

метаморфизм



- Термин *метаморфизм* произошел от латинского слова «*метаморфоза*», то есть «превращение». Он был введен в геологическую литературу в 1833 году Чарльзом Лайелем для обозначения превращения осадков в кристаллические сланцы. Учение о метаморфизме горных пород оформилось под влиянием работ Ван-Хайза, У. Грубенмана, И.Д.Лукашевича, выделивших различные по глубине метаморфические зоны. Уже в начале XX века Бекке, Ниггли, Гольдшмидт, Эскола и Тилли пытались интерпретировать парагенезисы метаморфических пород с позиций развивающейся физической химии. Дискутировались вопросы о роли термодинамического равновесия и кинетики реакций в метаморфических системах и об открытом или закрытом их характере. В 1911 году, изучая контактовые роговики около массива гранитов в районе Осло, В.М. Гольдшмидт писал, что длительность реакций в присутствии флюида играет основную роль в создании равновесия в метаморфических породах. Позднее, в 1920 году Эскола оформил свое учение о метаморфических фациях и более широко - о минеральных фациях.

- Метаморфизм это преобразование минерального состава и строения твердых горных пород под влиянием изменившихся внешних условий.
- Происходит перекристаллизация ранее существовавших минералов, их химическое разложение и взаимодействие друг с другом с появлением новых устойчивых минералов, структур и текстур.
- Важность изучения метаморфических пород диктуется тем, что они составляют не менее 80 % объема континентальной земной коры, и расшифровать историю ее развития без исследования метаморфических пород невозможно.
- Океаническая кора в этом плане изучена гораздо хуже, да и объем обнаженных метаморфических пород в ней значительно меньше.

- **Диапазон температур метаморфизма:**

От 100 – 200 градусов до 650 – 1000 градусов

(при более высоких температурах начинается частичное плавление).

Выветривание и диагенез осадков (вблизи поверхности при низкой температуре) к метаморфизму не относятся

- **Факторы метаморфизма:**

Температура

Давление

**Флюидная фаза (вода,
углекислота)**

Тектонические деформации

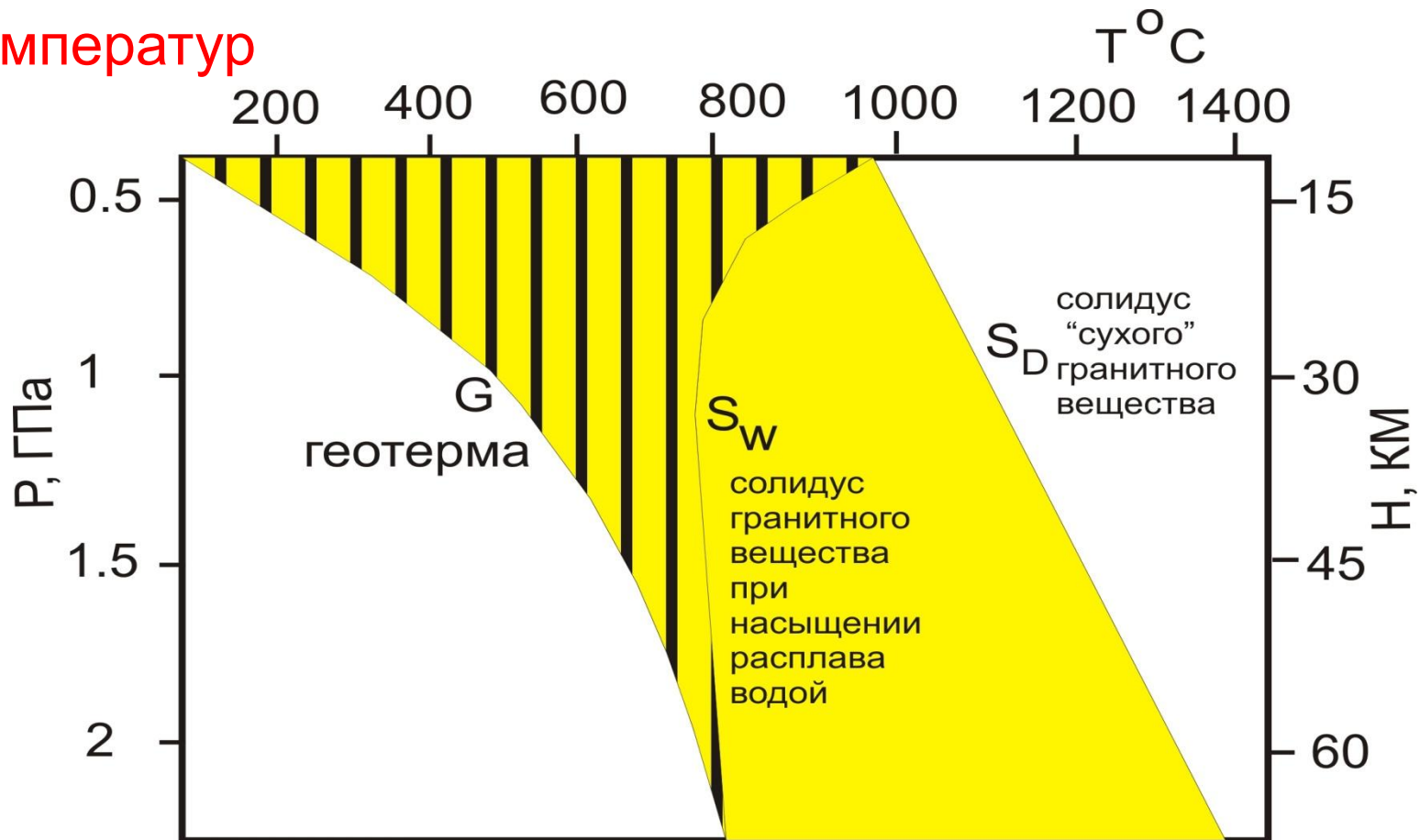
Удары метеоритов

температура

- Медленное погружение на глубину
- Нагрев под влиянием магматических тел
- Экзотермический эффект тектонических деформаций

температур

а



Область метаморфизма без участия водного флюида



Область метаморфизма с участием водного флюида

давление

- Литостатическое давление (обусловлено весом вышележащих пород, возрастает с глубиной на 25-30 МПа/ км)
- 1. накопление осадочного или вулканического материала
- 2. тектонические надвиги

Флюидная фаза

- Главные компоненты:

1. Вода

2. Углекислота

Другие летучие компоненты:

F, Cl, благородные газы, углеводороды

Что такое метасоматоз?

- При наличии большого количества флюида, не равновесного по отношению к породе, сквозь которую он фильтруется, происходит растворение ранее существовавших минералов и отложение на их месте новых минеральных фаз, что приводит к изменению валового состава породы. Такое вторичное преобразование твердых горных пород называется

метасоматозом

Аллохимический метаморфизм

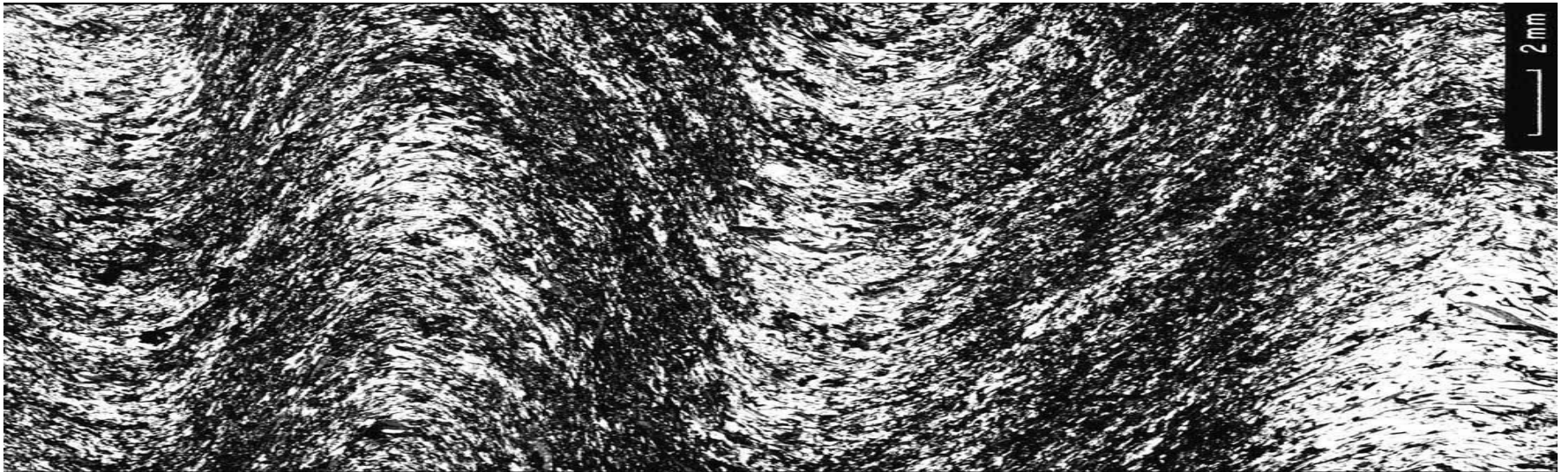
- Метаморфизм, протекающий на небольшой глубине и при относительно низкой температуре может сопровождаться метасоматическим замещением одних минералов другими и, следовательно, изменением валового химического состава породы.

Изохимический метаморфизм

- Как правило, более глубинный и высокотемпературный метаморфизм. Нелетучие компоненты перераспределяются, а валовый состав породы остается постоянным (за исключением содержания воды и углекислоты, которые возрастают при гидратации или карбонатизации или уменьшаются при дегидратации или декарбонатизации)

Деформации как фактор метаморфизма

- Упругие деформации – приводят к излому, разрушению решетки минералов, хрупкому разрушению породы и пр.
- Пластические деформации – приводят к



Типы метаморфизма

тип

- Метаморфизм погружения
- Метаморфизм нагревания
- Метаморфизм гидратации
- Дислокационный метаморфизм
- Ударный метаморфизм

фактор

- Увеличение давления, циркуляция водных растворов
- Рост температуры
- Взаимодействие г.п. с водными растворами
- Тектонические деформации
- Падение метеоритов, мощные взрывы

Метаморфизм погружения

- Опускание на глубину осадочных и вулканических пород при низких геотермических градиентах (10-20 град/км)
- Циркуляция водных растворов, обогащенных Na (морских вод)
- Метаморфизму погружения предшествует диагенез и катагенез.
- Продукты МП – метавулканыты, метаграувакки, содержащие новообразованные цеолиты, пренит, пумпеллит, хлорит, альбит; глаукофановые сланцы
- **Происходит привнос-вынос компонентов**

Метаморфизм нагревания

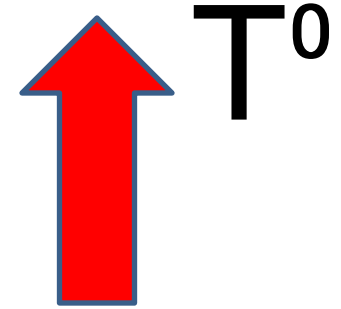
1. Контактный метаморфизм (вокруг интрузивных тел) $H \leq 3-7$ км, $P < 100-200$ МПа
2. Региональный метаморфизм (на большой глубине)
 - а. низкого давления ($H \leq 15$ км, $P < 380$ МПа, $T = 400-800$ °С)
 - б. высокого давления ($H \geq 15$ км)

**Нет привноса-выноса компонентов,
только уменьшается содержание воды**

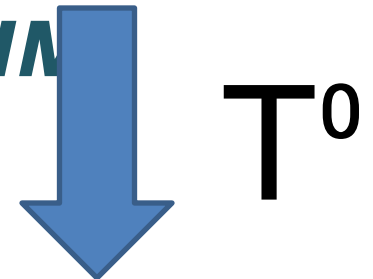
Когда T^0 достигает солидуса,
метаморфизм нагревания
переходит в частичное плавление

- На малых глубинах –
контактовый анатексис
- На больших глубинах –
региональный
ультраметаморфизм (образуются
мигматиты)

- Метаморфизм, вызванный повышением температуры называется ***прогрессивным***



- Метаморфизм, вызванный понижением температуры называется ***регрессивным***

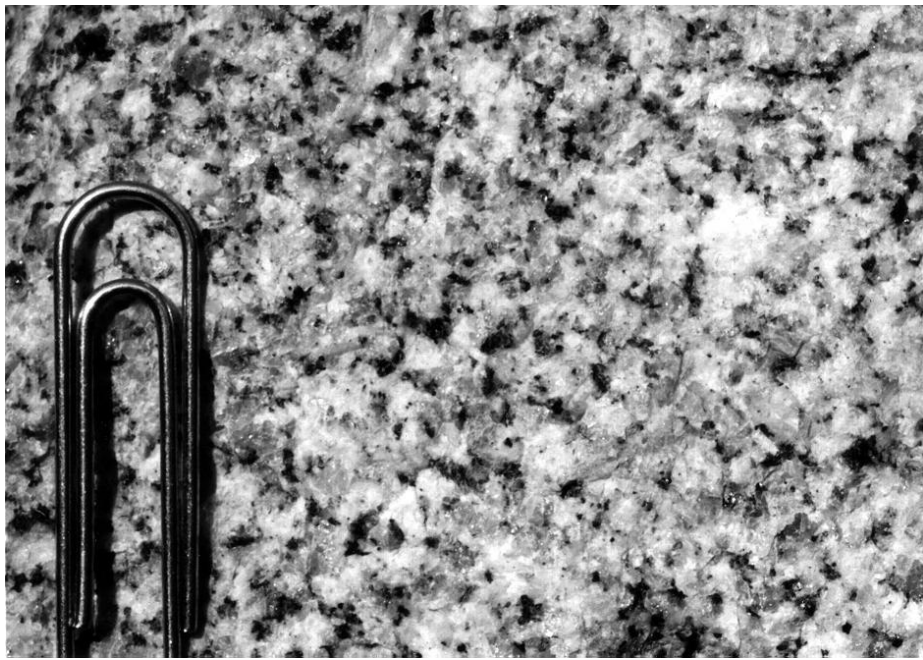


Метаморфизм гидратации – РЕГРЕССИВНЫЙ

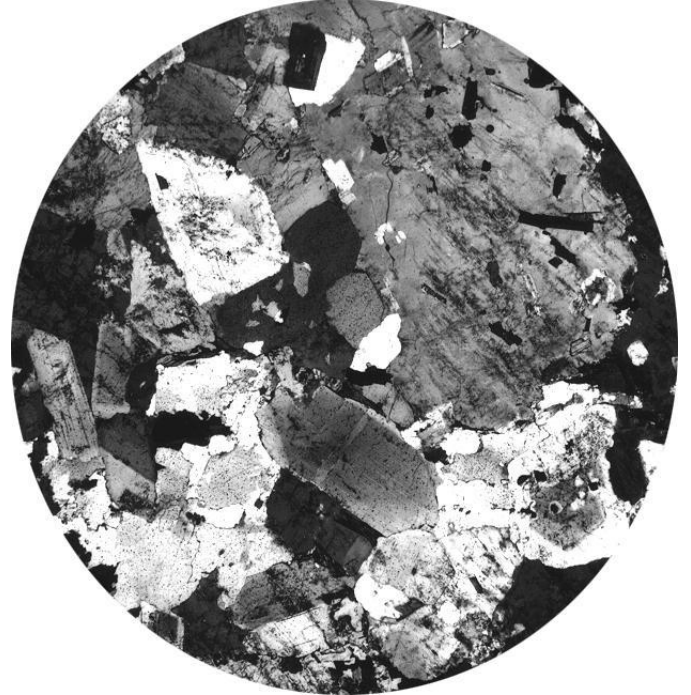
- Происходит под воздействием водного флюида на породы, сложенные безводными или маловодными минералами

Дислокационный метаморфизм

- Хрупкие и пластические деформации вблизи надвигов, в зонах скалывания и смятия
- Тектонические брекчии
- Катаклазиты
- Глинка трения
- Порфирокластические структуры
- Милониты



a



b



Figure 23.15. Progressive mylonitization of a granite. From Shelton (1966). *Geology Illustrated*. Photos courtesy © John Shelton.



c



d



Figure 23.15. Progressive mylonitization of a granite. From Shelton (1966). *Geology Illustrated*. Photos courtesy © John Shelton.

Ударный метаморфизм

- Падение крупных метеоритов
- Мгновенное повышение T^0 до 2000–3000 °С

P до 50 – 70 ГПа

- На фронте ударной волны образуются брекчии
- Тагамиты – расплавленные породы