

Химический состав Земли



Образование химических элементов

В ядрах звезд образуются $H \rightarrow He \rightarrow C \rightarrow O \rightarrow Si \rightarrow Fe$

При захвате нейтронов - образование элементов до 83 (Bi)

Образование более тяжелых элементов (**Нуклеосинтез**), происходит при облучении атомных ядер потоками быстрых нейтронов при взрывах сверхновых звезд

Средний химический состав Земли

Элементы	По А.Е.Ферсману (1932)	По Дж.Моргану (1980)
Fe	37,04	32,07
O	28,03	30,12
Si	14,47	15,12
Mg	11,5	13,9
Ni	2,96	1,82
S	1,44	2,92
Ca	1,38	1,54
Al	1,22	1,41

Химический состав земной коры

В земной коре установлено 93 химических элемента;
71 элемент – смесь изотопов, 22 – простые.

(В таблице Менделеева – 122 элемента)

Причины эволюции химического состава земной коры:

- Радиоактивный распад;
- Поступление космического вещества;
- Миграция химических элементов между геосферами

Кларки элементов в земной коре

Элементы	По Ф. Кларку (1924)	По А.А.Ярошневскому (1988)	
O	49,52	47,90 92% объема	98% веса земной коры
Si	25,75	29,50	
Al	7,51	8,14	
Fe	4,7	4,37	
Ca	3,29	2,71	
Na	2,64	2,01	
K	2,4	2,4	
Mg	1,94	1,79	
H	0,88	0,16	

Минеральный состав земной коры

Минералы – природные твердые химические соединения определенного состава, имеющие кристаллическую структуру.

Насчитывают 4000 – 4500 видов минералов

Дискуссионные соединения: вода, природный газ, природные стекла и др.

Процессы образования минералов

1. Кристаллизация природных расплавов — магм.
2. Кристаллизация из растворов (гидротермальных или холодноводных).
3. Кристаллизация в результате реакций между растворами и горными породами.
4. Кристаллизация из газовой фазы (например, из вулканических газов)

Классификация минералов

Тип	Класс	Подкласс	Примеры
1. Самородные элементы			Сера, золото
2. Сернистые соединения и их аналоги	Сульфиды		Пирит, сфалерит, галенит
3. Галоидные соединения	Хлориды		Галит, сильвин
	Фториды		Флюорит
4. Кислородные соединения	Оксиды и гидроксиды		Кварц, гематит

4. Кислородные соединения	Силикаты и алюмо-силикаты	Островные	Оливин, гранат
		кольцевые	Берилл
		цепочечные	Пироксены
		ленточные	Амфиболы
		Слоевые (листовые)	Тальк, слюды
		Каркасные	Полевые шпаты
	Карбонаты		Кальцит, доломит
	Сульфаты		Гипс, барит
	Фосфаты		Апатит
	Вольфраматы		Вольфрамит, шеелит

Горные породы



Горные породы

Горные породы – агрегаты минералов, образовавшийся в результате геологических процессов, слагающие самостоятельные тела в земной коре

По происхождению горные породы делятся на
магматические, осадочные и метаморфические

Магматические породы образовались в результате остывания и кристаллизации магматического вещества

Осадочные породы образуются на поверхности Земли в результате накопления обломков ранее образованных пород, остатков организмов или химических осадков

Метаморфические породы образуются из других пород при воздействии повышенных температуры и давления

Процессы образования пород

1. Кристаллизация при остывании магм и лав
2. Осадконакопление – отложение и преобразование осадков:
 - продуктов разрушения ранее образованных пород
 - химических осадков в водоемах
 - остатков организмов
 - вулканогенного материала
3. Изменения горных пород при изменении физико-химических условий

Магматические горные породы



```
graph TD; A[Магматические горные породы] --> B[Интрузивные]; A --> C[Вулканические];
```

Интрузивные

глубинные (абиссальные)

- Полнокристаллические

и полуглубинные
(гипабиссальные) -

неполнокристаллические

Вулканические

эффузивные и
эксплозивные

- стекловатые и
обломочные

Кристаллизация из расплава



Интрузивное тело (плутон)



Вулкан Килауэа, Гавайи

Классификация магматических горных пород

Группа пород	Содержание SiO_2	интрузивные	вулканические
Ультраосновные	$\text{SiO}_2 < 45\%$	Дунит, перидотит, пироксенит	Пикрит, кимберлит
Основные	$\text{SiO}_2 45\text{—}52\%$	Габбро, лабрадорит, диабаз	базальт,
Средние	$\text{SiO}_2 52\text{—}65\%$	Сиенит, диорит	андезит, трахит полевошпатовый порфир
Кислые	$\text{SiO}_2 65\text{—}70\%$	Гранит,	Риолит (Липарит), Обсидиан
Ультракислые	$\text{SiO}_2 > 75\%$	Пегматит	

Минеральный состав

Кислые

Гранит/риолит: кварц, полевой шпат (микроклин и др.), плагиоклаз, биотит, мусковит, роговая обманка, пироксены

Средние

Диорит/андезит: плагиоклаз, роговая обманка, пироксены, биотит

Сиенит/трахит: полевой шпат, плагиоклаз, пироксены, роговая обманка

Щелочные, средние

Нефелиновый сиенит: нефелин, полевые шпаты, плагиоклаз, пироксены

Основные

Габбро/диабаз/базальт: плагиоклаз (лабрадор), пироксены

Пироксенит: пироксены, оливин

Ультраосновные

Дунит, перидотит/пикрит: оливин, пироксены, роговая обманка

Структура

1. По степени кристалличности

- Полнокристаллическая
- Неполнокристаллическая,
- Стекловатая

2. По абсолютному размеру зерен

3. По относительному размеру зерен

- Равномерно-зернистая
- Неравномерно-зернистая
- Порфировидная (для полнокристаллических)
- Порфировая (для неполнокристаллических)
- Афировая – без вкрапленников (для неполнокристаллических)
- Пегматитовая

Степень кристалличности

Обсидиан



Структура:

2. Абсолютный размер кристаллов

- | | |
|-------------------------|----------------------|
| - Гигантозернистые | $> 10 \text{ мм}$ |
| - Крупнозернистые | $10 - 3 \text{ мм}$ |
| - Среднезернистые | $3 - 1 \text{ мм}$ |
| - Мелкозернистые | $1 - 0,5 \text{ мм}$ |
| - Скрытокристаллические | $< 0,5 \text{ мм}$ |

Структура:

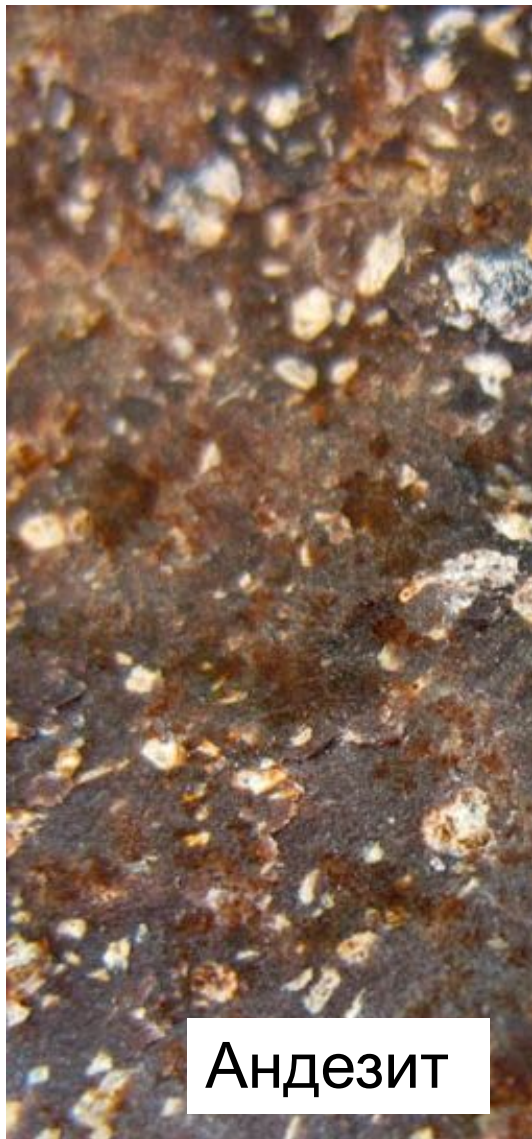
3. Относительный размер кристаллов (зерен) преобладающих минералов

- Равномерно-зернистая
- Неравномерно-зернистая



Структура:

Порфировая: крупные кристаллы в массе стекла



Андезит



Афировая – неполнокристаллическая,
без вкрапленников



Обсидиан
(вулканическое
стекло)

Текстура

Текстура (лат. *textura* - ткань), определяется пространственным расположением кристаллов и степенью сплошности породы.

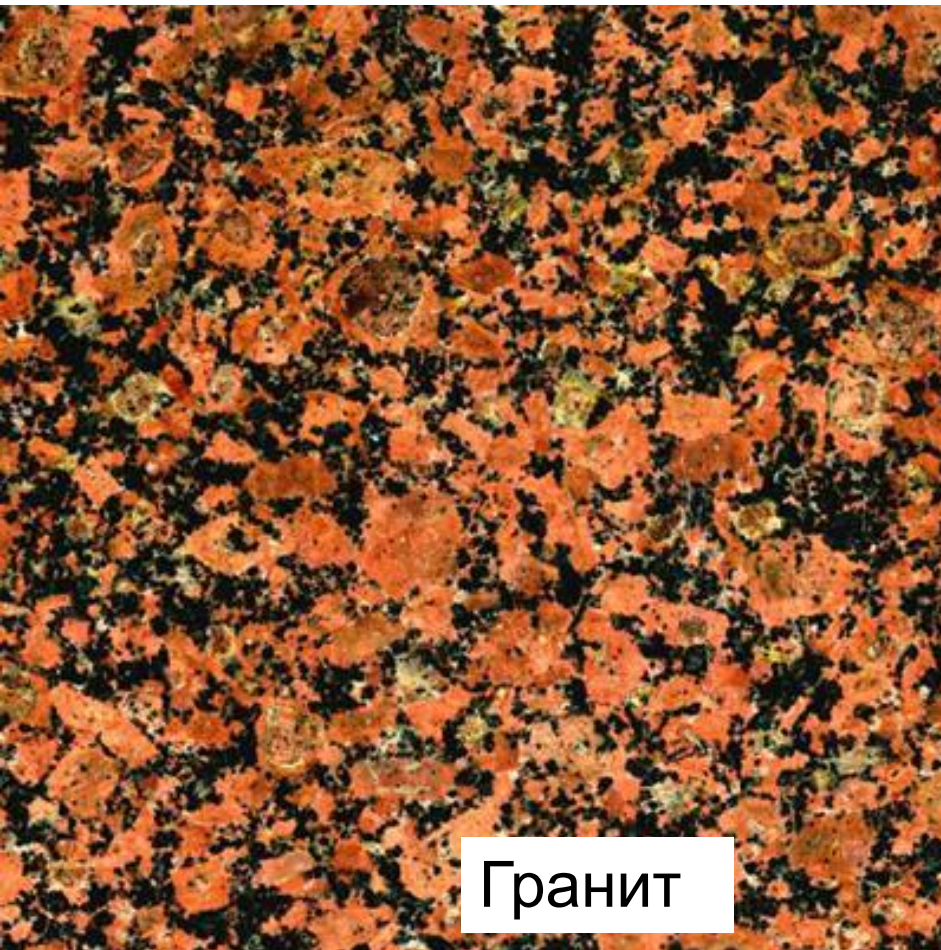
- Массивная (однородная, без ориентации зерен)
- полосчатая,
- пятнистая,
- флюидальная и др.

- сплошная
- пористая

- миндалевидная (миндалекаменная) - заполнение пустот вторичными минералами

Текстура: взаимное расположение частей породы

Однородная (массивная). Зерна минералов
распределены равномерно, без ориентировки.



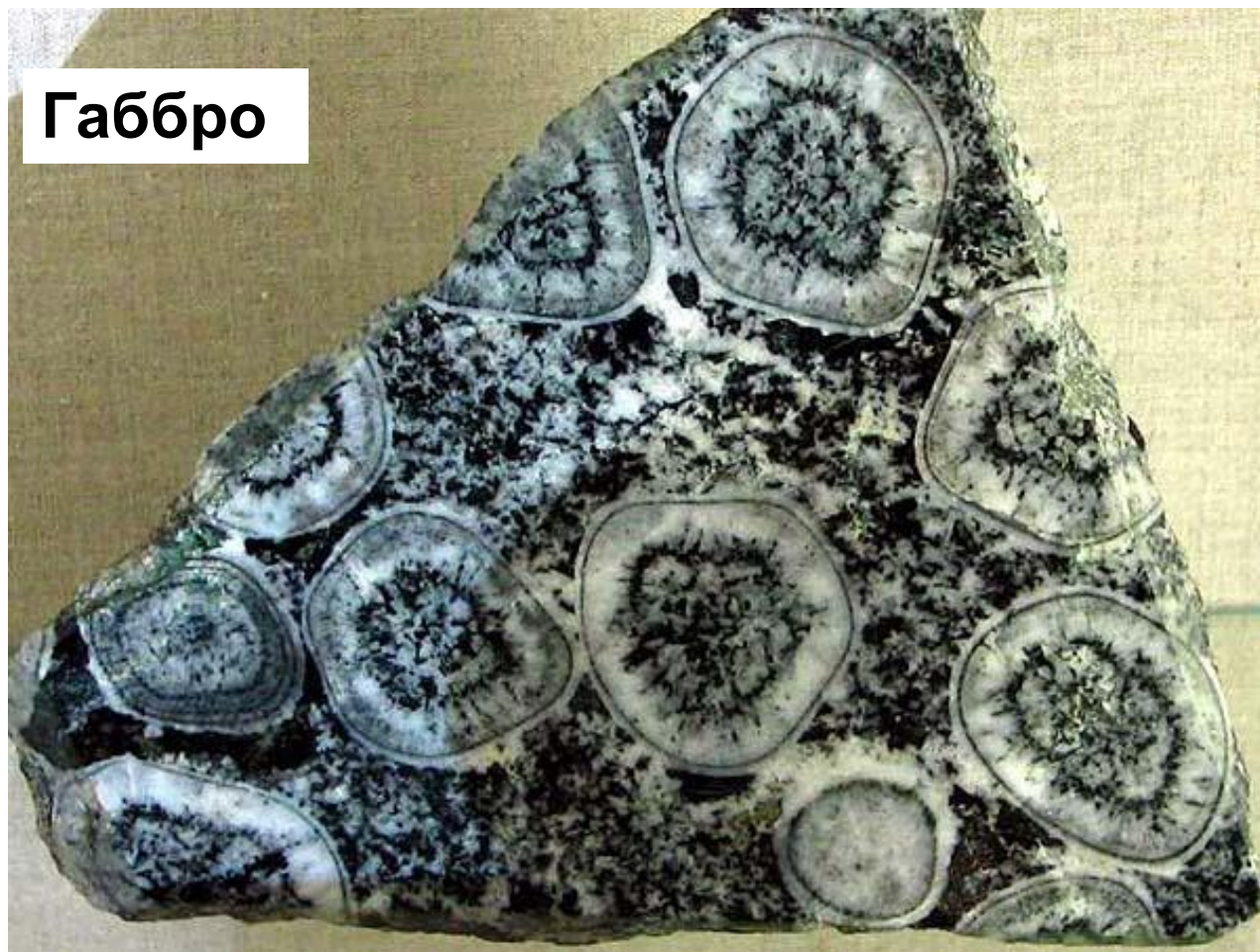
Гранит



Кварцит

Текстура:

Сферическая. Минералы располагаются сферическими зонами, внутри зон concentрическое или радиально-лучистое строение



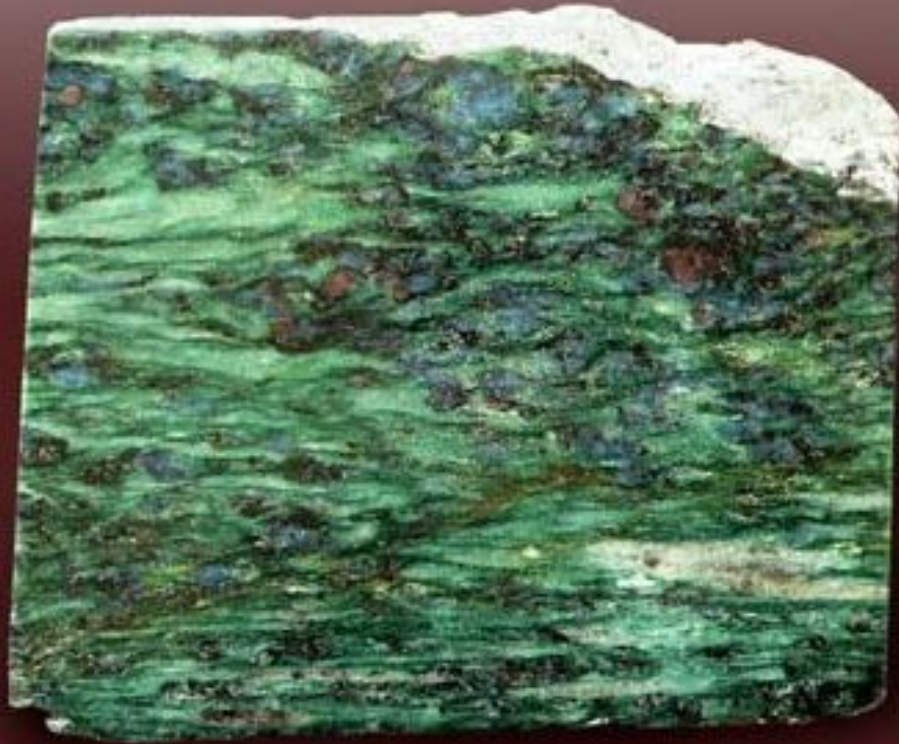
Текстура:

Директивная, кристаллы ориентированы субпараллельно



Амфиболит

Фукситовый сланец



Текстура: заполнение пространства

- 1) Плотная (массивная). Зерна минералов расположены без свободных промежутков.



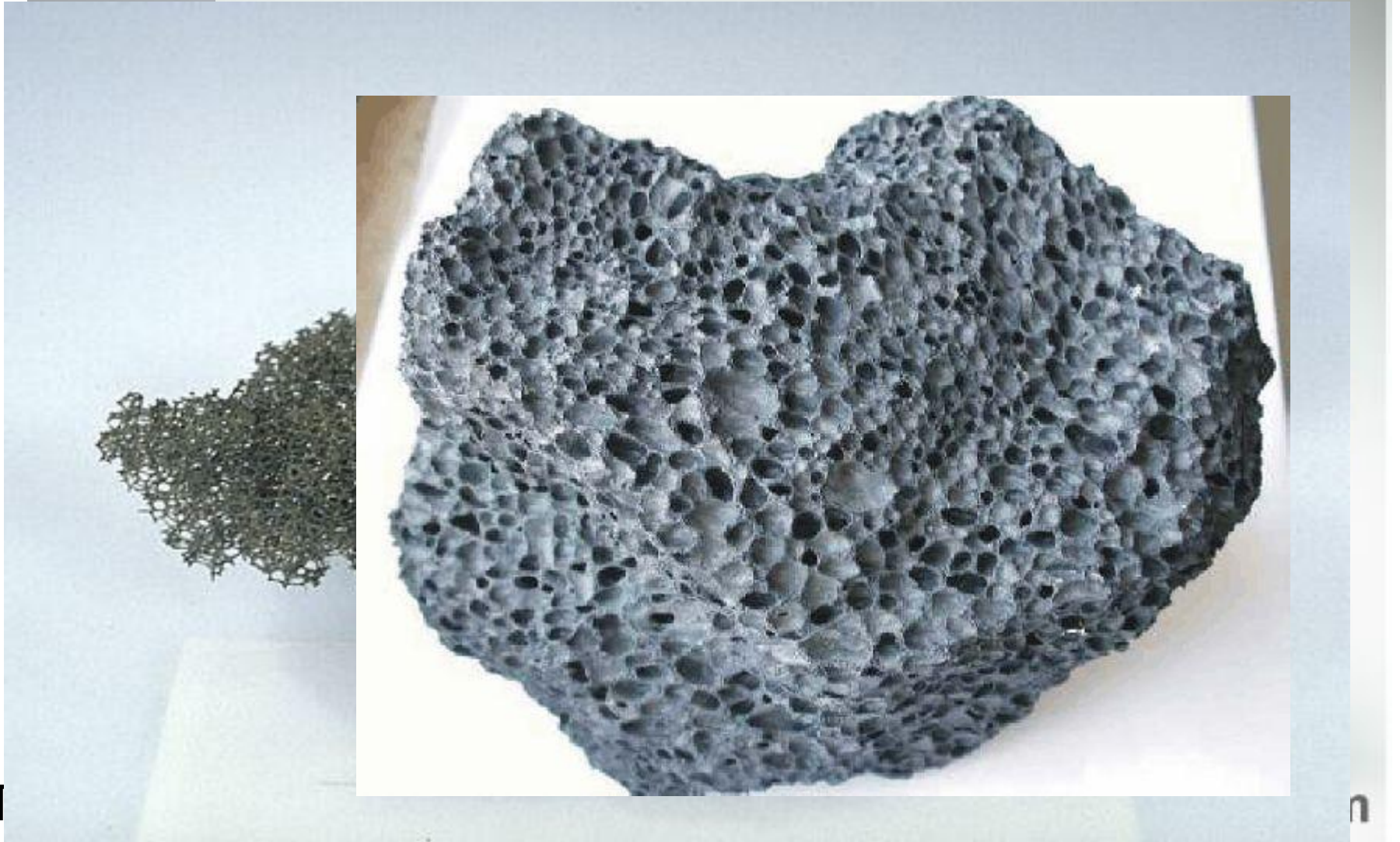
Диорит



Гранит

Текстура: заполнение пространства

2) Пористая



Текстура: заполнение пространства

3) Миндалекаменная: образуется при заполнении пустот вторичными минералами



Базальт



Генетические типы осадочных горных пород

- **Обломочные** - состоят из обломков - продуктов механического разрушения магматических, метаморфических или ранее образовавшихся осадочных горных пород;
(галечники, песчаники, алевролиты, глины и др.)
- **Химические** (хемогенные) - выпадение солей из растворов;
(соли, гипс и др.)
- **Органогенные** - образуются в результате цементации остатков животных или растительных организмов
(известняки, радиоляриты и др.)
- **Хемотобиогенные**

Обломочные осадочные породы



Песчаник



Обломочные породы

- 1) грубообломочные (*псефиты*),
размер обломков от 2 до 200 мм и более;
Структура грубообломочная, псефитовая.

Неокатанные

Глыбы

Щебень

Дресва

окатанные

Валуны

Галечник

Гравий

от 10 до 200 мм,

от 10 до 100 мм,

от 2 до 10 мм,

2) среднеобломочные (*псаммиты*),

Пески и песчаники,

размер обломков от 0,1 до 2 мм;

сцементированные **неокатанные** обломки – **брекчия**
сцементированные **окатанные** обломки –
конгломерат, гравелит

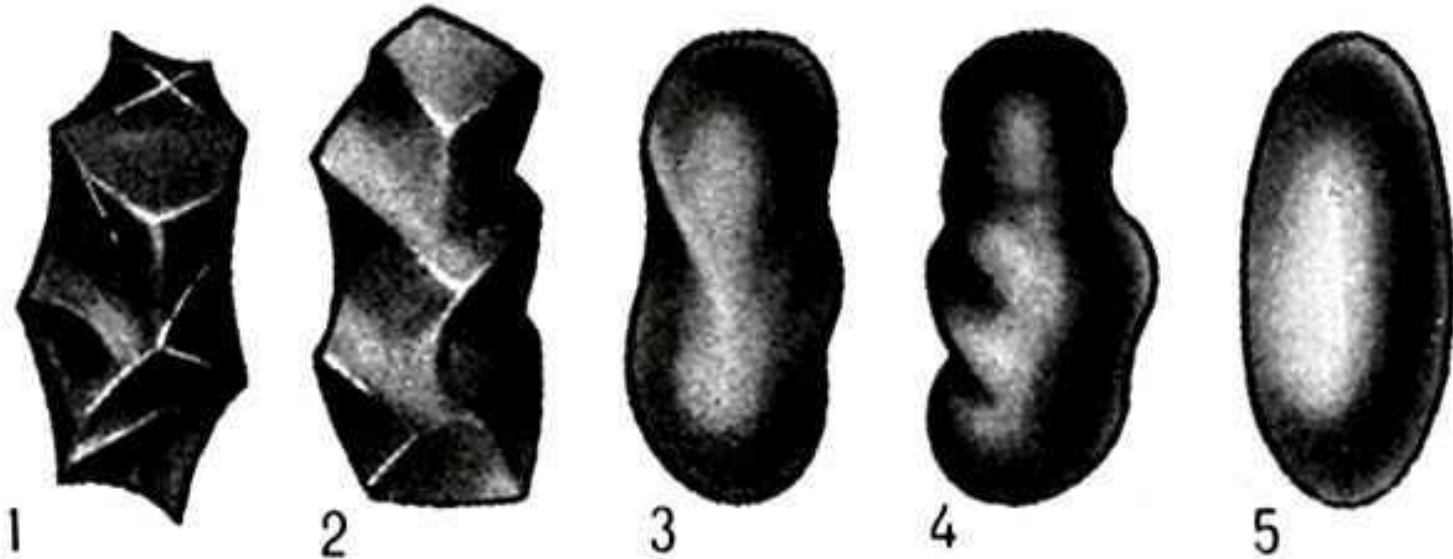
Обломочные породы

3) мелкообломочные — пылеватые породы (*алевриты, алевролиты*), размер обломков от 0,1 до 0,01 мм.

4) **Глинистые** (пелиты) — размер частиц менее 0,01мм

Для глин определяют степень пластичности

Степень окатанности зерен



1. Неокатанные, резко угловатые
2. Неокатанные, угловатые
3. Слабо окатанные
4. Среднеокатанные
5. Хорошо окатанные

Органогенные осадочные породы

Диагенез - преобразование осадков в осадочные породы



Раковины



Известняк (ракушечник)

Хемогенные осадочные породы



Мертвое море



Соляная шахта

Каустобиолиты (горючие):

Угольный ряд:

сапропелиты,
торф,
бурый и каменный уголь,
антрацит

Битумный ряд:

битуминозные породы (сланцы),
нефть
твердые битумы (озокерит и асфальт)

Метаморфизм и метаморфические горные породы

Метаморфизм - изменение магматических и осадочных пород в твердом состоянии под воздействием эндогенных факторов.

Виды метаморфизма:

- Изохимический
- Контактный (аллохимический)
- Региональный
- Локальный

Факторы метаморфизма

- Температура

(Геотермический градиент от 5 до 100°C/км)

- Давление (нагрузка вышележащих пород)

(глубина 10 км ~ 200 мПа,

глубина 30 км ~ 600-700 мПа)

- Глубинные флюиды (растворы и газы)

(H_2O , CO_2 , CO , CH_4 , H_2 , H_2S , SO_2)

Сланцы



Хлоритовый сланец с
кристаллами титанита



Бiotитовые сланцы с кристаллами
граната (альмандин),
месторождение Кителя, Карелия

Амфиболит



Роговая обманка,
плагиоклаз, гранат



Роговая обманка, плагиоклаз,
2мм

Мрамор



Мраморный карьер Рускеала, Карелия

Кварциты



Железистый кварцит, Курская магнитная аномалия

Шокшинский кварцит



Гробница Наполеона

Гнейсы



Плагиоклазы, кварц, роговая обманка