

# 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**

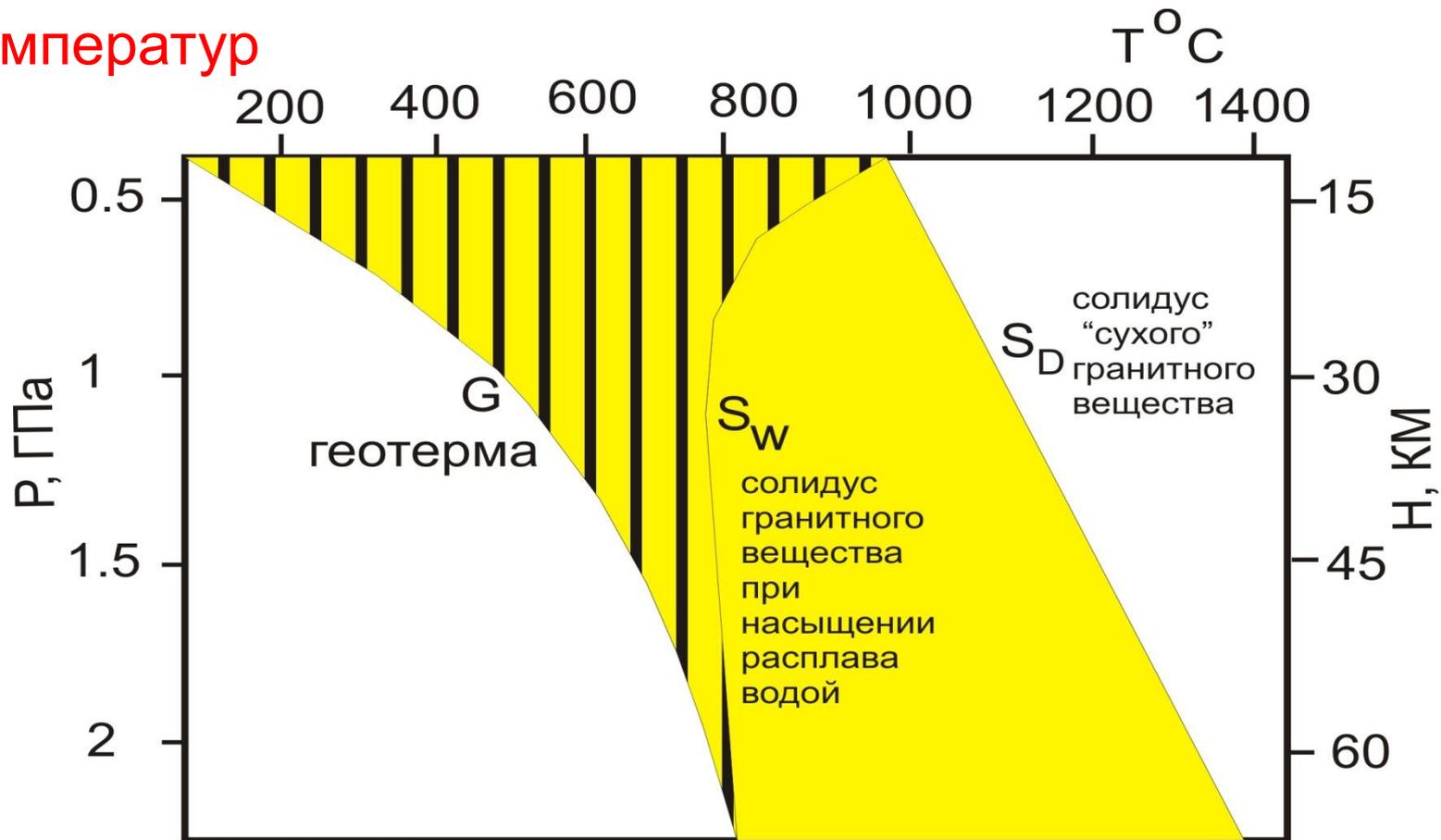
**Удары метеоритов**

# 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

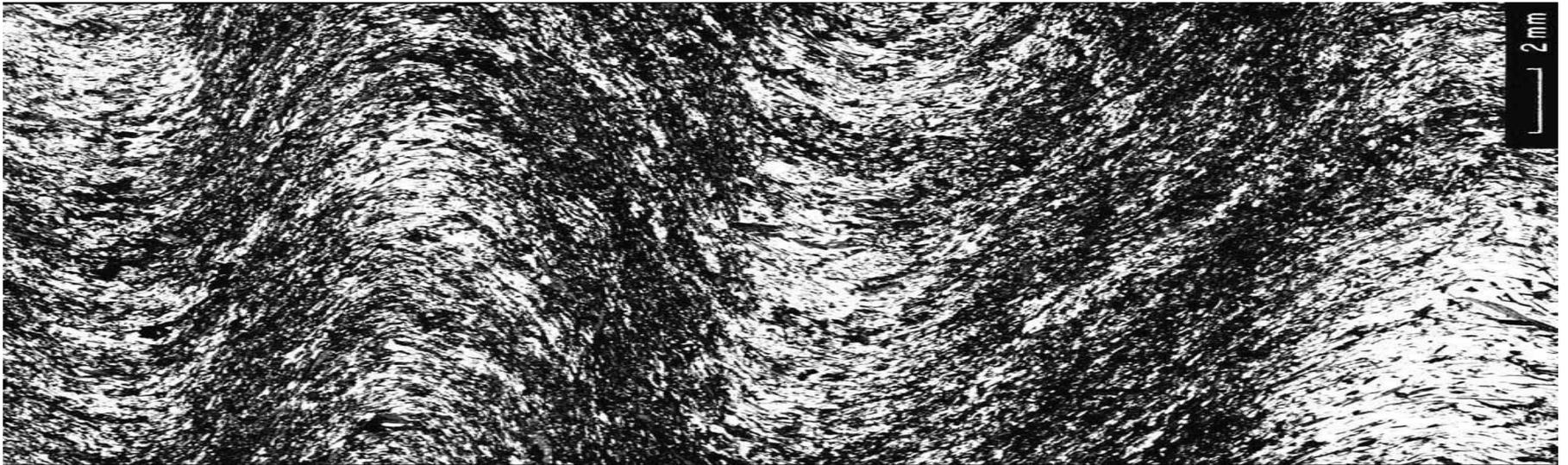
- Метаморфизм, протекающий на небольшой глубине и при относительно низкой температуре может сопровождаться метасоматическим замещением одних минералов другими и, следовательно, изменением валового химического состава породы.

# 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

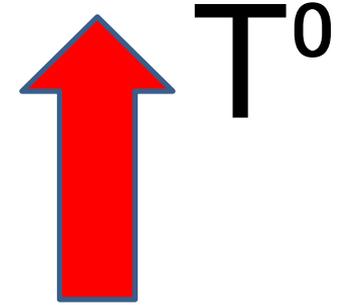
1. Контактный метаморфизм (вокруг интрузивных тел)  $H \leq 3-7$  км,  $P < 100-200$  МПа
2. Региональный метаморфизм (на большой глубине)
  - а. низкого давления ( $H \leq 15$  км,  $P < 380$  МПа,  $T = 400-800$  °С)
  - б. высокого давления ( $H \geq 15$  км)

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

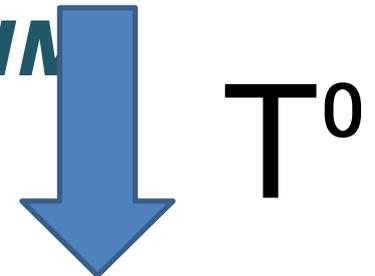
Когда  $T^0$  достигает солидуса,  
метаморфизм нагревания  
переходит в частичное плавление

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

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



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

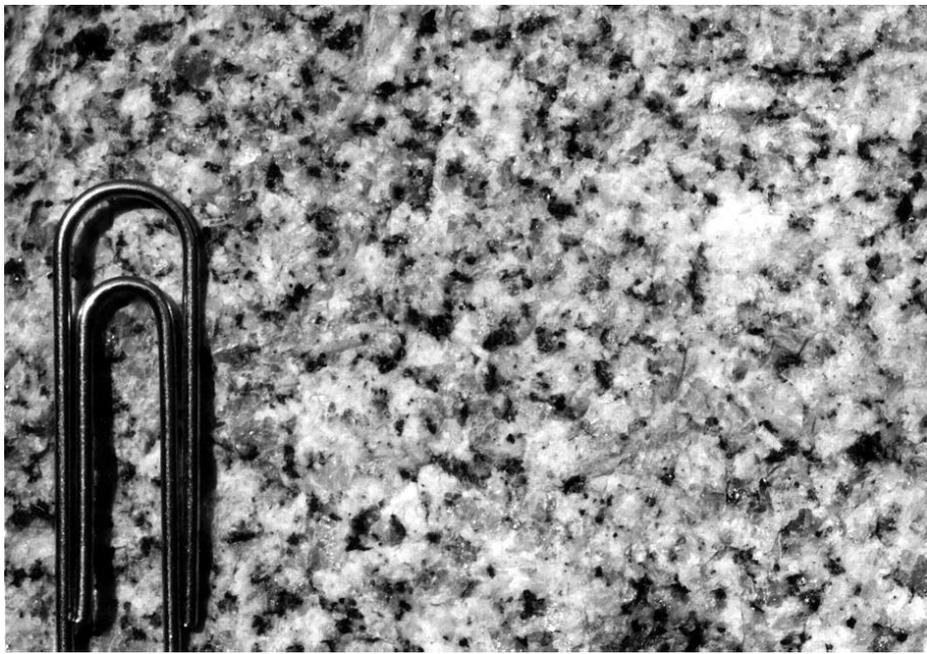


# Метаморфизм гидратации – РЕГРЕССИВНЫЙ

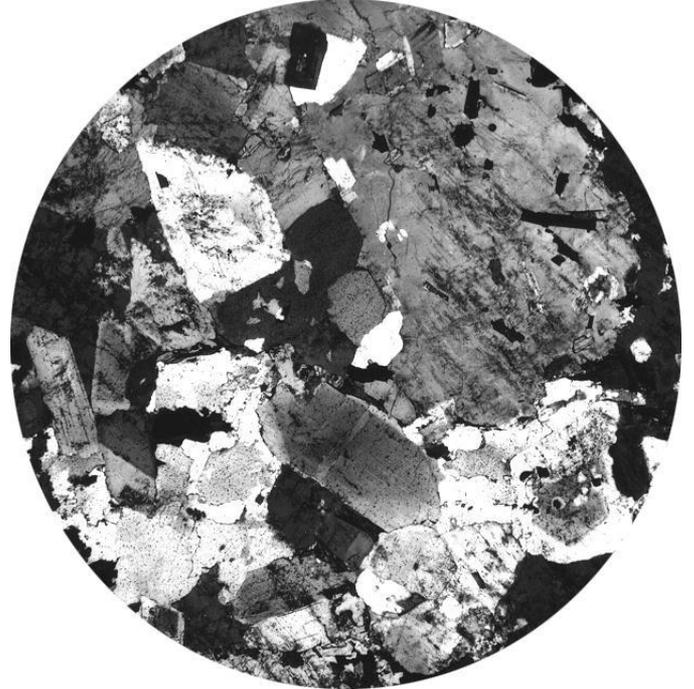
- Происходит под воздействием водного флюида на породы, сложенные безводными или маловодными минералами

# Дислокационный метаморфизм

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



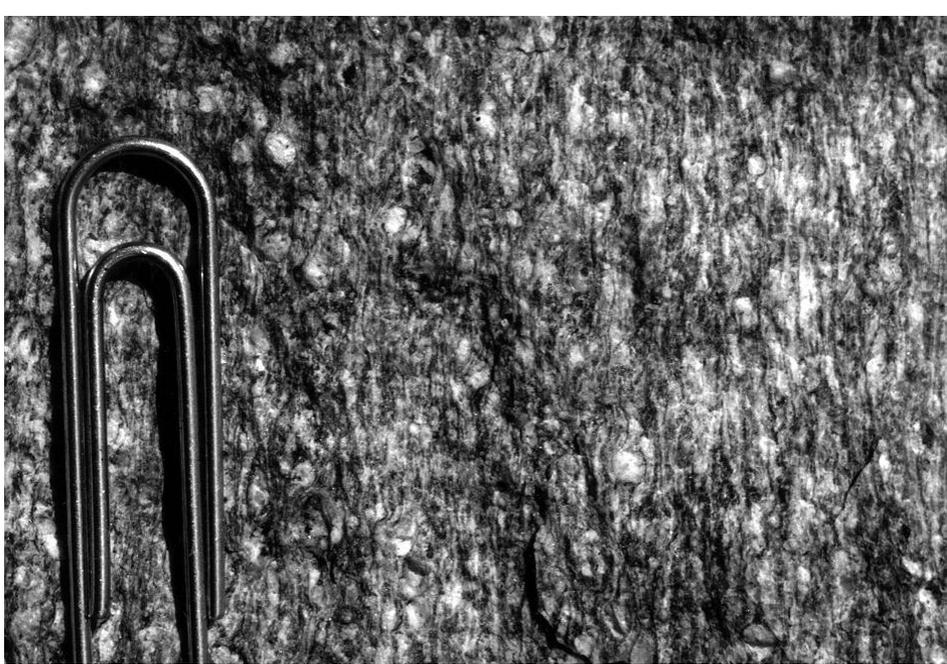
a



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