



Тема Основы Литогенеза

Лекция 4 -
Диагенез, катагенез,
метагенез



Литогенез (породообразование)

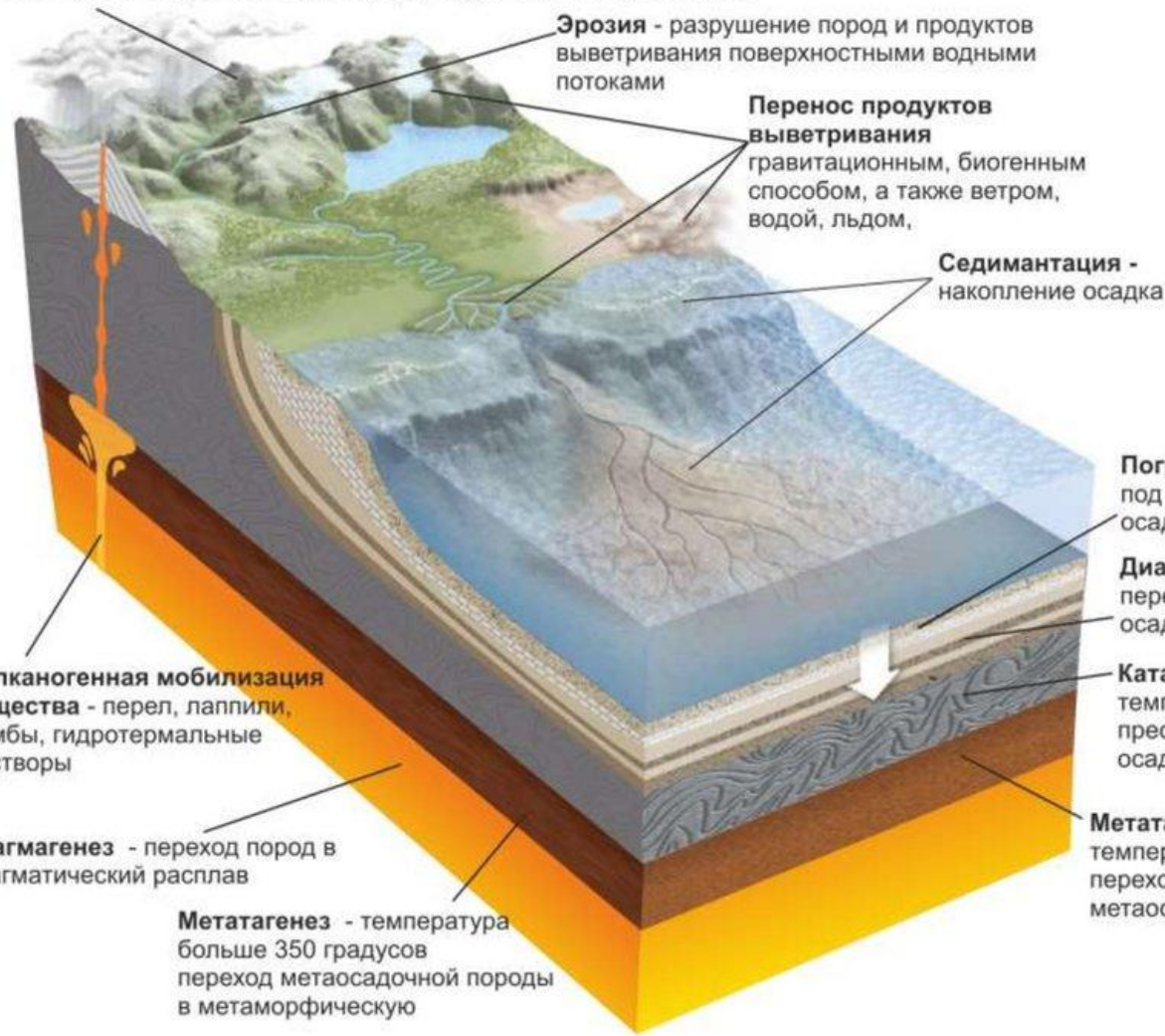
Возникновение и изменение осадочных пород - ряд последовательных закономерных процессов, происходящих в различных термодинамических и физико-химических условиях, определяющих их строение и минералогический состав.

Выявление в породе многостадийной истории ее формирования представляет собой задачу стадийного анализа.

СТАДИИ ЛИТОГЕНЕЗА

Диагенез → Катагенез → Метагенез

Выветривание - процесс разрушения и химического изменения горных пород вследствие перепадов температуры, химического и механического воздействия атмосферы, воды и живых организмов.



Стадии литогенеза

Гипергенез
Седиментогенез
Диагенез
Катагенез
Метатагенез

ДИАГЕНЕЗ

Диагенез

Термин "диагенез" введен К. В. Гюмбелем и Й. Вальтером и означает "перерождение" или "преобразование".

"... Диагенез есть стадия физико-химического уравнивания многочисленных реакционно-способных веществ с противоречивыми свойствами, возникшими при образовании осадка. Уравнивание происходит в термодинамических условиях, близких к поверхностным (в общем, низкое давление и низкая температура), за счет внутренних запасов энергии в веществах, слагающих осадок". Н. М. Страхов (1933),

Результатом диагенетических преобразований является перерождение осадка в горную породу. Основой такого перерождения служит отсутствие физико-химического и биохимического равновесия: процесс преобразования или "старения" осадка выражается в создании такой равновесной системы, в которой составные части приспособились для совместного существования.

Диагенез ведет к уменьшению числа компонентов породы.

ФАКТОРЫ ДИАГЕНЕЗА

- 1. Высокая (более 50 %, в глинистых осадках – 80-90 %) влажность,**
- 2. Обилие биогенного вещества,**
- 3. Изменчивые окислительно-восстановительные потенциалы,**
- 4. Высокая концентрация веществ в иловых водах, обеспечивающая широкий диффузионный обмен ионов и газов,**
- 5. Время.**

Существо диагенеза во многом заключается в преобразовании исходно захороненной в осадке воды под влиянием взаимодействия с твердой фазой осадка

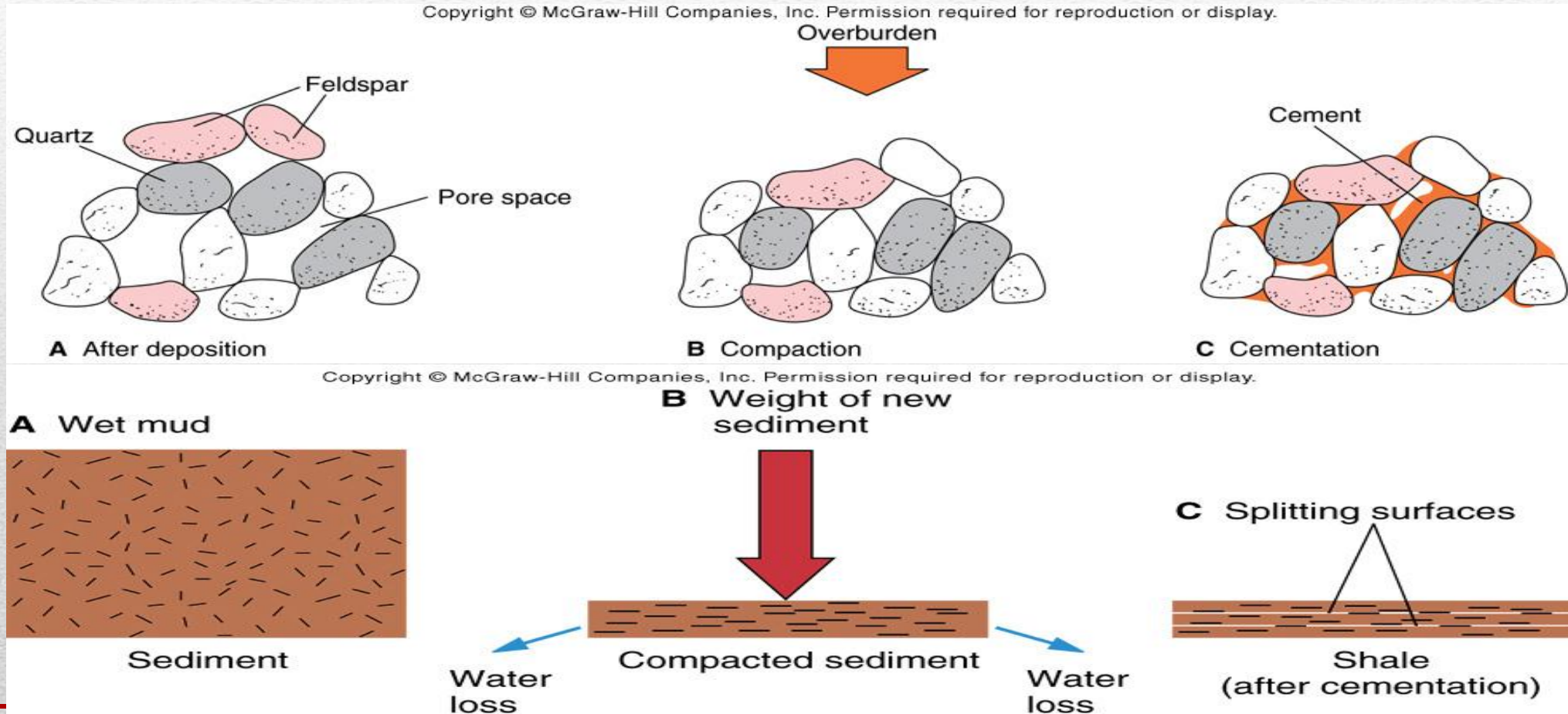
ОСНОВНЫЕ ПРОЦЕССЫ ДИАГЕНЕЗА

- 1. РАСТВОРЕНИЕ И ВОССТАНОВЛЕНИЕ** твердых фаз осадка (большая роль рН и Eh среды, состава атмосферы, давление, температура, жизнедеятельность организмов);
 - 2. АУТИГЕННОЕ МИНЕРАЛООБРАЗОВАНИЕ** за растворением и восстановлением. (распространены сульфиды железа, окислы и гидроокислы, сульфаты, карбонаты, фосфаты, силикаты);
-

ОСНОВНЫЕ ПРОЦЕССЫ ДИАГЕНЕЗА

- 3. ГИДРОЛИТИЧЕСКОЕ РАСЩЕПЛЕНИЕ** силикатов и других минералов, ОВ, образование устойчивых минеральных модификаций (арагонит переходит в кальцит, опал – в халцедон и др.);
 - 4. ДЕГИДРАТАЦИЯ** (обезвоживание) или **ГИДРАТАЦИЯ** (водные соединения) осадка (первично до 85 % воды, вода отжимается, насыщая вышележащие толщи);
 - 5. ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЩЕСТВА** - выпадение из раствора в твердую фазу любого вещества создает градиент концентрации (разницу между насыщенными и ненасыщенными этим компонентом участками). Ионы перемещаются от насыщенных к ненасыщенным объемам осадка при проницаемости для диффузии вещества;
-

6. УПЛОТНЕНИЕ ОСАДКА под действием веса вышележащих пластов (плотность осадка у глинистых илов увеличивается с 1.2 до 1.6-1.7 г/см³; у песчаников – с 1.5-1.7 до 1.7-1.9 г/см³);



8. ПЕРЕРАБОТКА ОСАДКА ОРГАНИЗМАМИ

Переработка осадка осуществляется в первую очередь, бактериями. Наиболее характерен для тонкодисперсных илов с повышенным содержанием биогенного вещества.



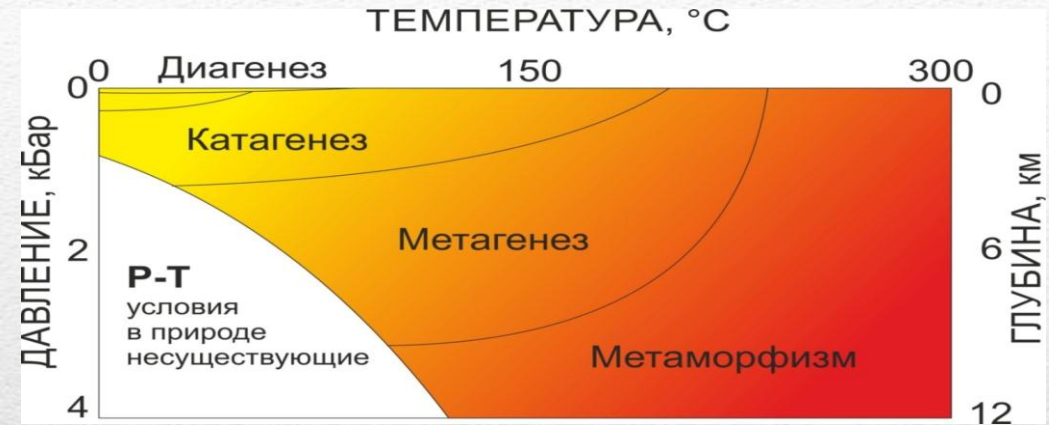
<https://cdni.rt.com/russian/images/2019.02/article/5c6a7a34370f2cb70c8b45b8.jpg>

ΚΑΤΑΓΕΝΕΣ

Подземные воды как фактор катагенеза

- Особенности процессов минералообразования при катагенезе определяются не только термодинамическими условиями среды и составом пород, но и важной ролью *подземных вод*.
 - С учетом условий циркуляции и состава подземных вод вся стратисфера разделяется на три зоны:
 - зона *свободного водообмена* (глубина до 700 м), где происходит интенсивная циркуляция подземных вод и обмен их с поверхностными;
 - зона *затрудненного водообмена* (глубина до 2 км), где условия мало благоприятны для циркуляции, а обмен их с поверхностными водами резко ограничен;
 - зона *застойных вод* (глубина свыше 2 км), где циркуляция подземных вод практически отсутствует и полностью исключен их обмен с поверхностными водами.
 - Обычно в зоне свободного водообмена развиты гидрокарбонатные слабоминерализованные воды, в зоне затрудненного водообмена — гидрокарбонатно-сульфатные и сульфатные среднеминерализованные воды, в зоне застойных вод — хлоридно-сульфатные и хлоридные высокоминерализованные воды и рассолы.
 - Кроме того, по мере углубления в стратисферу увеличивается величина рН и падает — E_h (окислительно-восстановительный потенциал), в результате чего на больших глубинах наблюдаются восстановительные и резко щелочные условия среды.
-

- **Катагенезом** называется процесс изменения осадочных пород в результате погружения их на определенную глубину.
- Основными факторами катагенеза являются:
 - повышенная температура,
 - высокое давление,
 - подземные воды и грунтовые растворы.
- На данной стадии происходят следующие основные преобразования осадочных пород:
 - *значительное уплотнение пород под влиянием нагрузки вышележащих толщ,*
 - *специфические процессы минералообразования: коррозия и частичное растворение минералов, регенерация, образование новых минералов из растворов, метасоматические замещения, перекристаллизация обломочных зерен.*
- Катагенетические процессы происходят на глубинах от 1 до 5 км.



Ранний катагенез

- Этап *раннего (или начального) катагенеза* фиксируется присутствием в глинистых породах или глинистом цементе неизмененного глинистого вещества, унаследованного от стадии диагенеза.
 - Характерны достаточно широкое развитие процессов внутрислоевого растворения неустойчивых минералов, коррозия зерен кварца и полевых шпатов, новообразования различных карбонатных минералов.
 - Пористость пород составляет порядка 15-30%.
 - Наряду с более или менее плотными породами (конгломераты, аргиллиты) присутствуют некоторые слабо сцементированные породы – глины, рыхлые песчаники, ракушечники, мел, мергели, бурые угли.
 - Текстуры и структуры осадочных пород заметно не меняются.
 - Глубина зоны раннего катагенеза варьирует от 1,5 до 4 км. Для него характерны температура до 100°C и давление до 1000 атм.
-

Поздний катагенез

- Этап *позднего (или глубинного) катагенеза* характеризуется:
 - массовым растворением под давлением обломочных зерен кварца, полевых шпатов, обломков пород,
 - интенсивным преобразованием глинистого вещества – проявлением процессов гидрослюдизации и хлоритизации,
 - перекристаллизацией карбонатов.
 - Пористость пород снижается до 3-5%.
 - Текстуры осадочных пород сохраняются, однако структуры меняются: появляются конформные, регенерационные, стилолитовые структуры в известняках, ориентированные структуры в глинистых породах (сланцеватые аргиллиты).
 - На этапе позднего катагенеза глины переходят в аргиллиты, не размокающие в воде. Рыхлые песчаники переходят в плотные и крепкие песчаники, ракушечники – в плотные известняки, мел, мергели и хемогенные известняки переходят в перекристаллизованные кальцитовые породы.
 - Положение границы между зонами раннего и позднего катагенеза не согласуется со стратиграфическими границами и соответствуют глубине погружения (обычно 4-5 км).
-

Термодинамические условия зоны катагенеза

Температурный градиент. Ускорение химических процессов (трансформации глинистых минералов, углефикация, генерация жидких и газообразных углеводородов).

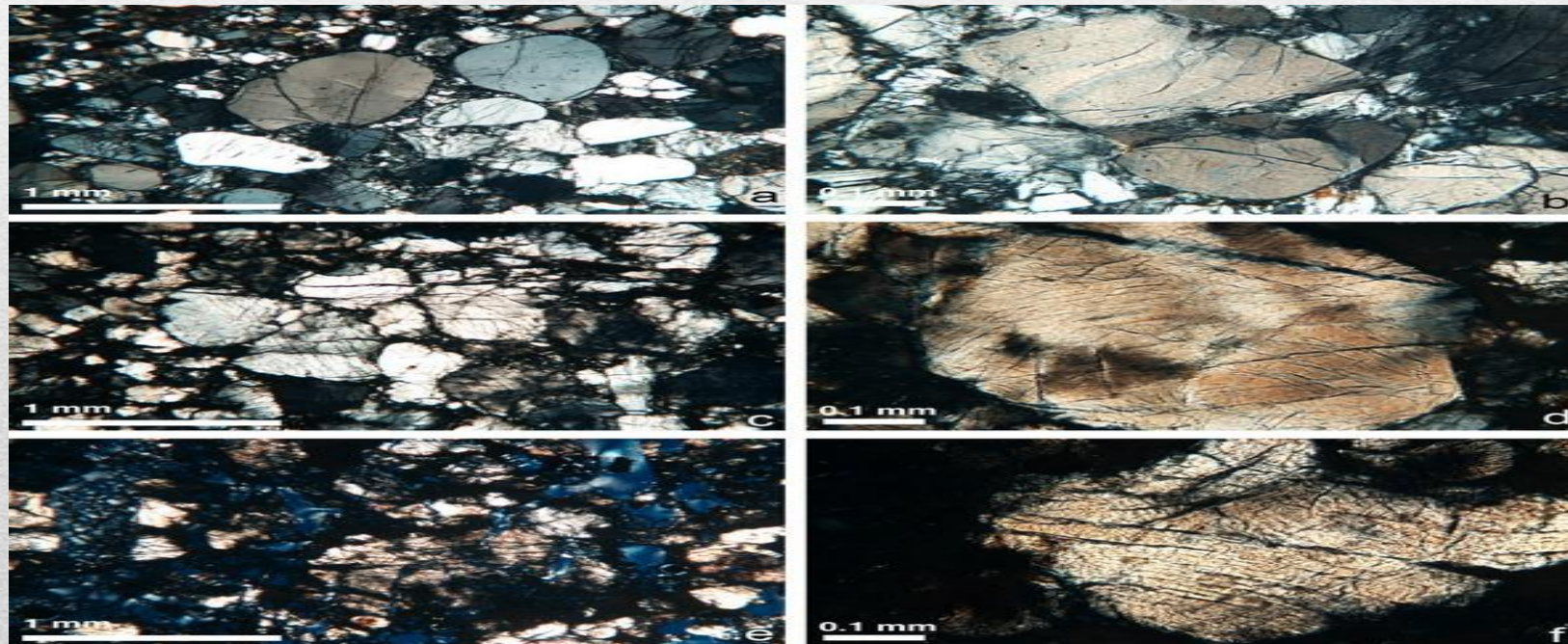
Изменение температуры и давления с глубиной характеризуется следующими цифрами:

Глубина от поверхности (км)	Давление (атм)	Температура (°C)
1	200	30
2	420	60
3	700	90
4	1000	120
5	1250	150

Роль давления в преобразовании осадочных пород

- **Давление** вышележащих толщ по-разному действует на глинистые и зернистые, плотно сцементированные и пористые осадочные породы.
- 1) Под воздействием нагрузки зерна осадочных пород сближаются друг с другом. При этом происходит постепенное **снижение пористости** пород. Отдельные зерна разворачиваются и укладываются в пространстве наиболее плотно друг к другу (т.н. плотнейшая упаковка).
- 2) Наблюдается **выделение воды**, прежде всего из **порового пространства**. Наиболее характерен этот процесс для глинистых (монтмориллонитовых) пород. При этом свободная вода вытесняется еще при давлении 40-80 атм, что соответствует глубине погружения 400-600 м. **Пленочная и гигроскопическая вода**, прочно удерживаемые на поверхности частиц, отжимаются при значительно больших давлениях и на глубинах свыше 1 км.
- 3) Следующим важным процессом является **изменение ориентировки** обломочных частиц под давлением. Минеральные частицы уплощенной формы под нагрузкой ориентируются параллельно друг другу и образуют агрегаты с весьма малой пористостью.
- 4) Кроме того, ~~частицы глинистых и слюдястых минералов подвергаются~~ **пластическим деформациям**.

При наиболее высоком давлении происходят процессы **дробления** зерен. Особенно легко подвергаются раздроблению сильно трещиноватые обломки, сростки различных минеральных зерен, хрупкие минералы с совершенной спайностью (гипс, кальцит, галит, сильвин).



Пористость как индикатор процессов катагенеза

- Количественными показателями интенсивности проявления процессов катагенеза служат *пористость* пород и поведение их в воде.
 - *Например*, для глинистых образований отмечены следующие градации.
 - Глины мелового возраста, перекрытые толщей пород мощностью 100-200 м, имеют пористость 47%. Они легко размокают в воде и относятся еще к осадкам.
 - Аргиллиты среднего карбона, залегающие на глубинах около 4000 м, отличаются пористостью около 10%; они с трудом размокают в воде.
 - Аргиллиты триаса, перекрытые толщей пород мощностью порядка 5000 м, имеют пористость в пределах 1-4% и не размокают в воде.
-

Стадия метазенеза

- Под **метазенезом** понимаются наиболее глубокие изменения осадочных пород, происходящие в нижних частях стратисферы. Во многих отношениях они напоминают начальные этапы метаморфизма.
- Метазенез происходит в складчатых зонах при мощности осадочной толщн свше 7 км, при давлении 2-3 тыс. атм и более, температуре 200-300°C и более.
- Кроме температуры и давления, важным фактором метазенеза является присутствие минерализованных *растворов*.
- Дополнительным фактором метазенеза является *стресс* – направленное давление, величина которого может в несколько раз превышать давление, обусловленное нагрузкой вышележащих толщ.

Основные процессы метазенеза

- Под влиянием процессов метазенеза осадочная порода переходит в категорию **метаморфизованной осадочной породы**. Признаками такого перехода являются полная перекристаллизация цемента и частичная перекристаллизация основной массы породы (особенно карбонатных и глинистых).
- В зоне метазенеза широко развиты специфические *процессы минералообразования*: растворения и регенерации минералов перекристаллизации и метасоматоза. Весьма разнообразны процессы нового минералообразования. В частности, могут возникать новообразованные зерна кварца, альбита, слюды, гематита, магнетита, кальцита, доломита и др.

Роль давления при метагенезе

Поскольку уже на стадии позднего катагенеза уплотнение осадочных пород достигает максимального значения, то роль давления при метагенезе проявляется в появлении тонкой трещиноватости пород (т.н. *кливажа скольжения*). Это облегчает движение водных растворов сквозь толщу осадочных пород. Кроме того, активному движению растворов способствует высокая температура.

Под влиянием *стресса* происходят процессы направленной коррозии, кристаллизации и перекристаллизации. В зернистых породах образуются «бородатые» зерна кварца, в карбонатных – стилолитовое сочленение зерен. Наблюдается коррозия зерен гранатов, ставролита, дистена, силлиманита. За счет явления регенерации разрастаются зерна кварца, полевых шпатов и др.

Ранний метагенез

- **Ранний (или начальный) метагенез** наблюдается на глубинах порядка 7-9 км, давлении до 3 тыс. атм и температуре до 300°C.
- На данном этапе характерно появление кварцитовидных песчаников, глинистых сланцев, частично перекристаллизованных известняков, тощих каменных углей.
- Характерны процессы интенсивной гидрослюдизации и хлоритизации глинистых минералов, развитие регенерационных структур и микростилолитов.
- Появляются *кливаж течения* (ориентировка чешуйчатых минералов перпендикулярно направлению стресса) и *кливаж разрыва*.
- Однако еще сохраняются реликты первичного обломочного биотита, прежние текстуры осадочных пород при некоторой перестройке структур.
- Пористость пород составляет обычно 2-4%.

Поздний метагенез

- *Поздний (или глубинный) метагенез* происходит на максимальных глубинах – свыше 9 км, при температуре выше 300°C и давлении свыше 3 тыс. атм.
- Характерными типами пород являются кварцитопесчаники, аспидные и филлитоподобные сланцы, мраморизованные известняки, антрациты и графитизированные антрациты.
- Среди новообразованных минералов появляются гидрослюды, серицит, мусковит. Обломочный биотит переходит в смешаннослойные хлорит-мусковитовые образования.
- Появляются структуры, характерные для метаморфических пород – сланцеватые, линзовидные, полосчатые. Появляются сегрегационно-полосчатые текстуры, массовое развитие получают секущие кварцевые жилки и линзочки.
- Интенсивно проявляются направленная коррозия и кристаллизация под воздействием стресса. Широко развиты кливажи течения и разрыва.
- Пористость пород обычно составляет 1-2% и менее.

Атрибуция и авторское право

Данная презентация создана с использованием собственных работ автора и справочных материалов. По возможности указывается атрибуция заимствованных материалов. Материалы, на которые нет ссылок, являются общеизвестными или часто встречаются онлайн, без указания первоначального автора

