

Геохимические процессы в литосфере Земли и геобаротермометрия

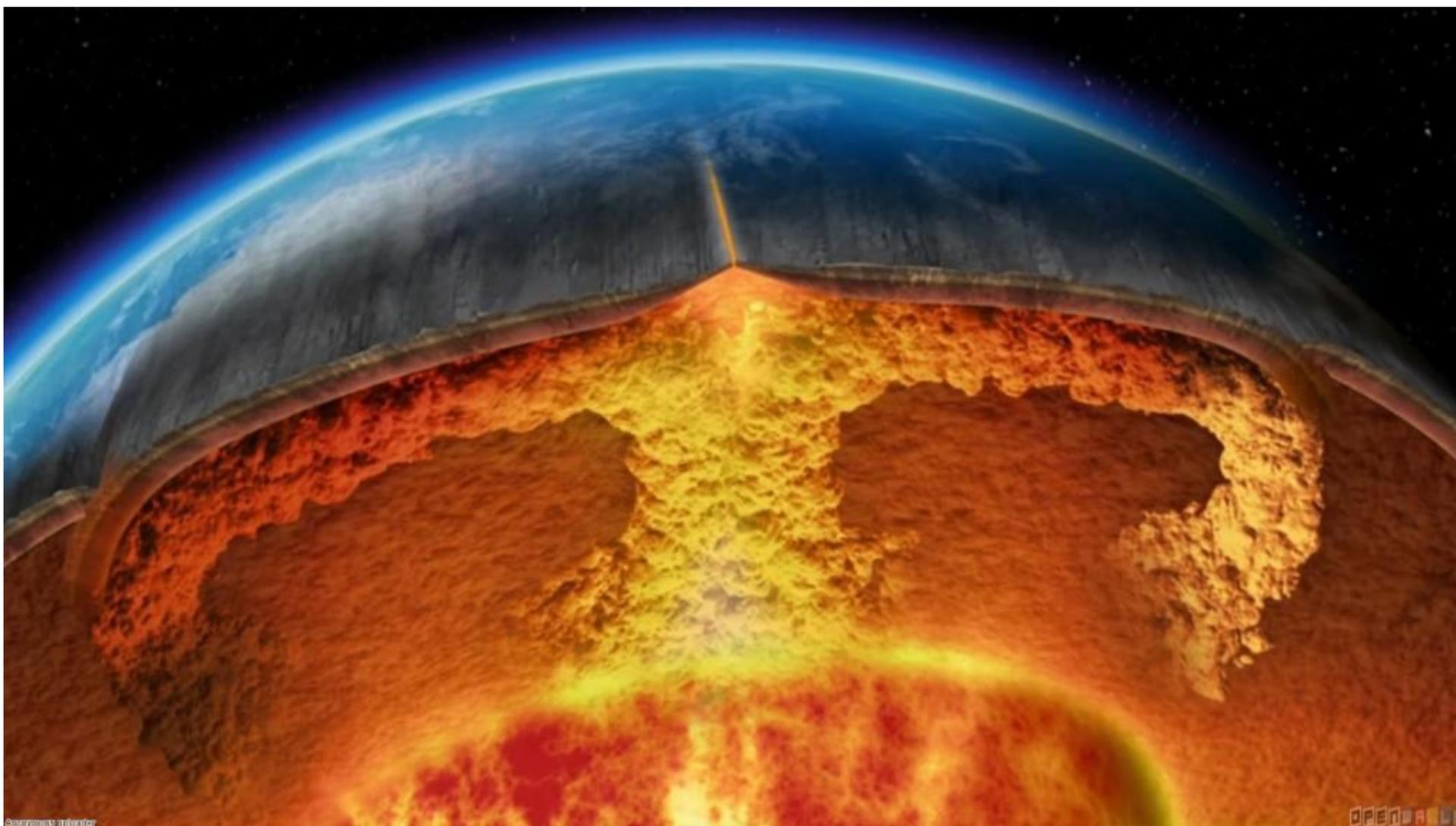
Станислав Иванов,
ИФЗ РАН

Нормальные условия

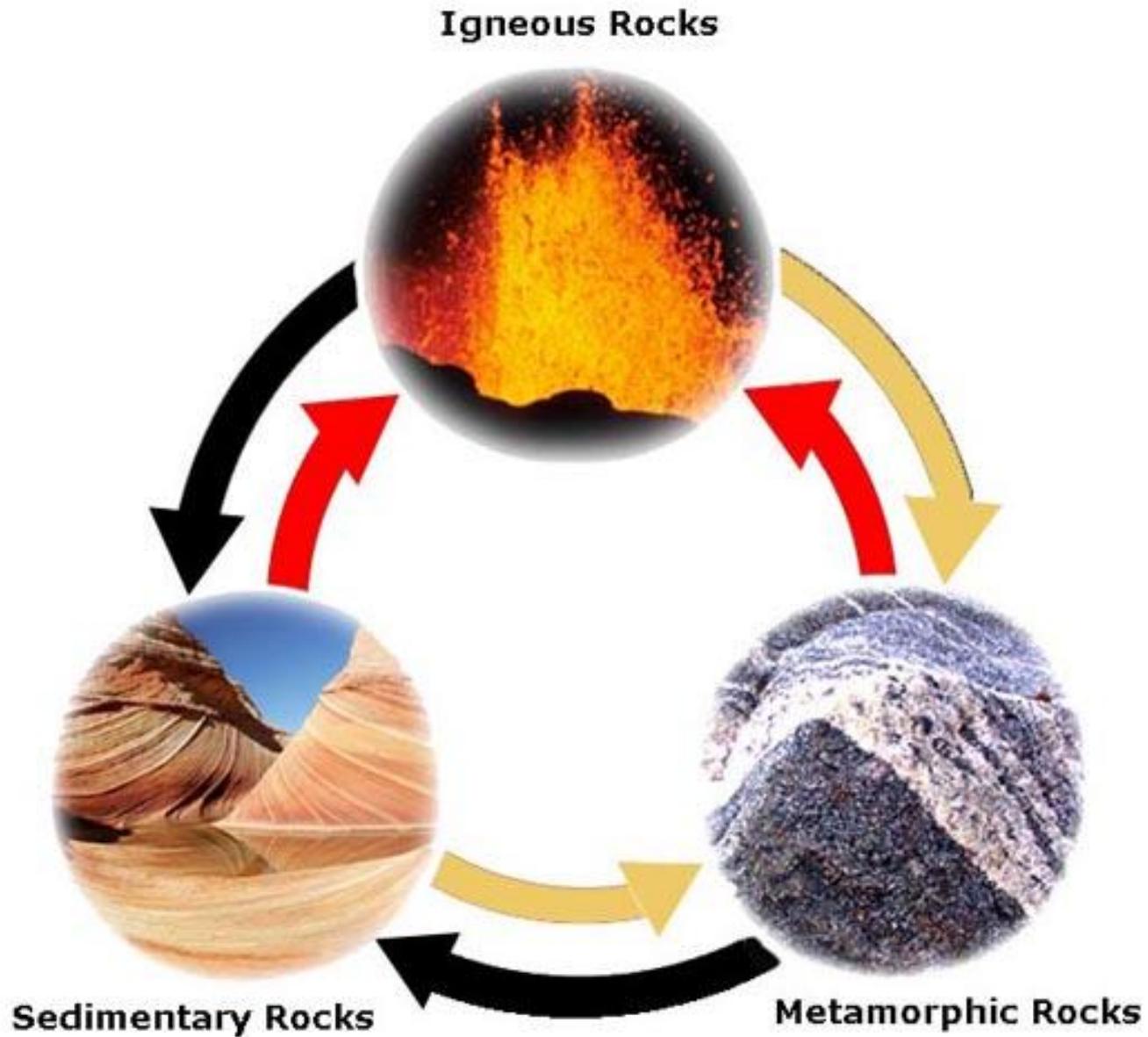


$P = 1 \text{ атм}$ $T = 25 \text{ }^\circ\text{C}$

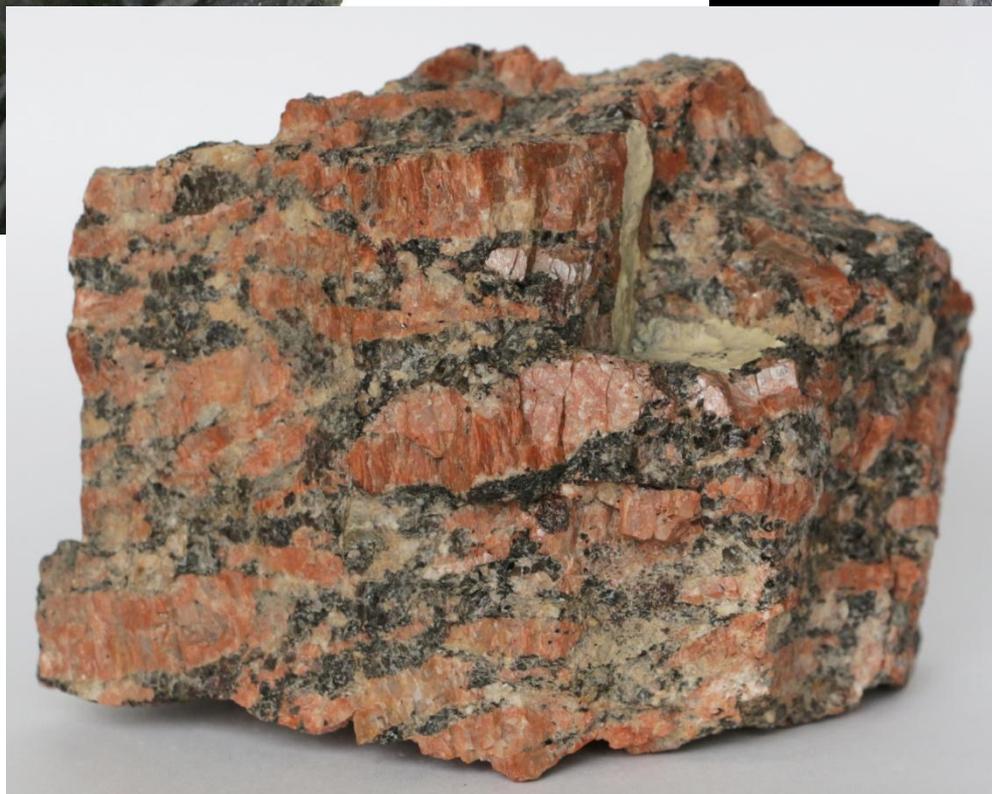
Условия недр



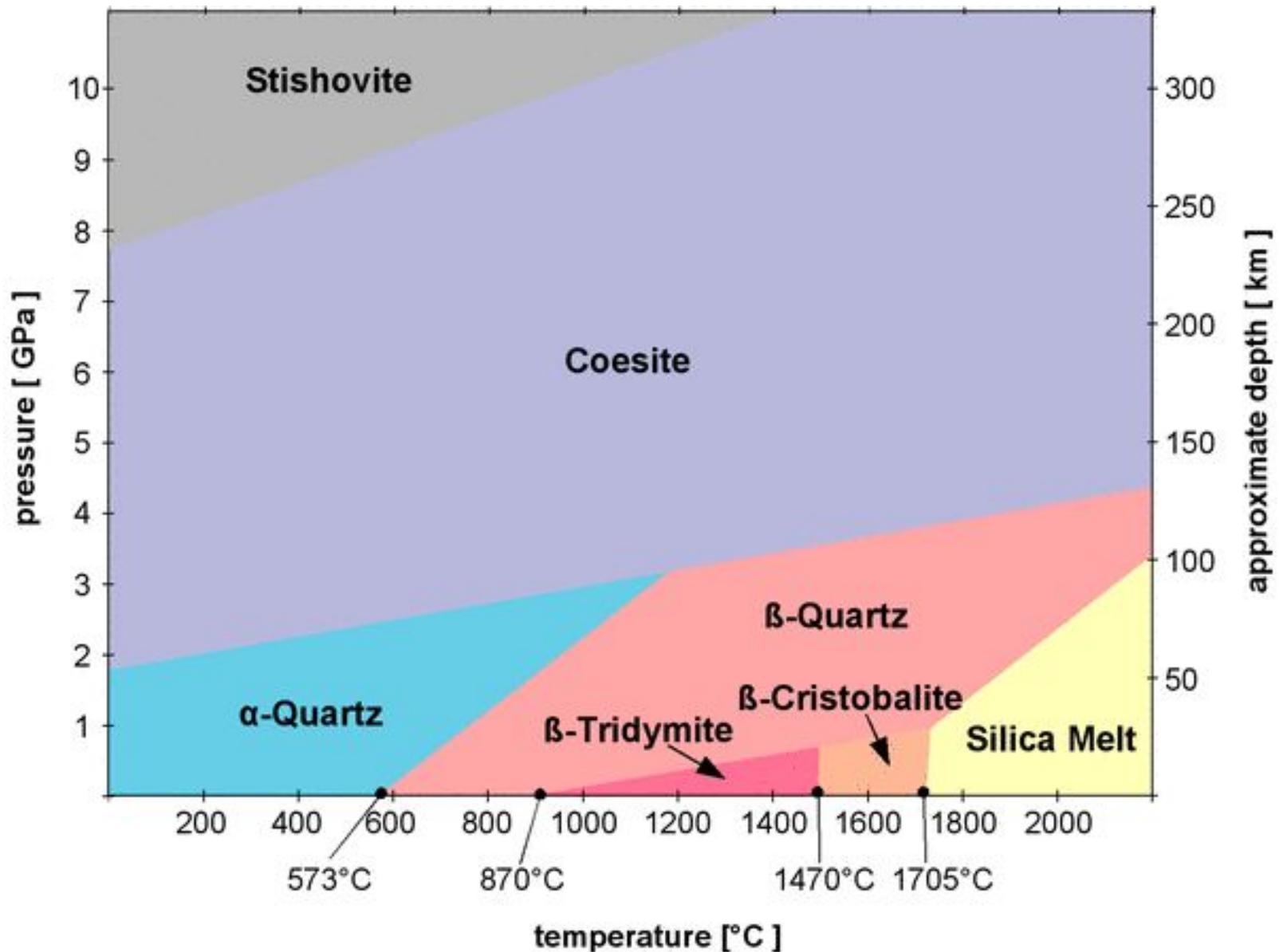
Горные породы



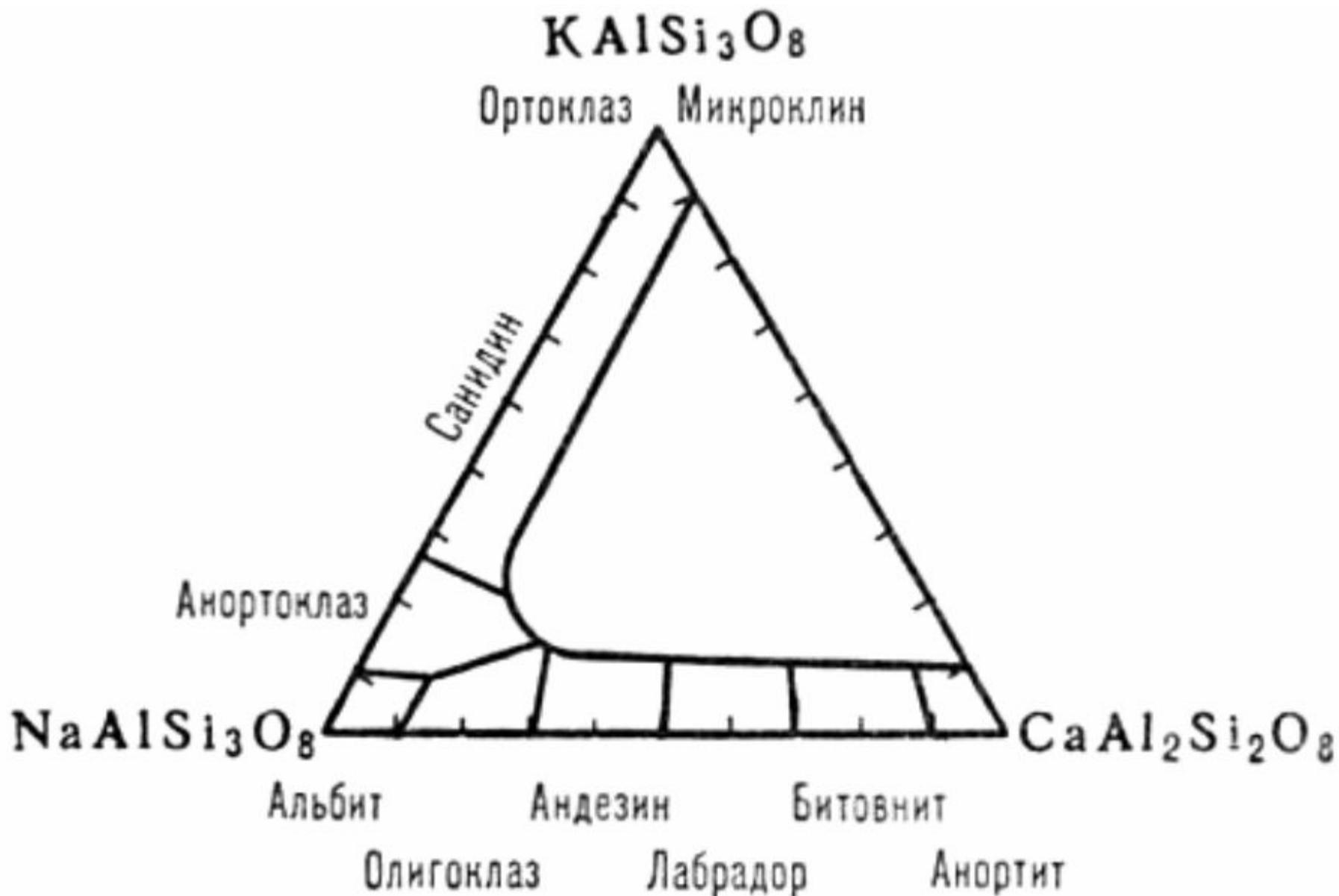
Твёрдое вещество



Фазы на примере кварца (SiO_2)



Непрерывные ряды твердых растворов



Химические реакции в нестандартных условиях

$$\Delta G = \Delta H - T \Delta S$$

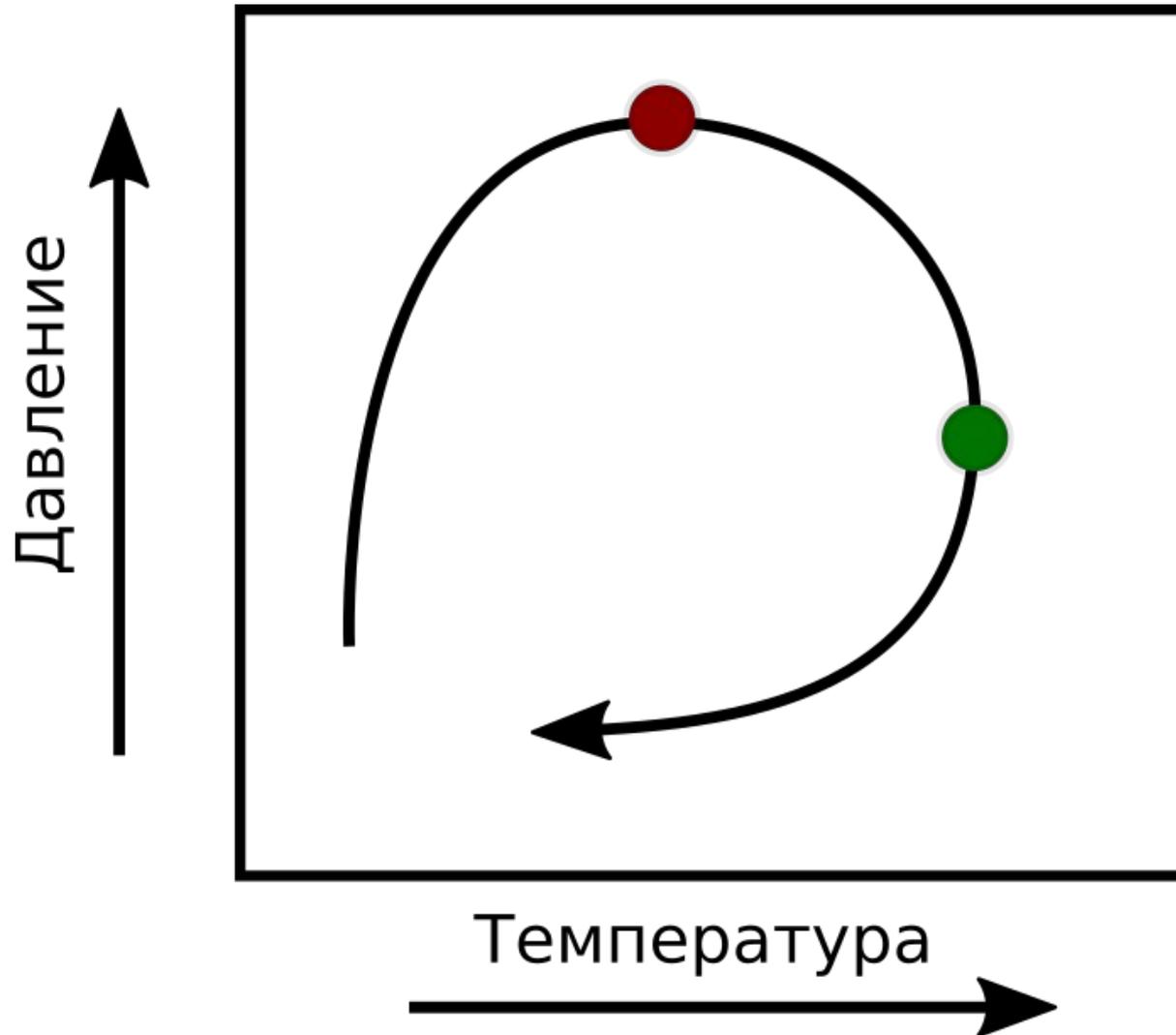
Большая и страшная формула:

$$dG = \sum_i^n \nu_i \left(H_{0i} + \int_{T_0}^T C_i(T) dT + \int_{P_0}^P V_{0i} - T \frac{dV_i(T)}{dT} dP - T \left(S_{0i} + \int_{T_0}^T \frac{C_i(T)}{T} dT - \int_{P_0}^P \frac{dV_i(T)}{dT} dP \right) \right)$$

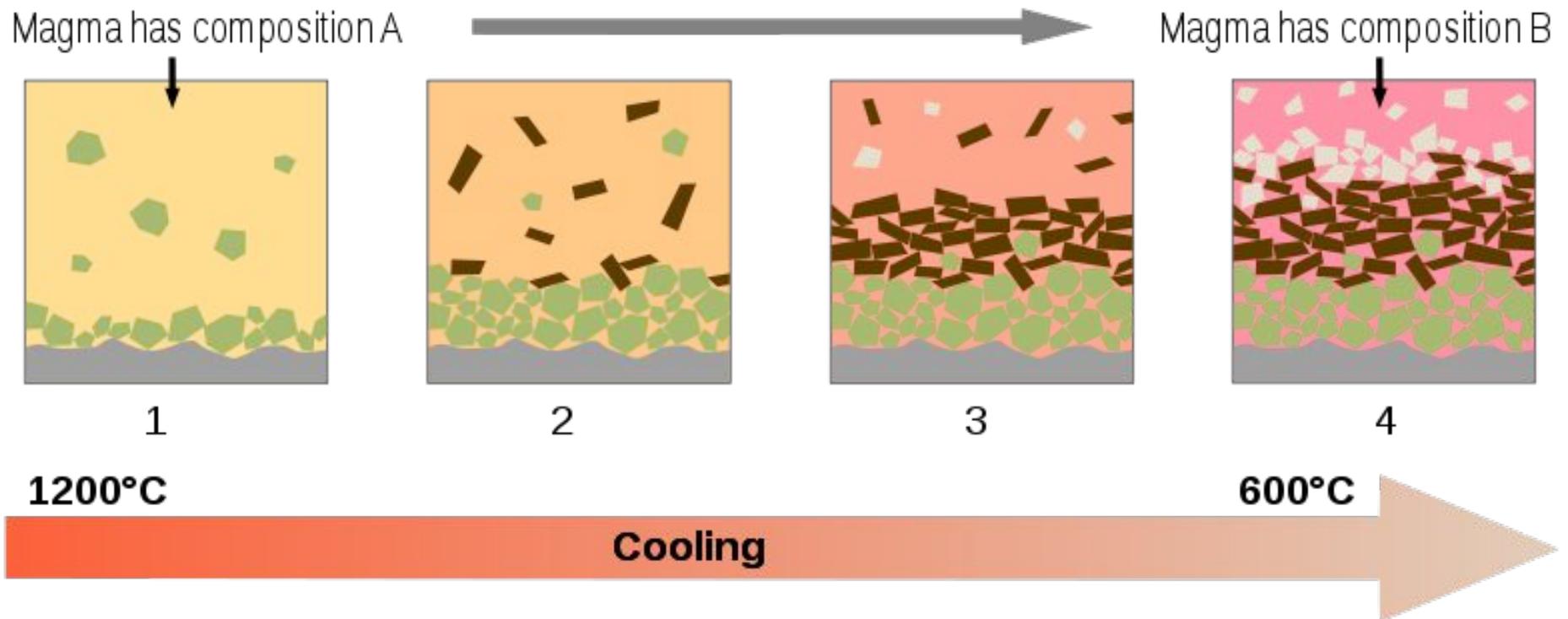
Энергия
Гиббса

$$\Delta G = \Delta G_P + \Delta G_T + \Delta G_{mix}$$

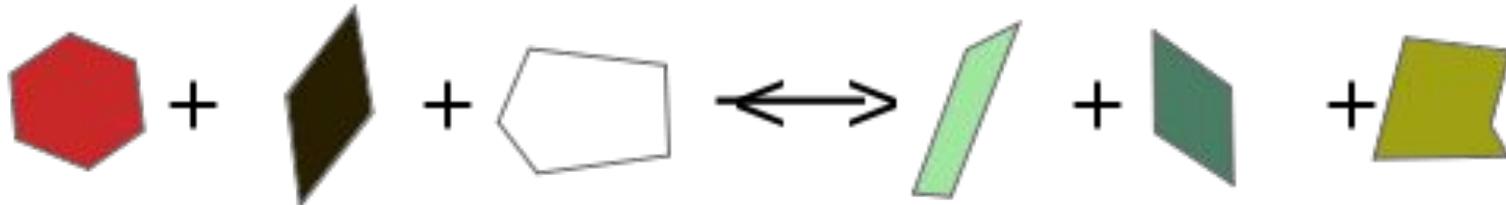
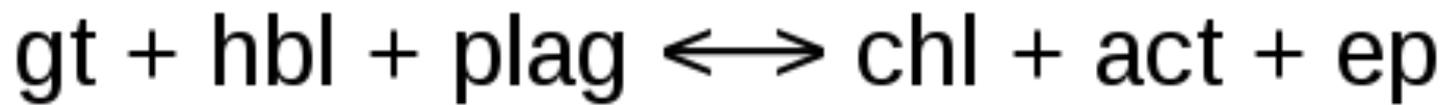
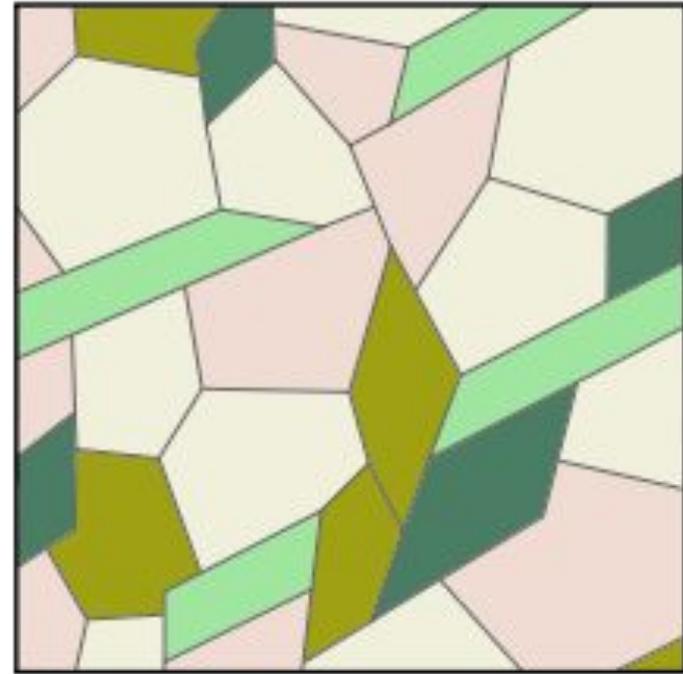
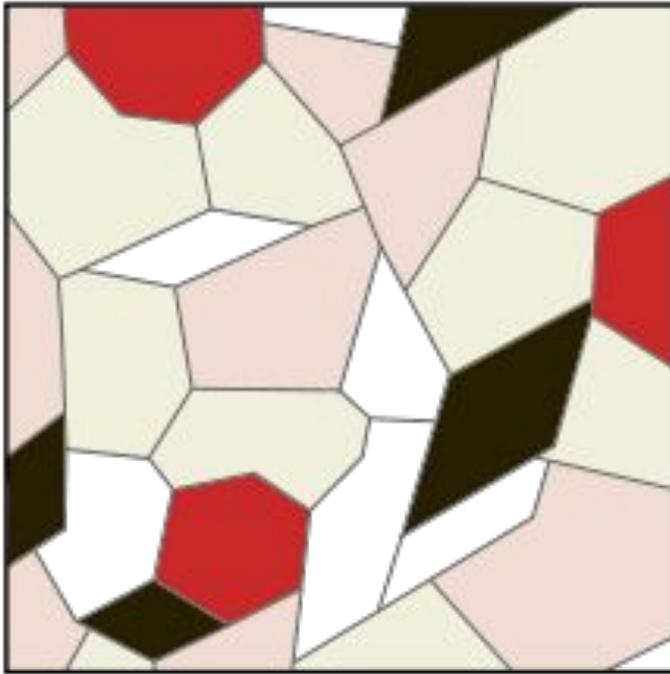
Что происходит с метаморфическими породами?



Кристаллизация расплава

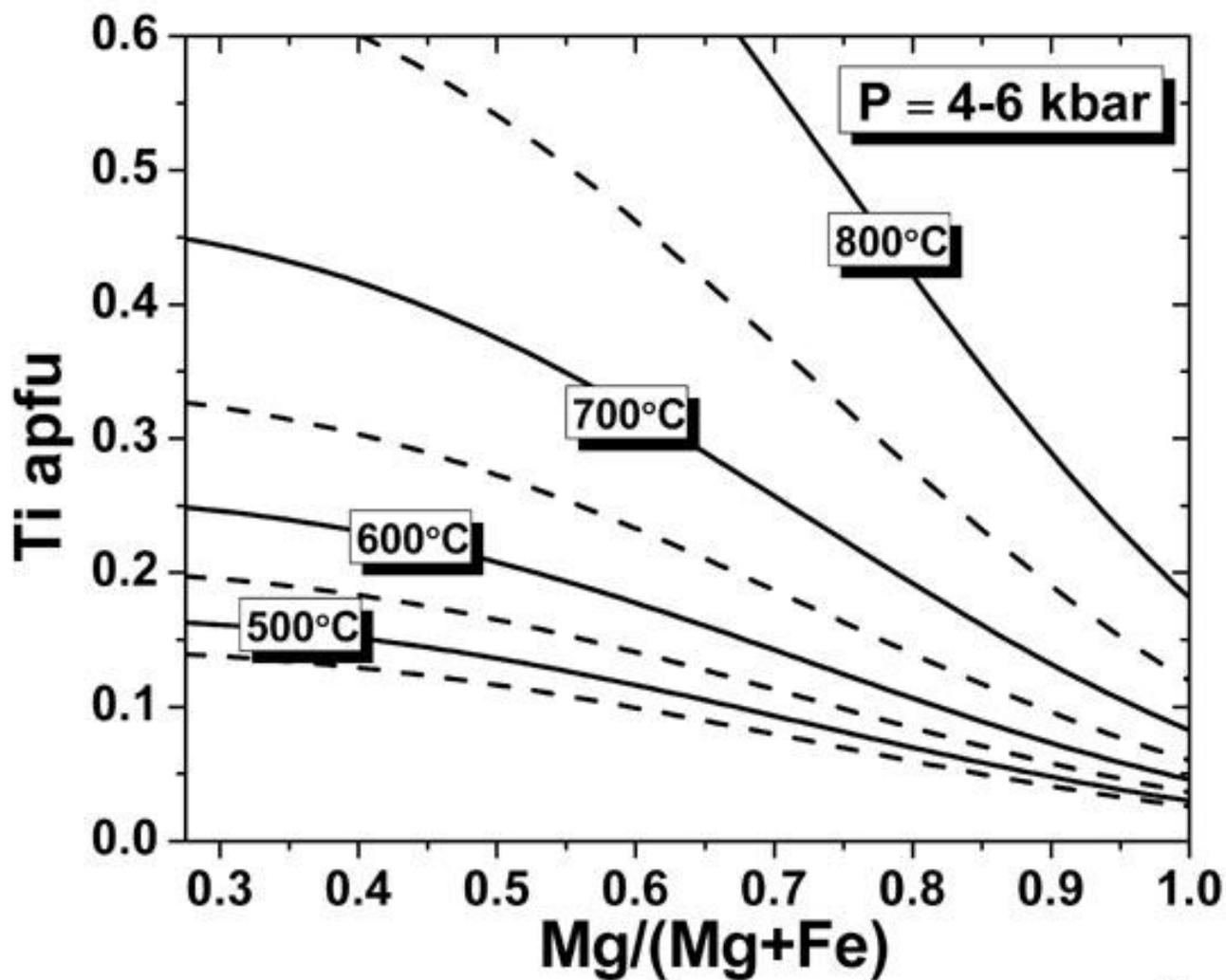


Перекристаллизация



Пример Ti в Биотите

$\text{K}(\text{Mg}, \text{Fe})_3[\text{Si}_3\text{AlO}_{10}][\text{OH}, \text{F}]_2$



Некоторые геосенсоры

Термометры

Обменные

- garnet-biotite Fe-Mg
- garnet-cordierite Fe-Mg
- garnet-clinopyroxene Fe-Mg
- garnet-orthopyroxene Fe-Mg
- garnet-hornblende Fe-Mg
- garnet-olivine Fe-Mg
- olivine-spinel Fe-Mg
- two Fe-Ti oxides (e.g., ilmenite-magnetite) Fe-Ti

Перекристаллизация

- calcite-dolomite Ca-Mg
- clinopyroxene-orthopyroxene Ca-Mg/Fe
- plagioclase-alkali feldspar K-Na
- muscovite-paragonite K-Na

Барометры

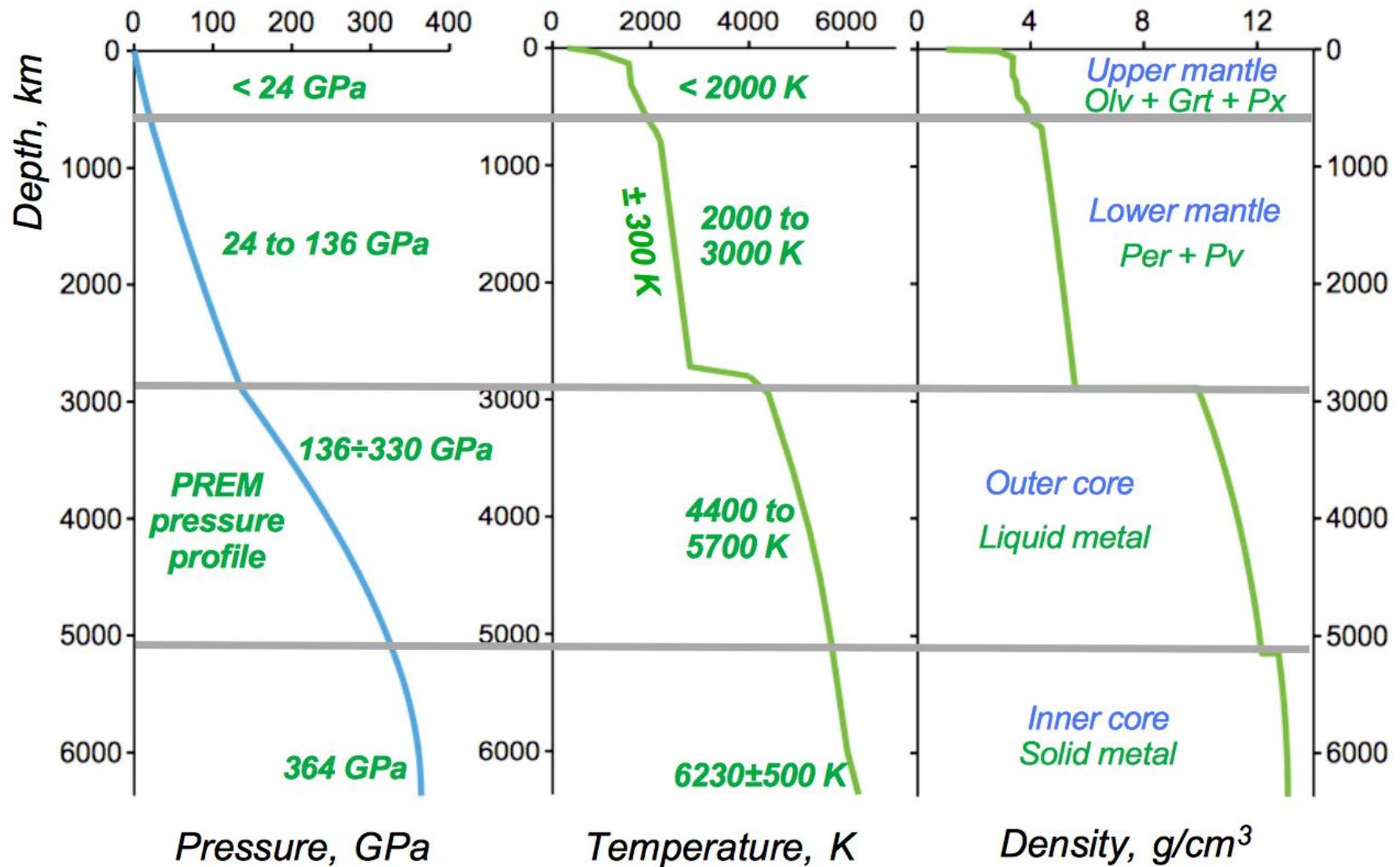
Сетевой обмен

- garnet-Al₂SiO₅-quartz-plagioclase
- garnet-rutile-Al₂SiO₅-ilmenite-quartz
- garnet-rutile-ilmenite-plagioclase-quartz
- garnet-plagioclase-muscovite-biotite
- garnet-plagioclase-hornblende-quartz GPHQ

Другие

- Si in phengite
- Al in hornblende
- Al in orthopyroxene
- Magmatic epidote in calc-alkaline igneous rocks

Земля в цифрах



Спасибо за внимание!