

Генетические процессы минералообразования.



Кристаллография и минералогия

Ст. преподаватель Ли Е.С.

План лекции



- ❧ **Эндогенные процессы минералообразования**
- ❧ 1. Магматический процесс минералообразования
- ❧ 2. Пегматитовый процесс минералообразования
- ❧ 3. Постмагматические процессы минералообразования.
- ❧ 4. Пневматолитовый процесс минералообразования
- ❧ 5. Гидротермальные процессы минералообразования.
- ❧ **Экзогенные процессы**
- ❧ **Метаморфогенные процессы**

Факторы минералообразования:



- Температура (T)
- Давление (P)
- Окислительно-восстановительные свойства среды (Eh)
- Наличие воды - растворителя и переносчика элементов.

Причины минералообразования:



- Изменение температуры и давления
- Переохлаждение расплава
- Перенасыщение раствора
- Электрохимические явления
- Жизнедеятельность организмов
- Радиактивное излучение

Процессы минералообразования

Эндогенные процессы

Протекают в недрах Земли и связаны с магматической деятельностью. Процессы застывания магмы ведут к образованию различных магматических горных пород, а отделяющиеся от магмы газовые и водные растворы переносят различные элементы и их соединения, которые при благоприятных условиях, например, в полостях, пустотах, трещинах, выделяются в виде минералов.



Экзогенные процессы

Происходят на или близ поверхности Земли, а также в атмосфере и гидросфере. Они связаны с физическим и химическим разрушением горных пород и минералов и вызывают образование других устойчивых в поверхностных условиях Земли пород и минералов. К этой группе относятся и биогенные (связанные с жизнедеятельностью) процессы.

Магматические

Пегматитовые

**Эндогенные
процессы**

```
graph TD; A[Эндогенные процессы] --> B[Магматические]; A --> C[Пегматитовые]; A --> D[Пневматолитовые]; A --> E[Гидротермальные];
```

Пневматолитовые

Гидротермальные

Эндогенные процессы минералообразования подразделяются на магматические, пегматитовые, пневматолитовые и гидротермальные. Эти процессы всегда связаны с деятельностью магмы.

Магматические процессы

Магма представляет собой огненно-жидкий силикатный расплав, образующийся в глубинных зонах Земли. Часть ее изливается через жерла вулканов или трещины на земную поверхность и быстро застывает в виде потоков или покровов стекловатых лав. Другая часть не доходит до поверхности и медленно застывает на глубинах 1 км и более, образуя интрузивные полнокристаллические породы. Именно при кристаллизации магмы возникла большая часть минералов, составляющих земную кору.

Интрузивные горные породы, образовались при



Эффузивные горные породы, образовались при

застывании и кристаллизации магмы на поверхности (излившиеся потоки) или в непосредственной близости от нее.

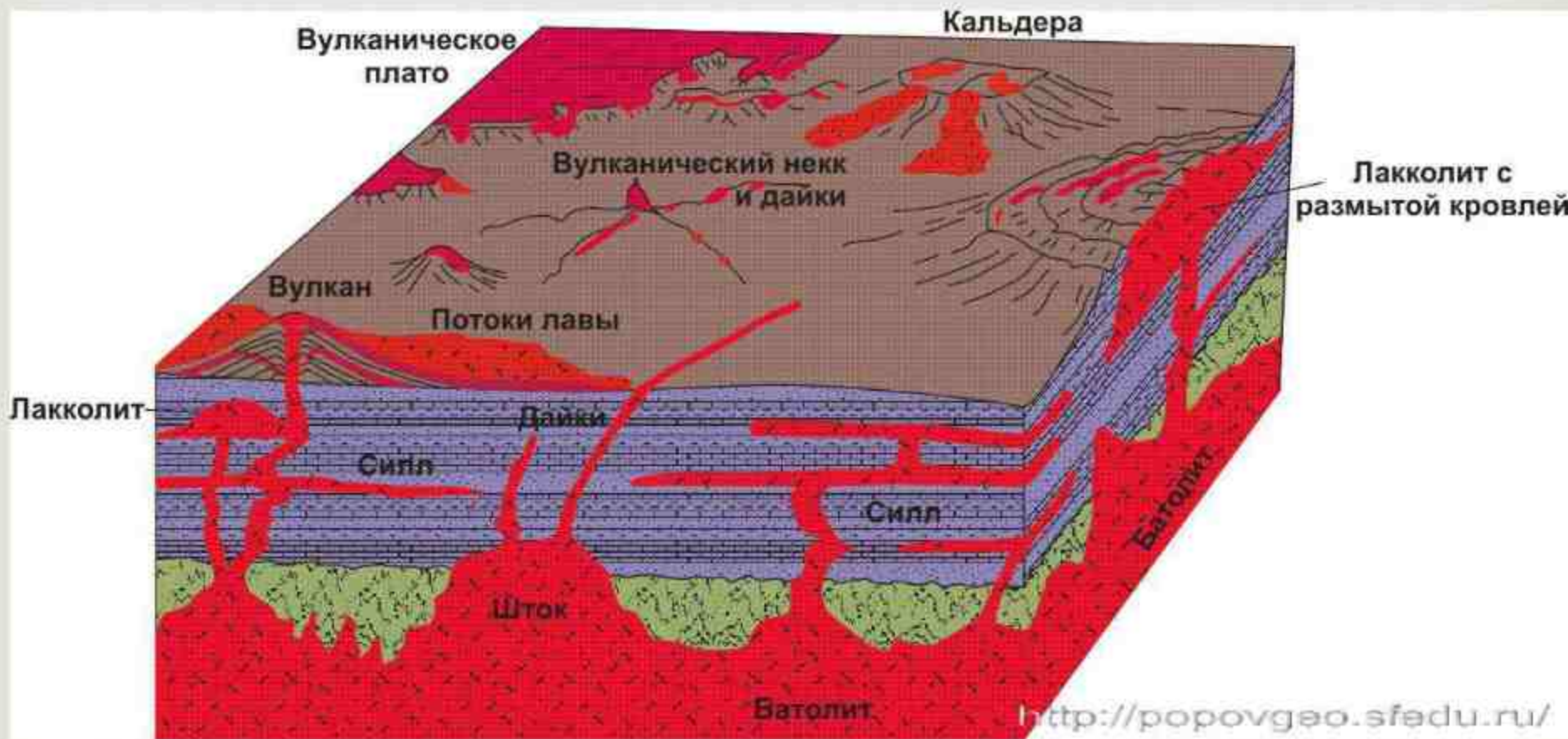


**Излившиеся
(эффузивные)
магматические
горные породы**

**Глубинные
(интрузивные)
магматические
горные породы**

Магма





Магматические процессы

К числу минералов, образующихся путем непосредственной кристаллизации магматических расплавов, относятся, в основном, различные силикаты. Таким же путем образуются сульфиды железа, никеля, меди, а также хромит, апатит, алмаз и целый ряд других.



Отражает последовательность кристаллизации минералов

Пегматитовый процесс

Пегматиты родственны интрузивным породам, отличаются от них только тем, что образуются в процессе кристаллизации из расплава, обогащенного летучими компонентами (F, Cl, CO₂ и др.) как правило, пространственно связаны с интрузиями и могут залегать, как непосредственно в самих интрузиях, в форме жил, линз, так и поблизости (1-2 км.) от них. В основном, пегматиты связаны с гранитами, иногда со щелочными и нормальными породами.

Существует несколько версий образования пегматитов:

Версия 1. По теории академика А.Е. Ферсмана образование пегматитов происходит следующим образом. При кристаллизации гранитной магмы



постмагматическими образованиями.

Пневмалитовый процесс

Пневматолитовый процесс (пневматолитиз) – процесс образования минералов из газовой фазы. На некоторых этапах застывания магмы, выделяются газы, которые по мере движения вверх по трещинам, охлаждаются, реагируют с вмещающими породами, в результате чего образуются минералы. Минералы образованные в результате пневматолитиза, называются – пневматолиты и разделяются на две группы.

Вулканическая группа. Минералы этой группы образуются в областях вулканической деятельности из газов, отделяющихся от магмы на поверхности, или вблизи. Основными газами, выделяемыми во время вулканической деятельности, являются пары воды, хлористые и сернокислые соединения натрия, калия, кальция, H_2S , SO_2 , NH_4Cl , присутствуют соединения железа, меди, бора, фтора и др

Глубинные пневматолиты. Образуются, когда газы отделяются в глубине земной коры. Примером действия глубинного пневматолитиза, является образование таких группы таких пород, как **грейзены**. Помимо этого, в результате глубинного пневматолитиза образуются такие породы, как осадочно-метаморфические. Последние, образуются вследствие метасоматоза осадочных пород. Главным минералом в грейзенах, является кварц.

Пневмалитовый процесс

Глубинным пневматолитам относят **грейзены** — породы, образовавшиеся в условиях средних глубин благодаря переработке магматическими эманациями (газами и водными растворами) гранитов и жильных магматических пород. В грейзенах из минералов резко преобладает кварц, почти всегда присутствует мусковит и часто встречаются лепидолит, топаз, турмалин, флюорит, берилл, рутил. Из рудных минералов характерны касситерит и вольфрамит, в меньшей степени молибденит и арсенопирит.

Кварц



Рутил



Флюорит



Турмалин



Берилл



Топаз



Пневматолитовый процесс неразрывно связан с гидротермальным.

Гидротермальный процесс

Гидротермальный процесс. Гидротермы – горячие водные растворы, отделяющиеся от магмы или образующиеся в результате сжижения газов. Подобные растворы переносят из магмы и могут ассимилировать вещества из боковых пород. Движение гидротерм происходит за счет разницы давлений по трещинам и зонам контактов пород. По мере удаления от очага температура гидротерм уменьшается, движение замедляется, и из растворов начинают отлагаться минералы. Для минералов образуемых гидротермальным способом, характерны жильные формы выделений. Именно гидротермальный процесс позволяет образовываться кристаллам минералов, высокого коллекционного качества. Гидротермальные процессы разделяются:

- **высокотемпературные** (300-450°C), располагаются ближе всех к материнской интрузии;
- **среднетемпературные** (200-300°C)
- **низкотемпературные** (ниже 200), наиболее удалены от интрузии.

Экзогенные процессы

В результате экзогенных процессов образуются осадочные горные породы и соответствующие минеральные месторождения. Экзогенные процессы имеют формы проявления, такие как: процессы химического и физического разрушения минералов (выветривания), перенос продуктов выветривания и осадкообразование, диагенетические процессы (литификация), инфильтрация.



Образование осадочных пород.

Выветривание



Эти процессы, приводящие к разрушению горных пород.



Выветривание

```
graph TD; A[Выветривание] --> B[физическое]; A --> C[химическое]; A --> D[биогенное]
```

The diagram illustrates the classification of weathering. At the top is a dark red rounded rectangle containing the word "Выветривание" in a bold, italicized black font. Three light blue arrows point downwards from this box to three orange rounded rectangles below. The leftmost box contains the word "физическое", the middle box contains "химическое", and the rightmost box contains "биогенное".

физическое

биогенное

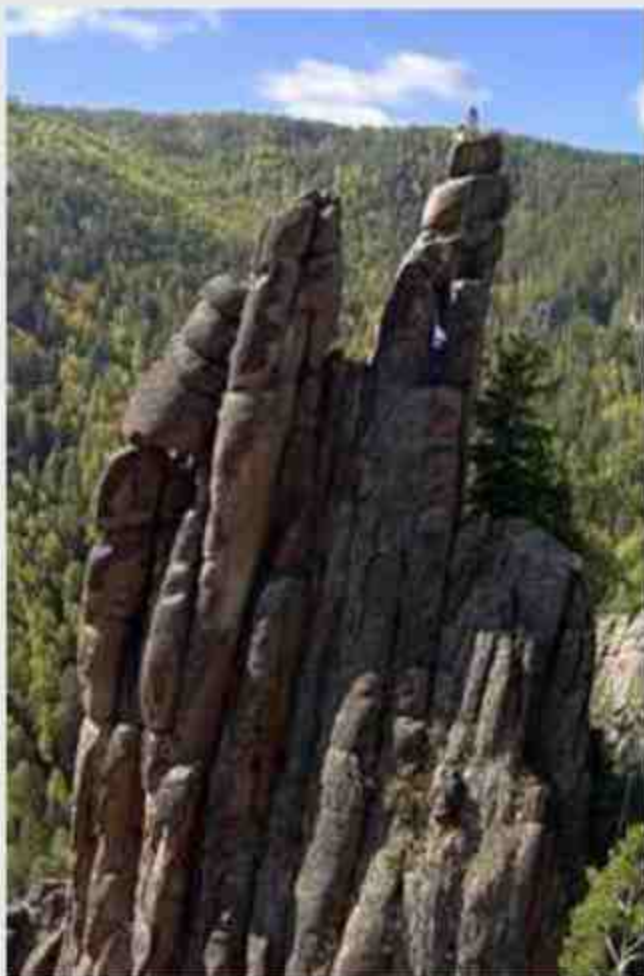
химическое

Типы выветривания

Физическое выветривание. В результате физического выветривания происходит механическое разрушение пород и минералов. Это происходит под влиянием колебаний температуры воздуха, замерзания и оттаивания воды в трещинах, вымывания частичек водой и т.п.

Химическое выветривание. Заключается в частичном или полном разложении минералов под влиянием кислорода, углекислоты, атмосферных и грунтовых вод, которые содержат в растворенном состоянии угольную, иногда серную и органические кислоты, выделяемую в процессе жизнедеятельности бактерий и при разложении растительных остатков. Труднорастворимые соединения кремния, алюминия накапливаются и формируют коры выветривания, представленные обычно глинистыми породами остаточного происхождения. Остаточные продукты могут подвергаться последующему размыву, переносу и переотложению в других местах, входя в состав осадочных пород. Особый характер имеет химическое выветривание сульфидных руд. При окислении сульфидов образуется серная кислота и легкорастворимые сульфиды.

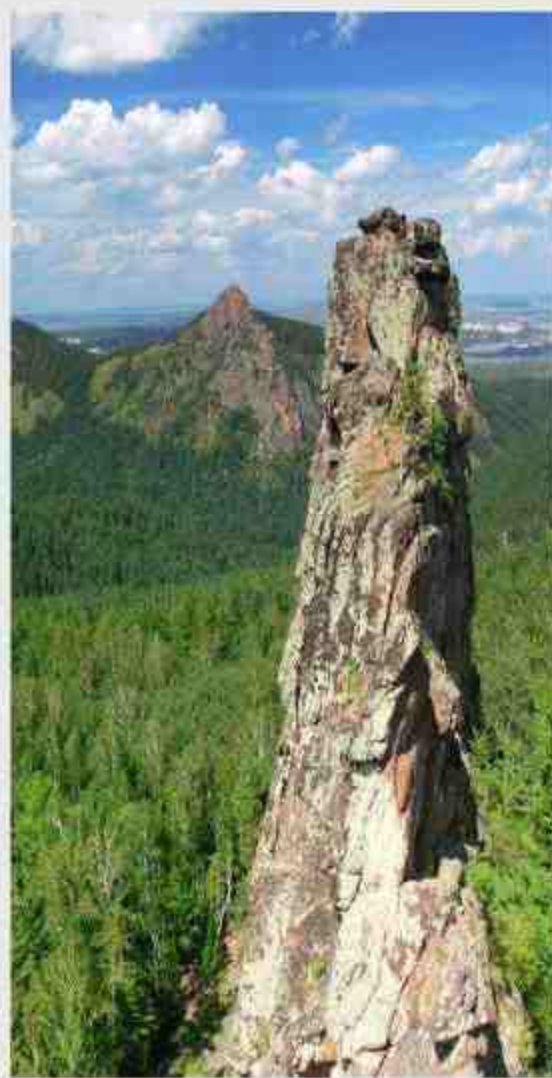
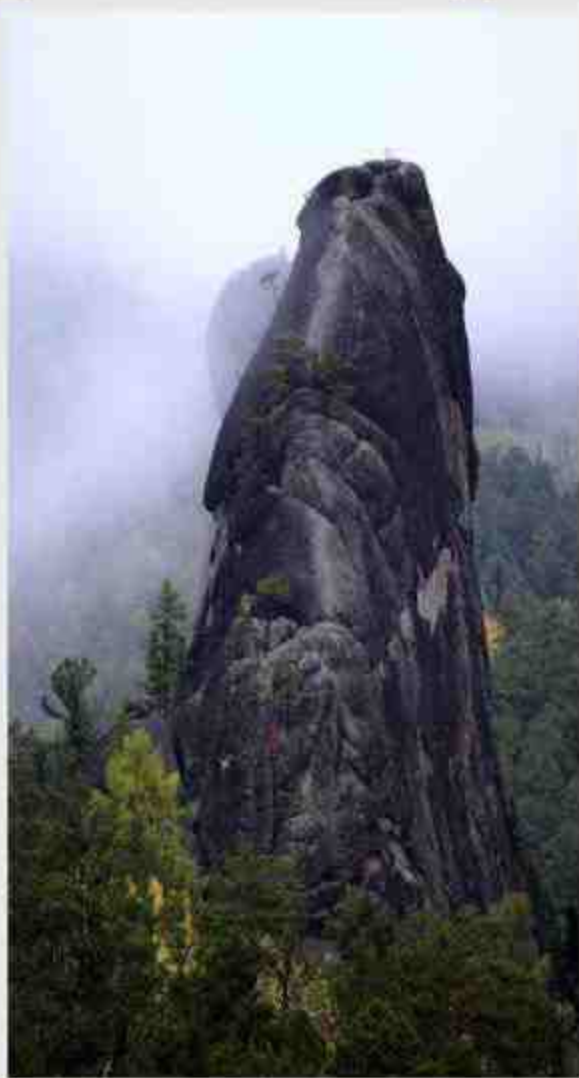
Физическое выветривание



Физическое выветривание

связано с
действием
ветра,
движущейся
воды, а также с
температурного
расширения и
сжатия горных
пород.

Красноярские столбы



Ленские столбы



Скалы Двенадцать Апостолов в Австралии.

❧



Большой каньон в Северной Америке



Гранд каньен, США



Кападокия, Турция



Каменные грибы, Алтай



Химическое выветривание

☞ это разрушение водой растворимых горных пород.



Новоафонская пещера в Абхазии



Кунгурская пещера на Урале



Биогенное выветривание



- Биогенное выветривание - это разрушение горных пород, связанное с деятельностью растений и животных.

Антропогенное разрушение горных пород.



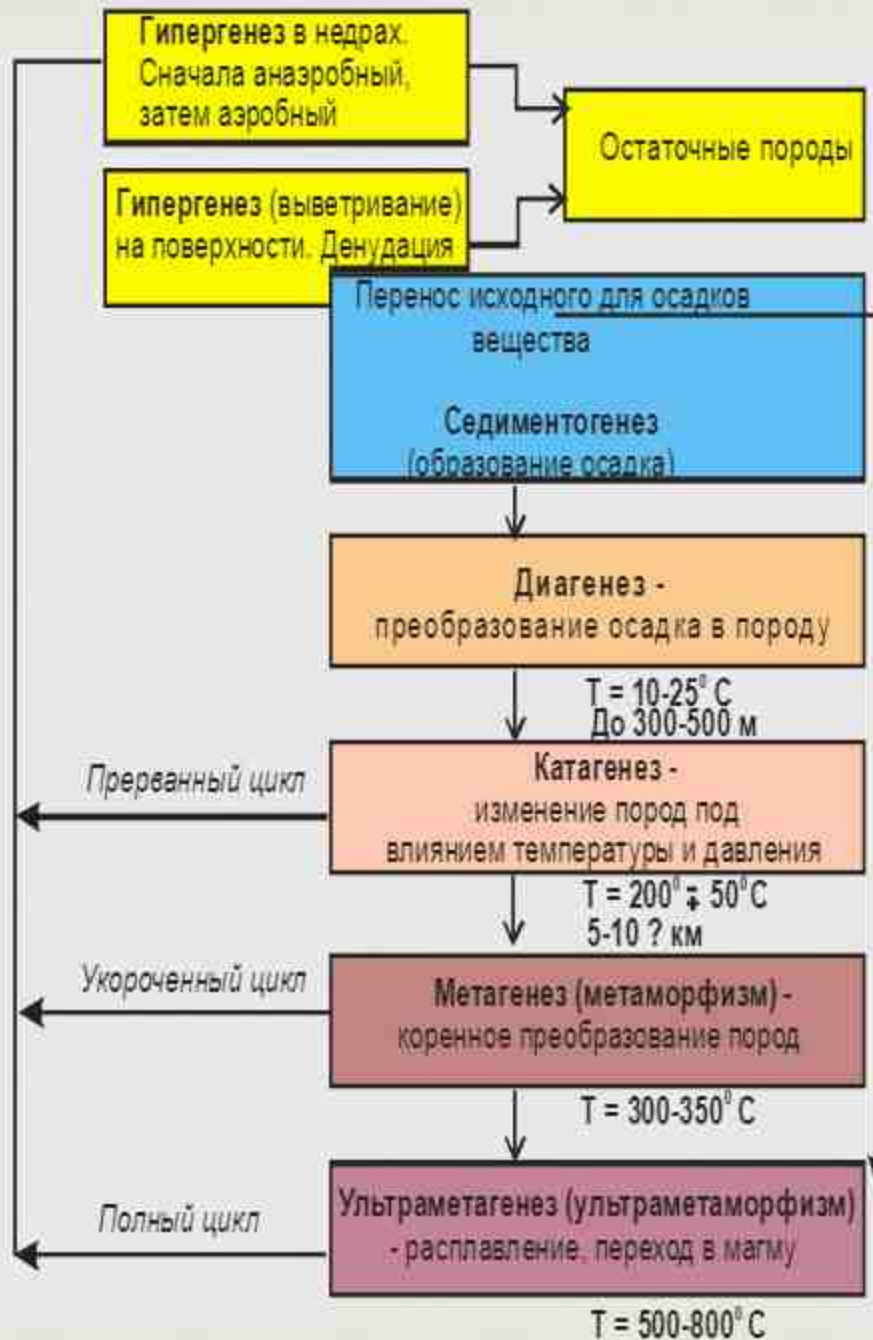
- Антропогенное(техногенное)разрушение горных пород- это процессы связанные с хозяйственной деятельностью человека.

Трубка “Мир” в Якутии



5 стадий литогенеза

Поднятие,
ведущее к завершению цикла литогенеза



1. Гипергенез

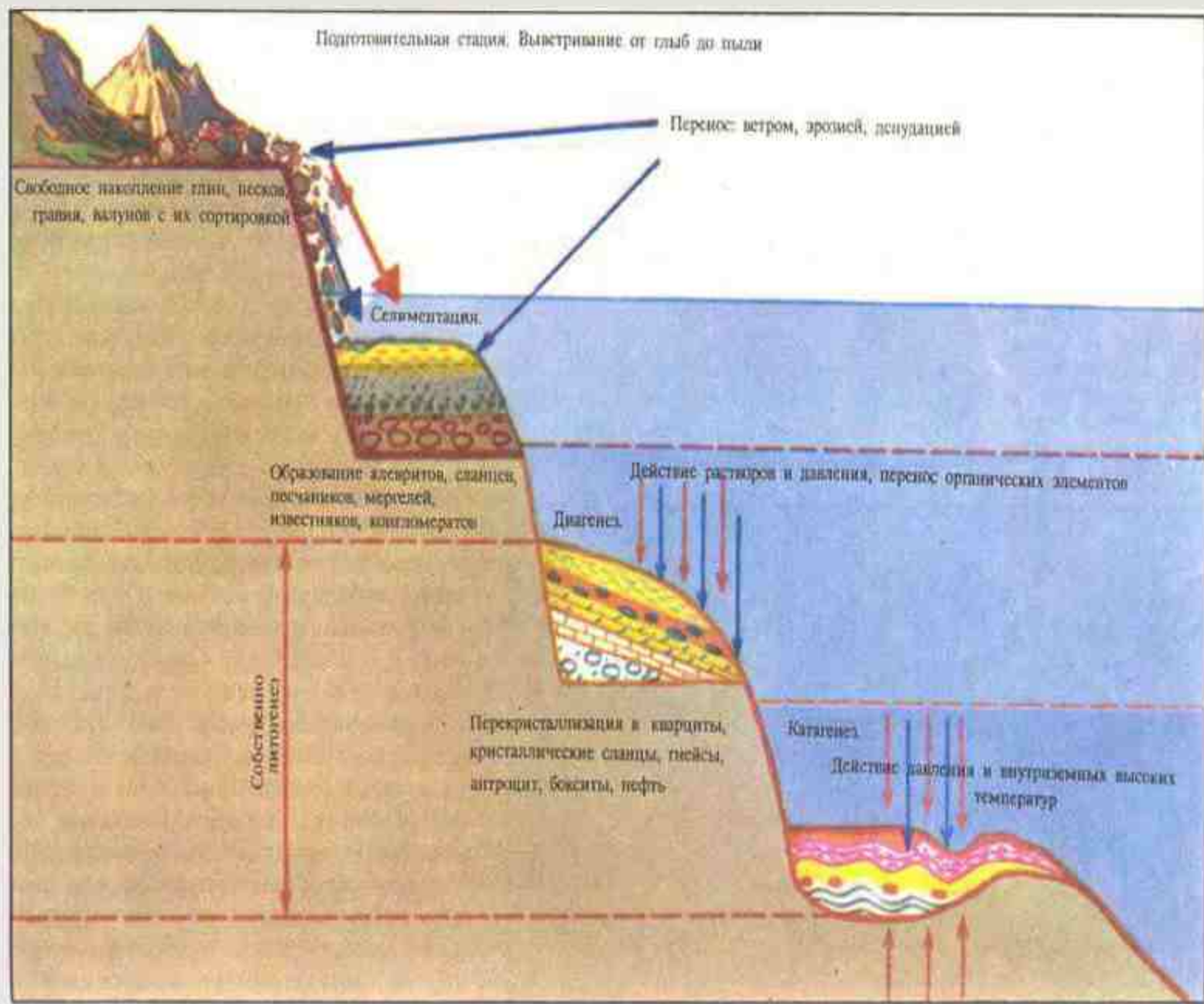
2. Седиментогенез

3. Диагенез

4. Катагенез

5. Метагенез

Подготовительная стадия. Выветривание от глуб до пыли



Перенос: ветром, эрозией, денудацией

Свободное накопление глины, песка, гравия, валунов с их сортировкой

Седиментация

Образование алевроитов, сланцев, песчаников, мерделей, известняков, конгломератов

Диагенез

Действие растворов и давления, перенос органических элементов

Собственно метаморфизм

Перекристаллизация в кварциты, кристаллические сланцы, гнейсы, антрацит, бокситы, нефть

Катагенез

Действие давления и внутренних высоких температур

Перенос продуктов выветривания – осуществляется посредством водных потоков, рек, морских волн, движения ледников, ветров, селей и других природных явлений. Во время переноса происходит постоянное дополнительное физическое и химическое разрушение. Особо интересным фактором в процессе переноса является сортировка массы по весу и объёму содержащихся в ней пород и минералов. Наиболее стойкие частицы, отлагаются в различных россыпях, например, в дельтах рек, морских, озерных и других скоплениях.

Осадкообразование. Проявляется в отложении материала разрушенных пород и минералов в озерах, морях. В зависимости от типа отложения осадки разделяют: механические, химические, биохимические, коллоидные. Механические – осадки взвешенных частиц, химические – выпадение веществ из вторичных растворов, биохимические – при участии живых организмов.

Диагенетические процессы. Проявляются сразу после отложения и уплотнения осадков и выражаются в обезвоживании гидроокислов, замещении органических остатков карбонатами, кремнеземом, сульфидами железа. В результате происходит окаменение осадков (литификация) и образование осадочных пород.

Инфильтрационные процессы возникают при выветривании горных пород, когда большая часть химических элементов выщелачивается грунтовыми водами, которые, просачиваясь сквозь толщу осадочных пород, взаимодействуют с ними и образуют специфические низкотемпературные минеральные ассоциации.

1. Метаморфический процесс

Метаморфический процесс («метаморфозис» - превращение) - процесс перекристаллизации горных пород в твёрдом состоянии, протекающий в недрах Земли под действием повышенных температур и давлений

Основной причиной перекристаллизации при изменении термодинамических параметров среды является различная устойчивость минералов в тех или иных условиях

Условия проявления метаморфических процессов

1. В зависимости от того, в каком направлении при этом меняется *температура*, метаморфизм подразделяется на :

☞ *Прогрессивный метаморфизм* протекает при повышении температуры. Ассоциации минералов, устойчивых в условиях относительно низких температур, замещаются другими, более высокотемпературными.

☞ *Регрессивным метаморфизм* протекает при понижении температуры.

2. В зависимости от того, что происходит ***привнос или вынос химических элементов*** метаморфизм подразделяется на:

☞ **Изохимический метаморфизм** происходит без изменения исходного химического состава горной породы.

☞ **Аллохимический (метасоматоз)** – химический состав горной породы претерпевает разнообразные изменения.

Основные факторы метаморфизма:

- ☞ температура,
- ☞ давление - стрессовое и петростатическое (за счет вышележащих толщ),
- ☞ химически активные вещества (флюиды).

Классификация процессов

В зависимости от условий проявления, масштабов распространения процесса и роли того или иного фактора выделяются следующие типы метаморфизма:

- ❧ Региональный метаморфизм
- ❧ Контактный метаморфизм
- ❧ Динамический метаморфизм (динамометаморфизм)
- ❧ Ультраметаморфизм

☞ Региональный метаморфизм проявляется на обширных площадях в связи с крупными тектоническими событиями в развитии регионов.

Факторы – температура, стрессовое и петростатическое давление

☞ **Контактовый метаморфизм** проявляется в связи с внедрением в относительно холодные горные породы горячих масс магматических расплавов.

Факторы - температура

∞ Динамический метаморфизм

(динамометаморфизм) связан с подвижками вдоль разрывных нарушений, его проявления приурочены к узким приразломным зонам.

Факторы – давление

☞ **Метасоматоз** - аллохимическое замещения минералов в твердом состоянии за счет флюидов, растворяющих и выносящих одни химические элементы и привносящих и отлагающих другие .

Факторы – химически активные вещества, привнос и вынос веществ

☞ Ультраметаморфизм - высшая ступень регионального метаморфизма.

Характеризуется началом частичного плавления горных пород.

Факторы – температура, давление, химическая активность воды, привнос и вынос веществ

Ударный метаморфизм



Ударный метаморфизм (импактный, коптогенный) проявляется в образовании различных пород и новых минералов при столкновении с Землей метеоритов

Факторы - давление (момент удара достигает 600-900 кбар), температура (до 2500-3000°C)

Попигайская астроблема

на севере Восточной
Сибири. Диаметр около 90
км, время образования - 35
млн. лет назад

