Раздел 4. ЭЗОГЕННЫЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ	
18	Урок №14 Тема 4.1: Общие понятия о геологических процессах.	28
19	Урок №15 Тема 4.2: Выветривание горных пород.	29
20	Урок №16 Тема 4.3: Геологическая деятельность ветра.	30
21	Урок №17 Тема 4.4: Геологическая деятельность текучих вод	33
22	Урок №18 Тема 4.5: Реки. Речные бассейны	34
23	Урок №19 Тема 4.6: Геологическая деятельность подземных вод.	36

24	Урок №20 Тема 4.7: Разрушительная деятельность подземных вод.	39
25	Урок №21 Тема 4.8: Геологическая деятельность ледников	40
26	Урок №22 Тема 4.9 Геологическая деятельность морей.	43
27	Урок №23 Тема 4.10Разрушительная деятельность морей.	44
28	Урок №24 Тема 4.11: Геологическая деятельность озёр и болот	46
29	Урок №25 Тема 4.12: Геологические результаты экзогенных процессов	47
30	Раздел 5. ЭНДОГЕННЫЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ	
31	Урок №26 Тема 5.1: Магматизм	49
32	Урок №27 Тема 5.2: Вулканические процессы	51
33	Урок №28 Тема5.3: Тектонические движения земной коры	53
34	Урок №29 Тема 5.4: Землетрясения.	54
35	Урок №30-31 Тема 5.5 Тектонические нарушения	55
36	Урок №32 Тема 5.6:Метаморфизм	57
37	Урок №33 Тема 5.7: Основные закономерности развития земной коры	60
38	Раздел 6.ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ЧЕЛОВЕКА	
39	Урок №34-35 Тема 6.1: Геологические исследования и геологическая документация	64
40	Урок №36-37 Тема 6.2: Геологическая деятельность человека	65
41	Урок №38 Тема 6.3: Обязательная контрольная работа	65
42	Практические занятия	
43	Урок №39 Тема: Знакомство с горным компасом	65
44	Урок №40 Тема: Составление и вычерчивания геохронологической шкалы	67
45	Урок №41 Тема: Построение геологических разрезов с горизонтальным залеганием слоев	69
46	Урок №42	70

	Тема: Построение геологических карт со складчатым залеганием слоев	
47	Урок №43 Тема: Построение геологических карт с моноклиналильным залеганием слоев	70
48	Урок №44 Тема: Определение элементов залегания пород наклонно залегающих толщ по трем скважинам (или трем точкам).	71
49	Урок №45 Тема Построение выхода наклонно залегающего слоя на карту с горизонталями рельефа.	71
50	Урок №46 Тема: Построение карты и определение границ	73
51	Урок №47 Тема: Анализ геологических карт с изображением разрывных нарушений.	74
52	Урок №48 Тема: Анализ геологических карт с широким развитием интрузивных пород.	74
53	Приложение	

**Тематический план**

№ п/п	Наименование разделов и тем	Количество учебного времени при очной форме обучения (час)			
		Специалист среднего звена			
		0701000		0703000	
		всего	Практик. занятия	всего	Практик. занятия
1	2	3	4	5	6
1	Введение	1		2	
2	<b>Раздел I. Земля в мировом пространстве</b> Тема 1.1 Строение Вселенной	1		2	
3	Тема 1.2. Строение Солнечной системы	2		2	
4	<b>Раздел II. Сведения о Земле.</b> Тема 2.1 Геодезическая характеристика Земли	2		2	
5	Тема 2.2. Физические свойства Земли	4		4	
6	Тема 2.3. Строение Земли	2		2	
7	Тема 2.4. Внешние оболочки	2		2	
8	<b>Раздел III. Земная кора</b> Тема 3.1. Строение земной коры	2		2	
9	Тема 3.2. Вещественный состав земной коры	2		2	
10	Тема 3.2.1 Минералы	2		4	
11	Тема 3.2.2 Горные породы	2		2	
12	Тема 3.2.3. Осадочные породы	2		2	
13	Тема 3.3. Возраст земной коры и методы его определения	4	2	4	2
14	<b>Раздел IV Экзогенные геологические процессы</b> Тема 4.1. Общие сведения о геологических процессах	2		2	
15	Тема 4.2 Выветривание горных пород	2		2	
16	Тема 4.3 Геологическая деятельность ветра	2		2	
17	Тема 4.4. Геологическая деятельность текучих вод Тема 4.4.1. Поверхностные воды и их происхождение	2		2	
18	Тема 4.4.2. Реки	2		4	
19	Тема 4.5. Геологическая деятельность подземных вод Тема 4.5.1 Понятие о подземных водах	2		2	
20	Тема 4.5.2. Подземные воды многолетней мерзлоты	2		2	
21	Тема 4.6. Геологическая деятельность ледников	2		2	
22	Тема 4.7. Геологическая деятельность моря. Тема 4.7.1. Океанические и морские бассейны мира	2		2	
23	Тема 4.7.2. Транспортирующая работа моря	2		2	
24	Тема 4.8. Геологическая деятельность озёр и болот	1		2	
25	Тема 4.9 Геологические результаты экзогенных процессов	1		2	
26	<b>Раздел V Эндогенные геологические процессы</b> Тема 5.1. Магматизм	2		2	
27	Тема 5.2. Вулканические процессы	2		2	
28	Тема 5.3. Тектонические движения земной коры	2		2	

29	Тема 5.4. Землетрясения.	2		2	
30	Тема 5.5 Тектонические нарушения Тема 5.5.1. Нарушенная и ненарушенная формы залегания горных пород	6	4	4	
31	Тема 5.5.2. Понятие о тектонических нарушениях их классификация	8	4	6	2
32	Тема 5.5.3. Разрывные нарушения	8	6	6	2
33	Тема 5.6. Метаморфизм	2		2	
34	Тема 5.7. Основные закономерности развития земной коры	2		2	
35	<b>Раздел VI Геологическая деятельность человека</b> Тема 6.1 Геологические исследования и документация	6	4	2	
36	Тема 6.2 Геологическая служба РК	2		2	
37	Тема 6.3. Геологическая и техногенная деятельность человека	2		2	
38	Тема 6.4 Охрана недр и окружающей среды	2		2	
	Контрольная работа	2		2	
	Экзамены				
	Итого	96	20	96	6



## Урок №1 Введение. Краткое содержание дисциплины.

### План:

1. Геология – наука о Земле.
2. История развития науки геология.
3. Деление геологии на самостоятельные дисциплины.
4. Практическое значение геологии.

**Ключевые слова:** Геосфера, литосфера, гидросфера, атмосфера, земная кора, земная оболочка, минерал, геологическое летоисчисление, мантия Земли, кристаллография, петрография, минералогия, геохимия, динамическая геология, геотектоника.

Геология – это термин греческого языка: «гео» – земля, «логос» – учение, т.е. учение о Земле. Геология изучает состав, строение, развитие Земли под действием процессов, протекающих в её внешних и внутренних сферах. Общая геология – это вводный курс: она рассматривает процессы, проявляющиеся на поверхности Земли и в земной коре, свойства Земли и её состав и в общих чертах историю развития земной коры и геологическое летоисчисление.

Современная геология – обширная область знаний о нашей планете, её строении и развитии, формировании и размещении полезных ископаемых.

Объектом геологии служит литосфера – внешняя твёрдая оболочка планеты толщиной 50-250 км, состоящая из горных пород и слагающих их минералов.

Земная кора является источником минерального сырья, вместилищем подземных вод и средой для различных сооружений. Поэтому начало накопления знаний о строении земной коры восходит к истокам истории человечества. На самой ранней стадии развития человек использовал каменные материалы, различные руды, соль, подземную воду и т.п.

В настоящее время геология располагает достоверными знаниями о строении земной коры на глубину 15 км, пройденную буровыми скважинами. Изучая прохождение сейсмических волн при землетрясениях, и проводя геофизические, геохимические, космические и другие исследования, человек раскрывает тайны строения более глубоких горизонтов земной коры и Земли как планеты в целом.

Практическая деятельность человека и потребности в использовании природных ресурсов привели к возникновению, а в дальнейшем к широкому развитию геологических знаний. История геологии показывает, что на всех этапах развития человеческого общества требования к геологии и уровни её развития были различными.

Первые сведения о Земле приведены в трудах (1711-1765) М.В. Ломоносова в книге «О слоях земных» и других научных трудах, он приводит данные о формировании минералов, горных пород, о возникновении горных сооружений, о подземных водах и т.д.

После 18 века отдельные разделы геологии выделяются в самостоятельные геологические дисциплины.

Так, в развитии минералогии, петрографии и кристаллографии видную роль сыграли А.П. Карпинский, А.Е. Ферсман.

Развитие исторической геологии и динамической геологии тесно связано с именами В.А. Обручева, И.В. Мушкетова, И.М. Губкина, Д.В. Наливкина, Н.М. Страхова.

Геология разделилась на ряд отраслей. Можно указать три основных отрасли геологических наук, изучающих земную кору с различных сторон:

1. Науки, изучающие состав земной коры, (кристаллография, минералогия, петрография и др.)
2. Науки, изучающие геологические процессы или динамику Земли (вулканизм, землетрясение горообразование, деятельность рек, морей, подземных вод, ледников, ветра и др.)
3. Науки, изучающие историю развития Земли.

**Кристаллография** – наука о кристаллах, их внешней форме и внутренней структуре, отражённой во внешнем строении.

**Минералогия** – наука о минералах. Минералогия изучает химический состав минералов и их ассоциации.

**Петрография** – наука о горных породах, из которых состоит земная кора. Она изучает свойства горных пород, химический и минералогический состав, отношение между различными породами, изменения, которые они претерпевают с течением времени, и устанавливает закономерности их образования и распределения в земной коре.

**Геохимия** изучает химические элементы земной коры, их распределение, миграцию.

**Динамическая геология** – наука о процессах, в земной коре. В зависимости от источника энергии они подразделяются на процессы внешней динамики (экзогенные) и процессы внутренней динамики (эндогенные).

Эндогенные связаны с проявлением внутренней энергии, вулканизм, землетрясение, тектонические движения;

Экзогенные – с энергией солнца: деятельность ветра, ледников, поверхности текучих вод, морских вод и т.д. **Геотектоника** – наука об условиях залегания горных пород, о движениях земной коры и вызванных ими деформациях.

**Геоморфология** – наука о рельефе земной поверхности, его происхождении и развитии. Формы рельефа отражают внутреннее строение и историю движений земной коры. Поэтому геоморфологический метод находит широкое применение в геологических исследованиях, в том числе и при поисках полезных ископаемых.

**Историческая геология** – наука об истории Земли. Она восстанавливает последовательный ход геологических событий от древнейших времён до настоящего момента.

Основными историческими документами, страницами «биографии» Земли, по которым читается история изменений поверхности Земли, являются горные породы и заключённые в них окаменелости - остатки фауны и флоры – объект изучения палеонтологии.

Практическое значение геологии определяется, в конечном итоге, тем, что она служит теоретической базой учения о полезных ископаемых, с одной стороны, и инженерной геологии с другой.

Строительство большого числа крупных предприятий, заводов, электростанций, плотин и т.п. требует знания всех деталей местной геологической обстановки, что и входит в компетенцию инженерной геологии. Развитие промышленности и вовлечение в народное хозяйство всё новых и новых видов минерального сырья требует знания геологии месторождений полезных ископаемых и условий их эксплуатации, что и является предметом **Учения о полезных ископаемых**.

Таким образом, можно сделать вывод, что геологические знания приносят неоценимую научную и практическую пользу. Они не только помогают целенаправленно искать и обнаруживать месторождения полезных ископаемых, но и способствуют развитию методологических основ самой геологии и многих, смежных с ней естественных наук.

Достижения геологии позволили правильно представить время и особенности формирования нашей планеты, её место в космическом пространстве, дали возможность проследить эволюцию её недр и земной поверхности вместе с атмосферой, гидросферой, биосферой, установить изменения химического и минерального состава земной коры и планеты в целом.

### Контрольные вопросы:

1. Основные задачи геологии?
2. Каковы этапы развития науки – геологии?
3. Расскажите о практическом значении геологии.

## Раздел 1. ЗЕМЛЯ В МИРОВОМ ПРОСТРАНСТВЕ

### Урок №2 Тема 1.1: Строение Вселенной.

#### План:

1. Понятие-Земля.
2. Строение Вселенной.

**Ключевые слова:** Солнечная система, Галактика, Млечный Путь, планеты, гипотезы.

**Земля** – одна из 9 планет Солнечной системы, а Солнце представляет собой самую рядовую звезду типа желтого карлика, находящуюся в Галактике Млечного пути, одной из сотен тысяч Галактик в наблюдаемой части Вселенной. Несмотря на то, что непосредственным объектом изучения геологии является планета Земля, необходимы знания и о других планетах, звездах, галактиках, так как все они находятся в определенном взаимодействии, начиная с момента их появления во Вселенной. Наша планета является частицей огромного космического пространства, и будет уместно отметить, каким образом, по современным представлениям, возникла и эволюционировала Вселенная, а вместе с ней и Солнечная система.

#### **Образование Вселенной.**

В наблюдаемой форме В возникла 20 млрд лет назад. До этого времени её вещество находилось в условиях бесконечно больших температур и плотностей, которые современная физика не может описать. Такое состояние назвали **сингулярным**.

Теория расширяющейся Вселенной или Большого Взрыва, впервые была создана в России в 1922г АА, Фридманом.

С какого-то момента, 20 млрд лет назад, вещество, находящееся в сингулярном, подверглось внезапному расширению, которое в самых общих чертах можно сравнить со взрывом, хотя и весьма своеобразным.

Современная теоретическая физика достоверно описывает процессы Большого Взрыва.

С момента начала Б. В. вещество Вселенной непрерывно расширяется и все объекты в ней, в том числе галактики и звезды, равно удаляются друг от друга.

### Контрольные вопросы:

1. Что понимается под Вселенной
2. Какие тела выделяются во Вселенной
3. Что представляют собой звезды

### Урок №3Тема 1.2 : Строение Солнечной системы.

#### План:

1. Понятие о Солнечной системы.
2. Гипотезы о происхождении Земли и планет Солнечной системы.

**Ключевые слова:** Солнечная система, Галактика, Млечный путь, Планеты, гипотеза, Галактические облака, Орбита.

**Солнечная система** находится на краю Галактики Млечного Пути, одной из 100 000 галактик в наблюдаемой части Вселенной. Солнце с его планетами входит в систему звёзд, объединяемых под именем Галактики. Основная масса этих звёзд расположена в кольце млечного пути. Диаметр Млечного пути – около  $10^5$  световых лет.

Количество звёзд в Галактике – около 100 миллиардов. Солнце среди них занимает некоторое среднее место: имеется множество звёзд меньше, чем Солнце и множество больших, чем оно. Например, звезда Антарес в  $113 \cdot 10^6$  раз больше Солнца.

Солнце лежит не во внешней части Млечного пути, а ближе к его центру. Вместе с остальными звёздами Солнце вращается вокруг центра Галактики: период обращения – около  $224 \cdot 10^6$  лет. Другими словами, с начала палеозойской эры Солнце успело сделать лишь два полных оборота вокруг центра Галактики. По своей орбите Солнце движется со скоростью 285 км/сек.

Основные особенности нашей Солнечной системы следующие:

1. Центром системы является Солнце. Вокруг него вращаются девять больших планет, кольцо астероидов между орбитами Марса и Юпитера, большое количество комет и метеорных частиц, массы рассеянного газа и пыли.
2. Почти все вещество Солнечной системы заключено в Солнце (99.86%).
3. Орбиты больших планет – эллипсы, мало отличающиеся от окружностей. Астероиды движутся по вытянутым эллипсам. Особенно сильно вытянуты орбиты комет.
4. Плоскости орбит девяти больших планет и плоскость солнечного экватора почти совпадают между собой. Исключение составляет орбита Плутона, наклоненная к главной плоскости Солнечной системы под углом  $17^\circ$ .
5. Почти все вращения (вокруг Солнца и вокруг собственной оси) в Солнечной системе происходят в одном направлении.
6. В расстояниях планет от Солнца наблюдается определенная закономерность; каждая последующая планета отстоит от Солнца в два раза дальше, чем предыдущая.
7. Планеты принято подразделять на внутренние, ближайšie к Солнцу (Меркурий, Венера, Земля, Марс), и внешние (Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун, Плутон), расположенные на больших расстояниях. Внутренние планеты отличаются от внешних высокой плотностью, сравнительно небольшими размерами, меньшими скоростями их вращения вокруг осей, меньшим количеством спутников.
8. В Солнце сосредоточено 99.866% всей массы Солнечной системы. На все девять планет и их спутники приходится 0.134% вещества солнечной системы. В то же время 98% момента количества движения сосредоточено в планетах.

Солнце – огромный шар пылающей плазмы, в котором идут ядерные реакции.

Объем С. в 1300 тыс. раз больше Земли, по массе в 330 тыс. раз.

Средняя плотность С. -  $1.41 \text{ г/см}^3$ .

Температура поверхности С. -  $6000^\circ\text{C}$  до  $20\,000\,000^\circ\text{C}$  в центре.

В наружной оболочке непрерывно протекает ядерная реакция превращения водорода в гелий.  $1 \text{ м}^2$  поверхности С. излучает в мировое пространство энергию в 85 тыс. л.с. в сек.

По солнечному спектру определено 66 элементов в составе атмосферы С., водорода – 54%, гелия – 45%, в недрах 50% водорода и 40% гелия.

*(Характеристики планет, планетоидов и метеоритов на самостоятельное изучение)*

Тщательное изучение физических и химических свойств звёзд, туманностей и других небесных объектов, а также Солнца учёные (В.Г. Фесенков) пришли к следующим выводам:

Химический состав планет Солнечной системы, а также Солнца говорит о том, что для образования планет и Солнца была необходима некоторая общая, единая среда. Планеты и солнце связаны между собой и не могут принадлежать различным исходным материальным системам. Все планеты Солнечной системы образовались примерно в одно и то же время.

Возраст Земли как планеты, судя по возрасту древнейших минералов и материалов определяется приблизительно в 5 млрд. лет. Изучение Солнца, также как и звёзд, поддерживается ядерными реакциями, протекающими в его центральной части (переход Н в He). Судя по скорости уменьшения количества Н, возраст Солнца также приблизительно 5 млрд. лет (однако существует мнение, возраст Солнца значительно больше).

В ходе своей эволюции, Солнце проходит ряд стадий характеризующиеся постепенным замедлением вращения и уменьшением массы и светимости, приближаясь в далёкой перспективе, к состоянию «белого карлика».

Земля, а также другие планеты формировались из какого-то общего с Солнцем источника сразу по всей своей массе, а не собиралась в результате длительного процесса из отдельных пылевых частиц (гипотеза О.Ю. Шмидта).

Во Вселенной встречаются различные по своим размерам и плотности Галактические облака достаточно большой массы разряженной в пространстве материи. Переход такой массы («глобулы») в уплотнённом состоянии в

сущности и есть проблема происхождения звёзд и Солнца, а также и планет. Подобные облака состоят в основном из водорода, в меньшей степени из гелия, и ещё в меньших количествах в них содержатся другие элементы.

Г.В. Войкевич рассматривая вопрос о происхождении Земли обратил внимание на следующие обстоятельства.

В Солнце сосредоточено основная масса вещества Солнечной системы.

Главные составные элементы раскалённой массы Солнца H и He, с незначительными добавками всех других элементов. Количество последних убывает с увеличением их порядкового номера. Элементный, а также изотопный состав пород Земли, Луны, метеоритов почти одинаков. Материал из которого образовались планеты был выброшен непосредственно Солнцем, а не захвачены с других областей Галактики. Более 85% выпадающих на Землю метеоритов составляют так называемые хондриты, содержащие мелкие округлые зёрна. Хондры, представляющие застывшие (при температуре ниже 2000 С) капельки, образовавшиеся из протопланетного газа и состоящие из кремния, железа, магния и др. элементов.

Различия в химическом составе планет (в частности увеличения содержания железа у ближайших к Солнцу планет), а так же в их средней плотности (уменьшающейся по мере удаления от Солнца) объясняется процессами дифференциации вещества, выброшенного из Солнца. Происхождение Солнечной системы связано с происхождением слагающих её химических элементов, и ядерная эволюция вещества Солнца и Земли была одинаковой до определённого момента, после чего вся система была разделена на первичное Солнце, и на околосолнечный протопланетный материал в виде туманности или газового диска, расположенного в плоскости Солнечного экватора.

Изложенные данные космохимии свидетельствуют о глубоком генетическом единстве вещества всей Солнечной системы.

Земля, после того как она сформировалась как отдельная планета, начала, благодаря распаду ради активных элементов (в начале –  $Pu^{244}$ ,  $Cm^{247}$ , позже  $U^{235}$ ,  $U^{238}$ ,  $Th^{232}$ ,  $K^{40}$ ) разогреваться вплоть до расплавления сначала железа, потом силикатов.

Тяжелое жидкое железо сошло к центру планеты и сформировало ядро Земли, жидкое (в своей наружной половине) и до настоящего момента.

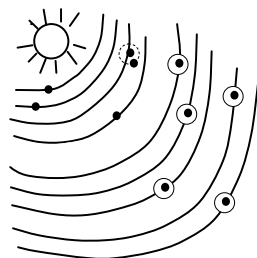
Из оставшейся силикатной оболочки (мантии) в результате зонной плавки выделилась земная кора, а так же воды океанов и атмосферы. Большую ценность для научной разработки гипотез о происхождении нашей планеты имеют метеориты – пришельцы из дальнего космоса. Изучая, каменные и железные метеориты учёные получают бесценную информацию, которую широко используют в космогонических представлениях.

В настоящее время к этим данным добавились сведения о химическом составе пород Луны, атмосферы и пород Марса и Венеры.

Оказалось, что химический состав материалов близок к среднему земному, а их возраст такой же, как и возраст пород Луны (4-5 млрд. лет).

**Таким образом**, по крупным фактам складывалась научная основа современных космических гипотез. Огромная роль в обосновании современной гипотезы о происхождении земли и Солнечной системы, принадлежат учёным: О.Ю. Шмидту, В.Г. Фесенкову, Г.В. Войкевичу.

Планеты Солнечной системы, движущиеся по орбитам вокруг Солнца (рис. 1) имеют разные размеры и строение. Мелкими среди них являются Плутон и Меркурий, а гигантами Нептун и Юпитер. Одни планеты сложены твёрдым материалом и окружены жидкой или газовой атмосферой, другие – уплотнённым газовым веществом.



Ближайшие к Солнцу планеты - Меркурий, Венера, Земля, Луна, и Марс имеют небольшие размеры и состоят из твёрдого (каменного или металлического) вещества.

А Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун, Плутон состоят из большого количества газов: водорода, гелия, метана, а так же твёрдого аммиака и диоксида углерода. Газовая оболочка плотным кольцом окружает твёрдое ядро.

Земля – самая крупная из близко расположенных к Солнцу планет. Она обращается вокруг Солнца почти по круговой орбите. Среднее расстояние до Солнца 150 млн. км. Скорость движения Земли по орбите составляет 29,7 км/с. Полный оборот вокруг Солнца она совершает за 365,26 сут. Период вращения Земли вокруг своей оси равен 23 ч. 56 мин.

#### **Контрольные вопросы:**

1. Какое строение имеет Земля?
2. Расположение планет Солнечной системы?
3. Какими источниками обеспечивается тепловой режим Земли?

## **Раздел 2. СВЕДЕНИЯ О ЗЕМЛЕ**

### **Урок №4 Тема 2.1 : Геодезическая характеристика Земли.**

### План:

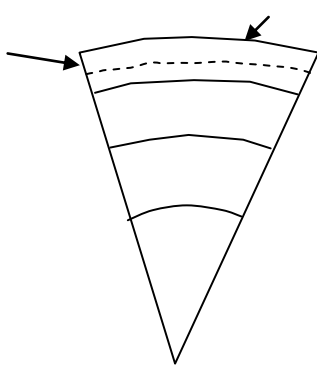
1. Плотность Земли.
2. Радиус Земли.
3. Форма Земли.

**Ключевые слова:** Экватор, радиус, Геоид, гравитация.

Астрономические наблюдения, а так же измерения из космоса и непосредственные геодезические измерения на поверхности Земли позволили определить форму, размеры нашей планеты, её массу, гравитационное, магнитное поле. Величину теплового потока, идущего из недр и ряд физических свойств земной поверхности. Средний радиус Земли  $R=6371,11$  км, экваториальный  $R_{\text{э}}=6378,86$  км, а полярный  $R_{\text{п}}=6356,78$  км. Масса Земли составляет  $5,976 \cdot 10^9$  трлн. т. Объём Земли  $1,083 \cdot 10^{27}$  см<sup>3</sup>.

Форма Земли близка к шару, такую форму называют сфероидной, но поверхность Земли неровная и уложена глубокими океаническими впадинами и высокими горными системами на материках. Поэтому истинную форму Земли называют Геоидом.

Длина земного меридиана – 40008,548 км, длина экватора – 40075,704 км .



В настоящее время пробурена скважина до глубины 15-16 км (США), т.е. мы имеем представление о разрезе Земли до глубины 16 км.

### Контрольные вопросы:

1. Какие размеры планеты Земля?
2. Длина земного меридиана
3. Масса Земли

### Урок №5- 6 Тема 2.2: Физические свойства Земли.

#### План:

1. Геофизические методы изучения внутреннего строения Земли.
  2. Масса и плотность Земли.
  3. Глубинное строение Земли; земная кора, верхняя, средняя и нижняя мантия, внешне и внутреннее ядро. Астеносфера и литосфера.
  4. Представления об агрегатном состоянии масс внутри Земли и предполагаемом химическом составе геосфер.
- Принцип изостазии.
5. Земной магнетизм. Тепло Земли. Радиоактивность. Дифференциация вещества мантии.

**Ключевые слова:** плотность, гравиметрия, давление, изостазия, магнетизм.

Непосредственному наблюдению доступны лишь самые верхние горизонты земной коры (зеленая кожа у большого арбуза), выходящие на поверхность или вскрытые горными выработками и буровыми скважинами, глубина которых около 12 км.

Строение более глубоких недр можно представить на основе анализа геофизической информации, а именно сейсмоки, гравиметрии, изменений магнитного, теплового и радиационного полей Земли.

На основе сейсмических данных было составлено представление о внутренних оболочках Земли, которое было рассмотрено на предыдущих занятиях.

**Гравиметрия.** Изучает распределение гравитационного поля и его элементов на поверхности Земли и в окружающем пространстве. На поверхности Земли ускорение силы тяжести зависит от изменения **плотности** горных пород.

**Плотность и давление.** Плотность Земли впервые была определена И. Ньютоном в 1736 г в пределах  $5-6$  г/см<sup>3</sup>. Более точно  $5,527$  г/см<sup>3</sup>. Эта величина значительно превышает плотность верхних частей Земной коры.

Плотности: «гранитного слоя» - 2,7;

«базальтового слоя» - 2,9;

«базальтового слоя» океанической коры – от 3,0 до 3,1;

Верхней части подкорового слоя (мантии) – 3,3 г/см<sup>3</sup>, с учетом давления на глубине 30-40 км.

**Изостазия** – состояние равновесия масс земной коры и мантии. (Как лед в Северном ледовитом океане во время таяния, или как пенка на молоке). Блоки земной коры разной толщины плавают в более плотном и вязком субстрате, подчиняясь закону Архимеда.

Изостазия - это общий принцип, локальные (местные) изменения гравитационного поля могут быть использованы для поисков полезных ископаемых напр. Эмба – соляные купола, угли в Донбассе, скрытые под мощными наносами.

Гравитационное поле Земли неоднородно, отчетливо выделяются следующие типы:

1. Огромные пространства материков со спокойным рельефом (платформы) – чередование небольших + и – аномалий.
2. Гравитационное поле горно-складчатых областей неоднородно и сложно. Можно выделить два типа: а) молодые (альпийские) горные сооружения – Альпы, Кавказ и т.д. характеризуются расчлененным рельефом поверхности с колебаниями мощности земной коры от 20 до 60 км и с преобладанием «базальтового слоя» (в глубоких депрессиях «гранитный слой» иногда совсем отсутствует; б) горные хребты сформированные на палеозойском или более древнем складчатом фундаменте (активизированные горы), – Урал, Алтай, и т. д. Мощность земной коры до 60-70 км с преобладанием «гранитного слоя».
3. Особое положение – прибрежная зона Тихого океана (островные дуги – Курилы, Япония, Индонезия и др.). Полосы очень сильных отрицательных аномалий приурочены к глубоководным желобам, островным дугам и внутренним морям соответствуют положительные аномалии. Глубина залегания аномальных масс не превышает 50 км.
4. В океанах гравитационное поле спокойно и меняется более плавно, чем на материках.

В строгом соответствии с распределением плотностей в недрах Земли находятся давление и ускорение свободного падения.

**Земной магнетизм** – это свойство Земли (как космического тела), обуславливающее существование вокруг неё магнитного поля. Доказано магнитное поле для Юпитера, магнитный момент Марса составляет  $3 \cdot 10^{-4}$  магнитного поля Земли. Венера и Луна магнитных полей не имеют. Солнце и другие звезды имеют магнитные поля.

Магнитное поле Земли сплюснуто со стороны освещенной Солнцем.

**Склонение** – угол отклонения магнитной стрелки от географического меридиана данного места, восточное и западное, величина меняется в разных районах.

**Изогоны** – линии, соединяющие на картах точки с одинаковым склонением.

**Наклонение** – угол наклона магнитной стрелки к горизонту.

**Изоклины** – линии, соединяющие на картах точки с одинаковым наклонением.

**Магнитный экватор** – наклонение равно 0.

Напряженность магнитного поля увеличивается от магнитного экватора к магнитным полюсам.

**Изодинамы** – линии, соединяющие на карте точки с равной напряженностью магнитного поля.

Магнитный полюс Земли располагается вблизи географического полюса, но не совпадает с ним. Магнитные полюса постоянно меняют свое положение, соответственно происходят суточные, годовые и вековые изменения склонения и наклонения, причем вековые колебания склонения достигают  $30^\circ$ .

**Магнитные аномалии** – отклонения наблюдаемого распределения элементов земного магнетизма от среднего для данной местности.

**Происхождение магнитного поля** по теории Эльзасера – Френкеля связано с тем, что жидкое ядро во вращающейся Земле действует как самовозбуждающаяся динамомашина. У медленно вращающихся планет – Венера, Луна М.п. нет.

**Теплота Земли** вызывается солнечной радиацией и зарождается в недрах планеты.

Среди колебаний температуры, вызываемых солнечной радиацией, различают суточные, сезонные, годовые и вековые. Чем больше период колебаний поверхностных температур, тем глубже эти колебания проникают в недра. Так суточные затухают на глубинах до 1.5 м, годовые – 25-30 м. На этой глубине расположен уровень или пояс постоянных температур, соответствующий среднегодовой температуре данной местности, глубина которого колеблется от нескольких до 30 м. напр. Москва 20 м и т-ра  $4.2^\circ\text{C}$ , Париж 28 м и т-ра  $11.83^\circ\text{C}$ . Расчеты глубины проникновения вековых колебаний температур очень сложны и не могут учесть всех факторов.

Ниже пояса постоянных Т-р важное значение приобретает внутренняя тепловая энергия Земли.

С увеличением глубины постоянно растут температуры, (горные выработки, буровые скважины). Прямые измерения до глубины 12 км – Кольская скважина.

**Геотермический градиент** - нарастание температуры в  $^\circ\text{C}$  через каждые 100 м.

**Геотермическая ступень** – интервал глубин в метрах на котором температура повышается на  $1^\circ\text{C}$ .

Повышение т-ры с глубиной указывает на непрерывный поток тепла из недр к поверхности Земли.

Аномально высокие тепловые потоки приурочены к срединным океаническим хребтам и пониженные – к смежным глубоководным впадинам. На докембрийских щитах (Балтийском, Канадском, Африканском, Австралийском) тепловой поток понижен, а в молодых горных областях (Альпы, Япония) – повышен.

Хотя излучаемая Землей тепловая энергия в несколько тысяч раз меньше количества солнечной энергии, получаемой Землей, В. Томсон (Кельвин) подсчитал, что если бы потеря энергии не восполнялась, Земля должна была бы охладиться за 40 млн лет.

Источники внутренней теплоты Земли: радиоактивный распад; химические реакции; энергия кристаллизации, энергия тяготения или гравитационная.

Роль перечисленных источников в тепловом режиме Земли различна и разными авторами оценивается по-разному. Наиболее достоверным из этих источников является энергия распада радиоактивных элементов.

#### Радиоактивность Земли.

Распределение и концентрация радиоактивных элементов в земной коре и во всей нашей планете имеет совершенно особое значение, так как при распаде этих элементов выделяется теплота, в значительной степени определяющая тепловой режим Земли. О количестве радиоактивных элементов в различных горных породах в настоящее время известно значительно больше, чем о количестве других, более обычных и гораздо шире распространенных элементов, так как выделяемое при распаде излучение позволяет установить присутствие радиоактивных элементов с высокой точностью до 0.0001%.

Среднее содержание радиоактивных элементов в главных типах горных пород, вес. %.

Радиоактивные элементы	Изверженные породы				Осадочные породы (глины и сланцы)
	кислые	средние	основные	Ультра-основные	
$^{226}\text{Ra}$	$1.2 \cdot 10^{-10}$	$6 \cdot 10^{-15}$	$2.7 \cdot 10^{-11}$	$1 \cdot 10^{-11}$	$1 \cdot 10^{-10}$
$^{238}\text{U}$	$3.5 \cdot 10^{-4}$	$1.8 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{-7}$	$3.2 \cdot 10^{-4}$
$^{232}\text{Th}$	$1.8 \cdot 10^{-3}$	$7 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-7}$	$1.1 \cdot 10^{-3}$
$^{40}\text{K}$	3.34	2.3	0.83	$3 \cdot 10^{-2}$	2.28

Как видно из таблицы радиоактивные элементы в различных типах пород распределены весьма не равномерно. Происходит уменьшение радиоактивных элементов с глубиной и от кислых пород к ультраосновным.

#### Контрольные вопросы:

1. Какова плотность Земли
2. Что такое сила тяжести
3. Положительные и отрицательные аномалии
4. Магнитное склонение и наклонение
5. Что такое геометрический градиент и ступень

#### Урок №7 Тема 2.3: Строение Земли (внутренняя оболочка)

1. Понятие земной коры.
2. Продольные и поперечные волны.
3. Мантия и ее оболочки
4. Ядро

**Ключевые слова:** магма, мантия, ядро.

**Земная кора.** Представления о составе и физическом состоянии земных глубин основывается на комплексных геофизических исследованиях недр Земли. Главным является сейсмический метод (греч. «сейсма» - сотрясение), основанный на изучении путей и скоростей распространения внутри Земли упругих колебаний, возникающих при землетрясениях и вызванных искусственными взрывами.

*Продольные волны- частицы материи колеблются в направлении движения волны (вдоль сейсмического луча). При этом создаются участки сжатия и расширения, распространяющиеся во все стороны от очага землетрясения (реакция среды на изменение объема). Прод. волны могут распространяться в твердых, жидких и газообразных средах, идут быстрее других и первыми приходят к наблюдателю.*

*Поперечные волны (реакция среды на изменение формы) распространяются только в твердых телах. Частицы материи колеблются в плоскости, перпендикулярной направлению сейсмического луча.*

При анализе изменения скоростей сейсмических волн (естественных и искусственных), проходящих через земной шар (сейсмическое зондирование), выделяют три главные сферы Земли, отделенных друг от друга поверхностями раздела, где резко меняются скорости волн.

**Земная кора** – это твердая внешняя оболочка Земли. Её мощность колеблется от 5-20 (12)км в океанах до 30-40км в равнинных областях и до 50-75км в горных регионах.

При  $M_{cp}=33\text{км}$ ,  $P_{cp}=2.8\text{г/см}^3$  масса коры составит  $4.7 \cdot 10^7$  трлн т, или 0.8% всей массы Земли. До недавнего времени этот слой называли **сиалью**(кремний и алюминий), в отличие от нижних слоев, которые называли **симои**(кремний +магний).

**Мантия Земли** распространяется под земной корой до глубины 2900км от поверхности.

Её делят на две части: верхнюю – слои «В» и «С» до глубины 900-1000км;

Нижнюю – слои «D» и «D<sub>1</sub>» глубины от 900-1000 до 2900км.

Слой «В» - Гутнберга, а слой «С» - переходный или слой Голицина.

В слое «В» - **астеносфера**. Под континентами 80-120 до 200-250км, под океанами от 50-60 до 300-400км. Астеносфера является волноводом - ДжБаррелл, 1916г.

Верхняя часть мантии (твердая) вместе с земной корой – литосфера.

К астеносфере приурочено большинство зарегистрированных очагов промежуточных землетрясений. Полагают, что в ней возникают магматические очаги, что это наиболее вероятная зона проявления подкорковых конвекционных течений и зарождения вертикальных и горизонтальных движений земной коры, т.е. важнейших эндогенных процессов, имеющих непосредственное отношение к становлению земной коры, к её деформациям, строению и составу. *Поэтом астеносферу вместе с перекрывающей её частью верхней мантии и земной корой объединяют в тектоносферу.*

Ниже астеносферы скорость продольных волн резко возрастает, достигая на глубинах 900-2000км 11.3 – 11.4км/с.

В нижней мантии скорости поперечных волн хотя и продолжают расти, но значительно медленнее, чем в слое «С» верхней мантии, достигая на глубинах 2700-2900км 13.6км/с.

На глубине 2900км намечается новый раздел сейсмического характера, который отделяет мантию от ядра. Здесь скорости продольных волн скачкообразно падают с 13.6км/с в основании мантии до 8.1км/с в ядре.

### Контрольные вопросы:

1. Из каких оболочек состоит земной шар
2. Что такое астеносфера
3. Ядро Земли
4. Что такое литосфера

### Урок №8 Тема 2.4: Строение Земли (внешняя оболочка)

#### План:

1. Атмосфера.
2. Гидросфера
3. Биосфера

**Ключевые слова:** атмосфера, биосфера, гидросфера.

Поверхность Земли – поверхность раздела внешней и внутренней оболочки.

**Атмосфера.** Верхняя граница 700-800км, или даже 900-1000км, а с учетом экзосферы 2000-3000км, в настоящее время содержит  $5.3 \cdot 10^3$  трлн т воздуха, что составляет одну миллионную часть массы Земли, около 90% массы атмосферы приходится на нижние 10км. Плотность воздуха на уровне моря  $1.3 \cdot 10^{-3}$  г/см<sup>3</sup>.

**Тропосфера.** До 10-12км, формируются погода и климат, мощные воздушные течения, циклоны и антициклоны.

Сухой воздух состоит: азот 78.08%, кислород 20.95%, аргон 0.93%, углекислый газ 0.03%, в малых количествах благородные газы и водород. Пыль природная и антропогенная.

Температура медленно понижается до минус 60-70°C на высотах 10-12км.

**Стратосфера.** До 50км. До 40км температура от -40 до -50°C, затем быстро возрастает до +15°C. В наст. время обнаружена активная циркуляция воздуха в стратосфере. Важно наличие озонового слоя на высотах от 17 до 30км, который задерживает ультрафиолет.

**Мезосфера.** Высоты 50-80км. Газовый состав, с преобладанием кислорода и азота, очень устойчив. Температура от нижней границы к верхней понижается от -70 до -90°C.

У верхней границы образуются серебристые облака, состоящие из мелких кристалликов льда.

**Термосфера.** (Верхняя граница около 800-1000км). Наиболее разреженный слой с повышенной ионизацией с существенным повышением температуры. Т-ра изменяется от -90°C на h около 80км до 400°C при h около 200км.

**Гидросфера** располагается между атм. и твердой земной поверхностью. Прерывистая водная оболочка земли, куда кроме Мирового океана входят все наземные и подземные воды.

В составе Г-сферы 3 осн. типа: океаносфера (моря и океаны); воды суши; ледники.

Промежуточное положение – подземные воды, сосредоточенные в литосфере, но тесно связанные с водами Г-сферы.

По В.И. Вернадскому количество вод оценивается:

Океаны – 1370млн. км<sup>3</sup>;

На суше – 4млн. км<sup>3</sup>;

Материковых льдов – 16-20млн. км<sup>3</sup>

Подземных – 400млн. км<sup>3</sup>.

Всего - 1.8млрд. км<sup>3</sup>.

Хим. состав гидросферы различен для вод суши и мирового океана. В океанской воде, в среднем 35г солей в 1л. Пресные воды до 1г/л.



Гидросфера играет в геологической истории развития Земли одну из самых важных ролей. В её пределах возникла и развивается жизнь, проходят сложнейшую эволюцию земные организмы. В гидросфере образуются и развиваются своеобразные ландшафты, осадочные горные породы и рельеф Земли. **Дать примеры.**

**Биосфера.** Оболочка Земли в которой сосредоточена жизнь, - была выделена в 1875г австрийским геологом Э. Зюссом, однако её особое значение для геологических и геохимических процессов было выявлено значительно позже акад. В.И. Вернадским. Биосфера окружает Землю сплошной оболочкой. Только кратеры действующих вулканов, потоки не застывшей лавы и, может быть, некоторые замкнутые водоемы с особенно высокой концентрацией мин. солей и кислот могут считаться временно безжизненными, но только временно.

Нижняя граница биосферы (по Вернадскому) «должна лежать выше областей, где господствуют горячие пары воды и температура не опускается ниже 100°С, в среднем на уровне 3-4км от уровня геоида», т.е. положение этой границы определяется предельной температурой, при которой могут существовать простейшие организмы.

По подсчетам Вернадского масса живой органической материи на Земле - 0.001% от массы земной коры. Большая её часть в океане в виде планктона.

Геологическое значение живых организмов огромно. Пропускают через себя и перерабатывают большое количество вещества. За 13 лет организмы пропускают через себя такое количество углерода, которое в 10 раз превышает все его содержание в земной коре. В.И. Вернадский считает весь кислород атмосферы продуктом жизнедеятельности организмов. Скопления каменного угля, торфа, нефти, мела, известняков (органогенных), фосфоритов, многих железных и марганцевых руд и т.п. – результат жизнедеятельности организмов, также как и почвы результат взаимодействия их с горными породами.

20-22 элемента могут концентрироваться в организмах в значительных количествах. Это Pb, Zn, Ni, Pt, Be, U, редкие земли и другие элементы.

#### **Контрольные вопросы:**

1. На какие слои разделена атмосфера
2. Гидросфера
3. Биосфера
4. Хим. состав океанских вод

### **Раздел 3. ЗЕМНАЯ КОРА**

#### **Урок №9 Тема 3.1: Строение земной коры.**

##### **План:**

1. Граница Мохоровича
2. Сверхглубокое бурение
3. Состав земной коры

**Ключевые слова:** литосфера, границы земной коры, состав земной коры

**Литосфера** – до глубины 50-70 км от поверхности Земли. Литосфера представлена небольшой по мощности толще осадочных пород.

В настоящее время пробурена скважина до глубины 15-16 км., т.е. мы имеем представление о земной коре до глубины 16км

В действительности земная кора состоит из легкоплавких силикатов с преобладанием алюмосиликатов. Больше всего в земной коре содержится кислорода (49.13%), кремния (26%), и алюминия (7.45%). Кислород в земной коре содержится в форме оксидов, в среднем: SiO<sub>2</sub> – 58%; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 15%; FeO и F<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 8%; CaO – 6%; MgO и Na<sub>2</sub>O – 4%; K<sub>2</sub>O – 2.5%

Граница земной коры от нижележащей мантии характеризуется возрастанием скорости сейсмических волн: продольных от 5.57-7.6 до 7.9-8.3км/с; поперечных от 3.36-3.7 до 4.5-4.7км/с.

Поверхностный раздел открыт югославским сейсмологом А. Мохоровичичем и назван поверхностью Мохоровичича или Мохо.

Контрольные вопросы:

1. Различие между земной корой и литосферой
2. Состав земной коры
3. Расположение границы Мохо

#### **Урок №10 Тема 3.2: Вещественный состав земной коры**

##### **План:**

1. Понятие о минералах и их кристаллических строениях.
2. Происхождение минералов.
  3. Использование минералов в народном хозяйстве.
  4. Физические свойства минералов

5. Горные породы, распространение в Земной коре.

6. Происхождение горных пород.

**Ключевые слова:** Источник энергии, эндогенные, экзогенные, метаморфические, магматические, пегматитовые, пневматолитовые, гидротермальные, гранит, гидротермы, летучие компоненты, выветривание, минерал

**Минерал** - это продукт физико-химических процессов. По источнику энергии процессы минералообразования разделяются на три большие группы:

I - эндогенные, связанные с внутренней энергией Земли.

II - экзогенные, связанные с энергией Солнца.

III - метаморфические, связанные с метаморфическими процессами.

Эндогенные (глубинные) процессы протекают в недрах Земли и связаны с магматической деятельностью.

Процессы застывания магмы ведут к образованию различных магматических горных пород, а отделяются от магмы газовые и водные растворы переносят различные вещества, которые при соответствующих условиях, например, в трещинах, выделяются в виде минералов.

Эндогенные процессы связаны с деятельностью магмы. Среди них выделяются:

A) Собственно магматические

B) Пегматитовые

B) Пневматолитовые

Г) Гидротермальные

A) **К собственно - магматическим процессам** образования минералов относятся те, при которых минералы образуются непосредственно при кристаллизации магмы. Именно таким образом возникли все минералы, слагающие магматические горные породы. Например, гранит состоит из полевых шпатов, кварца и слюды.

Второстепенные минералы (аксессуарные) минералы гранита - апатит, циркон, ортит и другие также имеют магматическое происхождение. Магматическое происхождение имеют многие практически важные минералы - апатит, алмаз, платина, руды хрома, никеля, меди, железа и т.д.

**Б) Пегматитовый процесс**

При кристаллизации гранитной магмы, образуется остаточный силикатный расплав, богатый соединениями редких и редкоземельных элементов и летучих веществами - минерализаторами. Это силикатный расплав внедряется во вмещающие породы, заполняет в них трещины и полости и кристаллизуясь, образует жильные крупнокристаллические тела - пегматиты.

Пегматиты богаты различными минералами. Кроме главных породообразующих минералов - микроклина, плагиоклазов, кварца и биотита - часто встречаются турмалины, берилл, сподумен, лепидолит, танталит, колумбит, минералы редких земель и другие.

Пегматитовые жилы могут иметь длину в несколько километров и несколько десятков мощности.

Минералы пегматитов достигают больших размеров. Например, кристаллы сподумена - минерала, содержащего литий достигают иногда 14 м в длину (США). Кристаллы дымчатого кварца могут достигать 4 т. (Бразилия), кристалл берилла, найденный в пегматитах Мадагаскара, имел длину 18 м и весил более 300 т.

Пегматитовый процесс один из основных процессов минералообразования, пегматиты являются источником слюды - мусковита, редких металлов - лития, и керамического сырья.

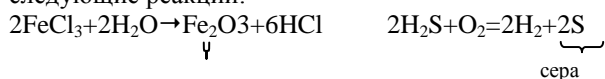
**В) Пневматолитовый процесс.** («пневма» - по - гречески - «газ»).

**Пневматолитиз** - это процесс образования минералов из газовой фазы. На некоторых этапах кристаллизации магмы возможно отделение газов. По мере продвижения вверх по трещинам эти газы охлаждаются, реагируют друг с другом и вмещающими породами, в результате чего образуются минералы.

**Продукты пневматолитиза - пневматолиты** - разделяются на вулканические и глубинные.

1. Вулканические пневматолиты образуются в вулканических областях за счёт газов, отделяющихся от магмы вблизи поверхности или на поверхности Земли. Вулканические газы в огромных количествах уходят в атмосферу через жерла вулканов и трещин вокруг кратеров. Главными газами при извержениях являются пары воды, HCl, H<sub>2</sub>S, SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, CO, H<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> и NH<sub>4</sub>Cl, хлористые и сернистые соединения Na, K, Ca. В газах также обнаруживаются хлористые соединения железа, меди, марганца, свинца, соединения бора, фтора, брома, фосфора, мышьяка, сурьмы и др.

В процессе возгона газов в трещинах лавовых покровов и кратерах вулканов происходит образование минералов. Преимущественно это хлориды, сульфаты - минералы, легко растворимые и поэтому не наблюдаемые в большом количестве. Обычно все минералы, образующиеся при вулканической деятельности, имеют вид налётов, мелкокристаллических корочек или землистых агрегатов. Примерами образования минералов могут служить следующие реакции:



Образуются минералы (сульфидов) - пирит, марказит, пирротин, халькопирит, сфалерит и др.

2. Глубинные пневматолиты образуются в том случае, когда газы отделяются от магматического очага в недрах земной коры. Они просачиваются сквозь их химический и минеральный состав. Степень химических преобразований пород под действием газов зависит от их химической активности, состава пород, тектонического строения и длительности процесса. К глубинным пневматолитам относят некоторые жильные тела (тела выполнения трещин) и грейзены.

Необходимо привести сведения о грейзенах, использование горячих источников.

В минералогическом отношении в грейзенах резко преобладает кварц. Кроме того, они почти всегда содержат мусковит, часто литиевые слюды, топаз, турмалин, рутил. Из рудных минералов касситерит, вольфрамит, в меньшей степени молибденит и арсенопирит. Нередко в грейзенах можно встретить берилл, особенно характерна его прозрачная разновидность цвета морской воды - аквамарин, являющаяся драгоценным камнем.

4. Гидротермальный процесс. Гидротермы - горячие водные растворы, отделяющиеся от магмы или образующиеся в результате ожигения газов. Гидротермальные растворы выносятся из магматического очага целый ряд соединений металлов. Обычно гидротермы (растворы) под давлением двигаются вверх, к поверхности земли. При своём движении они используют различные тектонические нарушения, трещины, зоны контактов. По мере удаления растворов от магматического очага температура их падает. В результате падения температуры и реакций с вмещающими породами гидротермы свой груз отлагают в виде минералов.

Гидротермы обычно движутся по трещинам, форма большинства гидротермальных минеральных тел - жильная.

Главнейшим жильным минералом является кварц. Гидротермы могут быть высоко (450-300 °), средне (300-200 °), низкотемпературные (ниже 200 °).

Как правило, высокотемпературные гидротермальные минеральные тела располагаются ближе к интрузии, в то время как низкотемпературные являются наиболее удалёнными. Это ведёт в известной степени к зональному расположению продуктов гидротермального процесса по отношению к той интрузии, которой они обязаны своим происхождением.

Так, ближе к гранитной интрузии и в самом интрузиве располагаются гидротермальные жилы с вольфрамитом, касситеритом, молибденитом, далее - жилы с сульфидами меди, свинца и цинка, серебра, затем сурьмы и ртути. Однако подобная зональность не является строго концентрической, проявляется не всегда и характерна лишь для сравнительно небольших (до 10 мм в поперечнике) гранитных штоков. Гидротермы так же, как и газы, просачиваются сквозь боковые породы, химически реагируют с ними, замещают их, привнося новые соединения.

Так возникают контактно - метасоматические тела, имеющие часто трубчатую или неправильную форму и залегающие большей частью среди карбонатных пород.

При гидротермальной переработки вмещающих пород эти горные породы могут быть сильно изменены. Бак, при действии гидротермальных растворов на богатые магнием ультраосновные породы и доломиты образуются асбест, тальк, магнезит, а действие низкотемпературных сернокислых гидротерм не богатые щелочами породы ведёт к образованию алунита.

Гидротермальное происхождение имеют большинство руд цветных, редких и радиоактивных металлов, золото, а также различные неметаллические полезные ископаемые.

Следует отметить, что гидротермальные работы растворы, несущие оруднение, не обязательно должны быть магматическими. Это основывается на следующем, вместе с осадочными породами в глубокие горизонты литосферы попадают огромные количества воды и газов как в свободном виде (подземные, пленочные и др.), так и в связанном (кристаллизационная, коллоидная вода). Вся литосфера как бы пропитывается водой и газами.

**Экзогенные процессы** минералообразования происходит в поверхностной зоне земной коры. Где протекает процесс разрушения минералов и горных пород. Продукты разрушения могут переноситься водными и воздушными потоками на значительные расстояния. Некоторые минералы и породы могут при этом переходить в раствор и мигрировать в в растворённом виде, достигая морей и океанов.

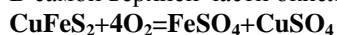
В результате физического выветривания происходит механическое разрушение пород и минералов их дезинтеграция. Обломочный материал либо остаётся на месте, либо переносится водными потоками. Новых минералов при этом не образуется, но в результате механического разрушения, переноса и отложения образуются россыпи - важный источник многих ценных минералов.

При химическом выветривании происходит химическое разложение минералов и образуются новые минералы, устойчивые в поверхности условиях. Здесь прежде всего, надо отметить так называемые остаточные образования. При разложении горных пород, содержащие различные силикаты и алюмосиликаты, происходит вынос растворимых продуктов (соли калия, натрия, кальция, магния), а труднорастворимые продукты - глинозём и кремнезём - остаются на месте разрушения или испытывают незначительное перемещение.

Образование каолинита происходит по следующей схеме:



называют остаточные образования коры выветривания, обогащённые гидроокислами алюминия. Процессы образования каолинита и бокситов носят название соответственно каолинизация и бокситизация. Во вскрытых эрозией рудных жилах первичные (гидротермальные и др.) рудные минералы, в особенности сульфиды, легко разрушаются и переходят во вторичные, окисленные минералы - сульфаты, окислы, карбонаты и другие соединения. В самой верхней части окисления, богатой кислородом, сульфиды окисляются в сульфаты, например,



**Осадочный процесс.** Химическое осаждение минералов может происходить как из истинных, так из коллоидных растворов. В озёрах и морях возникали такие условия, когда растворённые вещества не могли больше находиться в растворе и выпадали в осадок. Таково происхождение различных солей: гипса, галита, карнелита и др. (химические осадки). Здесь накопление солей происходит в условиях сухого климата при испарении морских (реже континентальных) вод.

Образцы: Гипса, ангидрита, галита.

**Метаморфический процесс** минералобразования будет происходить в более глубоких зонах литосферы, где существуют иные термодинамические условия, чем на поверхности. При высоких температурах и давлении происходит обезвоживание, перекристаллизация и метасоматические явления. Образуются минералы как волластонит, гроссуляр.

В контактовой зоне (контактовый метаморфизм) образуются своеобразные породы - скарны. Характерными минералами скарнов являются пироксенными минералами скарнов являются пироксены (диопсид, геденбергит), гранаты (гроссуляр, андрадит) и др.

В связи с тем, что в этой теме много информации (новые термины), поэтому в конце занятия нужно повторить все термины и провести контроль усвоения материала.

#### Контрольные вопросы:

1. По какому признаку классифицированы минералы?
2. Приведите примеры неметаллических полезных ископаемых?
3. Что означает метасоматические изменения горных пород?
4. Каким образом минералы доходят до морей и океанов?
5. Какие рассыпные месторождения ценных минералов знаете?

### Урок №11 Тема 3.3 Понятие о минералах и их происхождение. Классификация.

#### План:

1. Понятие о минералах и их кристаллических строениях.
2. Происхождение минералов.
3. Использование минералов

**Ключевые слова:** плотность, кристаллическая структура, магнитность, радиоактивность, эталонная шкала, классификация, псевдоморфоза,

#### Характеристика основных породообразующих минералов.

Известно, что физические свойства минералов имеют большое практическое значение (магнитность, твёрдость, оптические свойства, радиоактивность и др.) и очень важны для их диагностики. Они зависят от химического состава и типа кристаллической структуры.

Плотность минералов колеблется от величин примерно павных единице, до 23,0 г/см<sup>3</sup>. Основная масса минералов имеет плотность от 2,5 до 3,5 г/см<sup>3</sup>.

Минералы по плотности условно можно разделить на 3 группы: лёгкие (до 3 г/см<sup>3</sup>), средние (от 3 до 4 г/см<sup>3</sup>) и тяжёлые более 4 г/см<sup>3</sup>, некоторые минералы легко узнаются по большой плотности (барий 4,6, церрусит 6,5 г/см<sup>3</sup>).

Эталонами шкалы твёрдости являются следующие минерал, расположенные в порядке увеличения твёрдости:

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

## 10. Алмаз

Внешний вид минералов различен. Он определяется их размерами и морфологией. Внешний вид ограниченных минералов или их габитус определяется преобладанием граней тех или иных простых форм. Габитус минералов может быть кубическим, октаэдрическим, тетраэдрическим, призматическим и т.д.

Например, кубический габитус имеют: флюорит, пирит, галит и т.д.

Встречаются минералы, которые имеют не свойственную им форму. Подобные образования называются «псевдоморфозами» (псевдо - чужой).

1. **В самородном состоянии** в природе известны около 40 химических элементов, но большинство из них встречается очень редко. Часто встречается : Золото, серебро, платина, осмий, иридий, рутений, радий, палладий, углерод, сера, медь; Редко встречаются : мышьяк, сурьма, висмут.

2. **Сернистых** (сульфиды) и аналогичных им минералов более 200 видов наиболее часто встречается халькозин, халькопирит, малахит, куприт, галенит, киноварь, сфалерит, пирротин, ковелин, пирит -  $\text{FeS}_2$  кубическая сингония, марказит --  $\text{FeS}_2$  (ромбическая сингония)

3. **Галоиды** - галит (каменная соль)  $\text{NaCl}$ , сильвин  $\text{KCl}$ , флюорит - (плавиковый шпат) -  $\text{CaF}_2$  (разновидность оптического флюорита),  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  и другие (около 100 минералов).

4. **Оксиды** (оксиды): наиболее распространёнными является кварц  $\text{SiO}_2$  ( по происхождению различают  $\text{SiO}_2$  температура плавления от  $545^\circ$  -  $1710^\circ$  C). В кристаллических структурах минералов класса оксидов катионов металлов находятся в окружении анионов кислорода  $\text{O}_2$ . Куприт -  $\text{Cu}_2\text{O}$  - экзогенные корунд -  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Гематит - (красный железняк)  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Рутил -  $\text{TiO}_2$ . касситерит - (оловянный камень)  $\text{SnO}_2$  и другие.

5. **Гидроокислы** - опал - аморфный минерал, содержит от 3 до 9% воды, лимонит (бурый железняк), манганит  $\text{MnO}(\text{OH})$  - минерал марганца и другие.

6. **Силикаты** - до 800 минералов, наиболее часто встречаются часто: оливин -  $(\text{Mg}, \text{Fe})_2[\text{SiO}_4]$  встречается часто в оливиновых базальтах и кимберлитах), полевые шпаты (эндогенные) плагиоклазы и ортоклазы. Плагиоклазы в зависимости от содержания альбита и анортита имеют различные наименования.

**Пироксены**: Наиболее распространённый из них - авгит -  $\text{Ca}(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Al})_2[\text{Si}, \text{Al}]_2\text{O}_6$ . Авгит -главнейшая составная часть габбро (горная порода) и другие минералы глины: каолинит  $\text{Al}_2[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_2$  монтмориллонит -  $(\text{Ca}, \text{Mg})_3[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ .

7. **Карбонаты** - к ним относятся более 80 минералов наиболее распространённый минерал - кальцит -  $\text{CaCO}_3$  - исландский шпат - прозрачный (молочно-белый) входит в состав известняков, мраморы и другие применяется для производства извести.

**Магнезит** -  $\text{MgCO}_3$  (цвет белый) применяется для изготовления огнеупорных кирпичей, цемента (минерал часто встречается в метаморфических породах).

Доломитах (серовато - белый) в мраморах встречается для изготовления гидравлической извести и огнеупорных материалов.

Сидерит -  $\text{Fe}(\text{CO}_3)$  (сидерес - железо) важная руда железа.

Родохрозит -  $\text{Mn}(\text{CO}_3)$  - руда марганца

Смитсонит -  $\text{Zn}(\text{CO}_3)$  ценная руда цинка.

8. **Фосфаты** - около 350 минералов, преимущественно это редкие экзогенные минералы магматического происхождения имеют монокит и апатит.

Монокит - фосфат церия (Ce) и других редкоземельных металлов, а также тория Th. Содержание около 5- 10%, применяется как руда на редкие земли и торий.

Апатит - от слова «апата» - обманываю, так как этот минерал долго время принимался за другие минералы.

Выделяются следующие разновидности апатитов.

1) фторапатит -  $\text{Ca}_5[\text{PO}_4]_3\text{F}$

2) хлорапатит -  $\text{Ca}_5[\text{PO}_4]_3\text{Cl}$

3) и др.

Апатиты встречаются в крупных и др. кристаллах.

Применяется как сырьё для получения различных фосфорных удобрений.

Фосфориты - представляют собой осадочные образования, состоящие из фосфата кальция по составу аналогичны апатиту (состоят из тонкодисперсного апатита).

9. **Сульфаты** - этот класс объединяет до 260 минералов, происхождение которых связано с одними растворами.

Гипс - применяется в строительстве.

Ангидрит - безводный гипс. При соприкосновении с водой переходит в гипс. Применяется как поделочный камень и добавка к цементу.

Барит - (тяжёлый шпат) - гидротермальное. Применяется в виде препаратов бария, а также при бурении скважин в качестве утяжелителя глинистых растворов, лакокрасочной промышленности, как накопитель при производстве обоев, клеёнки, линолеум.

Соли бария употребляются для борьбы с вредителями сельского хозяйства и в медицине.

Англезит -  $\text{Pb}(\text{SO}_4)$  цвет белый, блеск алмазный, руда -  $\text{Pb}$  (63%).

Мирабилит - (глауберова соль) - применяется в стекольной промышленности, для приготовления соды, а также применяют в медицине.

10. **Вольфраматы и молибдениты** характеризуются небольшим количеством минералов - важные руды на вольфраме и молибдене.

Шеелит - Ca (WO<sub>4</sub>). Цвет белый, серый, жёлтый (часто можно спутать с кварцем, полевым шпатом ), происхождение скарновое.

Ферримолибдит - (молибденовая охра) - Fe<sub>2</sub> [MoO<sub>4</sub>]<sub>3</sub>\* 7H<sub>2</sub>O где MoO<sub>3</sub> =60%.

### Контрольные вопросы:

1. Разделение процессов минералообразования, с чем оно связано?
2. Что такое второстепенные минералы?
3. Почему не все минералы непрозрачные, чистые (например, кварц)?
4. Термины - интрузив и эффузив, что это такое.
5. Какие рассыпные месторождения ценных минералов знаете?
6. Какие минералы относятся к породообразующим минералам?
7. По какому признаку классифицированы минералы?

### Урок №12 Тема 3.4 Горные породы. Происхождение,

#### План:

- 1) Понятие горных пород
- 2) Распространение этих пород
- 3) Распространение магматических пород
- 4) Классификация магматических пород
- 5) Текстуры и структуры пород
- 6) Осадочные горные породы

**Ключевые слова:** горные породы ,магматических пород ,текстуры и структуры,осадочные горные породы

Земная кора сложена различными минеральными агрегатами, называемыми горными породами. Горные породы могут быть мономинеральными или полиминеральными.

Горная порода образуется в определённых геологических условиях, эти условия влияют на форму залегания, характер и взаимоотношения составляющих её минералов (структуру). По своему происхождению все горные породы разделяются на три большие группы: 1) магматические, - связанные с процессами магматической деятельности; 2) осадочные – связанные с экзогенными процессами и 3) метаморфические, - образующиеся в результате преобразования магматических и осадочных пород

Распространение этих пород неодинаково. Подсчитано, что литосфера на 95% сложена магматическими и метаморфическими породами и только 5% составляют осадочные породы. В тоже время осадочные породы покрывают 75% земной поверхности и только 25% её занято магматическими и метаморфическими породами. Всесторонним изучением горных пород и занимается петрография. Она изучает минеральный и химический состав горных пород их строение, происхождение, геологические условия залегания, взаимоотношения между различными породам, а также изменения горных пород с течением времени. Петрография является одной из важных геологических дисциплин, на которой базируется учение о полезных ископаемых.

1 Магматические породы состоят из 600 различных видов и разновидностей. Расплавленная магма, прорываясь по трещинам земной коры, в одних случаях застывает в её недрах, что приводит к образованию глубинных пород (рис. 1), в других случаях она достигает поверхности земли, разливаясь потоками лавы, и даёт начало излившимся породам. Условия остывания магмы в глубине и на поверхности земли резко различны.

Глубинные породы образуются в условиях высокого давления, медленного остывания. В этом случае происходит полная раскristаллизация магмы и образуются сплошные, полнокристаллические породы типа гранита, габбро, которые залегают крупными массивами. Излившиеся магматические породы формируются в виде лавовых потоков на поверхности земли. Это происходит при низком давлении и температуре, при быстрой отдаче тепла и газовых компонентов. При таких условиях кристаллизации возникают породы с обилием аморфного стекла, часто с большой пористостью. Например, базальт, железо.

Существует классификация магматических пород (табл.1), где кроме деления их на глубинные и излившиеся, основана на содержании в них кремнезёма, т.е. двуокиси кремния SiO<sub>2</sub>

Состав пород		Породы глубинные	Породы излившиеся	
Химический	Основ. минералы		Древ. изменения	Молодые(свежие)

<b>Кислые</b> SiO <sub>2</sub> > 65%	Кварц, полевые шпаты, слюда	Гранит	Кварцевый порфир	Липарит
<b>Средние</b> SiO <sub>2</sub> 65-52%	Полевой шпат, роговая обманка, биотит, авгит	Сиенит диорит	Ортоклазовый порфир, порфирит	Трахит Андезит
<b>Основные</b> SiO <sub>2</sub> 52-40%	Плагиоклазы (лабрадор) авгит, оливин	Габбро	Диабаз	Базальт
<b>Ультраосновные</b> SiO <sub>2</sub> < 40%	Авгит Авгит, оливин, рудные минералы Оливин и рудные минералы	Пироксенит, перидотит дунит		–

Разделение магматических пород по содержания SiO<sub>2</sub> имеет практическое значение: с уменьшением содержания SiO<sub>2</sub> в глубинных породах возрастает плотность, понижается температура плавления породы, лучше поддаются полировке, окраска изменяется от светлой до тёмной. Основное место занимают полевые шпаты, амфиболы, пироксены, кварц и слюда. Это первичные минералы, образовавшиеся в процессе кристаллизации магмы. Кроме того, в магматических породах, особенно в наиболее древних, могут присутствовать вторичные (аксессуарные) минералы (карбонаты, глинистые минералы), которые возникли из первичных минералов в процессе выветривания.

Свойства пород зависят от особенностей их внутреннего строения и сложения в массиве. Различают структуры и текстуры пород. Структура – это особенность внутреннего строения породы, обусловленные размерами, формой, количественным соотношением её составных частей – минералов. В магматических породах по степени их кристалличности различают: 1) зернистые (полнокристаллические структуры), типичные для глубинных пород; 2) полукристаллические структуры (совместное нахождение кристаллов и аморфного стекла); 3) стекловатые, типичные для излившихся пород.

По величине кристаллов структуры делят на: 1) крупнозернистые – более 5 мм; 2) среднезернистые – 5-1 мм; 3) мелкозернистые – менее 2 мм. Для излившихся пород кроме стекловатой характерна так же порфиристая структура. В аморфной массе содержатся крупные вкрапленники кристаллов. Такая структура наблюдается у порфиров и порфиритов.

Текстура (сложение) характеризует пространственное расположение составных частей породы в её объёме. Для магматических пород характерны: 1) массивная текстура – равномерное плотное расположение зёрен минералов; 2) полосчатая текстура – чередование в породе участков различного минерального состава или различной структуры; 3) шлаковая текстура – порода содержит видимые глазом пустоты.

**Граниты** – полнокристаллические зернистые, глубинные, с окраской от светло – серой до мясокрасной, реже зеленоватой.

Между разными группами магматических пород всегда имеются переходные типы, например, гранодиориты. Отличить их можно друг от друга только с помощью специального микроскопа.

Кварцевые порфиры и липариты. Липариты окрашены в светлые тона, желтоватые, светло – серые. Структура порфиристая – в стекловатой массе содержатся порфиристые вкрапленники из полевого шпата, кварца, биотита. Кварцевые порфиры окрашены более тёмной окраской – бурые, жёлтые. Вулканическое стекло – стекловатая разновидность липаритов и кварцевых порфиров. К ним относятся – обсидиан и пемза.

Образцы пород: кварцевые порфиры, липарит, пемза.

**Обсидиан** – плотное, тёмного цвета однородное аморфное стекло.

**Пемза** – пористая стекловатая масса (менее 1 г/см<sup>3</sup>), белая, серая, желтоватая и т.д.

**Сиениты** – полнокристаллические мелко- и среднезернистые глубинные породы, окраска розовая светло – серая. Излившимися аналогами сиенита являются ортоклазовые (бескварцевые) порфириты и трахиты. Обладают порфиристой, мелкопористой структурой. Белые, серые, желтоватые до тёмной окраски.

**Диориты** – полнокристаллические зернистые породы от светло – серой до тёмно – чёрной окраски. Текстура массивная, мелко- и среднезернистые. Излившимися аналогами диоритов являются порфириты и андезиты – структура порфиристая, основная масса стекловатая – приобретает серую или бурую окраску.

**Габбро** – представляют собой полнокристаллическую средне- и крупнозернистую породу от тёмно – серой до чёрной окраски. Габбро, состоящие из одного лабрадора, называется лабрадоритом, текстура массивная, реже, полосчатая.

**Базальты и диабазы** – в минеральном отношении аналогичны габбро. Базальты тёмные, почти чёрные, плотные, иногда пористые, бывают и пузырчатые. Структура скрытокристаллическая и мелкокристаллическая. При порфиристой структуре вкрапленниками являются оливин, авгит, реже полевой шпат. Прочная порода.

**Диабазы** – отличаются от базальтов наличием вторичных хлоритовых минералов, что придаёт им зеленоватую окраску. Структура от мелко – до крупнозернистой.

**Пироксениты** – тёмно – зелёные, почти чёрные породы, полнокристаллические, массивные.

**Перидотиты** – тёмно – серые, почти чёрные породы, средне- или крупнозернистые, массивные.

**Дуниты** - тёмно – зелёные или оливко-зелёные породы зернистой структуры, массивные – основной минерал оливин. Дунит – ценное сырьё для изготовления огнеупорных кирпичей.

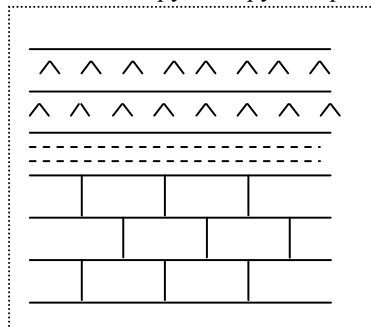
2. **Осадочные горные породы** – известно, что любая порода находящаяся на земной поверхности подвергается выветриванию, т.е. разрушительному воздействию воды, ветра, колебаний температур и т.д. В результате, даже самые массивные, прочные магматические породы постепенно разрушаются, образуя обломки разных размеров, распадаясь на мельчайшие частицы. Продукты разрушения переносятся ветром, водой и на определённом этапе переноса отлагаются, образуя рыхлые скопления или осадки. Накопление происходит на дне водных бассейнов (морей, океанов) и на поверхности суши. Из рыхлых скоплений (осадков) с течением времени формируются (уплотняются, приобретают структуру и т.д.) разнообразные осадочные породы, обломочного (гравий, песок и т.д.) и химические (гипс, каменная соль и др.) происхождения. Значительная часть осадочных пород образуется в результате жизнедеятельности организмов и растений (известняк, мел, торф, уголь, нефть).

Осадочные породы в зависимости от происхождения резко отличаются друг от друга. Поэтому их подразделяют на 3 группы: 1) обломочного; 2) химического; 3) органогенного происхождения.

В образовании осадочных пород, кроме минералов первичного происхождения, т.е. тех из которых формировался рыхлый осадок (кварц, полевой шпат, слюды, и др.), принимают участие минералы вторичные, т.е. возникшие в данной породе в процессе её существования. (это кальцит, гипс, каолинит и т.д.). Во многих случаях вторичные минералы играют главную роль, например, в глинистых породах.

### **Образцы осадочных пород механического происхождения**

Основным отличием является то, что осадочные породы залегают в виде слоёв или пластов. Отдельные слои отличаются друг от друга окраской, составом и свойствами. Пористость, структуры разнообразные.



Вопрос: Чем отличаются осадочные породы от магматических?

1) К обломочным относятся пески, дрессы, гравий, галечники, щебень, брекчии, конгломераты, песчаники, алевролиты, глины, аргиллиты, лессы, и лессовидные породы – супеси, суглинки.

2) Породами химического происхождения являются различные известняки, известковый туф, доломит, ангидрит, гипс, каменная соль. Общей для этих пород особенностью является растворимость в воде, наличие пустотности вследствие растворения, трещиноватость.

3) Органогенные породы образуются в результате накопления и преобразования остатков животного мира (зоогенные) и растений (фитогенные). Зоогенные – известняк – ракушечник, мел, нефть и др, а фитогенные – трепел, опока, торф, уголь. Диатомит – слабосцементированная, очень пористая порода белого, светло – серого или желтовато – серого цвета, состоящая из скелетов морских и озёрных диатомовых водорослей, всегда содержит примесь глинистого материала. Общее содержание кремнезёма 80-95%

**Трепел** – сходен с диатомитом, но отличается малым содержанием низменных органических остатков. Лёгкая, землистого облика порода. Состоит из опала с примесью глинистых частиц, окраска белая, светло – серая, реже бурая, чёрная, плотность 0,25-1 г/см<sup>3</sup>.

**Опока** – твёрдая, реже мягкая пористая порода с содержанием до 10% кремнистых остатков, водорослей и других организмов, а также примеси глинистого материала, цвет жёлтый, тёмно-серый, чёрный. Лёгкая, хрупкая, внешне похожа на мергель, залегают пластами.

**Торф** – порода, образовавшаяся под водой без доступа воздуха из разложившихся и обуглившихся, но ещё ясно различимых растительных остатков, перемешанных с песком и глиной. Окраска чёрная, буро – чёрная, плотность 0,6-1,1 г/см<sup>3</sup>. Залегают слоями, линзами.

Метаморфические породы образуются в результате глубоких изменений и преобразований магматических и осадочных пород в процессе метаморфизма – под влиянием высокой температуры, давления и химически активных веществ. Вызывают изменения химического минералогического состава и структуры исходных пород.

Метаморфическим породам присущи кристаллическая структура и своеобразная текстура: сланцевая, когда пластинчатые минералы типа слюд располагаются параллельно друг другу: зернистая – характерно чередование сланцевых и зернистых полос.

В зависимости от ведущего фактора метаморфизма различают: 1) контактовый метаморфизм; 2) дислокационный метаморфизм 3) Региональный метаморфизм.

1. Первый связан с воздействием внедряющихся магматических на вмещающие породы (температура, растворы). Горячие магматические тела вызывают прогрев, обжиг, закалку и частичное изменение минерального состава и структуры – перекристаллизацию вмещающих толщ.

Воздействие высокой температуры, а также газов и паров воды проникают вмещающие породы и ведёт к коренному изменению вмещающих пород. Так возникают породы зернистого вида – мраморы и кварциты.

### **Образцы метаморфических пород мрамор, кварциты, сланцы.**

2. Дислокационный метаморфизм происходит при погружении горных пород на значительные глубины и при процессах горообразования (складкообразование). В результате происходит изменение структуры и частично минерального состава при дроблении и перетирании. В результате образуются тектонические брекчии, катаклазиты, лимониты и др. породы.



3. Региональный метаморфизм проявляется на больших площадях и в глубине земной коры. Глубинную толщу, где протекает этот процесс, называют поясом метаморфизма. Образуются кварцитовидный песчаник, глинистые сланцы, кристаллические известняки и сланцы, кварциты, мраморы, гнейсы.

**Примеры изменения пород по поясам и зонам земной коры.**

Пояс	Зона	Породы		
Осадочных пород	Выветривания	Песок	Глина	Известняк
	Цементация	Песчаник	Аргиллит	Полукристаллический известняк
Региональный метаморфизм	Верхняя	Кварцитовидный известняк	Филлит	Мелкозернистый мрамор
	Средняя	Кварцит	Слюдистый сланец	Среднезернистый мрамор
	Нижняя	Перекристаллизованный кварцит	Гнейс	Крупнозернистый мрамор

**Контрольные вопросы:**

1. В чём отличие горных пород от минералов?
2. Литосфера Земли, состав литосферы (из чего состоит)?
3. Классификация магматических пород создана для какой цели?
4. Как образуются порфириды, порфиновые породы?
5. Чем отличается излившиеся породы от глубинных?
6. Дунит, диабаз, базальт.
7. Морские отложения отличаются ли от обломочных?
8. Почему определяется возраст горных пород?
9. Чем отличаются метаморфические породы от осадочных?
10. По какому методу определяется возраст речных отложений (суглинок)?

**Урок №13 Тема 3.5: Возраст земной коры и методы его определения**

**План**

1. Определение возраста горных пород.
2. Геохронологическая шкала.

**Ключевые слова: возраст, слой, геохронологическая шкала,**

Большое научное и практическое значение имеет установление возраста горных пород. Различают абсолютный и относительный возраст горных пород.

А) Абсолютный возраст выражается в годах, т.е. определяется, сколько лет прошло с момента образования породы. Для этой цели применяют радиоактивные методы (ураносвинцовый метод), основанные на использовании процессов радиоактивных превращений, которые имеют место в некоторых химических элементах (уран, калий, рубидий и др.), входящих в состав пород. С помощью одних элементов устанавливают возраст в миллионах лет, другие дают возможность определять более короткие отрезки времени. Так, например, зная какое количество свинца образуется из 1 гр. Урана в год, определяя их совместное содержание в данном минерале, можно вычислить абсолютный возраст минерала и той горной породы, в которой он находится. Этот метод позволяет определять возраст более древних горных пород в миллионах лет. Таблица №2

По углероду C 14, период полураспада которого равен 5568 можно устанавливать возраст более молодых образований. Абсолютные значения возраста горных пород приведены в геохронологической шкале.

Б) Относительный возраст позволяет определять, какие породы древнее, какие моложе, учитывая их последовательность залегания. Для определения относительного возраста используют два метода: 1. стратиграфический и 2. палеонтологический.

1) Первый метод применяют для толщ с ненарушенным горизонтальным залеганием слоёв. При этом считают, что нижележащие слои горных пород являются более древними, чем вышележащие (рис.3). Самым молодым является слой 3 и самым древним является слой 1. Этот метод не применим при залегании слоёв в виде складок (рис.4).

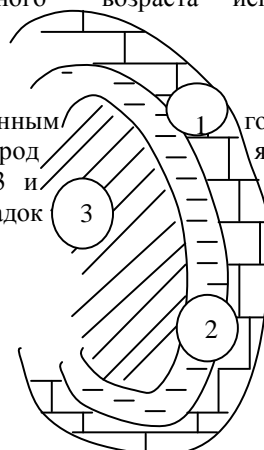


Рис.4

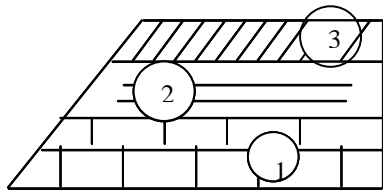


Рис.3

2) Палеонтологический метод позволяет определять возраст осадочных пород по отношению друг к другу независимо от характера залегания слоёв и сопоставлять возраст пород, залегающих на различных участках. В основу метода положена история развития органической жизни на Земле. Животные и растительные организмы развивались постепенно, последовательно. Остатки вымерших организмов захоронялись в тех осадках, которые накапливались в тот отрезок времени, когда они жили, зная последовательность и период жизни вымерших организмов, по их останкам можно определить возраст слоёв осадочных пород. В результате изучения строения земной коры и истории развития жизни появилась возможность разделить всю геологическую историю на ряд отрезков времени и составить по данным абсолютного и относительного возраста шкалу геологического времени – геохронологическую шкалу (табл.2).

Эра	Период	Время в млн. лет от начала эр и периодов	Развитие органического мира
<b>Кайнозойская</b> <b>Kz</b>	<b>Четвертичный</b> <b>Q</b>	<b>1,5-2,0</b>	В начале периода появился человек. Развитие современной раст-ти и жив.мира.
	<b>Неоген</b> <b>N</b>	<b>25±1</b>	Окончательное вымирание мезозойской флоры
	<b>Палеоген</b> <b>P</b>	<b>70</b>	Бурный расцвет млекоп-х развитие покрытосеменной флоры
<b>Мезозойская</b> <b>Mz</b>	<b>Меловой</b> <b>K</b>	<b>140</b>	Развитие крупных растений и вымирание их к концу периода. Развитие млекопитающих
	<b>Юрский</b> <b>I</b>	<b>185</b>	Развитие флоры цикадовых и хвойных, гигантских ящеров, появление летающих ящеров и птиц.

	<b>Триасовый Т</b>	<b>225</b>	Окончательное вымирание Pz – флоры. Развитие рептилий. Появление млекопитающих (сумчатых), костных рыб.
<b>Палеозойская Pz</b>	<b>Пермский Р</b>	<b>270</b>	Начало вымирания Pz – организмов. Появление и развитие хвойных, рептилий.
	<b>Каменноугольный С</b>	<b>320</b>	Развитие наземных, позвоночных амфибий акул и насекомых. Появление моллюсков, растительность – папоротники.
	<b>Девонский D</b>	<b>400</b>	Развитие кораллов, панцирных рыб, первые наземные четвероногие. Развитие хвощей.
	<b>Силурийский S</b>	<b>420</b>	Панцирные рыбы, акулы, водоросли, наземные растения, близкие папоротникам
	<b>Ордовикский O</b>	<b>480</b>	Появление многих наземных животных многоножек (скорпионов) и морских моллюсков. Водоросли.
	<b>Кембрийский e</b>	<b>570</b>	Простейшие наземные растения. В море развитие водорослей, трилобитов. Позвоночные отсутствуют.
<b>Протерозойская PR</b>	<b>Рифейская PR 3</b>	<b>800-1600</b>	Появление водорослей, бактерий
	<b>Среднепротерозойская PR 2</b>	<b>1600-1800</b>	
	<b>Раннепротерозойская PR 1</b>		
	—	<b>2600</b>	Примитивные органические формы

Геологическая история развития Земли началась с архейской эры. В это время появились первые осадочные породы. До этого Земля находилась в планетарной стадии. Общий возраст Земли определяется в 5 млрд. лет. Индексы, отражающие возраст и условия образования пород используют для геологических карт и разрезов.

### Контрольные вопросы

1. В чем заключается суть геологического возраста?
1. На чем основаны относительное и абсолютное летоисчисления?
2. Каков возраст Земли?
3. Что изучает стратиграфия?
4. В чем заключается палеонтологический метод?

## Раздел 4. ЭКЗОГЕННЫЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

### Урок №14 Тема 4.1: Общие понятия о геологических процессах.

#### План:

1. О геологических процессах.
2. Экзогенный процесс
3. Эндогенный процесс
4. Метаморфизм

**Ключевые слова:** процесс выветривание, магматизм, метаморфизм

Что понимается под **геологическим процессом**? Это физико-химические процессы, происходящие внутри Земли или на ее поверхности и ведущие к изменению ее состава, структуры, рельефа и глубинного строения.

Традиционно все геологические процессы принято делить на две группы - **эндогенные** и **экзогенные**. Деление это производится по месту проявления и **источнику энергии** этих процессов.

**Эндогенные** – это внутренние процессы; **экзогенные** – внешние, поверхностные для них источник энергии – это энергия солнца и сила тяжести (гравитационное поле Земли).

К **эндогенным** процессам относятся:

**Магматизм** (от слова магма) – процесс, с которым связано рождение, движение и превращение магмы в магматическую горную породу

**Тектоника** (тектонические движения) – любые механические движения земной коры – поднятия, опускания, горизонтальные перемещения и т.д.

**Метаморфизм** – процессы приводящие к изменению состава, строения горных пород внутри Земли при изменении физико-химических параметров в основном это  $T^{\circ}$  и  $P$  так как при их увеличении резко возрастает активность растворов и перегретой паро-газовой фазы.

К **экзогенным** процессам относятся процессы, которые протекают на поверхности или вблизи поверхности Земли, изменяют её облик и связаны с деятельностью атмосферы, гидросферы и биосферы, а именно:

- а) воздействие ветра (эоловая деятельность) – дефляция (выдувание), коррозия (вытачивание), эрозия почв;
- б) выветривание физическое, химическое, подводное (гальмиролиз);
- в) деятельность текучих вод – речная боковая и донная эрозия, перенос материала в виде мутности, влекомых и донных наносов, а также льдом;
- г) разрушающая и аккумулятивная деятельность ледников, флювиогляциальные отложения;
- д) деятельность морских, океанских и подземных вод;
- е) обвалы, осыпи, оползни, сели.

Для всех экзогенных процессов в их деятельности проявляется три особенности.

*Первая* – в определенных условиях они ведут разрушительную работу и удаляют продукты разрушения, при этом идет формирование отрицательных (пониженных) форм рельефа и происходит общее понижение рельефа и сглаживание поверхности суши (пенепленизация). Процесс разрушения и удаление продуктов разрушения получил название – денудация. Этот процесс очень важный, т.к. он все время обнажает на поверхности все более глубокие части земной коры.

*Вторая* характерная особенность в деятельности экзогенных процессов проявляется в том, что в других условиях они ведут созидательную деятельность – аккумуляцию, которая приводит к накоплению продуктов разрушения и образованию геологических тел. Между этими двумя сторонами деятельности проявляется *третья*, а именно осуществляется перенос продуктов разрушения.

Каждый геологический процесс (эндогенный, экзогенный) в конечном итоге приводит к каким-то изменениям, которые не проходят бесследно, а в чем-то фиксируются. Важнейшими геологическими документами, в которых зафиксированы результаты деятельности процессов являются: минералы, горные породы, геологические тела, газовые и водные смеси, физические поля. Это те реальные объекты (или документы), которые мы видим и исследуем.

Геологические процессы, протекающие на поверхности Земли, связаны с наличием внешних оболочек – гидросферы, биосферы, атмосферы. Гидросфера объединяет всю совокупность взаимосвязанных природных вод –

подземных, речных, озёрных морских и океанических. Атмосфера играет одну из главных ролей в возникновении и развитии жизни на Земле и определяет интенсивность геологических процессов на поверхности планеты. Исследования атмосферы показывают, что примерно до высоты 100 км газовый состав воздуха интенсивно перемешиваемого ветрами, относительно постоянен. Азот – 78,08%, Кислород – 20,95%, аргон – 0,93%, а так же в воздухе присутствуют: углекислый газ – 0,03%, водород – 0,00005%, Илий – 0,005, неон – 0,0018% и др. газы. Водяной пар – от 0,05 до 4%. Суммарный объём воды в атмосфере составляет около – 13 тыс. км<sup>3</sup>. По газовому составу атмосфера нашей планеты существенно отличается от атмосферы других планет Солнечной системы.

#### Контрольные вопросы

1. Дайте определение геологии как науки и перечислите основные объекты ее изучения
2. Назовите главные научные направления в изучении литосферы
3. Перечислите эндогенные и экзогенные процессы и их главные признаки

### Урок №15 Тема 4.2: Выветривания горных пород.

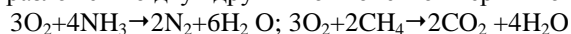
#### План:

1. Понятие о выветривании
2. Роль атмосферы.
3. Физическое выветривание.
4. Химическое выветривание

**Ключевые слова:** атмосфера, гидролиз, гидратация, выветривание

Связано это с процессом эволюции земной атмосферы под действием излучения Солнца.

Первичная атмосфера Земли существенно отличалась от современной и об этом можно судить по составу атмосфер других планет, содержала значительное количество паров воды, а также метан и аммиак. Под действием излучения Солнца в верхних слоях атмосферы происходила диссоциация – разложение молекул воды на водород и кислород. Основная часть водорода легчайшего из газов – рассеивалась в околоземном космическом пространстве, а кислород способствовал разложению двух других компонентов первичной атмосферы Земли – аммиака и метана:



В результате в атмосфере появились азот и углекислый газ. Наличие углекислоты, характеризуется хорошей растворимостью в морской воде, послужило благоприятным фактором для зарождения жизни в виде первых простейших растений. Это оказалось возможным на глубине более 10 м, где слой воды защищал водоросли от губительного ультрафиолетового излучения Солнца.

Поглощая углекислоту, водоросли интенсивно выделяли кислород. Когда содержание кислорода достигло 10% современного уровня, на высоте 30–35 км началось образование слоя озона, обладающего способностью поглощать ультрафиолетовое излучение Солнца и передавать его в виде тепла в атмосферу.

Таким образом на Земле были созданы условия для возникновения жизни (наличие кислорода, азота, углекислоты, защита от ультрафиолетовой радиации). Появление простейших организмов и их жизнедеятельности привели к быстрому обогащению кислородом земной атмосферы. Основная масса (часть) кислорода нашей атмосферы является продуктом жизнедеятельности растений. В течение последних 600 млн. лет содержание кислорода непрерывно возрастало.

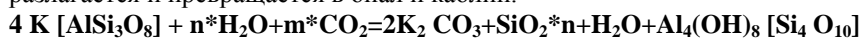
В атмосфере содержится настолько большое количество пылевидных частиц. Известны случаи образования пылевых облаков на высоте 8–10 км в результате мощных вулканических извержений. Эти облака не рассеиваются в течении нескольких лет.

Атмосферная пыль имеется не только над континентами, но и над морями и океанами. Мельчайшие капельки воды испаряются и содержащиеся в воде соли Na, K, Mg, Ca остаются в атмосфере в виде микроскопических кристаллов (3–4 мкм). Над материками в 1 м<sup>3</sup> воздуха может содержаться до 250000 пылинок. Для сгущения водяного пара в атмосфере, оказывается, необходима не только соответствующая влажность воздуха, но и наличие ядер конденсации (пылинки). В результате конденсации влаги в тропосфере появляются облака. Неравномерное распределение осадков и испарения обуславливает неодинаковое увлажнение горных пород и минералов, и следовательно, различную интенсивность и характер выветривания. В природе различаются 1) физическое; 2) химическое; 3) биологическое выветривание.

Все эти процессы происходит одновременно. На склонах гор обломки в результате изменения объёма вызванного температурными колебаниями под действием силы тяжести смещаются, формируя «каменные потоки», которые называются – «осыпи». И у подножия разрушающихся гор накапливается осадок – «коллювий». Быстрое скатывание глыбово-щебенистого материала на крутых склонах приводит к образованию – обвалов.

Процессы химического выветривания в той или иной мере проявляются всюду, но наиболее интенсивно они в условиях влажного и тёплого климата. При повышении  $t$  от 0° до 30° диссоциация воды на ионы OH и H возрастает в 2 раза  $\Rightarrow$ , возрастает и концентрация водорода. Водород является активным агентом, который наряду со свободными кислородом, углекислотой и органическими кислотами разлагает любые горные породы. Быстрота разложения пород возрастает в 300 раз. Если вода насыщена CO<sub>2</sub>, то степень диссоциации её возрастает в 300 раз, т.е в природных условиях происходят процессы растворения, в частности процессы гидролиза, окисления и т.п.

Суть гидролиза заключается в разложении минералов и удалении отдельных элементов из их состава. Например, каолинизация алюмосиликатов. Ортоклаз при воздействии на него влаги воздуха и углекислоты разлагается и превращается в опал и каолин.



В процессе об( ) ортоклаз ( )\_3 который уносится подземными ( ) опал ( ) дель ( ) каолин ( ) материнских пород.

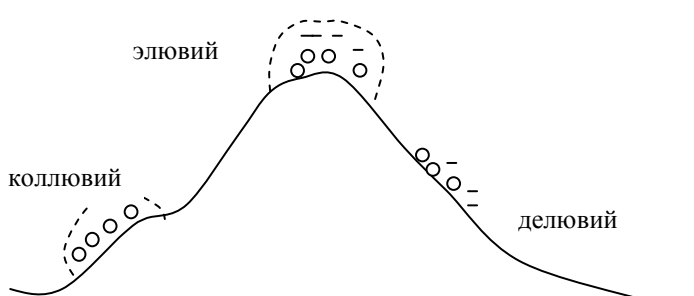
Под действием влаги воздуха и свободного кислорода, содержащегося в воде, происходит окисление горных пород и минералов. Магнетит под действием кислорода превращается в лимонит. Пирит при окислении и последующем гидролизе разлагается на серную кислоту и лимонит.

Органические кислоты, возникающие при гниении органических остатков, способствуют разложению силикатов.

Процесс почвообразования протекает под влиянием органических веществ. Верхний слой коры выветривания, рыхлый и способный впитывать воду, благоприятен для жизнедеятельности бактерий и различных растительных организмов. Разложение органических веществ в присутствии кислорода приводит к образованию перегноя или гумуса. Этот слой (верхний) называется почвой. В состав почвы входят минеральный компонент, соответствующий составу коренных пород, и органический компонент, содержащий ряд кислот, а также метан, аммиак, сероводород и др.

Продукты выветривания, образованный на месте (наверху материнской породы) называется элювием, снесенный с водоразделов на склоны под действием силы тяжести, называется коллювием.

Если перемещение продукта выветривания происходит в результате смыва их атмосферными водами, то этот материал называется делювием.



Изучением коры выветривания имеет большое теоретическое и практическое значение. К ней приурочены месторождения многих полезных ископаемых:

Руды железа, марганца, алюминия, никеля, огнеупорные глины, рассыпные месторождения золота, платины и др.

#### Контрольные вопросы:

1. Как происходит разрушение горных сооружений?
2. Использование каолина?
3. Минералы – пирит, лимонит, магнетит – минералы какого металла?
4. На поверхности Земли, в зависимости от высот поверхности отличаются ли виды выветривания?

#### Урок №16 Тема 4.3: Геологическая деятельность ветра.

##### План:

1. Геологическая деятельность ветра.
2. Типы ветров.
3. Аккумулятивные и эрозивные формы эолового рельефа.
4. Типы пустынь.

**Ключевые слова:** Фактор, интенсивность, процессы, колебание температуры, горизонтальное перемещение воздуха, ураганный ветер, дефляция, грибообразные качающиеся камни, пылеватые, тонкодисперсные, барханы.

#### Типы ветров и воздушных потоков

Движение воздушных масс в атмосфере обусловлено перепадом давления, причиной которого является неравномерное распределение солнечной энергии. Уже при разнице давления в 25 мм.рт.ст. начинается перемещение воздуха. Главные формы движения воздушных масс – это ветер и воздушные потоки.

**Ветер** – движение воздуха преимущественно в горизонтальном направлении из области высоких давлений в область низких под действием гравитационных сил. Его скорость пропорциональна величине градиента давления. Сила и направление ветра могут меняться за счет трения, вихревых движений, вращения Земли и т.д.

**Воздушные потоки** – это вертикальные перемещения воздуха: восходящие - подъем теплого и влажного и нисходящие - холодного и сухого.

Скорость (сила) ветра измеряется по 17-бальной шкале. Скорость ветра в 17 баллов составляет  $\approx 210$  км/час.

**Циклоны** обладают большой разрушительной силой, т.к. скорость ветра достигает 100 – 300 км/час и более. Они носят разные названия:

**Тайфуны** – на Тихом океане;

**Ураганы** – в Северной Атлантике;

**Циклоны** – в Индии;

**Вилли-вилли** – в Австралии.

Кроме циклонов и антициклонов в атмосфере возникают мелкомасштабные вихри – **смерчи и торнадо**, также обладающие большой разрушительной силой.

**Смерчи** развиваются чаще над водной поверхностью, а аналогичные вихри на суше в США называют торнадо. Скорость их движения достигает до 240 км/час. одновременно происходит вращение воздуха по спирали вверх со скоростью до 300 – 700 км/час. Такой вихрь разрушает все на своем пути.

**Фёны** – ветры альпийских стран, характерны и для территории Северной Осетии.

### **Геологическая работа ветра.**

Под геологической работой ветра понимается изменение поверхности Земли под влиянием движущихся воздушных струй. Ветер может разрушать горные породы, переносить и аккумулировать продукты разрушения. Чем больше скорость ветра, тем значительнее производится ветром работа.

Деятельность ветра проявляется во всех климатических зонах, но особенно ярко выражена в областях сухого климата, где имеет место сочетание следующих факторов:

- **резкие суточные колебания температуры**
- **незначительное количество осадков**
- **отсутствие растительности или ее разреженность**
- **частые ветры большой силы**
- **наличие рыхлого материала способного переноситься**

таким условиям отвечает около 1/5 площади суши – области пустынь и полупустынь, морские побережья, горные сооружения.

Все процессы, сопровождающиеся деятельностью ветра носят название эоловых процессов, а отложения и формы рельефа – **эоловыми**.

Разрушительная работа ветра состоит из **дефляции (выдувание и развевание)** и **корразии (обтачивание горных пород и их обломков при помощи переносимых ветром песчинок)**.

**Под дефляцией** понимается процесс выдувания и развевания ветром мелких частиц горных пород. В пустынях или в верхних частях горных вершин струи воздуха проникают во все трещины и углубления и выдувают из них рыхлые продукты физического выветривания. Поэтому трещины здесь всегда открытые, зияющие без обломочного материала, что способствует дальнейшему развитию процесса физического разрушения. Совместное действие этих двух процессов приводит к значительному расширению трещин и образованию одиноких скал причудливой формы, так называемых останцов, напоминающих башни, замки, обелиски и т.д.

Поверхность пустынь в результате дефляции постепенно очищается от мелкообломочного материала, остаются лишь крупные обломки. Таким образом формируются каменные пустыни – **гаммады**.

**С процессом дефляции** связано образование котловин выдувания, например, котловина Карын-Жарык в Западном Казахстане имеет длину 145 км, ширину – 15 – 85 км и глубину до 412 м. удлинённые небольшие замкнутые котловины выдувания в Средней Азии называют **ваади**.

Интенсивная дефляция проявляется в засушливых степных районах на западе США, Казахстане, Нижнем Поволжье, на юге Украины в форме плоскостной дефляции. В этих районах сильные ветры (суховеи) выдувают распаханные почвы и при этом образуются настоящие черные бури.

**Корразия (обтачиваю)** – механическая обработка обнаженных горных пород ветром при помощи переносимых им твердых частиц, что приводит к обтачиванию, царапанию, шлифованию, высверливанию углублений.

Таким образом, на поверхности коренных пород образуются ниши и желоба, борозды, штрихи, цилиндрические и конические углубления (эоловые гроты, пещеры, котлы). Так как наибольшая концентрация песчаных частиц, переносимых ветром, наблюдается в нижних приземных частях на высоте 1.0 – 2.0 м, именно на этой высоте скалы подтачиваются быстрее и возникают своеобразные формы (рис. 9). Академик В.А. Обручев в 1906 году в Джунгарии открыл целый «Эоловый город» причудливых сооружений и фигур, созданных в мезозойских песчаниках и глинах благодаря процессам дефляции, корразии и физического выветривания.

**Перенос материала ветром.** Способность ветра к транспортировке частиц зависит от его скорости. Слабый ветер способен переносить пыль во взвешенном состоянии, а легкий бриз перекачивать тонкий песок. Сильный бриз способен перемещать зерна до 1 мм и более, а штормовые ветры и ураганы поднимают взвешенный песок на высоту в сотни метров и перекачивают гальку размером до 5 – 7 см. при сальтации переносимые ветром частицы перемещаются по поверхности Земли подпрыгивая под крутым углом на высоту от нескольких сантиметров до нескольких метров (рис. 10).

Дальность переноса материала ветром варьирует в широких пределах. Пыль пустынь Африки уносится сильными пассатными ветрами в Атлантику на расстояние 2 500 – 3 500 км.

Обломки диаметром 0.5 – 2 мм (песок) могут быть унесены за сотни километров от мест первичного залегания. Например, очень тонкий песок, принесенный из Сахары, обнаружен у Карибских островов в глубоководных морских отложениях.

Очень значителен объем переносимого материала. Объем пыли, поднятой средней бурей, достигает 25 км<sup>3</sup>, что составляет массу в 50 млрд. т.

**Эоловая аккумуляция.** В зависимости от рельефа местности, характера покрывающей ее растительности и режима ветров происходит аккумуляция (отложение и накопление) переносимых ветром частиц. Образуются песчано-глинистые породы – эоловые отложения: пески и лессы.

**Для эоловых песков характерны следующие особенности:**

Хорошая окатанность и сортировка по размеру частиц (0.1 – 0.25, реже 0.5 мм);

В составе песков преобладают кварц и другие устойчивые минералы;

Цвет песков желто-коричневый за счет пленки пустынного загара на поверхности частиц;

Для эоловых песков, кроме того, характерна неправильная, косая слоистость, обусловленная неоднократными изменениями ветрового режима.

**Лёссы** - светло-желтая, серовато-желтая неслоистая рыхлая порода, сложенная частицами пыли размером 0.05 – 0.01 мм (>50%).

**Для эоловых лёссов характерны особенности:**

высокая пористость;

повышенное содержание карбонатов за счет известковых стяжений;

вертикальная отдельность в обрывах;

покровный характер отложений;

значительные проседания при увлажнении;

мощность отложений до 100 – 150 м (Китай, Средняя Азия), (в Северной Осетии до 40 – 45 м).

По характеру господствующих эоловых процессов и материала в районах аридного климата формируются или каменистые пустыни (в случае преобладания дефляции), или песчаные и лёссовые (в случае преобладания аккумуляции).

**Пустыни** на нашей планете занимают огромные площади. Так, в Азии они составляют 2156 тыс. км<sup>2</sup>, т.е. 5.4% площади континента, в Африке 6550,5 тыс. км<sup>2</sup> (21.6%), в Туркмении площадь пустынь составляет 90% территории.

### **Формы эолового аккумулятивного рельефа**

В песчаных пустынях, называемых в Северной Африке – эргами, а в Средней Азии – кумами развит сложный комплекс дефляционно-аккумулятивных форм рельефа, который зависит от: - режима ветров (сила и устойчивость направлений); - от количества сыпучего материала; - от наличия растительности. В зависимости от этих факторов различают несколько типов рельефа (см. презентацию лекции и рис. 11):

**Барханные пески;**

**Барханные цепи** (поперечно-грядовые пески);

**Продольные барханные гряды;**

Продольно-грядовые пески; Бугристые пески;

Барханные пески. Барханы – асимметричные песчаные холмы серповидной формы, располагающие перпендикулярно направлению ветра. Характерной особенностью их формы является заостренные концы (рога), выдвинутые вперед по направлению ветра (рис. 12). Высота барханов может достигать 30 – 140 м. Обычно рост бархана начинается с появления на поверхности небольшого пологого вздутия, вытянутого поперек ветра. Одиночные барханы редки и встречаются там, где мало песка.

В пределах песчаных пустынь барханы обычно объединены в цепи и гряды, состоящие из многих сотен одиночных барханов. Длина такой гряды, ориентированной перпендикулярно к направлению ветра, может достигать 20 км при ширине 1 км. Расстояние между грядами 1,5 – 2 км. Возникают они при одинаковой силе двух ветров взаимно противоположных направлений (муссоны, бризы). Продольные барханные гряды формируются в области пассатных ветров.

Во всех песчаных пустынях широко распространены продольно-грядовые пески, которые образуются при ветрах, имеющих штормообразный характер движения воздуха в горизонтальном направлении одного направления. Такие ветры выдувают песок из понижений и выбрасывают его на грядку при одновременном переносе вдоль гряды. В Сахаре такие гряды достигают высоты сотни метров. В зависимости от режима ветров, они осложняются поперечными перемычками (более низкими и узкими) образуя так называемую грядово-ячеистую форму (Кара-Кум, Кызыл-Кум).

Бугристые пески – песчаные холмы высотой до 8-10 м неправильной формы, закрепленные растительностью.

Кучевые пески возникают при недостатке песка и накапливаются лишь около препятствий.

В не пустынных районах (на побережье морей, рек, озер) возникают так называемые – дюны – удлиненные песчаные холмы нанесенные ветром, дующим по направлению к берегу. Рога у дюны направлены не вперед, как у бархана, а назад. На морских побережьях дюны достигают 20 – 30 м высоты, иногда до 100 м. скорость их движения от 1 до 20 м в год, в зависимости от режима ветров. Когда одна дюна отодвигается от берега, на ее месте вырастает другая. В дальнейшем поверхность дюны осложняется и становится холмистой. Дюны широко развиты на побережье Балтийского моря, в долине рек Лена, Днепр, Дон.

### **ТИПЫ ПУСТЫНЬ**

Климатические особенности и эоловые процессы определяют формирование различных типов пустынь.

**Каменистые пустыни** (гаммады) образуются при преобладании процесса дефляции и широко распространены в Сахаре.



**Песчаные и лёссовые (адыры) пустыни** развиты на окраинах песчаных пустынь, где граничат с горами или переходят в степи. Поверхность их расчленена многочисленными рытвинами и оврагами, возникающих под действием поверхностных вод.

**Глинистые пустыни (такыры)** – ровные поверхности, сложенные глинистыми осадками. Они возникают на месте речных разливов и конусов выноса горных потоков.

**Солончаковые пустыни (моры)** образуются на месте высохших соленых озер или в местах неглубокого залегания грунтовых вод, при испарении которой у поверхности формируется корочка соли (сульфат натрия) толщиной 1 – 2мм.

#### Контрольные вопросы

1. Перечислите факторы наиболее благоприятные для деятельности ветра
2. Что такое дефляция и коррозия?
3. Какие основные признаки характеризуют эоловые отложения?
4. Барханы и дюны. Что это за формы рельефа и в чем их отличия?
5. Какие типы пустынь выделяются?

#### Урок №17 Тема 4.4: Геологическая деятельность текучих вод.

##### План

1. Плоскостной смыв и линейный размыв
2. Эрозия и ее виды
3. Овраги, сели

**Ключевые слова:** живая сила воды, сток воды, базис эрозии, реки, потоки, терраса

##### Поверхностные воды и их происхождение

Атмосферные осадки, выпадая на дневную поверхность, распределяются различным образом. Часть из них просачивается в глубину и идет на пополнение подземных вод, часть испаряется в атмосферу, а другая часть стекает по поверхности, образуя поверхностный сток, который делится на площадной и линейный. Геологическая работа поверхностных текучих вод зависит от массы воды и скорости ее движения. Чем больше масса воды и скорость ее течения, тем больше совершаемая работа. Способность воды производить работу может быть названа ее живой силой (энергия потока, К), которая определяется по формуле:

$$K = mv^2 : 2$$

Где: К – живая сила воды;

m – масса воды или расход воды, м<sup>3</sup>/сек;

v – скорость течения, м/сек.

Геологическая деятельность поверхностных текучих вод складывается из:

- 1 – смыва;
- 2 – размыва (эрозии);
- 3 – транспортировки продуктов разрушения;
- 4 – аккумуляции продуктов разрушения.

**Площадной сток.** При площадном стоке вода течет по всей поверхности наклонного склона в местах, где время от времени идут сильные дожди.

Геологическая деятельность площадного стока проявляется в смыве мелкозернистого обломочного материала (алевритовый, песчаный). Максимально смыв проявляется в местах лишенных растительности, на ровных склонах. За один сильный ливень при площадном смыве может быть снесен слой рыхлого материала толщиной в несколько миллиметров. Из бассейнов равнинных рек (р. Миссисипи) за один миллион лет сносится слой мощностью до 50 м, а из бассейнов горных рек (Кавказ) – до 250 м.

**Линейный сток.** При линейном стоке движение воды осуществляется в виде линейно направленных мощных струй и потоков в рытвинах, оврагах и речных долинах. Линейный сток делится на временный и постоянный.

Разрушительная деятельность любого водотока называется **эрозия**. Различают три вида эрозии: **донная (глубинная), боковая и регрессивная** (рис.13).

Соотношение донной, боковой и регрессивной эрозии меняется на разных стадиях развития речной долины.

Предельный уровень, к которому стремится водоток и глубже которого врезаться не может, называется **базисом эрозии**. Всеобщий базис эрозии – уровень мирового океана. В районах сухого климата роль базиса эрозии играют поверхности предгорных равнин.

Продольный профиль динамического равновесия

Понижение базиса эрозии меняет режим потока и нарушает равновесие между эрозией и аккумуляцией, т.к. в приустьевой части увеличивается уклон русла и возрастает скорость течения (но количество воды остается прежним). Водоток начинает углублять свое русло до тех пор, пока уклон его не станет прежним (рис.14).

Углубление русла в приустьевой части вызывает увеличение уклона и скорости выше, в соседнем участке. Глубинная (донная) эрозия, таким образом, будет распространяться вверх против течения по закону регрессивной (попятной) эрозии.

Любой водоток все время стремится выработать продольный профиль динамического равновесия применительно к существующему в данный момент положению базиса эрозии. В любой точке такого профиля наблюдается равновесие между живой силой воды, количеством переносимого материала и сопротивляемостью дна пород на размыв.

Такова схема выработки продольного профиля равновесия реки при условии однородного состава размываемых его пород. При чередовании мягких и твердых пород в русле реки образуются пороги. Если река протекает по поверхности с расчлененным первоначальным рельефом, в русле ее образуются водопады. Один из крупнейших водопадов мира – Ниагарский, расположенный на границе США и Канады. Ширина его 914 м, высота падения воды 50 м. крупные водопады известны в Африке (Виктория, высота падения воды 120 м), в Южной Америке (Игуасу, 72 м), в Индии (Джерзоппа, 249 м), в Новой Зеландии (Сатерленд, 580 м) и др. В СССР крупные водопады находятся на Кавказе, Тянь-Шане, Памире.

#### **Деятельность временных водотоков.**

На равнинных участках, сложенных рыхлыми толщами, при проявлении ливневых осадков, деятельность временного линейного стока сводится к образованию оврагов. Развитие оврагов начинается с ложины – это слабо выраженное понижение на поверхности склона, в которой собираются поверхностные воды и концентрируется водоток. Если водоток достиг определенной силы, то возникает эрозионная рытвина, которая в дальнейшем превратится в молодой овраг, а затем в зрелый овраг. Дно у зрелого оврага покрыто отложениями – **пролювием**. Продольный профиль выработан и прекратились донная и регрессивная эрозии. Если дно зрелого оврага достигает уровня грунтовых вод, то возникает **молодая (речная) долина**, если нет – то **овраг** может оставаться в таком виде очень долго, склоны его выполаживаются, зарастают и он превращается в **балку**.

В горных районах в результате деятельности временных водотоков образуются сухие лога и долины, которые морфологически четко выражены. в верховье они имеют водосборный цирк, а на выходе из лога формируется конус выноса (или сухая дельта), сложенная пролювием, отложения временных водотоков (пролювий) характеризуется плохой окатанностью и сортировкой.

#### **Урок №18 Тема 4.4: Реки. Речные бассейны**

##### **План**

1. Источники питания рек
2. Элементы речных долин
3. Перенос и отложения осадков

**Ключевые слова:** живая сила воды, стокводы, базис эрозии, реки, потоки, терраса

**Деятельность постоянных водотоков** во многом определяется их режимом (количество и уровень воды, скорость течения), который в течение года меняется и зависит от способа питания рек. В процессе своей деятельности постоянные водотоки вырабатывают **эрозионно-аккумулятивные** формы рельефа, которые получили название – **речные долины**.

В поперечном сечении речные долины могут иметь различную форму в виде глубоких каньонов, V – образную форму или плоскодонную (ящикообразную). Форма и размеры долин постепенно меняются в процессе развития речной долины (рис. 17).

Перенос и отложения водотоков

Реки переносят обломочный материал различной размерности – от крупных валунов до мелких илистых частиц. Чем больше скорость течения воды, тем более крупные обломки переносит вода.

Весь материал, который переносится реками, а затем откладывается, называется аллювием. Материал, из которого формируется аллювий, может переноситься тремя способами: а) влекомые наносы – тащится и перекатывается по дну русла;

б) – во взвешенном состоянии;

в) – в растворенном виде.

**Влекомые** по дну обломки и взвешенные частицы называют твердым стоком реки. Обломочный материал, перемещаемый рекой по дну, усиливает глубинную эрозию, а сам постепенно измельчается, истирается и окатывается – образуются валуны, галька, гравий, песок. Размер и масса обломков перекатываемых по дну, пропорциональна шестой степени скорости течения. При скорости течения 0.3 м/сек переносится по дну мелкий песок, а при скорости 2.0 м/сек – крупная галька (до 10 см).

Значительное количество минерального вещества (до 40%) переносится в растворенном состоянии. По данным М.Н. Страхова, в растворенном состоянии переносятся легкорастворимые соли (NaCl, KCl, MgSO<sub>4</sub>, CaSO<sub>4</sub>), карбонаты (CaCO<sub>3</sub>, MgCO<sub>3</sub>, NaCO<sub>3</sub>) и кремнезем. Причем, на долю карбонатов приходится до 60% ионного стока, а сульфатные и хлоридные соли играют заметную роль только в водах рек засушливых областей. В небольшом количестве в растворенном состоянии содержатся соединения Fe и Mn, которые образуют истинные и коллоидные растворы.

Как уже отмечалось, отложения, накапливающиеся в речных долинах, называются аллювием (лат. «аллювио» - нанос, намыв). Они состоят из обломочного материала различной зернистости, степени окатанности и сортировки. Различают три разновидности аллювия: русловой, пойменный и старичный.

**Русловой аллювий**, как правило, самый грубый (крупнозернистый песок, гравий, галечник). Размер его обломков зависит от скорости течения воды в русле. Он обладает кривой слоистостью с наклоном слоев в направлении течения реки.

**Пойменный аллювий** – это значительно более мелкозернистый, чем русловой. Так, например, русловой аллювий представлен галечниками, а пойменный – песками. Почему пойменный аллювий мельче? Во время паводка вода выходит из берегов, разливается по пойме и скорость ее течения резко падает. На пойму она выносит более мелкий материал, чем несет в русле, где скорость течения больше. Пойменный аллювий обладает горизонтальной, слабоволнистой и линзовидной слоистостью.

**Старичный аллювий** представлен чаще всего тонкообломочными глинистыми частицами и богат органическими остатками, которые образуются при зарастании стариц растительностью.

Мощность аллювиальных отложений в долинах рек определяется уровнем (высотой) подъема паводковых вод и в этом случае она называется нормальной мощностью. В равнинных реках она колеблется от 10 – 15 до 30 м. нормальный аллювий всегда имеет двухслойное строение: внизу слой руслового более грубого косослоистого аллювия, а выше он перекрыт слоем пойменного более мелкозернистого аллювия.

### Стадии развития речной долины

На протяжении времени существования река переживает периоды юности, молодости, зрелости и старости.

В период юности продольный профиль равновесия реки еще не выработан. Река течет по неровному рельефу, региональный уклон ее русла на всем протяжении чрезвычайно крутой, скорость течения велика; кое-где обособляются отдельные участки, развитие которых контролируется местными базисами эрозии. На этой стадии развития реки происходят усиленные процессы глубинной (донной) эрозии, которые приводят к интенсивному углублению русла. Боковая эрозия в это время почти не проявляется, так как энергия реки в основном направлена на разрушение ложа и перенос продуктов разрушения. Быстрое углубление русла приводит к образованию долин, имеющих V-образную форму. Коэффициент извилистости реки на этой стадии минимален.

Период юности в настоящее время переживают многие реки, текущие в горных районах. Они, как правило, характеризуются бурным течением, наличием порогов и водопадов. Долины их имеют форму ущелий и каньонов.

По мере выработки профиля равновесия река переходит в период молодости. Этот период наступает, когда в силу вступает боковая эрозия. В период молодости река стремится углубить свое русло только в верхнем течении, где еще наблюдаются процессы глубинной эрозии. В среднем и нижнем течении рек глубинная эрозия сменяется боковой. Это приводит к незначительному расширению ее долины, которая приобретает U-образную коробчатую форму. В эту стадию формируются прирусловые отмели. Продольный профиль реки еще не выработан.

На стадии зрелости скорость течения равномерно уменьшается от верховьев к устью. Для этой стадии характерно появление излучин — меандр, приводящих к увеличению коэффициента извилистости реки, образованию многочисленных рукавов, по которым вода течет параллельно основному руслу, и возникновению обширных аллювиальных равнин поймы.

Для определения стадии старости реки ясно выраженных критериев не существует. Считается, что река вступает в стадию старости, тогда, когда дно ее долины достигает ширины, во много раз превышающей ширину поймы меандрирующей реки. На этой стадии происходит перенос и образуются многочисленные меандры. Река на стадии старости характеризуется максимальным коэффициентом извилистости и перемывает свои пойменные отложения.

Двигаясь прямолинейно, струя водного потока (и переносимые ею частицы) при повороте русла ударяется о берег. В результате вогнутый берег интенсивно подмывается, становится обрывистым, а дно реки у вогнутого берега заметно углубляется (сечение AA). Как указывалось выше, скорость течения возрастает в самых глубоких участках русла, так как здесь меньше сказывается трение воды о дно. Следовательно, у вогнутого берега скорость будет больше. У противоположного берега скорость заметно падает, так как глубина здесь меньше и, кроме того, возникают поперечные придонные течения. Эти течения захватывают с собой частицы обломочного материала и откладывают их у выпуклого берега. Именно здесь, как правило, и накапливаются аллювиальные отложения. Струи воды, ударяясь о вогнутый берег, отражаются и направляются вниз по течению к противоположному берегу (сечение BB), в свою очередь подмывая его. На этом участке берег начинает отступать, увеличивается кривизна изгиба русла реки и значительно расширяется долина. Последнее происходит не только за счет отступления береговой линии ниже изгиба, но и за счет перемещения самих изгибов реки вниз по течению. В результате большинство выступов, сложенных коренными породами, срезается и долина приобретает плоскодонную форму (сечение CC).

**Меандры** с коротким радиусом расширяются значительно быстрее, чем более крупные. Это происходит потому, что все изгибы реки стремятся приобрести радиус кривизны приблизительно одного и того же порядка. Ввиду постоянного увеличения кривизны реки в ходе подмыва вогнутых берегов и отложения материала у выпуклых, вершины двух соседних меандр, обращенных в одну сторону, сходятся все ближе, и между ними остается только узкий перешеек. В период половодья может произойти прорыв такого перешейка, основная масса воды устремится в новое, спрямленное русло реки, а петля окажется отрезанной. На отрезанной стороне остается

покинутое русло, получившее название старицы. Старицы, как правило, имеют в плане подковообразную форму; в дальнейшем они часто превращаются в болото

В период старости реки в ее долине образуется широкая пойма, или пойменная терраса, — часть долины, заливаемая в половодье и возвышающаяся над руслом реки в меженный период.

Периоды юности, молодости и зрелости составляют цикл эрозии реки. Большинство рек проходит все эти стадии развития. В ряде случаев все стадии можно наблюдать у одной реки. Например, Терек в верхнем течении переживает период юности, в нижнем — это уже зрелая река.

**Цикл эрозии** реки может быть неполным: в зависимости от рельефа начальной поверхности и слагающих ее пород река может сразу вступить в период зрелости, минуя юность, и т. д. Особенно это характерно для равнинных рек. Более того, уже сложившийся цикл эрозии может быть нарушен, например, после вступления в период старости может вновь наступить период юности реки, т. е. может произойти ее омоложение. Этому способствует ряд факторов, главными из которых являются:

- 1) понижение базиса эрозии, приводящее к увеличению уклона русла реки и возрастанию скорости ее течения, а также к возобновлению донной эрозии;
- 2) повышение какого-либо участка реки, обуславливающее изменение ее продольного профиля и увеличение уклона русла;
- 3) изменение климата района, в котором протекает река; особенно большое значение имеет увеличение количества выпадающих осадков, в результате чего возрастает масса воды в реке; к этому же приводит таяние ледников в верховьях реки, связанное с потеплением климата.

### Речные террасы

**Терраса** - это площадка в строении речной долины открытая или погребенная и обязанная своим происхождением эрозионной или аккумулятивной деятельностью водотока в предыдущий цикл развития.

Каждое омоложение реки **вызывает новый цикл эрозии** — появление донной эрозии, углубление дна, спрямление русла. При таком углублении русла аллювиальные отложения, слагающие пойму реки, оказываются выше новых пойменных осадков при новом базисе эрозии. Неразмываемые остатки древних пойм обычно образуют ступенчатые уступы, нависающие над новой поймой, и называются надпойменными террасами. Число террас соответствует количеству этапов омоложения (циклов эрозии), которые пережила река за время своего существования.

Углубление реки при ее омоложении приводит к тому, что древние террасы располагаются выше молодых, подвергаются воздействию выветривания и площадного смыва. Поэтому молодые террасы обычно лучше выделяются в рельефе.

Надпойменные террасы нумеруются снизу вверх — от молодых к древним: над уровнем поймы обычно выделяют первую, вторую, третью и т. д.

В строении надпойменных террас выделяют ряд геоморфологических элементов — уступ, бровку, террасовидную площадку и тыловой шов (рис. 20, а). Террасы отличаются друг от друга, в частности, по соотношению аллювиальных и коренных отложений. Так, различают террасы следующих видов (рис. 20, б): аккумулятивные (террасы накопления), эрозионные (террасы размыва), цокольные (смешанные).

К аккумулятивным террасам относят такие, у которых мощность аллювия больше относительной высоты их над уровнем реки; весь террасовидный уступ таких террас сложен аллювиальными накоплениями.

Эрозионные террасы почти целиком сложены коренными породами; на террасовидной площадке таких террас аллювий отсутствует или располагается в виде очень тонкого покрова. Эти террасы образуются при резком преобладании процессов эрозии над процессами аккумуляции в истории развития реки. Цокольными террасами считаются такие, у которых мощность аллювия значительна, но не превышает их высоты; в уступах этих террас ниже толщи аллювия обнажаются коренные породы, слагающие основание (цоколь) террасы и вышележащую часть склона долины.

### Контрольные вопросы

1. Что такое живая сила воды?
2. Охарактеризуйте понятие – линейный сток и базис эрозии.
3. Какие виды эрозии водотоков различаются?
4. В чем выражается деятельность временных водотоков?
5. Дайте характеристику аллювия. Чем пойменный аллювий отличается от руслового?
6. Перечислите основные стадии развития речной долины и дайте их краткую характеристику.
7. Речные террасы. Как они образуются?

## Урок №19 Тема 4.5: Геологическая деятельность подземных вод

### План:

1. Способы нахождения подземных вод
2. Происхождения подземных вод
3. Типы подземных вод
4. Понятие о карсте
5. Суффозионные процессы
6. Оползни

**Ключевые слова:**поры,оплывины,карст,поноры,артезианские бассейны

### **Формы существования воды в горных породах**

Интенсивная деятельность подземных вод определяется прежде всего их огромной массой. По оценке В. И. Вернадского, масса подземных вод достигает  $5 \times 10^{17}$  т, что немногим меньше общей массы Мирового океана ( $1,5 \times 10^{18}$  т). Практически в пустотах и трещинах земной коры содержится огромный подземный океан, превышающий по массе воды, например, Атлантический океан.

Вода, заполняющая различные пустоты горных пород (каверны, трещины, поры), в зависимости от давления и температуры может находиться в парообразной, жидкой или твердой (в виде льда) фазах.

К парообразной фазе относят водяные пары, которые вместе с воздухом заполняют поры, каверны и трещины горных пород. При понижении температуры или повышении давления водяные пары конденсируются на стенках пустот горных пород и переходят в жидкую фазу.

Подземную воду, находящуюся в горных породах в жидкой фазе, подразделяют на гигроскопическую, пленочную, капиллярную и гравитационную.

Гигроскопическая вода в виде сплошной одномолекулярной пленки или отдельных мельчайших капелек покрывает стенки пустот. Она настолько прочно связана с частицами породы, что не способна передвигаться в пустотах породы под влиянием силы тяжести. Выделить гигроскопическую воду из породы можно только путем нагревания последней до температуры более  $100^\circ\text{C}$ , при которой вода переходит в парообразную фазу.

С увеличением количества воды в пустотах породы возникает пленочная вода, образующая на поверхности минеральных частиц сплошную пленку из нескольких слоев молекул (рис. 21, б). Толщина такой пленки может быть различной. Пленочная вода способна передвигаться от частиц с большей толщиной пленки к частицам с меньшей ее толщиной. Движение воды на стенках пустот происходит до тех пор, пока толщина пленок не станет равной, причем пленочная вода движется в различных направлениях, не испытывая влияния силы тяжести.

При еще большем содержании воды в породах образуется капиллярная вода, заполняющая мелкие пустоты и микротрещины, в которых она удерживается силами поверхностного натяжения (рис. 21, в). Капиллярная вода может продвигаться по капиллярным каналам в любом направлении, в том числе и снизу вверх, т. е. в направлении, противоположном действию силы тяжести. Продвигается она обычно тем дальше, чем тоньше диаметр пор или трещин, по которым она движется.

Гравитационная вода находится в капельно-жидком состоянии в проницаемых породах, передает гидростатическое давление и передвигается под действием гравитационных сил (рис. 21, г). Сила тяжести обуславливает наличие у гравитационной воды уровня, или зеркала.

Для геологов-нефтяников наибольший интерес представляет гравитационная вода, содержащаяся в породах и способная перемещаться по пустотам пластов.

## **КОЛЛЕКТОРСКИЕ СВОЙСТВА ГОРНЫХ ПОРОД**

Содержание и накопление воды в породе зависит от ее коллекторских свойств, т. е. от способности вмещать и пропускать через себя воду и любую другую жидкость или газ.

Емкостная способность пород, т. е. способность вмещать жидкость или газ, определяется их пористостью. Пористостью  $\tau$  называется отношение суммарного объема пор  $V_p$  к общему объему породы  $V_{\text{общ}}$ , выраженное в процентах:  $\tau = (V_p/V_{\text{общ}}) \times 100$ . Пористость обломочных пород зависит от их гранулометрического состава, под которым понимают размеры и форму слагающих породу частиц. Пористость осадочных пород, особенно песков и алевритов, тем выше, чем более однородны по размеру и лучше окатаны отдельные песчинки. И наоборот, чем разнообразнее по размеру частицы, слагающие породу, и чем меньше они окатаны, тем меньше пористость породы.

Происхождение порового пространства в породе определяется особенностями ее формирования и последующего развития. В зависимости от этих процессов различают поры первичные и вторичные.

Первичные поры формируются в процессе образования породы. К ним относятся поры: межзерновые — между обломками в осадочной породе; межкристаллические — по плоскостям спайности; биогенного происхождения — образовавшиеся после распада органического вещества; межслоевые — между плоскостями напластования осадочных пород.

Вторичные поры образуются в результате воздействия на породу различных факторов. Среди вторичных пор различают: трещинные, возникшие в результате дробления плотных пород при тектонических движениях; эрозийные, образовавшиеся под действием экзогенных процессов выветривания; выщелачивания, возникающие при растворении и уносе растворимых минералов потоками подземных вод.

### **ПРОИСХОЖДЕНИЕ И СОСТАВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД**

Подземные воды по происхождению подразделяются на следующие типы: инфильтрационные, конденсационные, седиментационные (или реликтовые), магматогенные (ювенильные).

**Инфильтрационные воды.** Образуются в результате просачивания (инфильтрации) атмосферных осадков или вод рек и озер по порам и трещинам горных пород. Общий объем воды, выпадающей на поверхность Земли в течение года, оценивается в  $108,4$  тыс. км<sup>3</sup>. Из них более двух третей ( $71,1$  тыс. км<sup>3</sup>) испаряется, т. е. возвращается в атмосферу, а одна треть ( $37,3$  тыс. км<sup>3</sup>) формирует поверхностный сток; часть этого стока, расходуемая на увлажнение почв, проникает в пласты-коллекторы, образуя инфильтрационные воды.

**Конденсационные воды.** Их происхождение объясняют конденсацией атмосферной влаги в порах и трещинах пород в условиях резких суточных колебаний температуры пустынь.

**Седиментационные (реликтовые) воды.** Образуются за счет захоронения вод древних бассейнов совместно с накопившимися в них осадками. Большая часть осадочных горных пород образовалась из осадков, которые формировались в водной среде. Воды этих древних морских или озерных водоемов могли сохраниться в осадках и в сформировавшихся из них породах или просочиться в окружающие породы. В том и другом случае такие подземные воды относят к седиментационным, или реликтовым. В зависимости от того, остались реликтовые воды на месте или переместились в другие толщи, их подразделяют на две разновидности. К первой относят так называемые сингенетические подземные воды, которые были захоронены одновременно с заключающим их осадком. Они составляют только одну часть захороненных совместно с осадком вод. Другая их часть при уплотнении осадка отжимается в перекрывающие или подстилающие толщи. Эти подземные воды называют эпигенетическими.

**Магматогенные (ювенильные) подземные воды.** Поступают они из глубинных недр земной коры, их происхождение связано с остыванием расплавленной магмы.

Подземные воды, как правило, содержат растворенные соли. Суммарное их количество в единице объема называют общей минерализацией вод. Насыщение подземных вод различными солями происходит в процессе сложного взаимодействия подземных вод и горных пород, по которым они движутся. Подземные воды, растворяя легкорастворимые соединения, переносят их на большие расстояния и при определенных условиях могут осаждают в виде минералов в пустотах горных пород или у выходов подземных вод на поверхность.

Подземные воды, как правило, содержат растворенные соли. Суммарное их количество в единице объема называют общей минерализацией вод. Насыщение подземных вод различными солями происходит в процессе сложного взаимодействия подземных вод и горных пород, по которым они движутся. Подземные воды, растворяя легкорастворимые соединения, переносят их на большие расстояния и при определенных условиях могут осаждают в виде минералов в пустотах горных пород или у выходов подземных вод на поверхность.

Крупнейший советский геохимик В. И. Вернадский подразделил все природные воды по степени их минерализации на пресные, солоноватые, соленые и рассолы. Согласно этой классификации пресные воды содержат меньше 1 г/л растворенных солей; солоноватые — 1—10 г/л; соленые — 10—50 г/л; рассолы — более 50 г/л.

Если при классификации вод используют данные о составе солей, то выделяют воды гидрокарбонатные кальциевые, гидрокарбонатные магниевые, сульфатные кальциевые, хлоридные кальциевые и т. д.

В верхних слоях земной коры в общем случае устанавливается четко выраженная вертикальная гидрохимическая зональность: сверху вниз располагаются зоны гидрокарбонатных, сульфатных и, наконец, хлоридных вод.

#### УСЛОВИЯ ЗАЛЕГАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

По условиям залегания обычно выделяют следующие типы подземных вод:

**Воды верховодки.** Верховодкой называется подземная вода, залегающая на небольшой глубине в зоне аэрации — зоне свободного проникновения воздуха. Обычно верховодка не имеет сплошного распространения, а образует сравнительно небольшие линзы, которые подстилаются водоупорными породами. Мощность таких линз верховодки обычно не превышает 0,5—1 м, реже достигает 2—3 м. Здесь вода находится уже в гравитационной форме и обладает уровнем. Уровень воды верховодки подвержен значительным колебаниям, чем и объясняется ее исчезновение в колодцах в районах с засушливым климатом.

**Грунтовые воды.** Атмосферные воды, просачиваясь сверху вниз до водоупора, а затем, перемещаясь в горизонтальном направлении, постепенно заполняют все пустоты горной породы. Так возникают водоносные горизонты

Водоносным горизонтом называется пласт или слой породы, в котором поры, пустоты и трещины заполнены водой. У каждого такого пласта имеются кровля и подошва. Если пласт не полностью заполнен водой, то под водоносным горизонтом понимают лишь его водонасыщенную часть. Первый от земной поверхности постоянный водоносный горизонт называется горизонтом грунтовых вод. Грунтовые воды обладают свободной поверхностью — зеркалом, или уровнем грунтовых вод. Этот уровень непостоянен. Обычно он повышается в дождливые и понижается в засушливые периоды. Если уровень грунтовых вод на каком-то участке поднимается до земной поверхности, то здесь образуется болото.

В целом грунтовые воды характеризуются наличием свободной водной поверхности — уровня, наличием только одного, подстилающего, водоупора и отсутствием напора.

**Межпластовые (пластовые) воды.** Отличие межпластовых вод состоит прежде всего в том, что они заключены между двумя водоупорами, т. е. ограничены ими и сверху (со стороны кровли) и снизу (со стороны подошвы). Водоносные горизонты, содержащие межпластовые воды, обычно характеризуются обширной областью распространения, часто измеряемой тысячами квадратных километров. При этом они залегают на значительной глубине, выходя на поверхность лишь на периферии.

Подземные воды вместе с вмещающими их породами образуют гидродинамические системы, которые делятся на безнапорные и напорные.

Безнапорные гидродинамические системы обычно характерны для бассейнов грунтовых вод, не обладающих естественным напором.

Атмосферные воды попадают в проницаемый пласт в районах, где он обнажается на поверхности, в так называемой области питания. Постепенно атмосферная влага проникает вглубь и полностью насыщает весь пласт. Перемещаясь по пласту, вода достигает других участков выхода его на поверхность и самоизливается, образуя источники подземных вод. Это область разгрузки, или дренажа пластовых вод. В зависимости от рельефа и

высотного положения областей питания и разгрузки в центральной, наиболее прогнутой части бассейна могут существовать условия, благоприятные для создания напора, т.е. самопроизвольного изливания воды под давлением

Таким образом, в центральной части бассейна образуется область напора, в пределах которой вода из скважин способна изливаться в виде фонтана. Высота подъема воды зависит от расположения скважин относительно областей питания и дренажа и от гидростатического уровня.

Гидростатическим (пъезометрическим) уровнем называется воображаемая поверхность, проходящая через область питания и разгрузки и определяющая высоту подъема воды в данном месте (рис. 24). Пъезометрический уровень обычно выражается в абсолютных отметках по отношению к уровню моря. Выше этого уровня артезианская вода при фонтанировании подняться не может.

Другой характеристикой области напора является гидростатический (пъезометрический) напор, под которым понимают высоту столба воды от кровли водоносного горизонта до пъезометрического уровня.

#### **Контрольные вопросы**

1. В каких фазах находится вода в горных породах?
2. Что такое пористость и проницаемость и как делятся горные породы по этим признакам?
3. Как подразделяются подземные воды по происхождению и условиям залегания?
4. Чем отличаются грунтовые воды от артезианских?

#### **Урок №20 Тема 4.6: Разрушительная деятельность подземных вод**

##### **План:**

1. Понятие о карсте
2. Суффозионные процессы
3. Оползни

**Ключевые слова:** поры, оплывины, карст, поноры, артезианские бассейны

Геологическая деятельность, совершаемая подземными водами, заключается прежде всего в растворении минералов или горных пород, по которым они движутся. Растворяющая способность подземных вод значительно усиливается с повышением давления и температуры, а также при наличии растворенных в них газов. В частности, химически чистая вода оказывает на известняки незначительное растворяющее действие, но в присутствии углекислого газа агрессивность воды резко повышается.

Наиболее легко растворяются такие минералы, как галит, сильвин, кальцит, доломит, гипс и др. В районах распространения пород, сложенных этими минералами, вода, проникая по трещинам и порам, растворяет (выщелачивает) отдельные зерна минералов и после установления сквозного стока уносит их в растворенном виде. Таким образом, подземное выщелачивание приводит к образованию вторичных коллекторов из пород, которые формировались как водоупоры. По коллекторским свойствам вторичные коллекторы не только не уступают первичным, но часто и превосходят их.

Процессы растворения повторяются многократно, в результате во вмещающих породах образуется целая система соединяющихся пустот и каналов, в дальнейшем увеличивающихся в размерах. Так возникают карстовые пещеры.

Характерной формой для карстовых пещер являются натечные образования, также связанные с деятельностью подземных вод. Среди натечных форм, которые чаще всего сложены кальцитом, выделяют сталактиты, сталагмиты, колонны, занавеси, перегородки и т. д. Образуются они следующим образом. Подземные воды, проходя через известняки, частично растворяют их и насыщаются бикарбонатом кальция  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ . Попадая в карстовые полости, обогащенные  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  подземные воды оказываются в условиях более низкого давления, при котором происходит выделение избытка углекислоты, переход растворимого бикарбоната в нерастворимый карбонат кальция и выпадение последнего в осадок. Вследствие частичного испарения воды в пещере этот процесс интенсифицируется. Так образуются сталактиты, которые представляют собой удлиненные, растущие вниз от кровли пещеры подвески, напоминающие ледяные сосульки. Более толстые натечные формы, называемые сталагмитами, растут снизу вверх в результате падения капель на дно пещеры, частичного испарения воды, потери некоторого количества углекислоты и выделения нерастворимого  $\text{CaCO}_3$ . Иногда, соединяясь, сталактиты и сталагмиты образуют натечные формы в виде колонн, занавесей и перегородок. На стенах карстовых пещер нередко возникают карнизы и каскады. На дне большинства пещер развиты многочисленные колодцы или отдельные озера. Иногда они соединяются и воды в виде потока движется по дну пещеры в направлении его уклона.

Многие пещеры состоят из большого количества гротов и залов, соединяющихся причудливыми галереями и располагающихся на разной высоте — в несколько этажей. Многоэтажность пещер обычно связана с изменением уровня грунтовых вод в зависимости от базиса эрозии местной речной сети. Понижение базиса эрозии сопровождается понижением уровня карстовых вод, что приводит к формированию нового этажа пещеры.

С течением времени на поверхности района, сложенного карстующимися породами, могут возникать различные формы карстового ландшафта. По условиям образования выделяются карстовые формы, связанные с выщелачиванием (карры) и с провалами и оседанием сводов пещер (воронки, колодцы, долины и поля).

Сначала на поверхности известнякового массива возникают глубокие борозды. Происхождение их связано с тем, что атмосферная вода, обогащенная углекислотой, проникает в трещины, растворяет их края, постепенно образуя небольшие углубления и промоины. С появлением направленного стока вод в промоинах и углублениях

усиливаются процессы выщелачивания известняков, в результате образуется система борозд и желобков, разделенных узкими гребнями. Все эти формы и получили название карров.

Карстовые воронки представляют собой асимметричные чашеобразные углубления, диаметр и глубина которых изменяются от единиц до десятков метров. Округлые, пологие и не особенно глубокие воронки называются долинами. Нередко на дне карстовых воронок и других форм карстового рельефа встречаются глубокие отверстия, называемые понорами. Они представляют собой своеобразные вертикальные каналы, ведущие к подземным карстовым полостям внутри известнякового массива. Смыкаясь друг с другом, поноры образуют более крупные формы поверхностного карста — котловины и поля. Последние могут возникать также в результате провала кровли пещер. В рельефе поля выделяются обширными размерами, имеют вид замкнутых впадин с крутыми бортами и относительно плоским дном. Нередко такие депрессии заполняются водой, образуя карстовые озера.

Подземные воды не только растворяют горные породы, но и разрушают их механическим путем, выносят твердые частицы. Процесс выноса подземными водами твердых частиц из различных пород называется механической суффозией. Чаще всего суффозии подвергаются глины, пески, рыхлые песчаники; при этом водоносные слои уменьшаются в объеме и проседают.

Таким образом, в результате суффозии возникают пониженные формы рельефа на поверхности земли.

#### ОСАДКИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Наряду с растворением и переносом отдельных твердых частиц подземные воды в благоприятных условиях откладывают осадки. Этот процесс может происходить как на земной поверхности у выходов источников, так и в пустотах пород водоносных пластов. Отложение осадков — одна из важнейших форм геологической деятельности, совершаемой подземными водами.

Осадки, отлагаемые подземными водами на земной поверхности. Среди осадков, которые откладываются подземными водами на поверхности, нужно назвать известковые и кремнистые туфы, поваренную соль, железные и марганцевые руды.

Известковый туф состоит из кальцита, который накапливается на поверхности у выходов источников.

**Железные руды** — известны залежи бурых железняков, образование которых связано с геологической деятельностью подземных вод. Железные руды такого происхождения приурочены к выходам вод, обогащенных солями железа  $FeCO_3$  или  $FeSO_4$ . В этих условиях и, по-видимому, при участии бактерий происходит превращение  $FeCO_3$  и  $FeSO_4$  в  $2 Fe_2O_3 \cdot 3H_2O$  — лимонит, который, откладываясь в больших количествах, образует пласты. Примером могут служить залежи железных руд Керченского и Таманского полуостровов, приуроченные к отложениям верхнего отдела юры.

*Аналогично образуются марганцевые руды.*

#### ОПОЛЗНИ

Смещения горных пород на крутых склонах бывают различными, как по характеру, так и по масштабу. В частности, выделяют мелкие смещения, или оплывины, крупные смещения, или оползни, и внезапные обрушения огромных массивов горных пород, или обвалы, которые обычно происходят в горных районах. Наибольшее значение имеют оползни, широко распространенные в природе. Оползень — это естественное перемещение массивов горных пород под влиянием силы тяжести, в результате деятельности подземных вод и при наличии в разрезе горизонтов пластичных глин. В ненарушенном состоянии такие глины мало отличаются от обычных. Однако при механическом воздействии и увлажнении они приобретают высокую пластичность.

Обрывистый склон сложен плотными и тяжелыми карбонатными породами. В основании склона обнажается водоносный горизонт с источником. Водоупором служат пластичные (пльвинные) глины, которые под действием влаги и давления вышележащей толщи становятся «текучими». Из водоносного слоя в результате суффозии водой выносятся мелкие частицы песка, в связи с чем склон медленно оседает. В этих условиях в какой-то момент породы, залегающие над водоносным слоем, под действием силы тяжести могут оторваться и сползти. Поверхность, по которой происходит отрыв и смещение масс горных пород, получила название поверхности смещения, или скольжения. В результате оползания массивы горных пород разбиваются на отдельные глыбы, которые обычно называют оползневыми телами. Как правило, поверхность первоначального склона после оползания наклоняется в сторону, противоположную движению оползня. При этом стволы деревьев, постройки и т. д. наклоняются в ту же сторону

#### Контрольные вопросы

1. Чем характеризуются воды нефтяных и газовых месторождений?
2. Что такое карст?
3. Какие осадки отлагаются подземными водами?
4. Какова природа оползней?

#### Урок №21 Тема 4.7: Геологическая деятельность ледников.

##### План:

1. Сведения о подземных водах.
2. Геологическая деятельность подземных вод.
3. Геологическая деятельность ледников.



**Ключевые слова:** Ледник, перенос, формы рельефа, морены, глетчерный, лёд, область стока, фирн, борозды, валуны исцарапанные, флювиогляциальные отложения.

Ледники занимают значительное место на Земле. Они покрывают почти 16 млн. км<sup>2</sup> поверхности суши (11%), а в полярных областях ледниковый покров распространяется и на мелководную (шельфовую) область моря. Общий объем льда, содержащегося в ледниках, оценивается в 30 млн. км<sup>3</sup> (объем куба с длиной ребра 300 км).

### **Образование и типы ледников**

Геологическая деятельность снега и ледников, как и других экзогенных факторов, включает эрозию, транспортировку обломков и их отложение. Изучением строения, развития и деятельности ледников занимается гляциология.

**Ледники** состоят из так называемого глетчерного льда. В отличие от других разновидностей льда (почвенный, речной, морской), возникающих при замерзании воды, глетчерный лед образуется из снега.

Для возникновения ледника необходимы низкая среднегодовая температура, большое количество осадков, выпадающих в виде снега, а также наличие пологих склонов и впадин, защищенных от солнца и ветра.

С уменьшением значения географической широты, при приближении к экватору, снеговая линия поднимается, на полюсах она приближается к уровню моря (рис. 29). Это и определяет неравномерность накопления снега и масштабов образования глетчерного льда — основная его часть (99,5%) сосредоточена в полярных областях и только 0,5 % связано с высокогорными ледниками.

Область, где происходит накопление снега и превращения его в лед, получило название – хионосферы.

Накапливаясь в понижениях рельефа или на вершинах гор, снег за лето не успевает растаять, масса его растет из года в год, он уплотняется и под влиянием суточных колебаний температуры превращается в зернистую массу. Такой уплотненный зернистый снег называется фирном, а область его накопления — фирновым полем. Фирн вновь покрывается снегом, под тяжестью которого продолжает уплотняться, пока со временем не превратится в глетчерный лед. Если 1 м<sup>3</sup> свежего снега имеет массу 85 кг, то масса 1 м<sup>3</sup> фирна достигает 600 кг, а 1 м<sup>3</sup> глетчерного льда— 909 кг.

У ледников выделяют область питания, где происходит накопление снега и превращение его в фирн, а затем в глетчерный лед, и область стока, по которой движется, стекает глетчерный лед. В зависимости от соотношения областей питания и стока, от размеров и формы ледники подразделяются на три типа: горные (или альпийского типа), покровные (или материкового типа) и промежуточные.

Горными, или альпийскими, называют сравнительно маломощные ледники высокогорных районов, приуроченные кразличного рода депрессиям в рельефе: впадинам, долинам рек, ущельям и т.п. Ледники такого типа развиты в Альпах, Гималаях, на Тянь-Шане, Памире, Кавказе. Область питания горных ледников выражена отчетливо, имеет форму цирка и находится выше снеговой линии, как правило, эта область окружена амфитеатром высоких гребней и пиков. Лед стекает по горным долинам с крутыми склонами, образуя один или несколько ледяных потоков — языков .

Среди горных ледников различают несколько разновидностей:

- долинные — наиболее крупные, характерные для ледников этого типа;
- каровые — образующиеся в углублениях гор почти на уровне снеговой линии и практически не имеющие стока;
- висячие — ложе ледника которых нарушается крутым уступом, и ледяной поток, нависающий над ним, периодически срывается вниз в виде лавины.

Покровные ледники обычно образуются в полярных районах и располагаются почти на уровне моря. Как правило, они занимают огромные площади и характеризуются значительной мощностью ледникового покрова. В отличие от ледников альпийского типа покровные ледники не обладают отчетливо обособленными областями питания и стока, форма их не контролируется рельефом ложа. Толщина льда здесь настолько велика, что под нею скрываются все неровности рельефа. Поверхность покровных ледников обычно имеет форму выпуклого щита с воздыманием центральной части. Примером ныне существующих покровных ледников могут служить ледниковые покровы Гренландии и Антарктиды.

К ледникам промежуточного типа относятся плоскогорные ледники, которые образуются на горах с плоской (столообразной) или плоско-выпуклой вершиной. Такие ледники, развитые на Скандинавском полуострове, иногда называются ледниками скандинавского типа. Промежуточными их считают потому, что они характеризуются смешением свойств ледников первых двух типов. Вследствие однообразия рельефа ложа они, как и материковые ледники, залегают сплошной массой на плоскогорьях. Передвигаясь от центра к периферии, промежуточные ледники используют для стока долины рек, ущелья и в этом отношении приближаются к горным. По размерам ледники промежуточного типа обычно невелики — площадь ледников Скандинавского полуострова редко превышает несколько сот квадратных километров (общая площадь ледников Скандинавского полуострова около 5000 км<sup>2</sup>).

### **ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ РАБОТА ЛЕДНИКОВ**

Передвигаясь, массы льда производят значительную работу по разрушению горных пород, обработке (вспахиванию и истиранию) поверхности, по которой они движутся, и переносу разнообразного обломочного материала. Движению ледника способствует появление воды в его подошве, которая образуется в результате снижения температуры таяния льда при высоком давлении и исполняет роль смазки ледяного массива.

Работа ледника по разрушению и истиранию пород ложа называется ледниковой эрозией или экзарация (выпахивание). Однако твердость льда явно недостаточна для разрушения большинства горных пород. Ледниковая эрозия в значительной степени обусловлена наличием обломков горных пород, вмёрзших в лёд, которые и являются главным инструментом разрушения и движения льда образуются глубокие борозды, исцарапанные, исстрихованные валуны, выровненные, выположенные формы рельефа. Округлые асимметричные блоки со следами ледниковой эрозии называются бараньими лбами, а их скопления образуют ландшафт курчавых скал. Долина, по которой движется ледниковый язык с вмёрзшими в лёд обломками пород, приобретает корытообразную форму с плоским дном и крутыми боковыми стенками. Такая сформированная языком ледника долина называется трогом. Завершается она некоторым повышением коренных скальных пород, ограничивающих движение ледника и называемых ригелем. Обломочный материал, образующийся в результате деятельности ледников, получил название «морены».

По своему состоянию морены подразделяются на движущиеся и неподвижные. Первые движутся вместе со льдом, а вторые представляют собой обломочный материал, оставшийся на месте после таяния ледника. Неподвижные морены разделяются на конечные и основные. Неподвижная морена, образовавшаяся у нижней границы ледникового языка, называется конечной, или фронтальной

**Основная морена** — это отложения, оставшиеся после таяния ледника на всем протяжении троговой долины. В отличие от конечной основная морена образуется при постепенном непрерывном отступании ледника, когда граница ледникового языка не фиксируется надолго в определенном положении. Характерной особенностью отложений конечной и основной морен является отсутствие сортировки обломочного материала.

Среди движущихся морен различают **поверхностные, внутренние и донные**.

Поверхностные морены, в свою очередь, делятся на боковые и срединные. Поверхностные боковые морены обычно образованы обломками горных пород, обрушившихся на поверхность ледника со склонов троговой долины. При слиянии двух ледников из смежных долин боковые морены каждого ледника сливаются и дают начало поверхностной срединной морене.

Обломочный материал, находящийся на поверхности ледника, может проникнуть в трещины или быть перекрытым новыми порциями снега. Обломки горных пород, заключенные внутри тела ледника, образуют внутреннюю морену, которая также может быть срединной либо боковой.

Обломки, вмёрзшие в подошву ледника, составляют донную морену. Они не только усиливают эрозионную деятельность, но и создают специфическую форму ледниковой эрозии: исстрихованные валуны и глубокие борозды в ложе ледника – ледниковые шрамы.

С деятельностью ледников связаны также флювиогляциальные отложения. Это отложения водных потоков, образующихся при таянии ледников. Такие водные потоки, как правило, размывают морену и выносят за пределы тающего ледника образующийся обломочный материал. При этом вблизи границы ледника откладывается грубообломочный материал, далее — более мелкий, песчаный и затем глинистый. Таким образом, флювиогляциальные отложения в отличие от моренных характеризуются сравнительной отсортированностью и слоистостью и в этом отношении близки к речным. Однако по сравнению с речными флювиогляциальные отложения намного хуже окатаны, так как являются составной частью перемытой морены и переносятся водным потоком на незначительные расстояния.

## ОЛЕДЕНЕНИЯ ЗЕМНОЙ КОРЫ

Анализ геологической истории Земли показывает, что различные участки современных континентов в определенное время находились под мощным ледниковым покровом. Детальное изучение ледниковых отложений позволило установить важнейшее свойство оледенений земной коры — их периодичность. Периоды оледенений в геологической истории Земли сменялись межледниковыми эпохами. Практически все континенты нашей планеты в разное время в значительной степени (или даже целиком) покрывались мощными ледниками.

Существует ряд гипотез, с помощью которых пытаются объяснить причины оледенений поверхности Земли. Однако однозначного ответа ни одна из них не дает, так как факторов, вызывающих периодические оледенения, много и выявлены они далеко не все. Ясно лишь, что оледенения связаны с глобальными изменениями климата. Изученные к настоящему времени факторы можно подразделить на астрономические и геологические.

К главнейшим астрономическим факторам следует отнести периодические изменения в планетарном движении Земли, такие, как вариации эксцентриситета земной орбиты и угла наклона земной оси к плоскости эклиптики. Наиболее мощным фактором, вызывающим изменения климата, являются вариации удаления Земли от Солнца, сопровождающие изменение эксцентриситета земной орбиты. Периоды снижения эксцентриситета (минимальной эллиптичности) орбиты, по-видимому, соответствуют периодам «великих» оледенений.

Изменение угла наклона и прецессия земной оси также могут привести к существенному изменению положения климатических зон и оледенению отдельных частей континентов, однако эти изменения, по-видимому, имеют меньший масштаб.

Еще одним вероятным фактором, способным вызвать глобальные изменения климата, некоторые ученые считают вариации излучения Солнца, связанные с неравномерным перемешиванием плазмы и периодической активизацией работы солнечного «реактора». Перечисленные астрономические факторы, действуя раздельно или одновременно, могут привести к значительному понижению или повышению среднегодовой температуры на том или ином участке или на поверхности планеты в целом. Если температура вследствие указанных причин понизится, может произойти оледенение земной коры, при повышении среднегодовой температуры, наоборот, может наступить межледниковая эпоха.

### Контрольные вопросы

- 1.Какие условия необходимы для образования ледников?
- 2.Чем отличается снег от фирна, а последний от глетчерного льда? В чем заключается характерная особенность глетчерного льда?
- 3.Какие Вы знаете типы ледников?
- 4.В чем заключается геологическая работа ледников?
- 5.Как называются ледниковые отложения и каковы их особенности?
- 6.Какие гипотезы оледенения Вы знаете и сколько эпох оледенения было на Земле с начала четвертичного периода?

### Урок №22 Тема 4.8 Геологическая деятельность морей.

#### План:

1. Геологическая работа морей, океанов.
- 2.Аккумулятивная работа моря
- 3.Биономические зоны моря.

**Ключевые слова:** Мировой океан, морской бассейн, абразия, шельф, литоральная, проливно-отливная, батимальная, мелководная, лагуна, залив, абиссальная, хемогенные, планктонные.

Роль океанических и морских бассейнов весьма велика. Они занимают 361 млн. км<sup>2</sup> площади земной поверхности, что составляет 70.8%. в океане заключено 86% общего количества воды гидросферы. Они являются главными бассейнами, в которые поступают продукты разрушения материков и где происходит формирование осадочных горных пород.

Строение морского дна и отделы моря

Океаническое дно изучается разными способами. Глубина океанических бассейнов определяется акустическим зондированием. Океаническая кора исследуется с помощью сейсмических волн, гравиметрических измерений, магнитометрии, измерения теплового потока.

Самый новейший метод исследования заключается в использовании подвижных управляемых глубоководных аппаратов и научно-исследовательских судов, как например, судно «Гломар Челленджер», которое оснащено буровой установкой способной бурить скважины до глубины 7200 м и отбирать керн океанических пород. С 1968 года за 10 лет работы пробурено 688 скважин в 541 пункте в Атлантическом, тихом и Индийском океанах, Мексиканском и Калифорнийском заливах, Средиземном море.

**Главные элементы рельефа дна океанических бассейнов – это:**

1) Континентальный шельф, 2) Континентальный склон с подводными каньонами, 3) Континентальное подножие, 4) Система срединно-океанических хребтов, 5) островные дуги, 6) Ложе океана с абиссальными равнинами, положительными формами рельефа (главным образом вулканами, гийотами и атоллами) и глубоководными желобами.

*Континентальный склон* – представляет собой окраины континентов, погруженные до 200 – 300 м ниже уровня моря у их внешнего края, откуда начинается более крутое погружение морского дна. Общая площадь шельфа около 7 млн. км<sup>2</sup>, или около 2% площади дна Мирового океана.

*Континентальный склон с каньонами.* От бровки шельфа дно опускается круче, образуя континентальный склон. Его ширина от 15 до 30 км и погружается он до глубины 2000 – 3000 м. Изрезан глубокими долинами – каньонами глубиной до 1200 м и имеющие V – образный поперечный профиль. В нижней части каньоны достигают глубины 2000 – 3000 и ниже уровня моря. Стенки каньонов скальные, а донные осадки, сгруженные у их устьев на континентальном подножие, указывают на то, что каньоны играют роль лотков, по которым тонкий и грубый осадочный материал с шельфа сносится на большую глубину.

*Континентальное подножие* – осадочная оторочка с пологой наклоненной поверхностью в основании континентального склона. Является аналогом предгорных аллювиальных равнин, образованных речными осадками у подножья горных массивов.

Ложе океана кроме глубоководных равнин включает также другие крупные и мелкие формы рельефа.

*Абиссальные равнины* – это плоские и самые глубокие (3000 – 6000 м) участки океанического дна. Занимают около 30% площади дна. Они представляют собой аккумулятивные поверхности, образованные осадками.

*Срединно-океанические хребты* – образуют единую глобальную систему возвышенностей общей протяженностью около 60 тыс. км. Центральная, наиболее приподнятая часть хребта обычно рассечена глубокой продольной долиной – рифтом. В пределах рифтовой долины проявляется активный базальтовый вулканизм, происходит раздвижение океанического дна и формирование молодой океанической коры.

*Гийоты* – это подвижные горы вулканического происхождения с плоскими вершинами, которые опущены на глубину 1000 – 2000 м от уровня моря.

*Атоллами* называют почти круглые, коралловые или водорослевые рифы, окаймляющие лагуну.

*Глубоководные желоба*, окружающие Тихий, Индийский океаны и частью Карибский бассейн, представляют собой узкие протяженные впадины глубиной до 11034 м, как например, Марианская впадина.

*Островные дуги* – вытянутые на тысячи километров архипелаги вулканических островов (например, Курильская гряда) с внешней стороны которых располагаются глубоководные желоба.

**Химический состав вод.** Морская вода содержит в растворенном виде значительное количество различных солей. Их содержание в 1 л морской воды измеряют в промилле (0/00), составляющих 0,1 %.

Органический мир Мирового океана.

#### БИОНОМИЧЕСКИЕ ЗОНЫ МОРЯ

**Морская среда** разделяется на пять зон обитания, каждая из которых характеризуется своей фауной и флорой: литоральную, или приливно-отливную, неритовую, батимальную, абиссальную и пелагическую.

**Литоральная, или приливно-отливная, зона.** Литоральная, или приливно-отливная, зона включает площадь, расположенную между уровнями высокого и низкого приливов. В этой зоне при низком приливе обнажается морское дно, при высоком приливе оно скрывается под водой. Зона всегда подвержена сильному воздействию волн, из-за чего условия жизни здесь очень суровые. Организмы должны либо крепко прикрепляться к дну, либо селиться в норах. Некоторые из них укрываются в сохраняющихся во время низкого прилива водоемах, у других развиваются анатомические особенности, позволяющие им пережить время, в течение которого они оказываются на воздухе.

**Неритовая зона.** Неритовая зона протягивается от линии низкого прилива до бровки континентального шельфа. Процветающая здесь жизнь, вероятно, намного богаче, чем на такой же площади в любом другом месте земного шара. Поскольку глубина воды здесь не превышает 200 м, верхняя часть зоны освещена солнцем, пища имеется в изобилии и буйно развивается огромное количество разнообразных видов морских организмов, питающихся либо друг другом, либо веществами, растворенными в морской воде.

**Батимальная зона.** К батимальной зоне относится морское дно на глубине приблизительно от 200 до 2000 м. На дне моря в этой зоне обитает богатая популяция животных, несмотря на то, что растительная жизнь здесь из-за отсутствия света очень убога. Благодаря тому, что осадки накапливаются медленно, живущие на дне организмы-мусорщики успевают уничтожить большую часть органического вещества. Осадки состоят главным образом из известковых раковин планктонных организмов, кремневых диатомовых водорослей и спикул губок.

**Абиссальная зона.** Абиссальной зоне принадлежит дно моря ниже уровня 2000 м. До этой зоны не доходит солнечный свет, и температура в ней постоянно близка к точке замерзания. Так как растения в этих условиях существовать не могут, те животные, которые зависят от растительной пищи, живут за счет того, что поднимаются отсюда в освещенный слой воды у поверхности. Строение раковин и скелетов животных, живущих на абиссальных участках дна, свидетельствует о том, что на этих глубинах способны существовать только высокоспециализированные создания.

**Пелагическая зона.** Пелагической зоне соответствует верхний слой воды на обширных пространствах открытого моря за пределами литоральной зоны. Жизнь в этой зоне включает пассивно плавающие планктонные формы и самостоятельно плавающих животных. Наиболее обычными растениями являются водоросли, в том числе диатомовые, а из животных – всевозможные виды от микроскопических форм до китов. Их устойчивые твердые части попадают в донные осадки глубоко внизу. Местный подъем холодной воды, богатой питательными веществами, в определенных районах океана вызывает бурный рост количества мелких организмов, служащих тем звеном в пищевой цепи, от которого зависят более высокоразвитые организмы.

#### Контрольные вопросы

1. Основные элементы дна мирового океана
2. Биономические зоны
3. Неритовая зона.
4. Батимальная зона
5. Абиссальная зона.
6. Пелагическая зона.

#### Урок №23 Тема 4.9 Разрушительная деятельность морей.

##### План:

1. Понятие абразии
2. Разрушительная работа моря
3. Накопление осадков

**Ключевые слова:** Мировой океан, морской бассейн, абразия, шельф, литоральная, приливно-отливная, батимальная, мелководная, лагуна, залив, абиссальная, хемогенные, планктонные.

Разрушение берегов и дна моря происходит под действием различных факторов, главными из которых следует считать: ударную силу волны, обрушивающейся на берег; удары обломков горных пород, переносимых

волнами; химическое воздействие морской воды на горные породы, слагающие берега. Эти факторы обычно действуют совместно, что значительно усиливает разрушительную деятельность моря. Комплекс разрушительной работы, производимой водами Мирового океана, называется абразией.

Абразия проявляется постоянно, что в конечном итоге приводит к разрушению крутого берега. По мере разрушения в отвесной стенке берега образуется выемка — волноприбойная ниша. Она постепенно углубляется и наступает момент, когда породы, слагающие кровлю ниши, обрушиваются под действием силы тяжести. Крутой берег постепенно отступает в сторону материка, и на месте ниши образуется волноприбойная терраса. Верхняя часть террасы при отливе обнажается, нижняя всегда покрыта водами моря. Здесь накапливаются галька, гравий, песок и другие продукты разрушения коренного берега. Эта часть террасы носит название намывной, или аккумулятивной. У подножия берегового уступа, на той части волноприбойной террасы, которая протягивается в виде отмели, также скапливаются различные обломки горных пород. Но в дальнейшем весь этот материал дробится волнами и выносятся в удаленные от берега участки моря. Часть волноприбойной террасы, с которой удалены продукты разрушения берега и которая сложена только коренными породами, называется абразионной террасой.

Волноприбойная терраса под действием абразии постоянно увеличивается, расширяясь в сторону, как морского бассейна, так и материка. Иногда она достигает значительных размеров — 50—60 км в ширину. Скорость продвижения моря в сторону суши довольно велика и достигает 1—2 км за 1000 лет.

Морские воды переносят не только продукты абразии, но и огромные массы обломочного материала, выносимого в море реками. Перемещение обломочного материала осуществляется теми же видами движения вод

#### **Накопление осадков**

Кроме продуктов разрушения берегов в Мировой океан поступает с суши огромная масса минеральных веществ, сносимых реками и в меньшей степени ледниками и ветром. Эти вещества, находящиеся в виде обломков, а также в составе истинных и коллоидных растворов, осаждаются в различных участках моря, подчиняясь особенностям гидродинамического и гидрохимического режимов бассейна.

В образовании морских осадков помимо принесенного материала принимают участие скелетные остатки организмов, населяющих морской бассейн. Небольшая доля материала, осаждающегося в морях и океанах, приходится на продукты вулканической деятельности (лавы при подводных извержениях; пепел, переносимый ветром), метеориты и космическую пыль.

Морские осадки чрезвычайно разнообразны. Они различаются размерами обломочных частиц

осадки, формирующиеся в литоральной и мелководной зонах, называются не — ритовыми, а в батимальной и абиссальной зонах — пелагическими.

В зависимости от происхождения (генезиса) осадочного материала выделяются осадки терригенного, органогенного и хемогенного типов.

**Неритовые осадки.** В пределах литоральной и мелководной зон формируются терригенные, хемогенные и органогенные осадки. В связи с тем, что эти зоны находятся в непосредственной близости к источникам разрушения и сноса, терригенные осадки здесь преобладают.

Характер литорального осадконакопления чрезвычайно изменчив и тесно связан с морфологией берега. У пологих плоских берегов формируются органогенные карбонатные по составу осадки и так называемые пляжевые осадки. Органогенные осадки образуются за счет накопления остатков фауны и флоры, в изобилии населяющей литораль на плоских побережьях, причем особенно велика роль растительности и прикрепленных животных. Пляжные осадки состоят из материала, вынесенного с суши и переработанного волнами, или из материала, выброшенного морем (например, обломков раковин), или из смеси того и другого. Как правило, преобладает обломочный, песчаный материал. Для этих отложений характерна значительная изменчивость в направлении, как перпендикулярном к береговой линии, так и вдоль ее простираания.

Характерен и рельеф полосы пляжа. Разбивающиеся о фронтальную зону волны выбрасывают переносимый материал на берег, где образуется береговой вал. Высота его обычно несколько превышает среднюю высоту волны.

При откате волн во фронтальной зоне возникает замкнутая прибрежная циркуляция воды, производящая основную работу по переотложению и скатыванию обломков. В зоне наибольшего отката волн образуется подводный вал, протягивающийся параллельно берегу.

Многочисленное перемещение обломков — продуктов абразии — обуславливает их дифференцированное по массе отложение. Наиболее крупные обломки (валуны, галька) переносятся на минимальные расстояния и слагают береговой вал, дальше в море уносятся песчаные частицы разного размера, затем алевритовые и, наконец, глинистые. Естественно, что в конкретных геологических условиях в зависимости от прочности пород берега и интенсивности процесса абразии приведенная зональность обломков по дисперсности может смещаться в направлении как берега, так и моря. Однако закономерное увеличение дисперсности обломков по мере удаления от берега в целом, как правило, выдерживается. Наиболее тонкодисперсные (илистые) осадки заполняют самые погруженные котловины, а в прибрежной зоне обычно распространены грубозернистые осадки.

К мелководной области морей и океанов относятся также мелкие затишные участки заливов и бухт, в которых накапливаются илы различного типа.

Лагуна представляет собой залив, соединяющийся с основным морским бассейном узким мелководным проливом. Вследствие этого водообмен между лагуной и открытым морем затруднен, что и определяет в ней аномальную соленость вод.

Пелагические осадки. В пределах батиальной и абиссальной зон существуют специфические условия, которые определяют характер формирующихся осадков. Во-первых, в эти зоны, обычно удаленные от берега, терригенный материал поступает в незначительном количестве, главным образом в виде взвешенных в воде тонкодисперсных частиц, переносимых течениями. Во-вторых, отсутствие света и пониженные температуры делают эти зоны мало пригодными для жизни бентосных организмов. В-третьих, здесь отсутствуют волнения, способствующие перераспределению и взмучиванию осадочного материала. Тем не менее среди осадков батиальной и абиссальной зон присутствуют терригенные тонкозернистые разности, органогенные, представленные остатками планктонных организмов, хемогенные и вулканогенные.

К терригенным отложениям этой части дна Мирового океана относятся зеленые, синие, черные и красные илы. Зеленые илы встречаются у берегов Испании, Южной Африки и Северной Америки. Их окраска обусловлена присутствием минерала глауконита. Зеленые глауконитовые илы располагаются у верхней границы континентального склона, реже опускаются до 1—2 км. Они более грубозернистые по сравнению с илами других типов и часто переходят в тонкозернистые песчаные разности. К зоне глауконитовых осадков обычно приурочены конкреции фосфорита. Синие и черные илы состоят из частиц пелитовой размерности; они сильно обогащены органическим веществом, издают запах сероводорода. Темный цвет осадка обусловлен присутствием пирита и марказита в тонкодисперсной форме. Образование синего и черного илов происходит в восстановительной среде, а основной областью их распространения является континентальный склон с прилегающей частью ложа Мирового океана.

Красные илы также сложены частицами пелитовой размерности. Цвет их обусловлен присутствием оксидных минералов железа (лимонит, гематит). Такой ил образуется в морях, прилегающих к континентам, где развиты красноцветные коры выветривания, в частности, у берегов Бразилии, в Японском море, в юго-восточной части Черного моря. Распространение красного ила, таким образом, носит локальный характер.

Изучение глубоководных донных илов показывает, что их цвет не случаен, а отражает особенности среды их формирования.

Органогенные осадки области континентального склона представлены известковыми илами, которые состоят из остатков планктонных организмов — фораминифер, известковых водорослей и др. Эти осадки широко распространены и встречаются на глубинах до 3 км.

#### **Контрольные вопросы:**

1. Скорость абразии
2. Аккумулятивные формы
3. Терригенные отложения
4. Осадки континентального склона

### **Урок 24 Тема 4.8: Геологическая деятельность озёр и болота**

#### **План:**

1. Геологическая деятельность озёр.
2. Болота и их геологическая роль.

**Ключевые слова:** литогенез, гумус, торф, сапропель.

Существенные отличия работы озёр следующие:

- 1) меньшие масштабы явлений абразии и аккумуляции;
- 2) интенсивное развитие во многих озёрных влаголюбивой растительности, способствующей превращению мелководных участков озёр в болота;
- 3) большой диапазон минерализации воды - от пресной до рассолов. В некоторых озёрах минерализация в десятки раз превышает минерализацию морской воды, которая составляет обычно не более 3,5%.

В озёрах встречаются все гранулометрические разности - алеволита до камней и валунов, широко распространены глинистые отложения, в том числе ленточные глины.

Большое хозяйственное значение имеют химические осадки озёр, представленные гипсом, галитом, содой, калийными Олями, мергелями, железными рудами, кремнистыми соединениями.

**Болотами** называют избыточно увлажнённые территории, покрытые слоем торфа, мощностью не менее 30 см в неосушенном и 20 см в осушенном состоянии. Избыточно увлажнённые территории, не покрытые торфом вышеуказанной мощности, называют заболоченными землями. По характеру питания болота делятся на: 1) верховые; 2) низинные;

Первые расположены на водораздельных площадках, питаются осадками. Растительность их представлена в основном мхами, развивающимися при дефиците в воде минеральных солей.

Низинные болота занимают пониженные элементы рельефа, образуются путём заторфования водоёмов, питаются грунтовой и частично поверхностной водой, достаточно богатой минеральными солями. Заторфование водоёма происходит вследствие зарастания влаголюбивой растительностью мелководных участков. Озёр и медленных водотоков. Отмирающие части растений образуют на дне водоёма, или водотока постепенно растущий слой травяного торфа.

Часть растений создаёт плавающий ковёр, называемый сплавинной. Сплавина постепенно нарастает на поверхности, превращаясь в плавающий торфяник, а отмирающие части её отпускаются на дно и формируют там слой ила - сапропель.

По мере увеличения мощности торфа питания болота грунтовой водой затрудняется, а низинное болото постепенно переходит в болото переходного типа. Оно характеризуется тем, что наряду с травяно-моховыми растениями распространяется смешанный лес из берёзы, ели, сосны.

Основные болотные образования - торф и сапропель.

**Торф** представляет собой механическую смесь частично разложившихся растений с бесструктурной гумусовой массой. В торфяной толще нередко содержатся линзы и прослойки обломочного материала, а так же пни деревьев.

**Сапропель** состоит главным образом из остатков микроскопических растений и животных, разложение которых в виду недостатка кислорода происходит медленно. От торфа сапропель отличается некоторой упругостью. Он не пачкает рук, при высыхании сильно уменьшается в объёме и делается твёрдым. Предполагается, древние торфяники возникли в результате неполного разложения органической массы. Она постепенно обогащается углеродом и со временем превращается в чёрное углистое вещество. Давление вышележащих осадков и повышенная температура недр приводит к полному разрушению растительных тканей, относительному уплотнению торфяной массы, уменьшению содержания в ней водорода и кислорода и значительному увеличению содержания углерода. В результате торф превращается в бурый уголь (лигнит). Последующее погружение в область более высоких давлений и температур приводит к дальнейшей разработке лигнита и превращению его в каменный уголь.

Угли озерно-болотного происхождения называют лимическими. Такие угли развиты, например, в Подмосковном угольном бассейне, Ангренское месторождение угля.

В конце занятия озадачить студентов (каждый по отдельности) составить список морей, озёр, их площадь, глубина по географической карте мира.

#### Контрольные вопросы:

1. Как образуются озёра?
2. В нашей Республике имеются ли болота?
3. В пределах стран СНГ, где распространён торф?

#### Урок 25 Тема 4.9: Геологические результаты экзогенных процессов

##### План

1. Стадии образования осадочных пород.
2. Генетические типы осадочных пород.
3. Основные фациальные группы осадочных пород.

**Ключевые слова:** Экзогенный процесс, метаморфизм, водоемы, субаэральный, обломочные, органогенные, хемогенные, уплотнение, катагенез, литогенез, эпигенез, лагуна, фация.

Образование осадочных горных пород - сложный и длительный процесс, связанный с экзогенными процессами, и можно выделить следующие стадии: 1) образование исходного осадочного материала; 2) перенос осадочного материала; 3) накопление осадка (седиментогенез); 4) преобразование осадка в осадочную породу (диагенез); 5) изменение осадочной породы до начала метаморфизма или начала выветривания (катагенез). Процесс формирования осадочной породы с 1 по 5 стадии - носит название литогенеза.

Исходным материалом осадочных пород служат продукты разрушения магматических, метаморфических и ранее образовавшихся осадочных пород на поверхности земли.

Разрушаются горные породы и входящие в их состав минералы в результате экзогенных процессов, причём основная масса продуктов разрушения образуется в результате выветривания. Под действием поверхностных вод и в меньшей степени ледников и ветра продукты разрушения переносятся к областям седиментации (осадконакопления). Весь этот материал находится на стадии переноса, при соответствующих условиях рельефа и геохимической обстановки может перейти в осадок. При этом начинается 3 стадия образования породы - седиментогенез, или накопление осадка. Осаждение частиц может быть временным, когда частицы вновь подхватываются движением среды, или окончательным, когда происходит накопление осадка, т.е. постепенное закрепление частиц на дне.

Подавляющая масса осадков накапливается в конечных водоёмах стока - озёрах и, главным образом, морях, океанах. Такие осадки называют субаквальными. В отличие от них осадки, накапливающиеся на суше, вне водной среды, называются субаэральными. В конечных водоёмах в зависимости от характера поступающего материала, а так же от гидродинамического и гидрохимического режимов формируются осадки трёх типов: 1) обломочные; 2) органогенные; 3) хемогенные.

На стадии седиментогенеза закладываются такие важнейшие свойства осадка, как минеральный состав, размер и форма слагающих его частиц, слоистость и т.п., которые затем наследуются породой.

Следующим этапом формирования породы является стадия диагенеза. Диагенез - совокупность процессов, преобразующих осадок в осадочную породу. Свежесформированные осадки обычно образуют рыхлые, сильно обводнённые слои, насыщенные разнообразными химически активными соединениями.

Кроме минерального вещества в осадке присутствуют органическое вещество в виде остатков отмерших организмов и живые бактерии. В целом для такого осадка характерно отсутствие физико-химического равновесия между слагающими его твёрдыми, жидкими и газообразными компонентами.

Преждевсего в осадке происходит поглощение свободного кислорода в результате жизнедеятельности бактерий и разложения органического вещества.

После этого начинается редукция гидрооксидов Fe, Mg, Ca и сульфидов. Одновременно некоторые минералы, находящиеся в твёрдой фазе, такие, как CaCO<sub>3</sub>, MgCO<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, постепенно растворяются, достигая стадии насыщенных растворов.

Обогащаются такими газами как CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, CH<sub>4</sub> теряют кислород и сульфаты, резко повышается их щелочной резерв. Изменение состава вод, насыщающих осадок, даёт толчок развитию двух новых процессов.

**Первый процесс** заключается в установлении физико-химического взаимодействия между водами осадка и бассейна. Из осадка в наддонные воды бассейна уходят CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, CH<sub>4</sub> и другие соединения, из наддонных вод в воды осадка поступают O<sub>2</sub>, сульфат ион SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> и связанные с ним Ca<sup>2+</sup> и Mg<sup>2+</sup>. Всё это приводит к дальнейшему изменению состава и концентрации вод осадка.

**Второй процесс** идёт непосредственно в осадке и заключается в образовании новых, диагенетических минералов. Эти новые минералы называются аутигенными, т.е. образованными на месте. Так в виде сложной серии взаимосвязанных процессов исходная химически неуравновешенная система осадка перестраивается и превращается в систему, внутренне уравновешенную, - осадок становится породой.

Одновременно с физико-химическими процессами происходят уплотнение осадка и отжатие избытка насыщающих его вод. Уплотнение осадка осуществляется под действием нагрузки прикрывающих его новых порций осадков, а так же в результате образования диагенетических минералов, которые цементируют отдельные частицы.

На стадии диагенеза уплотнение сильнее всего проявляется в кремнистых и карбонатных осадках, которые подвергаются полному окаменению.

Стадией диагенеза заканчивается процесс собственного формирования осадочной породы. Она продолжает существовать в земной коре до тех пор, пока находится в термодинамических условиях, характерных для верхних горизонтов коры, в глубинных зонах осадочная порода не остаётся неизменной. Наступает стадия катагенеза. На этой стадии породы подвергаются различным изменениям, однако в основных чертах сохраняет своё строение и минеральный состав. Катагенез - совокупность процессов, изменяющих осадочную породу в период её существования до начала метаморфизма или выветривания.

В условиях нисходящих тектонических движений земной коры в равной мере проявляются все три фактора катагенеза, что приводит к уплотнению и обезвоживанию породы, растворению одних минералов и образованию других, перекристаллизации минералов. Под действием давления происходят сближением частиц породы, их взаимоприспособление, образование более плотной упаковки. Это приводит к отжатию содержащихся в породе вод, которые мигрируют в вертикальном или горизонтальном направлении.

В условиях восходящих тектонических движений основным фактором катагенеза является воздействие подземных вод. При подъёме территории появляются дополнительные области разгрузки, в связи с чем усиливаются привнос и вынос вещества в пластах осадочных пород.

Так осуществляется круговорот осадочных пород в природе разрушения коренных пород, преобразование обломков в новую породу, новое разрушение.

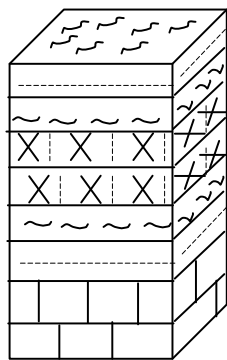
Первичной формой залегания осадочных образований является слой, или пласт. Пластом называется геологическое тело, сложенное однородной осадочной породой, ограниченными двумя параллельными поверхностями направления, имеющее примерно постоянную мощность и занимающую значительную площадь.

(кровля, подошва пласта, мощность - истинная, видимая, линзообразная, гнездообразная форма залегания, простираение пласта, падение пласта, угол падения, элементы залегания пласта, согласное, несогласное залегание, поверхность размыва, перерыв в осадконакоплении и т.д.)

Комплекс отложений, отличающихся составом и физико-географическими условиями образования от соседних отложений того же стратиграфического возраста, называется фацией, т.е. однородной по составу комплекса пород, образовавшихся в сходных физико-географических условиях. В соответствии с тремя основными физико-географическими обстановками на поверхности Земли выделяют 3 основные группы фаций:

1) Морские; 2) Континентальные; 3) Лагунные. Наиболее широко распространены морские фации, поскольку основная масса осадочных горных пород образуется в море.

Морские отложения весьма разнообразны по составу: они включают как



Блок - диаграмма



грубообломочные, так и тонкозернистые терригенные осадки, значительные площади покрыты известняками, доломитами, мергелями, нередко встречаются глубоководные илы и химические осадки.

Однако распределение всего многообразия морских осадков подчинено определённым закономерностям и обуславливается в основной глубиной морского бассейна. Поэтому в группе морских фаций выделяют:

Прибрежные (сформировавшиеся на глубине до 20м), мелководные (20-200 м), средних глубин (200-2000 м) и глубоководные (образующие на глубинах море более 2 км) фаций.

#### Контрольные вопросы:

1. Как происходит образование исходного осадочного материала?
2. Как происходит перенос осадочного материала?
3. Как происходит взаимодействие химических компонентов на обр. породе?
4. За счет, каких факторов происходит уплотнение осадка?
5. Влияют ли тектонические движения на процесс осадконакопления?
6. Что такое слой, пласт, толща осадочных пород?
7. Какая отличительная черта осадочных пород от других пород?

### Раздел 5. ЭНДОГЕННЫЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

#### Урок №26 Тема 5.1: Магматизм

##### План:

1. Интрузивный магматизм.
2. Эффузивный магматизм.
3. Формы магматических тел

**Ключевые слова:** Магма, литосфера, источник, радиогенное тепло, гравитационные поле Земли, Плутонизм, окисления, ассимиляция, кристаллизация, классификация, кислые, средние, основные, ультраосновные, силл, лакколит, лополит, факолит, дайка, шток, батолит.

**Магматизмом** называют явления, связанные с образованием, изменением состава и движением магмы недр Земли к её поверхности. Магма представляет собой природный высокотемпературный расплав, образующийся в виде отдельных очагов в литосфере и верхней мантии. Основной причиной плавления вещества и возникновения магматических очагов в литосфере является повышение температуры в результате выделения радиогенного тепла на участках локальных концентраций радиоактивных элементов.

Подъём магмы, и прорыв в вышележащие горизонты происходит вследствие так называемой инверсии плотностей, при которой внутри литосферы появляются очаги менее плотного, мобильного расплава. Таким образом, магматизм - это глубинный процесс, обусловленный тепловым и гравитационными полями Земли.

В зависимости от характера движения магмы различают магматизм интрузивный и эффузивный. При интрузивном магматизме (плутонизм) магмы не достигает земной поверхности, а активно внедряется во вмещающие породы, частично расплавляя их.

Затем, застывает в трещинах и полостях горы. При эффузивном магматизме (вулканизм) магма через подводящий канал достигает поверхности Земли, где образует вулканы различных типов, и застывает на поверхности. В обоих случаях при застывании расплава образуются магматические горные породы. Температуры магматических расплавов, находящихся внутри земной коры в пределах 700-1100 о С. Измеренные температуры магм, излившихся на поверхности, в большинстве случаев колеблются в интервале 900-1100 о С., изредка достигает 1350 о С. Более высокая температура, наделенных расплавов обусловлена тем, что в них протекают процессы окисления под воздействием атмосферного О<sub>2</sub>.

С точки зрения химического состава магма представляет сложную многокомпонентную систему, образованную в основном кремнезёмом SiO<sub>2</sub> и веществами, химически эквивалентными силикатами Al, Na, K, Ca. Преобладающим компонентом магмы является кремнезёмом. В природе существуют несколько типов магм, различающихся по химическому составу. Состав магм зависит от состава материалы, за счёт плавления которого они образуются.

Однако при подъёме магмы происходит частичное плавление и растворение вмещающих пород земной коры, или их ассимиляция; при этом первичный её состав меняется. Таким образом, состав магм изменяется в процесс как внедрения их в верхние горизонты коры, так и кристаллизация. На больших глубинах в магмах в растворённом состоянии присутствуют летучие компоненты - пары воды и газов (H<sub>2</sub>S, H<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, HCl и др.). В условиях высоких давлений их содержание может достигать 12%.

Они являются химически очень активными, подвижными веществами и удерживаются в магме только благодаря высокому внешнему давлению. Магматические классифицируют по их вещественному составу и условиям образования. Вещественный состав может быть выражен через химический или минеральный состав породы.

Состав породы		Породы глубинные	Породы излившиеся	
Химический	Основные минералы		Древние (изменение)	Молодые (свежие)

Кислые	Кварц, полевые шпаты, слюда (реже др. тёмные минералы)	гранит	Кварцевый порфир	Липарит
Средние	Полевой шпат, немного роговой обманки, биотита, плагиоклаз, авгит.	Сиенит Диорит	Ортоклазовый порфир порфириты	Трахит
Основные	Основные плагиоклазы, авгит. Иногда оливин	Габбро	Диабаз	Базальт
Ультраосновные	Авгит Авгит, оливин, рудные минералы Оливин и рудные минералы.	Пироксениты Перидотит дунит	_____	_____

В настоящее время признаётся существование 2-х первичных магм - базальтовой (основной) и гранитной (кислой). Гипотеза 2-х первичных магм окончательно не решена. Базальтовая магма образуется в верхней мантии. При движении этой магмы вверх её состав постепенно изменяется в результате обогащения наиболее лёгкими и легкоплавкими компонентами. Очаги гранитной магмы возникают в пределах коры на глубинах 10- 30 км. По современным представлениям, гранитная магма образуется в результате переплавления осадочных и метаморфических пород. Существуют 2 основных механизма внедрения магмы во вмещающую толщу. Магма может проникать по плоскостям напластования осадочных пород или по трещинам, пересекающим вмещающую толщу. В первом случае она может поднимать пласты кровли или, наоборот, вызывать прогибание подстилающих пластов, действуя своей массой.

**Дифференциация магмы** — это процесс разделения однородного первичного расплава на различные по химическому составу фракции, из которых образуются горные породы разного минерального состава. Дифференциация может происходить в жидкой фазе до появления первых кристаллов — *ликвация*, или в процессе выделения кристаллов из расплава — *кристаллизационная дифференциация*. В процессе ликвации магма расслаивается на две различные по плотности и несмешивающиеся жидкие фазы. Существующие к настоящему времени петрографические и экспериментальные данные свидетельствуют о том, что процессы ликвации не играют существенной роли в формировании основной массы магматических пород.

Главной причиной разнообразия магматических пород является кристаллизационная дифференциация. Отделение кристаллов от расплава обуславливается действием главным образом тектонических сил и силы тяжести (гравитационное фракционирование). Процесс гравитационного фракционирования является основным. Он заключается в последовательной кристаллизации силикатов, начиная от наиболее тугоплавких и тяжелых железомagneзиальных минералов и основных плагиоклазов и кончая легкоплавкими и легкими (калиевые полевые шпаты и кварц). В процессе кристаллизации тяжелые минералы погружаются в нижние слои расплава, а остаточный расплав верхних частей последовательно обедняется железомagneзиальными соединениями и обогащается кремнеземом. В результате гравитационного фракционирования в процессе кристаллизации основной магмы в нижних слоях расплава могут образовываться ультраосновные породы; при этом в верхних слоях расплава может приобрести такой состав, что из него начнут формироваться диориты, сиениты и даже граниты.

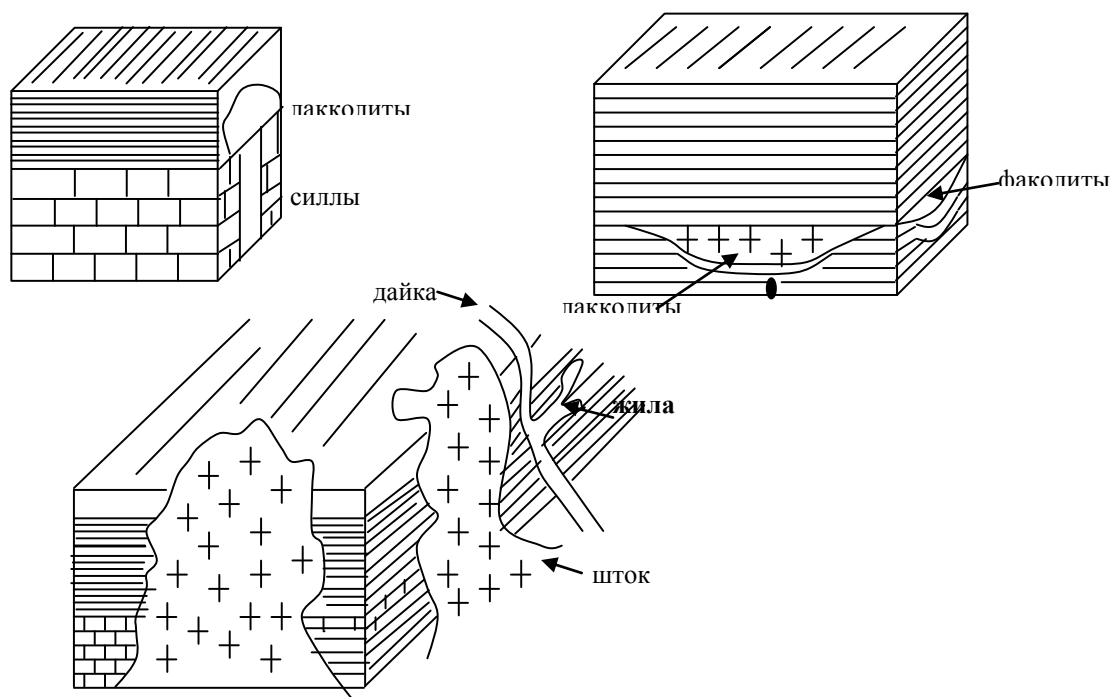
Процесс дифференциации может происходить как на больших, глубинах, в магматическом очаге так и в верхних частях земной коры, в магматической камере. В результате дифференциации в магматическом очаге в верхние горизонты коры внедряются уже готовые дифференциаты первичной магмы, при застывании которых образуются породы различного состава, залегающие в виде самостоятельных массивов. Процесс дифференциации в магматической камере приводит к формированию расслоенных массивов горных пород, основность которых уменьшается снизу вверх. При излиянии магмы на поверхность кристаллизационная дифференциация практически не имеет места, так как обычно магма, затвердевает довольно быстро, не успев раскристаллизоваться.

**Ассимиляция** — процесс полной переработки вмещающих пород, контактирующих с магмой или попадающих в нее в виде обломков — *ксенолитов*. Расплавляя и растворяя вмещающие породы, магма тем самым изменяет свой состав. Особенно резко изменяется состав первичной магмы, если она ассимилирует осадочные или метаморфические породы, существенно отличающиеся от нее по химическому составу. В таких случаях образуются новые разновидности магматических пород, мало сходные по составу с первичными магмами.

#### Формы магматических тел

**Силл** - пластообразное интрузивное тело.

**Лакколит** - тело, имеющее плоское основание куполообразный свод, как правило образуются при внедрении кислой магмы, которая вследствие большой вязкости с трудом проникает по плоскостям напластования, скапливается на одном участке и приподнимает породы кровли (в плане от 100 м до нескольких км).



**Лополит** - это чашеобразное тело вогнутой формы, которая обусловлена прогибанием подстилающих пластов под тяжестью магмы (площади которых достигает от десятки тыс. км<sup>2</sup>).

**Факолит** - линзообразное тело, залегающее в ядре антиклинальной или синклинальной складки.

**Дайка** - плитообразное тело, образуется при заполнении трещин и ориентированы в земной коре вертикально или наклонно. Самая крупная в Родезии «Большая дайка» мощность около 5 км протяженность 500 км..

**Шток** - тело неправильной формы, приближающейся к цилиндрической, с крупнопадающими или вертикальными контактными поверхностями.

**Батолит** - самое крупное интрузивное тело и измеряется десятками и сотнями тысяч квадратных км.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОРОСЫ

1. Что такое магма?
2. На каких глубинах образуется магма
3. Понятие дифференциации и ассимиляции магмы

### Урок №27 Тема 5.2: Вулканические процессы

#### План

1. Классификация вулканов
2. Типы вулканов по характеру извержения
3. Продукты извержения
4. Поствулканическая деятельность

**Ключевые слова:** эффузивный магматизм, степень активности, вулканические породы, вулканы

**Эффузивный магматизм** проявляется в обстановке дробления земной коры и образования разломов, по которым магма поднимается и изливается на поверхность Земли. Магма, излившаяся на поверхность, превращается в **лаву**. Лава отличается от магмы тем, что *почти не содержит летучих компонентов*, которые при падении давления отделяются от магмы и уходят в атмосферу.

Характер извержений бывает различным и зависит от температуры лавы и её химического состава. Эти свойства определяют качество и количество продуктов извержения, наличие и силу сопровождающих землетрясений. По таким признакам установлено несколько чётко выраженных типов извержений.

При излиянии магмы на поверхности образуются вулканы различного типа. По характеру пространства, занимаемого поднимающейся магмой, вулканы подразделяются по типам: площадные, трещинные и центральные.

**Площадные вулканы** существовали только на самых ранних этапах истории Земли, когда земная кора была тонкой (и на отдельных участках могла целиком расплавиться) и излияния магмы происходили на обширных площадях. Практически площадные вулканы — это моря расплавленной лавы.

**Трещинные вулканы** представляют собой излияния лав по протяженным трещинам. Вулканизм трещинного типа в отдельные отрезки времени достигал очень широких масштабов, в результате чего на поверхность Земли выносилось огромное количество вулканического материала. На современном этапе трещинные вулканы распространены ограниченно, хотя и встречаются в отдельных районах, например, вулкан Лаки в Исландии, Толбачинский на Камчатке и др.

Большинство современных вулканов относится к **центральному типу**. При извержении таких вулканов обычно образуются конусообразные постройки.

Иногда на склонах конуса возникают маленькие конусы. Они образуются в месте выхода побочных каналов, ответвляющихся от основного. Такие маленькие конусы получили название побочных, или паразитических.

С течением времени конус вулкана, сложенный лавами и туфами, может быть полностью или частично разрушен процессами денудации. Особенно часто это наблюдается у потухших древних вулканов. При этом на вершине конуса возникает обширная депрессия (впадина) округлых очертаний — **кальдера**. Как правило, эти депрессии имеют крутые внутренние стенки и довольно плоское дно.

Извержения вулканов носят различный характер: могут сопровождаться взрывами и землетрясениями или протекают спокойно. Взрывы часто происходят в результате закупорки центрального канала вязкими лавами и скопления газов под образовавшейся пробкой. Жидкие лавы спокойно переливаются через край кратера и растекаются по окружающей местности. В целом при извержениях продукты вулканической деятельности могут быть газообразными, жидкими и твердыми

**Газообразные продукты**, или **фумаролы**, характеризуются высокой температурой и разнообразным составом. В них содержатся водяные пары, углекислый газ, азот, сернистый газ, водород, оксид углерода, хлор и др. Газовый состав фумарол во многом определяется их температурой. В зависимости от температуры выделяются сухие, кислые и щелочные фумаролы.

**Сухие фумаролы** отличаются высокой температурой, порядка 500 °С. Обычно они не содержат водяных паров, но зато насыщены хлористыми соединениями, в первую очередь такими, как хлористый натрий, хлористый калий, хлористое железо и др.

**Кислые фумаролы** обладают достаточно высокой температурой, достигающей 300—400°С. В отличие от сухих фумарол кислые содержат водяные пары, хлористый водород и сернистый ангидрид.

**Щелочные фумаролы** характеризуются средними температурами, немного выше 180°С, и содержат главным образом хлористый аммоний, при разложении которого выделяется свободный аммиак.

Газовые выделения с температурой около 100-180°С называются сольфатарами; они состоят преимущественно из водяных паров и сероводорода. Газовые выделения с температурой ниже 100°С называются мофетами; они представлены главным образом углекислым газом и водяными парами.

В ряде случаев выделение вулканических газов достигает грандиозных масштабов. Наличие газов в магме замедляет ее остывание, а их потеря приводит к быстрому затвердеванию жидких продуктов извержения.

Жидкие продукты, или лавы, при извержении характеризуются высокими температурами, колеблющимися в пределах 600—1200 °С. Как отмечалось ранее, лава представляет собой магму, в значительной степени потерявшую газовые компоненты. Лавы, как и магмы, различаются по химическому составу, определяющему их физические свойства. В зависимости от содержания SiO<sub>2</sub> выделяют лавы кислые (риолитовые) и основные (базальтовые).

Кислые (риолитовые) лавы светлые, окрашены обычно в серые тона, вязкие, тугоплавкие, медленно остывают и содержат много газов. Основные (базальтовые) лавы, наоборот, окрашены в темные тона, имеют большую плотность, жидкую консистенцию, легкоплавкие, быстро остывают и содержат мало газов. При застывании лав образуются эффузивные, или излившиеся горные породы.

Поскольку лавы обладают различными физическими свойствами, то при излиянии их на поверхность Земли образуются эффузивные тела разной формы: купола (конусы), покровы и потоки.

Покровы возникают при излиянии лав основного, базальтового состава и нередко занимают огромные площади. Лавовые потоки значительно меньше по площади, образуются в тех случаях, когда лава движется по ущельям, речным или ледниковым долинам. При сравнительно небольшой ширине лавовые потоки в ряде случаев бывают вытянуты на десятки километров. Остывание лавовых тел таких размеров происходит неравномерно, поэтому в их теле появляются характерные трещины, зависящие от состава лавы, размеров лавового потока и характера его остывания. По этим трещинам происходит своеобразное растрескивание лав; это явление называется отдельностью. Различают отдельность столбчатую, матрацевидную, шаровую и др.

Помимо газообразных и жидких продуктов во время извержения вулкана выбрасывается большое количество твердых продуктов, которые представлены обломками горных пород или кусками успевшей застыть лавы. Твердые продукты, выбрасываемые в воздух, падают на различном расстоянии от кратера. При этом наблюдается определенная закономерность: более крупные обломки падают у края кратера и скатываются вниз по его внешнему и внутреннему склонам, более мелкие выбрасываются на прилегающие равнины или откладываются у подножия конуса. В зависимости от величины обломков твердые продукты вулканических извержений подразделяются на вулканические бомбы, лапилли, вулканический песок и пепел.

**Вулканические бомбы** — это крупные, от нескольких сантиметров до 1 м и более в диаметре куски затвердевшей или частично затвердевшей лавы. Форма бомб самая различная — от шаровидной до веретенообразной. Встречаются бомбы менее правильной формы. Лапилли (лат. «лапиллис» — камешек) - представляют собой обломки шлака величиной до 1,5— 3 см в диаметре. Форма лапиллей, как и бомб, весьма разнообразная. Вулканическим песком называются твердые продукты извержения, размер которых не превышает

1—5 мм. Вулканический пепел состоит из мельчайших (менее 1 мм) частиц лавы, вулканического стекла и других пород. Пепел оседает на склонах конуса или разносится на большие расстояния; при накоплении и уплотнении пепла формируются породы, называемые вулканическим туфом. Из скоплений вулканического материала различных размеров образуются породы, получившие название агломерата, или вулканической брекчии.

### Контрольные вопросы

1. В чем заключается различие между магмой и лавой?
2. Какие интрузивные тела Вы знаете и каковы условия их залегания?
3. Что называется эффузивным магматизмом (вулканизмом)?
4. Какие магматические горные породы Вы знаете и на каком признаке основана их классификация?
5. Что такое дифференциация магмы?
6. Какие выделяются типы вулканов и как они распределяются на Земле?
7. Какие продукты извержения Вы знаете?

### Урок №28 Тема5.3: Тектонические движения земной коры

#### План:

1. Эпохи тектонических движений.
2. О направлениях в геотектонике (вертикальные, горизонтальные).
3. Вертикальные и горизонтальные тектонические движения
4. Неотектонические движения

**Ключевые слова:** Тектоника, фазы, циклы, герцинский, каледонский, киммерийский, альпийский,

Земная кора испытывает сложные перемещения в пространстве. Слагающие её горные породы сминаются в складки, надвигаются друг на друга, разрываются. В результате изменяется рельеф земной коры и возникают горы и глубокие впадины.

Процессы горообразования на земной поверхности протекают постоянно, но проявляется это в виде медленных незаметных для глаза движений земной коры (эпохи покоя) или в виде интенсивных бурных процессов (эпохи тектонических революций или горообразования и складчатости). В истории развития земли выделяют следующий ряд интенсивных горообразовательных циклов:

1) каледонский (имеющий место в кембрийско-силурийском периодах); 2) герцинский ( девонский, каменноугольный, пермский ); 3) киммерийский (триасовый, юрский, раннемеловой); 4) альпийский (позднемеловой, палеогеновый, неогеновый, четвертичный)). В альпийском периоде, например, сформировались горные сооружения Кавказа, Крыма.

Характерной особенностью и вертикальных и горизонтальных тектонических движений является их почти непрерывное и практически повсеместное проявление на протяжении всей геологической истории. Более наглядны и доступны для изучения тектонических движений - вертикального направления». Широко известны факты, связанные с опусканием побережья северо-западной Европы (Нидерланды, Бельгия, Германия), где для предотвращения затопления суши возведена целая система дамб. Существуют многочисленные археологические свидетельства в виде уходящих в море дорог, затопленных развалин древних храмов, расположенных далеко на суше причалов древних портовых сооружений. Важные геологические свидетельства тектонических движений получены в результате геоморфологических исследований, основанных на геологическом анализе современного рельефа. Изучение роли экзогенных и эндогенных факторов в формировании рельефа позволяет выявить обширную категорию вертикальных тектонических движений ближайшего геологического прошлого, называемых новейшими.

**Тектонические движения** – это любые механические перемещения внутри земной коры, которые приводят к изменению ее строения.

Еще в 1758 году М.В. Ломоносов в своем труде «О слоях Земли» (1763) впервые дал определение и выделил два типа тектонических движений: ...»Существуют нечувствительные долговременные земной поверхности повышения и понижения и резкие быстрые трясения Земли». Примеров этому достаточно много: Скандинавское побережье поднимается, а Голландия и Германия опускаются; долина реки Рейн на 500 км прослеживается в Северном море, а полуостров Канин Нос (Белое море) во времена Ивана Грозного был островом. Таким образом, земная кора постоянно находится в движении, причем в современной геологии выделяют два основных типа тектонических движений: **эпейрогенические** (или колебательные) и **орогенические** (складчатые).

**Эпейрогенические движения** – медленные вековые поднятия и опускания земной коры, не вызывающие изменения первичного залегания пластов. Эти вертикальные движения имеют колебательный характер и обратимы, т.е. поднятие может смениться опусканием. Среди этих движений различают:

- *Современные*, которые зафиксированы в памяти человека и их можно измерить инструментально путем проведения повторного нивелирования. Скорость современных колебательных движений в среднем не превышает 1-2 см/год, а в горных районах она может достигать и 20 см/год.

- *Неотектонические* движения – это движения за неоген-четвертичное время (25 млн. лет). Принципиально они ничем не отличаются от современных движений. Неотектонические движения зафиксированы в современном рельефе и главный метод их изучения – геоморфологический. Скорость их движения на порядок меньше, в горных районах – 1 см/год; на равнинах – 1 мм/год.

- Древние медленные вертикальные движения зафиксированы в разрезах осадочных пород. Причем мощность накопившихся осадков рассматривается как мера тектонического опускания за время накопления осадка, а сама слоистость и их ритмичность – показатели колебательных движений. Скорость древних колебательных движений по оценке ученых меньше 0.001 мм/год.

Орогенические движения происходят в двух направлениях – горизонтальном и вертикальном. Первое приводит к смятию пород и образованию складок и надвигов, т.е. к сокращению земной поверхности. Вертикальные движения приводят к поднятию области проявления складкообразования и, нередко, возникновению горных сооружений. Орогенические движения протекают значительно быстрее, чем колебательные. Они сопровождаются активным эффузивным и интрузивным магматизмом, а также метаморфизмом. В последние десятилетия эти движения объясняют столкновением крупных литосферных плит, которые перемещаются в горизонтальном направлении по астеносферному слою верхней мантии.

### Контрольные вопросы

1. Что такое дислокации и как они подразделяются?
2. Какие процессы изучает тектоника?
3. Движущие силы тектонических движений.

**Урок №29 Тема 5.4: Землетрясения.**

### План

1. Понятие о землетрясениях.
2. Классификация землетрясений.
3. Шкала Рихтера.
4. Моретрясение.

**Ключевые слова:** землетрясения, цунами, гипоцентр, эпицентр землетрясения, упругое колебание, продольные волны, поперечные волны, коэффициент сейсмичности, амплитуда колебаний, шкала землетрясения.

**Землетрясения** - это волновые колебания, распространяющиеся внутри и по поверхности Земли. Они вызываются главным образом сдвижением плит земной коры: субдукцией, процессами в срединно-океанических хребтах, образованием разрывов и вулканической деятельностью; иногда землетрясения можно возбудить искусственно. При движениях вдоль разрывов возникает упругая отдача, включающая медленное накопление упругой деформации и резкое ее высвобождение. Исходная причина движения плит и вулканической деятельности – силы космической гравитации и тепло, выделяющееся в недрах Земли благодаря радиоактивности горных пород.

Большинство землетрясений возникает вдоль границ плит в Тихоокеанском поясе, в Средиземноморско-Азиатском поясе, на срединно-океанических хребтах и связанных с ними трансформных разрывах. В некоторых местах они происходят почти постоянно.

Землетрясения повторяются нерегулярно. Пытаясь выработать надежные методы прогноза, геологи и геофизики в нескольких сейсмоопасных районах изучают признаки грядущих землетрясений.

Интенсивность землетрясений оценивается по их воздействию на людей, постройки, поверхностный грунт и коренные породы. Оценка производится по специальной шкале: от I до XII баллов.

Геологические последствия землетрясений - это в основном обвалы, оползни, возникновение цунами, а также другие явления на земной поверхности.

При научном исследовании землетрясений с помощью разного вида сейсмографов записываются продольные (S), поперечные (P) и поверхностные (L) волны, анализируются скорости их распространения, условия отражения, преломления, дифракции и дисперсии. Поскольку различные волны распространяются с разной скоростью, их можно выделять на сейсмограммах. Разность времен прихода P- и S - волн используется как мера расстояния до очага землетрясения.

Фокус или очаг (гипоцентр) землетрясения - это точка возникновения сейсмических волн. Фокус может быть мелким (неглубоким), промежуточным и глубоким. Наибольшая известная глубина - 720 км. Эпицентр - точка на поверхности Земли над фокусом. Большинство землетрясений относится к типу мелкофокусных (нормальных). Глубокофокусные землетрясения возникают в зонах **субдукции**, связанных с системами океанический желоб - островная дуга и океанический желоб - граница континента.

Экспоненциальная шкала магнитуд (шкала Рихтера) используется как мера энергии, выделяющейся в очаге землетрясения. Шкала основана на величине амплитуды колебаний, записанных на сейсмограмме с помощью определенной аппаратуры и на определенном расстоянии от очага. Разрушительные землетрясения обычно имеют магнитуду от 7,0 до 8,7 (максимальное измеренное значение).

На многих сейсмограммах видны мелкие неровные колебания, называемые микросейсами. Они образуют фоновый «шум» записи.

Среди характерных примеров современных землетрясений - подземные толчки в Сан-Франциско (1906 г.), в Чили (1960 г.), на Аляске (1964 г.), в Никарагуа (1972-1973 гг.) и в Гватемале (1976 г.). Можно было бы привести много других примеров.

**Цунами**, или сейсмические морские волны - это длинные, низкие, проникающие на глубину волны, распространяющиеся в открытом море со скоростью в сотни километров в час. У берегов они вздыбливаются, достигая огромной высоты, и причиняют большой ущерб человеку в приморских районах.

Опасные последствия грядущих землетрясений можно смягчить, принимая соответствующие защитные меры. Во-первых, не следует возводить постройки на неустойчивых грунтах, а во-вторых, необходимо использовать сейсмоустойчивые конструкции зданий.

**Искусственно возбужденные землетрясения** используются для сейсмического исследования глубинного строения земной коры при поисках нефти и для зондирования осадочного слоя на морском дне.

Для регистрации землетрясений используются - сейсмографы, которые обеспечивают автоматическую запись колебаний земли. Сведения о землетрясениях Ташкента, 1966 и др. сейсмическое районирование, микрорайонирование, предвестники землетрясения рассказать подробно (где? когда? и с какой силой?)

#### Контрольные вопросы

1. Причины землетрясений
2. Гипоцентр землетрясений
3. Как образуются цунами
4. Прогнозирование землетрясений

#### Урок №30-31 Тема 5.5 Тектонические нарушения

##### План:

1. Классификация складок
2. Разновидность складок
3. О складчатых и разрывных дислокациях.
4. О характере залегания слоев.
5. Типы разрывных нарушений

**Ключевые слова:** антиклиналь, синклиналь, моноклиналь, замок, крыло, флексура, геосинклиналь, платформа, стабильные области, фундамент, чехол, структура.

Основной областью накопления осадков является дно морей и океанов. Здесь осадки часто отлагаются в виде параллельных, практически горизонтальных слоев. Однако в процессе геологического развития первоначальные формы залегания горных пород обычно нарушаются под влиянием эндогенных процессов, главным образом тектонических движений земной коры. Всякое нарушение первоначального горизонтального залегания горных пород называется дислокацией. Дислокации подразделяются на **пликативные** и **дизъюнктивные**.

##### Пликативные дислокации (складчатые нарушения).

Это дислокации, которые происходят без разрыва сплошности пластов. Среди них различают следующие основные формы: моноклинали, флексуры и складки.

**Моноклинали** представляют собой толщи пластов горных пород, равномерно наклоненных в одну сторону на значительном протяжении.

**Флексурами** называются уступообразные нарушения горизонтально (или моноклинали) лежащих пластов. Флексуры обычно возникают при блоковых смещениях нижележащих пород. При смещениях небольшой амплитуды разрыва не происходит, но мощность пород в зоне сдвига часто бывает сокращенной. У флексур различают нижнее, соединительное и верхнее крылья. Соединительное крыло представляет собой участок, на котором пласты имеют крутой наклон и сокращенную мощность.

Складкообразующие движения наглядно проявляются в образовании пликтивных дислокаций – складок. Складки – это изгибы слоев горных пород без разрыва сплошности, под действием давления. Складки являются основной формой пликтивных дислокаций. Они бывают двух основных видов — *антиклинальные* и *синклинальные*. **Антиклинальными** называются выпуклые складки, в которых пласты падают в противоположные стороны, а в центральных частях залегают более древние породы, чем на периферии

**Синклинальными** называются вогнутые складки, в которых пласты падают навстречу друг другу, а в центральных частях располагаются более молодые породы, чем на периферии (рис. 48, б).

Антиклинальные и синклинальные складки имеют следующие элементы: крылья, шарнир, замок, угол, осевую поверхность, ось; ядро; характеризуется шириной, амплитудой и длиной (рис. 49).

**Крылья** — боковые части складки.

**Шарнир\*** — линия, проходящая через точки максимального перегиба любого из пластов, образующих складку. В продольном вертикальном разрезе шарнир нередко воздымается и погружается (ундулирует).

**Замок** — участок складки в области шарнира, где происходит перегиб крыльев. Иногда замок антиклинальной складки называют сводом, а замок синклинали — мульдой. **Угол** складки — угол, заключенный между крыльями складки, мысленно продолженными до их пересечения.

**Осевая поверхность** — воображаемая поверхность, проходящая через шарниры всех пластов складки. Ось складки (осевая линия складки в плане) — линия пересечения осевой поверхности складки с горизонтальной плоскостью. Ядро складки — толща горных пород, слагающих замок антиклинальных и синклинальных складок.

**Ширина складки** - расстояние между крыльями складки. При наличии нескольких параллельных складок ширина складки определяется как расстояние между осевыми поверхностями двух соседних антиклиналей или синклиналей.

**Амплитуда** складки — вертикальное расстояние от перегиба антиклинали до перегиба сопряженной синклинали.

**Длина** — расстояние в плане от одного периклинального окончания до другого. Замыкание антиклинальной складки называется **периклиналью**, а замыкание синклинали — **центриклиналью**.

Складки различаются по особенностям строения, отражающимся в поперечном сечении и плане.

По особенностям строения в поперечном разрезе складки делятся на ряд типов. По положению осевой поверхности и крыльев выделяют прямые, наклонные, лежащие и перевернутые складки. У прямых складок осевая поверхность вертикальная, а крылья располагаются симметрично. Осевая поверхность наклонных складок наклонена, крылья падают в разные стороны. Разновидностью наклонных являются опрокинутые складки, оба крыла которых наклонены в одну сторону. У лежащих складок осевая поверхность находится в положении, близком к горизонтальному, крылья почти параллельны друг другу. Осевая поверхность перевернутых складок находится ниже горизонтальной плоскости, крылья развернуты.

По характеру расположения крыльев и форме замка различают складки нормальные (гребневидные), изоклиналильные, веерообразные и сундучные (коробчатые). У нормальных (гребневидных) складок крылья сходятся под острым углом, а замок имеет остроугольную форму. Изоклиналильные складки имеют узкий замок и параллельные крылья. Веерообразные складки отличаются широким замком, веерообразно расходящимися крыльями и пережатым ядром. У сундучных (коробчатых) складок широкий замок и относительно крутые, почти вертикальные крылья.

Особенности строения складок в плане также позволяют выделить ряд типов. По соотношению длины и ширины различают линейные и прерывистые складки.

Линейные складки образуются при интенсивном смятии пород и имеют узкую вытянутую в плане форму. Отношение длины к ширине у таких складок составляет  $10 \div 1 \div 20 \div 1$  и более. В периклиналях и центриклиналях пласты залегают более полого, чем на крыльях.

Линейные складки в плане бывают прямолинейными, дугообразно изогнутыми, ветвящимися, виргирующими, кулисообразными и сигмовидными. Часто по простиранию один тип линейных складок сменяется другим.

Прерывистые складки характерны для областей спокойного геологического развития. В плане их длина незначительно превышает ширину. Среди прерывистых складок выделяют **брахискладки, валы, купола и диапиры**.

У **брахискладок** отношение длины к ширине изменяется в пределах  $2:1—5:1$ . Среди них различают *брахиантиклинали* и *брахисинклинали*.

**Купола** представляют собой антиклинали, у которых отношение длинной оси к короткой меньше  $2:1$ . В плане они имеют округлые изометричные очертания. Синклиналильный аналог куполов — **мульды**.

Крупные вытянутые антиклинальные поднятия, состоящие из брахиантиклиналей и куполов, называют **валами**. Они протягиваются на десятки и сотни километров. Нередко амплитуды валообразных поднятий достигают  $200—300$  м. Углы падения пластов на крыльях валов невелики и обычно не превышают  $3—5^\circ$ .

Своеобразной формой куполовидных прерывистых складок являются **диапиры** (купола с ядром протыкания). Характерные особенности диапиров — наличие пластичных пород (соль, гипс, глины и др.) в ядре и закономерное увеличение угла наклона пластов от крыльев к ядру складки. Если ядра сложены каменной солью, складки называются соляными куполами. Диапиры образуются при выдавливании высокопластичных пород ядра складки (соль, гипс, глина) вверх, в область пониженного горного давления. В результате диапировые ядра приобретают различные формы — линз, штоков, грибов и т. д.

#### **Дизъюнктивные или разрывные дислокации.**

**Разрывные дислокации** - это дислокации, сопровождающиеся разрывом сплошности пластов горных пород. Они возникают в результате ударного нарастания нагрузки, на которую горные породы реагируют как хрупкие тела. Различают два вида разрывов:

1. **Трещины** – разрывы без заметного смещения пород друг относительно друга. Совокупность трещин называется трещиноватостью.

2. **Дизъюнктивы** – это разрывы с заметным смещением пород друг относительно друга. Они проявляются в виде трещин или зон дробления, по которым происходит смещения пластов. Плоскость разрыва, по которой происходит относительное перемещение пластов горных пород, называется сместителем (рис. 54). Примыкающие к этой плоскости участки горных пород называются крыльями (или блоками). При наклонном сместителе различают висячее и лежащее крылья (блоки).

Величина относительного перемещения пластов по сместителю называется амплитудой разрыва. Различают амплитуды:

1. истинную (наклонную) — расстояние в плоскости сместителя между кровлей или подошвой одного и того же пласта в висячем и лежащем крыльях;
2. вертикальную — проекция истинной амплитуды на вертикальную плоскость;
3. горизонтальную — проекция истинной амплитуды на горизонтальную плоскость;



4. стратиграфическую — расстояние по нормали между кровлей или подошвой одного и того же пласта висячем и лежащем крыльях.

По характеру, величине, направлению и углу относительного перемещения крыльев разрывы подразделяются на сбросы, взбросы, надвиги и сдвиги.

**Сбросы** представляют собой разрывные нарушения, у которых сместительнаклонен в сторону опущенного крыла, а висячее крыло смещено вниз по отношению к лежащему. Угол наклона сместителя к горизонтальной плоскости составляет 40— 60° (рис. 55, а). При вертикальном положении сместителя сбросы называются вертикальными.

**Взбросы** представляют собой разрывные дислокации, у которых сместительнаклонен в сторону поднятого крыла, а висячее (поднятое) крыло по отношению к лежащему (опущенному) крылу смещено вверх по круто падающему сместителю (более 60°).

**Надвиги** — разрывные дислокации типа взброса, висячее, крыло которых надвинуто на лежащее по пологому (менее 60°) сместителю. Пологие надвиги большой горизонтальной амплитуды при малом угле наклона сместителя называются **шарьяжами**, или **тектоническими покровами**. Горизонтальная амплитуда их может достигать 30—40 км.

**Сдвиги** представляют собой разрывные дислокации, крылья которых смещаются преимущественно в горизонтальном направлении, параллельно простиранию сместителя. Они нередко сочетаются со сбросами, взбросами и надвигами (сбросо-сдвиги и т. д.).

Разрывные нарушения обычно встречаются группами, образуя сложные дизъюнктивы: ступенчатые сбросы, грабены и горсты. Ступенчатые сбросы представляют собой систему сбросов, в которой каждое последующее крыло опущено относительно предыдущего. Грабены — это система ступенчатых сбросов, в которой центральная часть опущена относительно периферийных блоков. Горсты — система взбросов, в которой центральная часть приподнята по отношению к периферийным блокам.

#### Контрольные вопросы

1. Перечислите основные типы тектонических движений.
2. Какие бывают дислокации пород?
3. Какие основные типы складок Вы знаете?
4. Дизъюнктивы – их морфологическая и кинематическая классификация.

#### Урок №32 Тема 5.6:Метаморфизм

##### План:

1. Процесс метаморфизма.
2. Контактный метаморфизм.
3. Региональный метаморфизм.
4. Дислокационный метаморфизм.

**Ключевые слова:** Метаморфизм, внедрение, петростатическое давление, дислокация, реконструкция, восстановление, комплекс пород, динамометаморфизм, карбонаты, гранитизация, гидротермальный, грейзен, скарны.

В земной коре происходят сложные процессы, связанные с тектоническими движениями, и с внедрением магмы, в результате происходит метаморфизация горных пород. Под действием метаморфизма понимается всякое изменение и преобразование горных пород, происходящее под влиянием изменившихся физико - химических условий после образования этих пород под влиянием эндогенных сил.

Факторами в этих изменениях являются: а) давление от веса вышележащих пород (петростатическое давление) или ориентированное давление; б) высокая температура; в) Химически активные и подвижные вещества (растворы и газы). При соответственной физики- химической обстановке метаморфизации подвергаются все горные породы - магматические, осадочные и ранее образованные метаморфические. В результате происходит частичная или полная перекристаллизация их, изменяется структура и текстура пород и минеральный состав.

Эти изменения горных пород происходят при твёрдом состоянии вещества, без перехода в жидкую фазу. Лишь при определённых физико-химических условиях метаморфизм сопровождается частичной или полной кристаллизацией исходных пород, что называется ультраметаморфизмом. Температура горных пород с глубиной закономерно увеличивается и в результате ослабляет связь между атомами в минералах, увеличивает растворяющее действие воды, повышает химическую активность многих соединений. С поглощением тепла, вызывает дегидратацию гидроокислосодержащих минералов, декарбонатизацию карбонатов и приводит к образованию высокотемпературных минералов, лишённых конституционной воды (кристаллизационная химическая вода, которая принимает участие в строении кристаллических решёток, например - гипс).

Верхний предел ограничен температурой. Начало плавления наиболее распространённых горных пород и отвечает условиям образования магмы. В общем случае интенсивность преобразований, связанных с воздействием температуры, увеличивается с глубиной залегания пород и ростом продолжительности теплового воздействия. Давление увеличивается с глубиной от нагрузки вышележащих пород, на глубине 10 км давление

достигает примерно 2600 атм., при которых в лабораторных условиях и при одностороннем давлении раздавливаются самые прочные породы. Увеличение давления повышает растворимость веществ и способствует перегруппировке элементарных частиц.

При действии только повышенной температуры и давлении метаморфизация горных пород протекает без изменения химического состава (без приноса новых веществ). Генная картина наблюдается, когда метаморфизация пород связана с внедрением магмы. Здесь помимо других факторов, большое значение приобретают летучие компоненты магмы, которые, проникая в толщу земной коры вызывают в горных породах самые различные изменения. При этом происходят сложные реакции газообразных веществ и гидротермальных растворов, с горными породами и процесс метаморфизации сопровождается изменением валового химического состава горных пород.

Таким образом, под метаморфизмом понимается изменения горных пород под воздействием различных агентов эндогенного происхождения: 1) внутреннее тепло Земли; 2) высокое давление; 3) тектоническое перемещение вещества; 4) глубинные минеральные источники и газы.

В природе широко распространены метаморфические отложения. Расшифровка первоначальной природы пород и реконструкция (восстановление) условий их преобразования в земной коре в метаморфические разновидности.

Особенно важно с этой точки зрения изучение геологии **докембрийских** комплексов, основная часть которых сложена метаморфическими породами. Состав рассматриваемых пород крайне разнообразен, в ряде случаев они представляют собой ценное минеральное сырьё, поэтому их изучение имеет не только теоретическое, но и практическое значение.

В природных условиях в различных участках земной коры совместно проявляются несколько факторов метаморфизм, однако масштаб их проявления в целом и относительная роль каждого фактора в метаморфическом процессе определяются конкретной геологической обстановкой. По особенностям пространственного размещения и размаху процесса различаются:

1. Контактный метаморфизм
2. Региональный метаморфизм
3. Дислокационный метаморфизм.

**Первый** непосредственно связан с внедрением магмы в земную кору. Вмещающие породы испытывают при этом со стороны магмы воздействия различного характера. Прежде всего благодаря высокой температуре внедрившегося магматического расплава возникают процессы перекристаллизации, которые могут затронуть в той или иной мере все минералы. Одновременно горные породы испытывают сильное воздействие со стороны газов и паров воды, выделяющихся из магмы, что ведёт к химической перестройке многих минералов осадочной толщи. Чем крупнее интрузия, тем большее количество тепловой энергии приносит она с собой и тем шире контактовых эффектов.

По данным учённых (В.С. Соболева), температурный интервал, в котором происходит типичный контактовый метаморфизм, заключается в пределах 550-900°C. При этом исходные глинистые и песчано-глинистые породы при метаморфизме переходят в роговики, обладающие плотным зернистым строением и состоящие из кварца, слюды (главным образом биотита), андалузита, силлиманита и других минералов.

В карбонатных породах, известняках и доломитах, в контактовой зоне большое значение приобретают процессы метасоматоза, протекающие при воздействии подвижных постмагматических растворов. В результате обычно карбонатные (осадочные) породы превращаются в скарны - породы переменного состава, состоящие в основном из известково-железистых силикатов. Со скарнами бывают связаны различные рудные месторождения - железные, медные, свинцово - цинковые, вольфрамовые и другие.

Типичным рудным минералом контактовой зоне является магнетит. Изменение горных пород происходит также при воздействии высокотемпературных растворов, образующих путём конденсации водяных паров магмы и несущих с собой различные компоненты. Указанный процесс изменения называют гидротермальным метаморфизмом. С ними связаны образование различных жил в трещинах горных пород и приуроченных к ним ряда ценных полезных ископаемых. Часто гидротермальный метаморфизм связан с пневматолитовым (газовым). Примером может служить грейзен - пневматолитово - гидротермальная изменённая порода кислого состава, в которой полевой шпат под воздействием перегретых растворов и газообразных компонентов разлагаются и за счёт них образуются кварц и слюда.

**Региональный метаморфизм** - это глубинный метаморфизм, проявляющийся на огромных площадях вне явной зависимости от интрузий, местной тектонической обстановки.

Он связан с подвижными зонами земной коры - геосинклиналями, где земная кора испытывает в течении длительного времени погружение, мощные толщи осадочных пород опускались на значительную глубину и оказывались в зоне высокого петростатического давления и высокой температуры. Особенно это касается древнейших, архейских и протерозойских толщ, когда Земля обладала большим запасом тепла, и геотермический градиент в земной коре был значительно больше, чем в настоящее время. При региональном метаморфизме осуществляется и изохимические и метасоматические процессы.

Формирующиеся при этом породы отличаются большим разнообразием - сланцы, гнейсы, кварциты, мраморы, амфиболиты, гранулиты, эклогиты. В обстановке регионального метаморфизма процессы преобразования пород могут достигать максимальной интенсивности, приобретая характер ультраметаморфизма. Он обычно протекает на большой глубине в пределах складчатых областей, где

термодинамические условия допускают частичное или полное переплавление пород. Полное переплавление исходных пород приводит к образованию гранитной магмы. Это явление обычно связано с переплавлением гранито-гнейсов и осадочных пород, химический состав которых отвечает гранитам. **Гранитизация** - процесс химического и минерального изменения пород любого состава с превращением их в граниты. Здесь исходная порода обязательно проходит стадию магматического расплава.

**Дислокационный метаморфизм** - связан с тектоническими движениями земной коры, вызывающими процессы складкообразования и разрывные нарушения.

Изменение горных пород происходит главным образом в верхней части земной коры под влиянием одностороннего давления, определённо ориентированного - так называемого стресса. При этом изменяется структура горных пород. Старые (первоначальные) структуры разрушаются, возникают новые и ясно выраженной ориентировкой минералов. Хрупкие минералы раздробляются, истираются, пластичные минералы деформируются с образованием сложных полисинтетических двойников. В некоторых минералах изменяется ориентировка оптических осей.

Внешним выражением воздействия динамометаморфизма на породу служит, в частности, сланцеватость: порода приобретает способность раскалываться на тонкие плитки, что вызвано появлением в породе либо очень мелких, но однообразно ориентированных трещин, либо определённой ориентировкой минеральных зёрен и это называется кристаллизационная сланцеватость.

**Динамометаморфизм** может проявляться не только в перекристаллизации породы, в сланцеватости и т.д., но также и в дроблении породы, в разрушении минералов. Такой тип изменений получил наименование катакластического динамометаморфизма. Горные породы, несущие следы дробления, называются катакластическими, например катакластические песчаники, граниты и др. При сильном дроблении порода превращается в брекчию с угловатыми обломками. При ещё более значительном измельчении породы и сильном истирании частиц образуются светлые рассланцованные породы, называемые милонитами. Горные породы, несущие признаки динамометаморфизма, объединяются под общим названием тектонита.

Таким образом, метаморфические горные породы образуются в земной коре из магматических и осадочных горных пород. Путём их глубокого изменения и преобразования под влиянием высокой температуры, давления, горячих растворов и газовых компонентов; при этом происходит сложный процесс перекристаллизации минералов и горных пород; замещения одних веществ с другими, разрушение старых (первичных) структур и образование новых и т.д. Сами метаморфические породы также могут быть вновь перекристаллизованы, если они попадают в соответственные термодинамические условия.

Структура метаморфических горных пород называется бластическая. Если порода полностью перекристаллизована, то их структуру называют кристаллобластической. Текстура характеризуется: сланцеватая, полосчатая, очковая, массивная и т.д. При сланцеватой текстуре зёрна минералов в породе, имеют пластинчатую и удлинённую форму и располагается взаимопараллельно. При полосчатой текстуре наблюдается чередование более или менее тонких параллельных полос различного минералогического состава, отличающихся часто и по цвету.

**Очковая текстура** отличается наличием «очко» - округлых или нескольких удлинённых образований, среди остальной мелко- и тонкозернистой массы породы. При массивной текстуре полосчатость, как правило, отсутствует. И тогда метаморфические породы характеризуются однородным сложением.

Сланцеватые текстуры свойственны разнообразным метаморфическим сланцам, полосчатая и очковая - чаще всего гнейсам, массивна - мраморам, кварцитам, роговикам. Главнейшие метаморфические породы:

**Филлиты** - скрыточешуйчатые тонкосланцевые метаморфические породы, с шелковистым блеском на плоскостях сланцеватости. Цвет зелёный, серый, красный, чёрный в зависимости от примесей. Они состоят из кварца и слюд с примесью хлорита, альбита и иногда зёрен гранита. Отсутствуют в них глинистые минералы.

**Слюдистые сланцы** - являются горными породами более высокой степени метаморфизации в сравнении с филлитами и состоят из слюд и кварца с примесью других минералов. Иногда в них преобладает биотит, иногда - мусковит.

**Тальковые сланцы** - тонкосланцеватые метаморфические породы, состоящие главным образом из чешуек талька с примесью кварца, хлорита, слюды. Эти породы мягкие и жирные на ощупь. Образование связано с изменением ультраосновных магматических пород.

**Хлоритовые сланцы** - состоят из хлорита. Чешуйчато - сланцеватой текстурой. Цвет - зелёный, светло - зелёный до черновато - зелёного. Они образуются за счёт изменения магматических пород основного состава.

**Гнейсы** - состоят из полевых шпатов и кварца (мало слюды, амфиболы). Характерная особенность гнейсов - это полосчатая текстуры. Они образуются из осадочных (парагнейсы), и из магматических пород (ортогнейсы).

**Мраморы** - крупно, средне и мелкозернистая полнокристаллическая порода. Цвет от белого до серого, желтоватого, розоватого и т.д.

**Кварциты** - зернистая порода, состоящая из прочно сцементированных зёрен кварца. Образуются из кварцевых песков и песчаников (с включением слюд, хлорита)

В заключении отметим, что с метаморфическими породами связано много важных полезных ископаемых, особенно с пневмалитово - гидротермальными формами метаморфизма. Месторождения железа, меди, ванадия и других часто связано с метаморфическими фациями которые характеризуются высокими температурами и давлениями. Метаморфические фации более поздних стадий часто ассоциируют с возникновением

месторождений цветных и редких металлов. Процессы метаморфизма, протекающие в контактовых зонах магматических тел или вблизи жил, сопровождаются концентрацией многих ценных минералов.

#### Контрольные вопросы:

1. Какова цель изучения метаморфических пород?
2. Как образуются метаморфические породы?
3. Приведите основные разновидности метаморфических горных пород.
4. Какие изменения претерпевают горные породы при метаморфизме?
5. Какие породы относятся при дислокационном метаморфизме?
6. Глинистые слои при метаморфизме превращаются в какие породы?

#### Урок №33-34 Тема 5.7: Основные закономерности развития земной коры.

##### План:

1. Об истории геологического развития земной коры.
2. Геосинклинальные области земной коры.
  3. Платформенные области земной коры.
  4. Об эндогенных движущих процессах Земли. Гипотезы об изменении объема Земли.
  5. Гипотезы о горизонтальном дрейфе материков.
  6. Гипотезы о конвекционных течениях.

**Ключевые слова:** Эндодинамика, гипотеза дрейфа материков, конвекционные течения, внутренняя дифференциация, литосфера, тектоника, энергия, равнины, сокращение, расширение, смятие, магма, растяжение, сжатие, базальт, субстрат, мобилизм, рифтообразование, субдукция, источник.

Тектонический режим, синеклиза, антеклиза, консолидация, дислокация, структурный этаж, горообразование, блоки фундамента, щиты, плиты.

Изучение истории геологического развития земной коры показывает, что различные её участки переживали последовательность эволюционного развития (от геосинклинального этапа к платформенному) в разное время. Продолжительность тектонического цикла обычно достаточно велика и достигает десятков миллионов лет и более, поэтому специфика развития участка земной коры, отражённая в особенностях его строения, сохраняется достаточно долго. Таким образом, участки коры, находящиеся на разных стадиях развития характеризуются специфическими чертами строения.

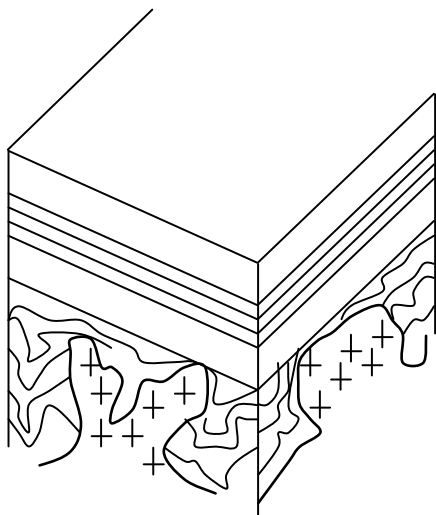
Признаки проявления разных тектонических режимов чётко отражаются в современной коре. В настоящее время выделяются зоны интенсивной субдукции накопление осадков проявления магматизма (Восточно-Азиатская зона, протягивающаяся от Курильских островов до новой Зеландии) горообразования (Гималаи, Кавказ) развивающиеся в геосинклинальном и орогенном режимах.

Такие активные зоны с большим размахом и контрастностью тектонических движений.

Проявлением магматических процессов, глубоким метаморфизмом, развитием складчатых, разрывных движений горообразованием называются геосинклинальными подвижными поясами.

Наряду с активными участниками на нашей планете выделяются стабильные области, развивающиеся стабильные области, развивающиеся в платформенном режиме. Например, большая часть Европы, территории Западной Сибири и др.

Зоны со спокойным рельефом, малыми амплитудами колебательных движений практически горизонтальным залеганием маломощных осадочных пород, отсутствием проявлений метаморфизма и вулканизма называются платформами (Русская, Австралийская, Североафриканская и другие). Геосинклинальные подвижные пояса и платформы являются структурными основными областями земной коры.



Завершение тектонического цикла и переход от геосинклинального режима к платформенному в разных участках осуществлялись в разное время.

Стабилизация участков коры и переход от геосинклинального режима к платформенному называется консолидацией. Так как смена режимов в разных участках коры происходила в разное время, различают области древней и молодой консолидации. Этапы эволюционного развития земной коры отражаются в разрезе платформ. Здесь выделяются два комплекса пород, различающихся по происхождению и характеру дислокаций.

- 1 - Складчатое основание (фундамент) платформы
- 2 - Платформенный осадочный чехол
- 3 - Поверхность размыва

Рис. Блок - диаграмма  
Структурные этажи платформы

Из рисунка видно, что в разрезе платформы подразделяется на два структурных этажа. Нижний этаж сформирован ещё геосинклинальном этапе, поэтому он сложен метаморфическими и магматическими породами, смятыми в складки, разбитыми многочисленными разломами. Поверхность пород этого этажа носит следы глубокой денудации и выравнивания рельефа мощность пород фундамента очень велика и часто измеряется десятками километров. По положению и роли в разрезе платформы структурный нижний этаж называется складчатым основанием или фундаментом. Возраст фундамента соответствует времени завершения активных процессов складкообразования и горообразования на геосинклинальноорогенной стадиях, поэтому определение возраста фундамента сводится к определению возраста наиболее молодых пород, входящих в его состав. Верхний структурный этаж платформы сложен полого залегающими слоями осадочных пород обычно наибольшей мощности.

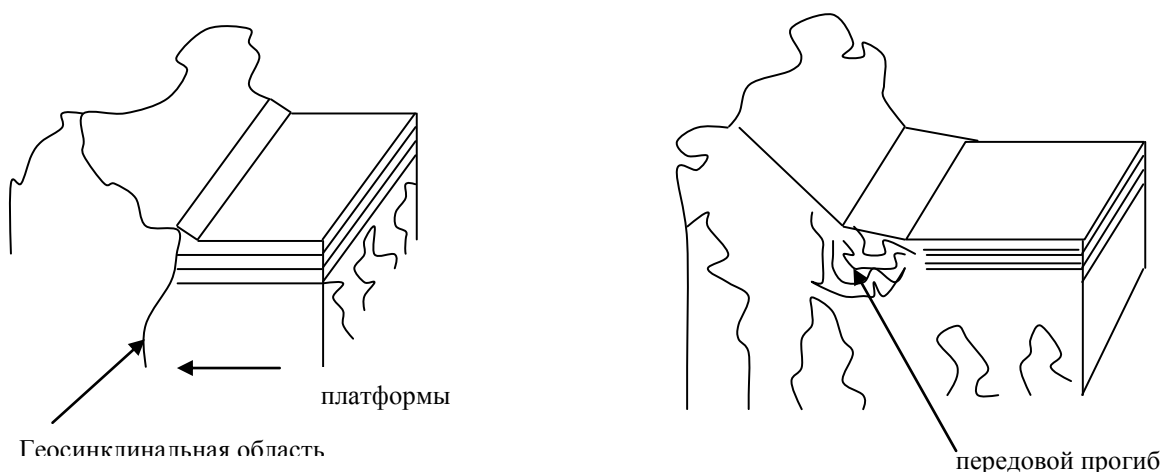
Характерными дислокациями являются слабые пликативные изгибы слоёв, углы наклона которых часто измеряются долями градуса. Эти породы формируются на платформенной стадии развития и называются платформенными, или осадочным чехлом.

Представляют интерес зоны сочленения геосинклинальных и платформенных областей.

Позднее, при консолидации геосинклиналями продолжается накопление осадочных тол, перекрывающих швов в более древних отложениях. По возрасту покрывающих пород обычно определяют время, когда произошло горообразование.

В других геологических условиях вдоль края платформы образуется краевой (передовой) прогиб.

Образование прогиба связано с дроблением края платформы и появлением здесь активных разломов. Краевой прогиб в основном выполняют продукты разрушения образующихся горных сооружений, поэтому возраст пород, имеющих в прогибе резко увеличенную ( по сравнению с платформой) мощность, соответствует времени горообразования.



Особенности строения платформ и складчатых форм, характерных для этих структурных областей. В пределах складчатых поясов крупнейшие структурные элементы имеют большую протяженность, измеряемую тысячами километров. Они состоят из большого числа самостоятельных антиклиналей и синклиналей разных размеров, имеющих единое и близкое простирание. Такие крупные положительные структуры называются антиклинориями, а отрицательные синклинориями. На платформах и осадочном чехле образуются спокойные платформенные структуры в виде антеклиз и синеклиз (впадин и прогибов). Они обычно приурочены к блокам фундамента занимающим разное гипсометрическое положение, и генетически связаны с ними. В целом, участки платформы двух этажного строения называют плитами. Блоки фундамента, обнаруженные на поверхности, образуют участки одноэтажного строения платформ и называются шиитами.

Платформы: 1)Северо-Американская; 2) Восточно-Европейская;3) Сибирская4 4) Бразильская; 5) Африко-Аравийская; 6) Индостанская; 7) Восточно-Китайская; 8) Южно-Китайская; 9)Индонезийская; 10)Австралийская; 11) Антарктическая.

#### Геотектонические гипотезы

В течение геологической истории земная кора испытывает сложные перемещения в пространстве. В результате изменяется рельеф земной поверхности, возникают горы и глубокие океанические впадины. В динамическом плане в земной коре распространены деформации, как растяжения, так и сжатия. Одновременное проявление этих деформаций в одних и тех же участках земно коры существенно затрудняет объяснение их движущих сил. Определение механизма и выяснение этих сил, объясняющих указанные выше морфологические, динамические и тектонические различия строения и развития различных участков земной коры представляет собой сложную проблему, пока ещё окончательно не решенную.

Существуют многие гипотезы, дающие приблизительные объяснения на данный вопрос. Ниже приводим некоторые из них:

**Гипотеза контракции** основана на идее о сокращающейся (сжатие) в своих размерах Земли. Эта гипотеза заключается в предположении, что Земной шар сокращается в объёме вследствие постепенного охлаждения, т.е. охлаждение (которое происходит медленно) Земли вызывает последовательное уменьшение её среднего радиуса, и это привело к непрерывному проседанию отдельных участков Земной коры и следствием, появлению горизонтальных (тангенциальных) сил, под влиянием последних смятие слоёв в складки и образование гор, выжимание магмы по трещинам на поверхность (Э. Зюсс, Эли де Боман, О. Г. Штиле, А.П. Карпинский, И.В. Мушкетов) Другими косвенными подтверждениями возможного проявления **контракции** являются предположения о современном остывании Земли, сделанные исходя из наблюдаемого в геологической истории уменьшения интенсивности проявления вулканизма.

- Отсутствие деформаций и складок и небольшая мощность земной коры – океанического типа, позволили предположить, что основным планетарным видом деформаций является не сжатие, а растяжение. На этом предположении основана гипотеза расширяющейся Земли (М. Рид, Б. Линдеман, М.М. Тетяев, И.В. Кириллов и др.). В соответствии с этой гипотезой в первоначальном состоянии Земля имела плотность  $9,13 \text{ г/см}^3$ , а не  $5,52 \text{ г/см}^3$  и радиус её был равен 5430 км (при современном измерении значение равно 6371,11 км). При этом вся поверхность нашей планеты была покрыта мощной корой, аналогичной современной континентальной коре. В результате разогрева и расширения Земли возникли глобальные разрывы, и отдельные участки коры раздвинулись, образовав современные континенты. Однако, такое значительное увеличение планеты должно было бы сопровождаться резким замедлением скорости её вращения, изменилась бы величина силы тяжести, что должно было бы отразиться в эволюции растений и животных. А следов таких существенных изменений в геологической истории не обнаружено.

- **Американский геолог В. Батчер предложил гипотезу – пульсирующей Земли**, которая явилась синтезом двух вышеописанных гипотез. «Как бы Земной шар переживает то фазы расширения, то фазы сокращения объёма и сжатия. Растяжение земной коры сопровождается опусканиями отдельных её участков; сжатие - поднятиями. Сжатие влечёт за собой развитие складчатости, надвигов и появление кислых интрузий. Растяжение ведёт к появлению глубоких трещин и излиянию основных магм». (эту гипотезу поддержали М.А. Усов, В.А. Обручев).

Пульсационная гипотеза так же практически не имеет физического обоснования. Она не объясняет, почему складкообразованию подвергаются в основном участки мощной континентальной коры, почему в геосинклинальных областях зоны сжатия часто соседствуют с зонами растяжения и т.д.

**В 1915 г. немецкий учёный А. Вегенер выдвинул гипотезу « О горизонтальных перемещениях материков или дрейф материков» получившего названия мобилизма.** Где ссылается на факт сходства очертаний восточных берегов Южной Америки и западных берегов Африки. А также совпадение их строения по ряду геологических признаков. Эти геологические факты легли в основу гипотезы. А. Вегенер считает в конце каменноугольного (С) периода современные континенты представляли собой один крупный континент. В мезозое началось дробление данного крупного континента (Пангеи) и дрейф отдельных континентальных глыб в направлении к их современному положению.

Таким образом, А. Вегенер полагал, что лёгкие «сиалические» глыбы материков под влиянием сил, возникающих в земной коре при вращении Земли вокруг своей оси, смещаются, передвигаясь по тяжёлому и пластичному слою «Сима». Когда-то единый материк раскололся, и отдельные его части расползлись по поверхности Земли: Северная и Южная Америка отошли от Европы и Африка на Запад. Австралия отошла от Африки на восток, пересекла место, занимаемое Индийским океаном. И повернулась на 90градусов, заняв нынешнее положение, т.п.

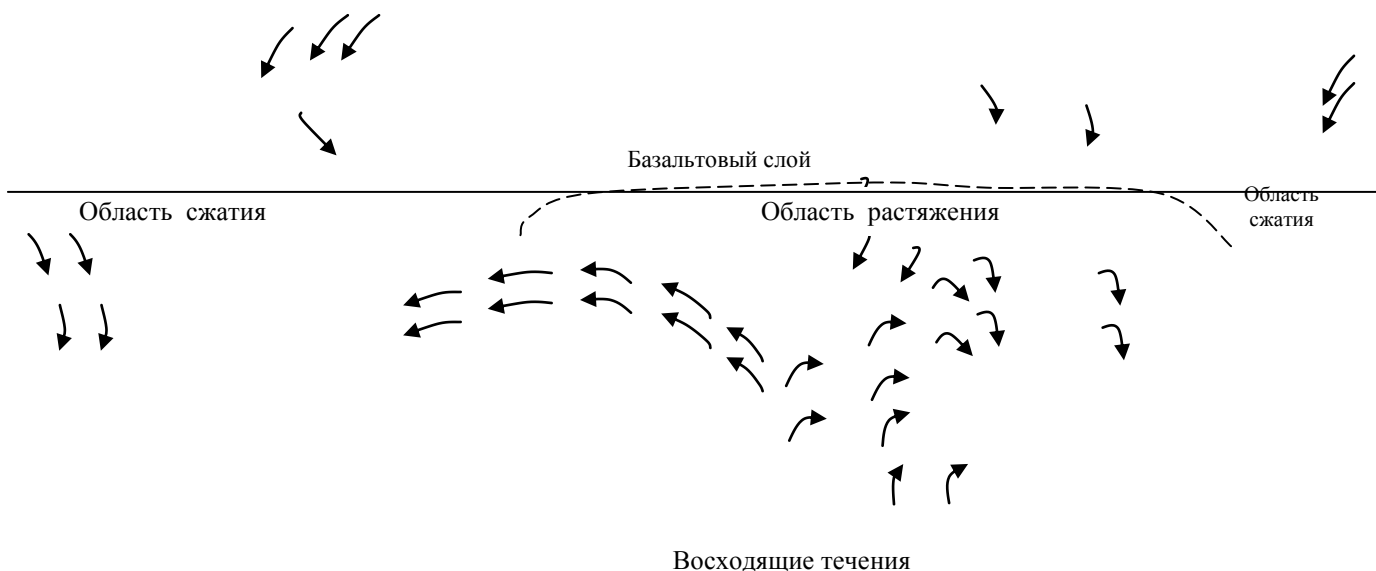
Существенным недостатком гипотезы А. Вегенера явилась отсутствие её физического обоснования. Гипотеза имеет описательный характер.

б) Иной механизм перемещения континентальных глыб был разработан в 1929 г. А. Холмсом о существовании в мантии (субстрате) медленных восходящих конвективных потоков, которые приводят к разрыву коры, раздвиганию блоков образуют океаническое дно (молодое). Перетекание вещества, в районе нисходящих потоков, наоборот, блоки сталкиваются, сминаются, образуя системы надвигов, а глубинные слои коры даже вовлекаются в мантию, переходя в глубинные аналоги базальтов.

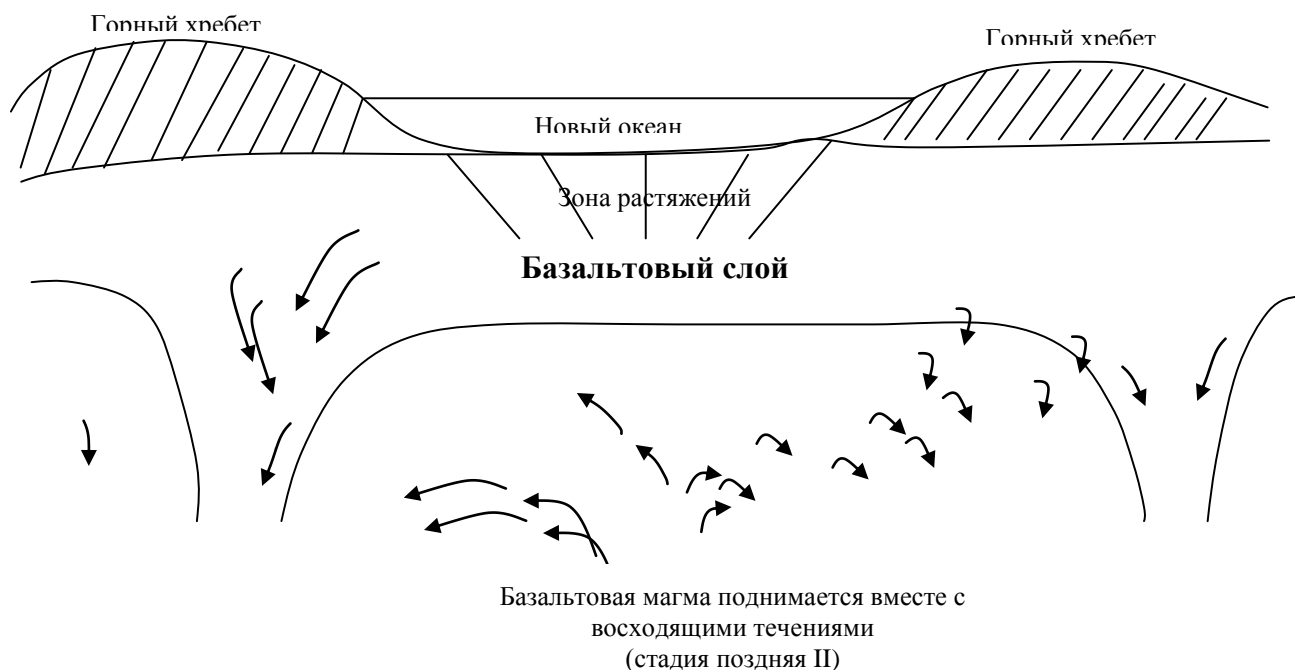
А.

континентальный массив





Б.



**Рис.1** Схема действия механизма подкоровых течений (по А. Холмсу)

**Новая идея, подтверждающая возможности горизонтального дрейфа под названием «Тектоники плит» разработана Г. Хессоном и Р. Дицем (США).** По мнению авторов гипотезы, в зонах рифтообразования происходит «Раздвижение» плит литосферы с образованием молодой океанической коры в центральной рифтовой зоне, характеризуется прерывистостью, сопровождается внедрениями мантийного вещества из атмосферы и разрывами маломощных базальтов в рифтовой зоне. С этой активной зоной связаны проявления вулканизма, неглубокие фокусы землетрясений и аномалии теплового потока. Движущие силы механизма перемещения блоков литосферы авторы гипотезы тектоники плит связывают с конвективным перемешиванием мантийного вещества, что близко к взглядам А. Холмса.

Таким образом, в соответствии с гипотезой тектоники плит под действием потоков мантийного вещества происходят глобальные перемещения континентов, но не изолировано, как считал А. Вегенер, а в составе мощных плит литосферы. Согласно современным данным, литосфера состоит из семи крупных плит, ограниченных зонами смятия: Тихоокеанской, Евроазиатской, Индийской, Африканской, Антарктической, Северо-Американской и Южно-Американской.

Кроме того, выделяется ряд более мелких «обломков» литосферы, так называемых **микроплит**.

Каждая плита обладает главным направлением перемещения. Шесть плит (кроме Тихоокеанской) содержат в литосфере континенты или их части, которые участвуют в перемещении блоков.

Вопрос: Как формировались горные сооружения?

Основным недостатком рассматриваемой гипотезы является слабая аргументация «Заталкивание» (субдукция) в мантию на глубину до 700 км твёрдой литосферы недостаточно обосновано с точки зрения физики. Кроме того, сам факт наличия здесь системы глубинных разломов, пересекающих не только литосферу, но и более глубокие слои мантии (до 700 км), не увязывается с возможностью широких горизонтальных перемещений плит или в всяком случае, существенно ограничивает эту возможность.

**Гипотезы внутренней дифференциации вещества Земли.** В 1929 Д.Джולי выдвинул эту гипотезу. Он считал, что в сиалическом веществе материков, постепенно в результате распада радиоактивных элементов, вырабатывается тепло, сравнительно быстро накапливающиеся под континентами (ввиду их малой теплопроводности). За несколько десятков миллионов лет слои материков нагревается настолько, что базальт плавиться, и материи в него погружаются. На поверхности Земли это выражается трансгрессиями морей. В дальнейшем массивы материков сдвигаются в сторону, базальт быстро затвердевает, что сопровождается увеличением его объёма, поднятием материков, регрессией морей и складчатостью. Д. Джולי считал динамику разогрева и остывания блоков земной коры, приводящую в основном к их вертикальным перемещениям – главной движущей силой геотектонических процессов.

Он считал, что весь цикл радиогенного разогрева – проседание, сокращение размеров и вздымание – повторяется с периодом 30-50 млн. лет. Он допускал возможность горизонтального перемещения континентов по расплавленному базальтовому слою под действием сил лунно-солнечного притяжения.

Позже (1942-1948 и 1960-1962 гг.) Белоусов В.В. считал, что подобная глубинная гравитационная дифференциация продуктов плавления верхних оболочек представляет «Основной глубинный процесс и главный источник энергии для тектонических движений и магматизма».

Однако, физическое обоснование гипотезы Д.Джולי не выдержало проверки геологическими данными. Так, было установлено, что температура плавления базальта выше, чем гранита, периодический процесс разогрева и охлаждения подкорового слоя должен довольно быстро прекратиться, силы лунно - солнечного притяжения недостаточны для перемещения (горизонтальном направлении) континентальных глыб.

К недостаткам гипотезы В.В. Белоусова следует отнести отсутствие объяснения природы и механизма горизонтальных тектонических движений в тех масштабах, в каких они наблюдаются. Механизм глубинной дифференциации мантийного вещества изучен пока недостаточно.

#### **Выводы:**

Таким образом, в заключении можно отметить, что удовлетворительно объясняющих одни стороны геотектонических процессов, но оставляющих без объяснения другие. Вопрос о причинах, об источниках энергии тектонических движений пока не решён. Пока не разработана теория, которая бы в полном соответствии с геологическими актами объяснила все особенности эволюции земной коры и природу движущих сил геотектонических процессов. Поиски ответа продолжаются.

#### **Контрольные вопросы:**

1. Каковы же источники энергии движущих сил?
2. Как формировались предгорные равнины?
  3. Как происходит дрейф континентов?
  4. Почему происходит региональное прогибание литосферы?
  5. Чем отличаются геосинклинальные области от платформенных?
  6. Термины - смена режимов, консолидация, дислокация?
  7. Какова роль горообразовательных процессов в осадконакоплении?
  8. Положительные и отрицательные структуры?

## **Раздел 6. ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ЧЕЛОВЕКА**

### **Урок №34-35 Тема 6.1 : Геологические исследования и геологическая документация**

#### **План:**

1. Понятие геологической карты
2. Что такое стратиграфическая колонка
3. Геологический разрез

**Ключевые слова:** карта ,масштаб,разрез, стратиграфическая колонка

Геологическая карта-это географическое изображения на топооснове геологического строения определяемой территории

по масштабу карты делятяна обзорные 1:1000000, мелкомасштабные 1:500000, среднемасштабные 1:200000,

детальные 1:10000 .На геологических картах фиксируется возраст выходящих на поверхность пород полезных ископаемых.

На картах изоб-ся следующее:



1. Поверхностное распространение горных пород в зависимости от их геологического возраста
2. Поверхностное распространение магматических пород в зависимости от их геологического возраста и от кислотности магмы, так например граниты окрашиваются красным цветом на карте
3. Четвертичные отложения снимаются с основной карты для них составляют спец. карты
  1. Геологический разрез - это вертикальный разрез составленный по данным буровых и горных работ по которому можно проследить формы, размеры, элементы залегания на глубине
  2. Стратиграфическая колонка показывает порядок напластования, состав, мощность, возраст залегания горных пород

#### Контрольные вопросы:

1. Перечислите виды масштабов
2. Для чего нужны геологические карты
3. Почему снимаются с карты четвертичные отложения
4. Какие функции выполняет геологический разрез

#### Урок №36-37 Тема 6.2 : Геологическая деятельность человека

#### План:

Прослушать рефераты по теме: «Геологическая деятельность человека»

#### Урок №38 Тема 6.3 : Обязательная контрольная работа

### ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

#### Урок №39 Тема: Знакомство с горным компасом

#### План

- 1) Устройство горного компаса
- 2) Методы измерения
- 3) Определения азимута простирания и падения
- 4) Измерения угла падения пласта

**Моноклинали** представляют собой толщи пластов горных пород, равномерно наклоненных в одну сторону на значительном протяжении (рис. 47, а)

**Флексурами** называются уступообразные нарушения горизонтально (или моноклиально) лежащих пластов (рис. 47, б). Флексуры обычно возникают при блоковых смещениях нижележащих пород. При смещениях небольшой амплитуды разрыва не происходит, но мощность пород в зоне сдвига часто бывает сокращенной. У флексур различают нижнее, соединительное и верхнее крылья. Соединительное крыло представляет собой участок, на котором пласты имеют крутой наклон и сокращенную мощность.

Складкообразующие движения наглядно проявляются в образовании пликативных дислокаций – складок. Складки – это изгибы слоев горных пород без разрыва сплошности, под действием давления. Складки являются основной формой пликативных дислокаций. Они бывают двух основных видов — *антиклинальные* и *синклинальные*. **Антиклинальными** называются выпуклые складки, в которых пласты падают в противоположные стороны, а в центральных частях залегают более древние породы, чем на периферии.

**Синклинальными** называются вогнутые складки, в которых пласты падают навстречу друг другу, а в центральных частях располагаются более молодые породы, чем на периферии

**Крылья** — боковые части складки.

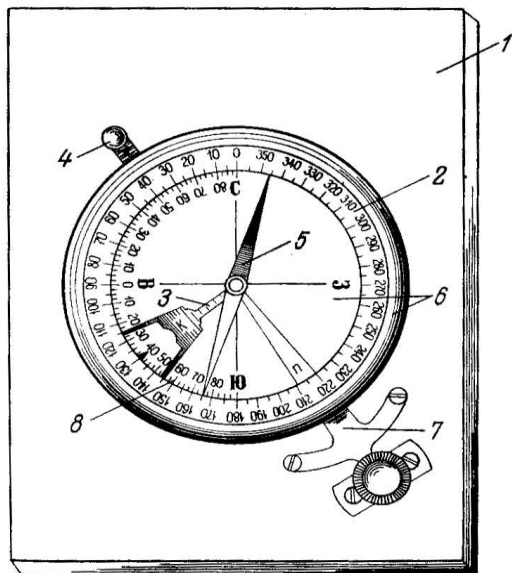
**Шарнир\*** — линия, проходящая через точки максимального перегиба любого из пластов, образующих складку. В продольном вертикальном разрезе шарнир нередко воздымается и погружается (ундулирует).

**Замок** — участок складки в области шарнира, где происходит перегиб крыльев. Иногда замок антиклинальной складки называют сводом, а замок синклинали — мульдой. **Угол** складки — угол, заключенный между крыльями складки, мысленно продолженными до их пересечения.

**Осевая поверхность** — воображаемая поверхность, проходящая через шарниры всех пластов складки. Ось складки (осевая линия складки в плане) — линия пересечения осевой поверхности складки с горизонтальной плоскостью. Ядро складки — толща горных пород, слагающих замок антиклинальных и синклинальных складок.

**Ширина складки** - расстояние между крыльями складки. При наличии нескольких параллельных складок ширина складки определяется как расстояние между осевыми поверхностями двух соседних антиклиналей или синклиналей.

## Устройство компаса



Его обычно монтируют на прямоугольной пластине. На лимбе компаса деления идут от  $0^\circ$  до  $360^\circ$  в направлении против движения часовой стрелки. У обозначения  $0^\circ$  стоит буква **С** (север), у  $90^\circ$  буква **В** (восток), у  $180^\circ$  буква **Ю** (юг), у  $270^\circ$  буква **З** (запад). С (север) и Ю (юг) расположены против коротких сторон компаса;

В (восток) и З (запад) — против его длинных сторон. В центре компаса установлена короткая вертикальная ось, вокруг которой в горизонтальной плоскости может вращаться магнитная стрелка с чёрным (синим) северным и светлым (красным) южным концами.

**1-пластина, 2- лимб, 3- клинометр, 4- винт, 5- магнитная стрелка, 6-стекло и крепление, 7- арретир, 8- полулимб.**

Посредством **арретира** магнитная стрелка может быть приподнята кверху, прижата к стеклу компаса и выведена из действия или, наоборот, опущена на остриё вертикальной оси и введена в действие.

При помощи магнитной стрелки и лимба определяют азимуты различных направлений вообще, а также азимуты простираения и падения слоёв.

Второй частью компаса являются клинометр (отвес К) и полулимб с делениями от  $0^\circ$  до  $90^\circ$  в обе стороны.

Клинометром и делениями на полулимбе определяют углы падения слоёв.

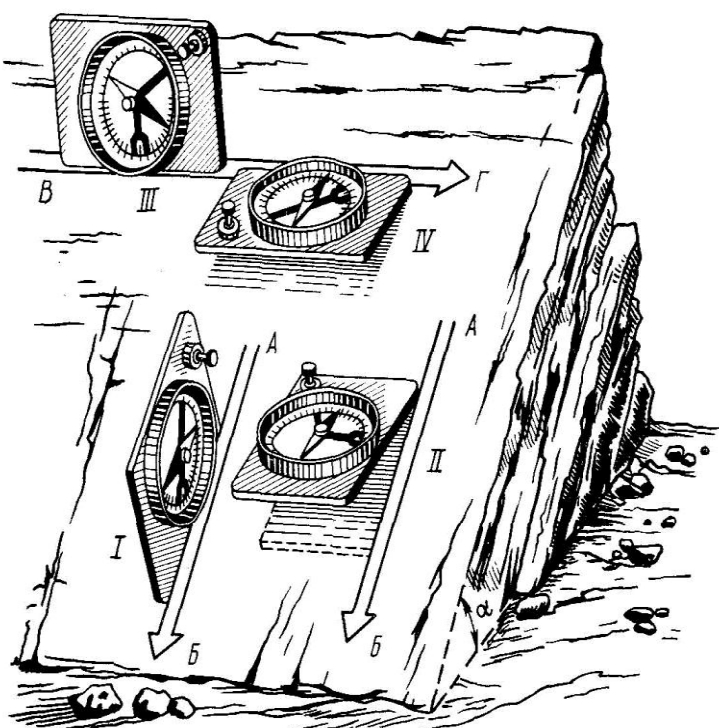
## Методы измерения

При помощи геологического молотка очищают на породе площадку, соответствующую

естественной слоистости породы. Если хотят вначале определить положение линии простираения пласта (при углах падения  $> 10^\circ$ ), придают пластинке компаса вертикальное положение.

Прикладывают длинную сторону компаса к плоскости (естественной площадке) пласта так, чтобы клинометр показывал  $0^\circ$ . Вдоль длинной стороны пластинки компаса прочерчивают линию, которая указывает направление простираения пласта (ВГ). Если сначала хотят определить положение линии падения (при малых углах падения пласта), придают пластинке компаса вертикальное положение (АБ).

Прикладывают длинную сторону компаса к плоскости пласта так, чтобы клинометр показывал максимальный угол. Это и будет угол падения слоя. По длинной стороне пластинки компаса прочерчивают



линию, которая указывает направление падения

слоя.

Урок №36 Тема: Составление и вычерчивания геохронологической шкалы

Подразделения	
стратиграфические	геохронологические
Эонотема	Эон
Эратема (группа)	Эра
Система	Период
Отдел	Эпоха
Ярус	Век
Зона	Фаза
Звено	Пора

**Геохронология земной коры**

**Геохронологическая**

шкала:

1. Эон
2. Эра
3. Период
4. Эпоха
5. Век

**Стратиграфическая**

шкала:

1. Эонотема
2. Группа (эратема)
3. Система
4. Отдел
5. Ярус

Эон: криптозой (докембрий), Фанеразой.

Эра: архей, протерозой, палеозой, мезозой, кайнозой.

Период: кембрийский, ордовикский, силурийский, девонский, каменноугольный, пермский, триасовый, юрский, меловой, палеогеновый, неогеновый, четвертичный.

Отделы от 2 до 3, только в четвертичном периоде их 4.

## ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКАЯ ШКАЛА (СТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ ШКАЛА)

<u>Эра (эратема)</u>			<u>Период (система)</u>	<u>Инд.</u>	<u>Эпоха (отдел)</u>	<u>Индекс</u>	<u>Сред.прод., млн.лет</u>	
							период	возраст
Кайнозойская (кайнозой) KZ			Четвертичный	Q		Q <sub>IV</sub>	0,7	65±3
						Q <sub>III</sub>		
						Q <sub>II</sub>		
						Q <sub>I</sub>		
	Неогеновый (неоген)	N	Плиоцен (верхний)	N <sub>2</sub>	25			
			Миоцен (нижний)	N <sub>1</sub>				
	Палеогеновый (палеоген)	P	Олигоцен (верхний)	P <sub>3</sub>	41			
			Эоцен (средний)	P <sub>2</sub>				
			Палеоцен (нижний)	P <sub>1</sub>				
Мезозойская (мезозой) MZ		Меловой (мел)	K	Поздняя (верхний)	K <sub>2</sub>	70	67±3	
				Ранняя (нижний)	K <sub>1</sub>			
	Юрский (юра)	J	Поздняя (верхний)	J <sub>3</sub>	55-58			
			Средняя (средний)	J <sub>2</sub>				
			Ранняя (нижний)	J <sub>1</sub>				
	Триасовый (триас)	T	Поздняя (верхний)	T <sub>3</sub>	40-45			
			Средняя (средний)	T <sub>2</sub>				
			Ранняя (нижний)	T <sub>1</sub>				
	Палеозойская (палеозой) PZ	PZ <sub>2</sub> Позд. (верх.)	Пермский (пермь)	P	Поздняя (верхний)	P <sub>2</sub>		45
Ранняя (нижний)					P <sub>1</sub>			
Каменноугольный (карбон)			C	Поздняя (верхний)	C <sub>3</sub>	65-70		
				Средняя (средний)	C <sub>2</sub>			
				Ранняя (нижний)	C <sub>1</sub>			
Девонский (девон)			D	Поздняя (верхний)	D <sub>3</sub>	55-60		
		Средняя (средний)		D <sub>2</sub>				
		Ранняя (нижний)		D <sub>1</sub>				
PZ <sub>1</sub> Ранн. (нижн.)		Силурский (силур)	S	Поздняя (верхний)	S <sub>2</sub>	35		
				Ранняя (нижний)	S <sub>1</sub>			
		Ордовикский (ордовик)	O	Поздняя (верхний)	O <sub>3</sub>	60-70		
				Средняя (средний)	O <sub>2</sub>			
	Ранняя (нижний)			O <sub>1</sub>				
	Кембрийский (кембрий)	C	Поздняя (верхний)	C <sub>3</sub>	70-80			
Средняя (средний)			C <sub>2</sub>					
Ранняя (нижний)			C <sub>1</sub>					
Докембрий	Протерозойская (протерозой) PR	PR <sub>2</sub> Позд. (верх.)	V	Венд		570±30 2100±100		
				Рифей	R		Поздняя (верхний)	R <sub>3</sub>
							Средняя (средний)	R <sub>2</sub>
			Ранняя (нижний)	R <sub>1</sub>				
		PR <sub>1</sub> Ранн. (нижн.)		подразделения не имеет				
	Архейская (архей) AR			подразделения не имеет		2700±100		

## Урок №41 Тема: Построение геологических разрезов с горизонтальным залеганием слоев

### План

- 1) Построение геологических разрезов
- 2) Выбор линии разреза
- 3) Задания

Геологический разрез — это графическое изображение на вертикальной плоскости условий залегания горных пород, их возраста, состава, мощности, формы геологических тел, складчатых и разрывных нарушений и т. д.

Иными словами, геологический разрез — это геологическая карта вертикальной плоскости. *При построении разреза геолог мысленно «разрезает» территорию по определенной линии, затем «убирает» одну половину, «смотрит», что видно на вертикальном срезе, и на основании «увиденного» строит геологический разрез.*

Геологический разрез — важнейший элемент геологической графики, он дополняет и уточняет геологическую карту, давая наглядное представление об изменении геологического строения с глубиной. Геологические разрезы обычно строятся вместе с картой.

### ВЫБОР ЛИНИИ РАЗРЕЗА

Приступая к составлению разреза, необходимо выбрать линию, вдоль которой он будет строиться. Если предполагается построить несколько разрезов, то необходимо выбрать и несколько линий разрезов. Количество разрезов зависит от сложности геологического строения территории. Если строение простое — можно обойтись одним разрезом, если

сложное — выбирают несколько линий разрезов, ориентируя их таким образом, чтобы они пересекли участки с наиболее сложным геологическим строением. Это могут быть интрузивные многофазовые комплексы, сложная складчатость, разрывные нарушения и т. д.

Линии разрезов предпочтительнее ориентировать перпендикулярно простиранию пород и основных структур. В этом случае на разрезе будут показаны участки с разным геологическим строением, их взаимоотношения между собой, будут сохранены истинные углы наклона горных пород и т. д. Обычно составляют разрезы, которые пересекают

весь лист карты от рамки до рамки по прямой линии. При сложном геологическом строении, когда невозможно провести прямую линию вкрест простирания всех структур, допускается построение разрезов по ломаной линии. Ломаные линии выбираются также в том случае, если необходимо на одном разрезе показать участки с разным геологическим строением, не попадающие на прямую линию. Положение разреза показывают на геологической карте тонкими черными линиями. Точки пересечения линии разреза с рамкой карты и точки излома обозначают прописными буквами русского алфавита с цифровым индексом справа

внизу за рамкой карты. Например, А-А.-А<sub>1</sub> Б-Б<sub>2</sub> и т. п. При построении разреза необходимо иметь в виду, что слева располагаются западный, северо-западный, юго-западный и южный концы разреза. Таким образом, ориентировка разреза должна соответствовать «падению» линии разреза на горизонтальную рамку карты; меридиональные разрезы «роняют» направо.

При построении разрезов, кроме информации, получаемой при анализе геологической карты, используют данные буровых скважин, канав и геофизических материалов. Глубина, на которую строят разрез, зависит от масштаба геологической карты, глубинности ранее проведенных геологоразведочных работ, величины эрозионного вреза, а также от надежности глубинной интерпретации геологических и геофизических данных. На практике разрез в выбранном масштабе изображается полосой, ширина которой редко превышает 4- 5 см.

### Задания:

Используя топографическую основу карты (например, № 5 масштаба 1:10 000), построить геологическую карту - нанесите выходы пластов, взяв за основу фактический материал, размещенный в северо-западной части карты. Самые древние отложения на карте - аргиллиты перми, самые молодые - известняки юры. Расчленение отложений - до отделов. Построить геологический разрез в направлении,

пересекающем как можно больше пластов в масштабе 1:10 000 (при вертикальном масштабе 1:1 000). Составить стратиграфическую колонку в масштабе 1:1000. Выходы пластов раскрасить в соответствии с возрастом пород (на карте и разрезе) и проставить индексы возраста.

#### **Урок №42 Тема: Построение геологических карт со складчатым залеганием слоев**

Задания:

1. Определить элементы залегания крыльев складок, последовательность напластования и истинные мощности пластов.
2. Построить геологический разрез через центральный блок с СЗ на ЮВ.
3. Построить тектоническую схему на кальке (как накладку на геологическую карту), где показать структурные этажи, дизъюнктивы, оси складок.
4. Описать морфологию складок и дизъюнктивов.

Признаки складчатого залегания слоев. Определение элементов залегания, последовательности напластования и типа складок. Морфологическая характеристика складок и складчатости. Возраст отложений: аркозы, кварциты, глинистые сланцы - ордовик; мергели, известняки битуминозные - силур; глины с фосфоритами, железистые песчаники, глины с гипсом - юра; мергели кремнистые - мел. Отложения расчленены до отделов.

#### **Урок №43 Тема: Построение геологических карт с моноклиальным залеганием слоев**

Понятие моноклиального залегания. Несогласия (параллельное, угловое, азимутальное). Определение последовательности напластования, элементов залегания и истинной мощности пластов. Построение геологического разреза и стратиграфической колонки (карта 11 или 12).

Задания:

Используя фактический материал карты, решить следующие вопросы:

1. Определить элементы залегания, последовательность напластования и мощности пластов (истинную, горизонтальную, вертикальную).
2. Построить геологический разрез по линии АБ (направление линии разреза по диагонали карты). Вертикальный масштаб разреза равен горизонтальному масштабу карты.
3. Составить стратиграфическую колонку.
4. Кратко описать историю геологического развития района карты.

Возраст отложений: известняки, доломиты, глинистые сланцы - кембрий; песчаники, тонкослоистые известняки, песчаные глины - девон; конгломераты, глины бурые, кремнистые известняки - карбон; глины серые - нижняя пермь. Расчленены отложения до отделов.

**Урок №44 Тема Определение элементов залегания пород наклонно залегающих толщ по трем скважинам (или трем точкам).**

Методы определения истинных элементов залегания пород по трем точкам или трем скважинам.

Условия задания (рассмотрим на примере в табл.3.1).

Вертикальными скважинами с устьями в точках А, В, С, гипсометрические (абсолютные) отметки которых соответственно равны 310, 240, 430 м. Подсечена кровля нефтяного пласта. Глубина скважины от дневной поверхности до кровли соответственно равна: А=410 м, В=240 м, С=130 м.

Определить:

- а) элементы залегания пласта (азимут простирания, азимут падения и угол падения).
- б) глубину проектной скважины с устьем в точке Д, гипсометрическая отметка которой равна 360 м.

Места расположения скважин:

Скважина В находится в 540 м от скважины А по азимуту  $330^0$ ;

Скважина С расположена в 660 м от скважины А по азимуту  $85^0$ ;

Скважина Д располагается от скважины А по азимуту  $260^0$  на расстоянии 390 м (табл. 3.1).

**Урок №45 Тема Построение выхода наклонно залегающего слоя на карту с горизонталями рельефа.**

Изображение наклонно залегающего слоя (его кровли или подошвы) с помощью изогипс. Определение угла падения пласта по величине заложения. Определение глубины залегания слоя с помощью изогипс. Построение полного выхода пласта (карта, 4, масштаб 1:1000).

Условия задания.

- 1. Определить элементы залегания поверхности I или II, линии выхода которых нанесены на карту. Определить глубину залегания этих поверхностей в точках В, Д или С, Д (см. табл. 2.2 вариантов).

**Таблица 3.1.**

Номер варианта	Гипсометрические отметки устья скважин (м)	Глубина скважины до кровли нефтяного пласта (м)	Место расположения скважин М 1:10000		
			№ скважины	расстояние	по азимуту
	А В С Д	А В С Д			
Пример	310 240 430 360	410 240 130 ?	В С Д	в 540 м А в 660 м А в 390 м А	$330^0$ СЗ $85^0$ СВ $260^0$ ЮЗ
0	300 250 400 350	400 250 100 ?	В С Д	в 500 м А в 600 м А в 330 м А	$320^0$ СЗ $55^0$ СВ $250^0$ ЮЗ
			В	в 500 м А	$320^0$ СЗ

1	250 200 350 360	350 200 50 ?	С	в 600 м А	55° СВ
			Д	в 400 м А	180° Ю
2	350 300 450 400	450 300 150 ?	В	в 500 м А	330° СЗ
			С	в 600 м А	60° СВ
3	300 250 400 250	400 250 100 ?	Д	в 300 м А	270° З
			В	в 450 м А	340° СЗ
4	300 250 400 300	400 250 100 ?	С	в 600 м А	50° СВ
			Д	в 400 м А	90° В
5	500 500 100 100	200 100 300 ?	В	в 500 м А	300° СЗ
			С	в 600 м А	40° СВ
6	550 550 150 150	250 150 350 ?	Д	в 350 м А	135° ЮВ
			В	в 600 м А	215° ЮЗ
7	700 700 200 200	300 200 400 ?	С	в 400 м А	135° ЮВ
			Д	в 600 м А	135° ЮВ
8	100 300 500 150	150 200 250 ?	В	в 600 м А	240° ЮЗ
			С	в 400 м А	155° ЮВ
9	200 100 300 ?	200 100 300 ?	Д	в 500 м А	180° Ю
			В	в 600 м А	260° ЮЗ
10	300 200 400 ?	300 200 400 ?	С	в 400 м А	180° Ю
			Д	в 550 м А	150° ЮВ
11	400 300 100 ?	400 300 100 ?	В	в 600 м А	45° СВ
			С	в 800 м А	130° ЮВ
12	500 400 100 ?	500 400 100 ?	Д	в 300 м А	330° СЗ
			В	в 600 м А	45° СВ

2. Нанести на карту линию выхода наклонной поверхности напластования (кровли), если известно, что в точке А обнажается эта поверхность и имеет элементы залегания: азимут падения 150°, угол падения 45°. (табл. 3.2).

3. Нанести на карту №4 полный выход наклонного пласта, если известно, что в точке А обнажается его кровля, которая имеет элементы залегания: например – аз. пад. 150 ЮВ; угол пад. 45. Вертикальная мощность слоя – 10 м.

**Таблица 3.2.**

Вариант	Условия задания			карта №4		
Задание	Номер поверхности напластования	Определение глубины поверхности в точках	№ точки	Азимут падения в градусах	Угол падения в градусах	Вертикальная мощность слоя, м



0	I	В,Д	А	150	45	10
1	II	С,Д	А	100	50	20
2	I	В,Д	А	200	40	10
3	II	С,Д	А	350	45	20
4	I	В,Д	Д	300	45	10
5	II	Д,В	С	300	40	10

**Урок №46 Тема: Построение карты и определение границ**

Понятие структурной карты. Методика построения структурной карты. Определение границ внешнего и внутреннего контура нефтеносности (приконтурной зоны).

Построение структурной карты и геологического разреза (карта 31 или 120).

Условия задания.

Используя фактический материал карты решить следующие вопросы: 1) определить абсолютные отметки кровли нефтеносной свиты по данным бурения в каждой скважине (цифры около скважины – это глубина бурения до кровли свиты); 2) построить структурную карту кровли, проведя изогипсы (стратоизогипсы) по данным абсолютных отметок кровли; 3) определить глубину проектных скважин 1,2,3,4,5 (карта 31), 1,2,3,4,5,6,7 (карта 120); 4) построить геологический разрез в крест простирания структуры, учитывая вертикальную мощность свиты (табл.3.3); 5) нанести на карту и геологический разрез границы приконтурной зоны нефтеносной свиты с учетом ее вертикальной мощности и при определенном положении уровня подземных вод. Варианты задания см. табл. 3.3.

**Таблица 3.3.**

№ варианта	Карта 31		Карта 120*	
	Абсолютные отметки уровня грунтовых вод, (м)	Вертикальная мощность пласта (свиты)	Абсолютные отметки уровня грунтовых вод, (м)	Вертикальная мощность пласта
Пример	-300	100		
0	-400	150	-400	100
1	-400	200	-400	150
2	-400	100	-400	200
3	-350	150	-350	100
4	-350	200	-350	150
5	-350	100	-350	200
6	-375	150	-300	100
7	-375	200	-300	150
8	-375	100	-300	200
9	-325	200	-375	125

\* - На карте 120 имеется дизъюнктив, положение которого необходимо определить и нанести на структурную карту.

#### **Урок №47 Тема: Анализ геологических карт с изображением разрывных нарушений.**

Необходимы теоретические знания по теме «Дизъюнктивы».

Элементы дизъюнктива. Определение элементов залегания плоскости сместителя, типа нарушения и амплитуды смещения блоков.

Анализ дизъюнктивов (карта 7, 11, 18, 120)

##### Условия задания.

1. На карте 7 решить дизъюнктивы А, Б, В - определить направление и амплитуды смещения по ним (полную, вертикальную, горизонтальную амплитуды); дать название морфологического и кинематического типа дизъюнктива (сброс, взброс, сдвиг, взбросо-сдвиг и т.д.).

2. На карте 11 решить дизъюнктив - определить элементы залегания сместителя, вертикальную амплитуду смещения и тип дизъюнктива (сброс или взброс).

3. На карте 18 решить дизъюнктивы - определить амплитуду смещения блоков, тип дизъюнктива, возраст.

4. На карте 120 нанести дизъюнктив и определить амплитуду смещения блоков.

#### **Урок №48 Анализ геологических карт с широким развитием интрузивных пород. Необходимы знания теоретического материала по теме «Интрузивный магматизм».**

Морфология интрузивных тел, связь элементов прототектоники с формой массивов, определение возраста интрузий. Построение геологического разреза и краткое описание геологического строения района (карта 78).

##### Условия задания.

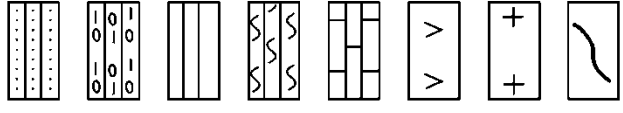
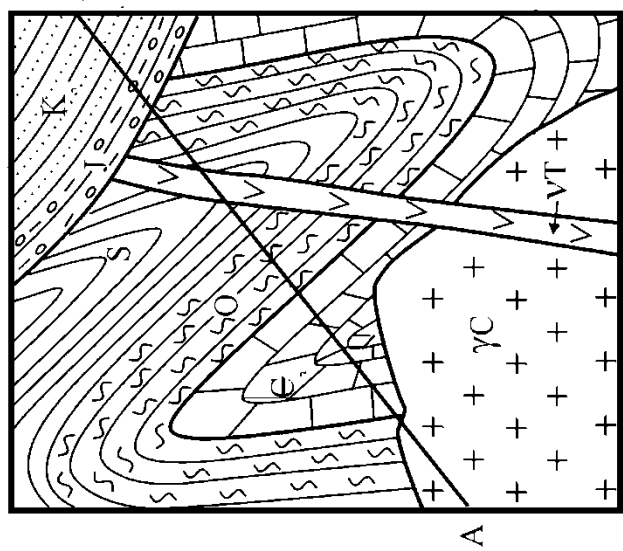
Используя фактический материал, размещенный на карте, решить следующие вопросы:

1. Построить геологический разрез по линии АБ и проставить индексы возраста интрузивных тел.

2. Дать краткое описание геологического строения региона, уделив особое внимание описанию интрузивов (их морфологии) и обоснованию их возраста.

#### **Приложения:**

Геологическая карта  
Масштаб 1 : 100 000



Прибрежно-морские  
пески

Конгломераты

Углистые сланцы

Хлоритовые сланцы

Темно-серые мраморы

Диабазовые порфириты

Граниты

Геологические границы

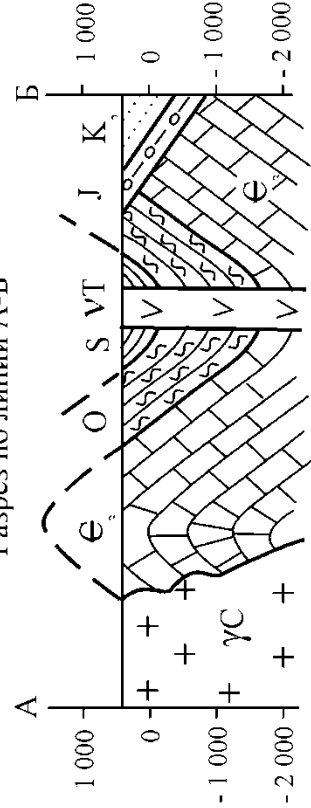
Элементы залегания  
слонистости



Стратиграфическая колонка

СИСТЕМА	ВЕРХНИЙ	ИНДЕКС	КОЛОНКА	МОЩНОСТЬ	ХАРАКТЕРИСТИКА ПОРОД
МЕЛО-ВЯЯ	ВЕРХНИЙ	K	[Symbol]	>400	Прибрежно-морские пески
ЮР-СКАЯ		J	[Symbol]	500	Конгломераты
СИЛУРИЙ-СКАЯ		S	[Symbol]	>400	Углистые сланцы
ОУЮЗИК-СКАЯ		O	[Symbol]	1 000	Хлоритовые сланцы
КЕМБРИЙ-СКАЯ	ВЕРХНИЙ	e	[Symbol]	>2 500	Темно-серые мраморы

Разрез по линии А-В



Масштабы горизонтальный  
и вертикальный 1 : 100 000

