

ОСОБЕННОСТИ РОСТА КРИСТАЛЛОВ В СПЛОШНЫХ СРЕДАХ (МЕТАМОРФИЧЕСКИХ И МЕТАСОМАТИЧЕСКИХ ПОРОДАХ)

Азимов П.Я.

Институт геологии и геохронологии докембрия РАН, Санкт-Петербург,
az@pa1400.spb.edu

В большинстве случаев внимание исследователей привлекают кристаллы, выросшие в свободной среде (из раствора, расплава или пара). В частности, многие природные кристаллы образуются из водных растворов (низкотемпературных или гидротермальных) и силикатных расплавов [1-3]. Однако так же широко распространены в природе кристаллы, выросшие в стеснённых условиях. К ним, в частности, относятся кристаллы минералов метаморфических и метасоматических пород. Их образование происходит из межзерновых и капиллярных флюидов, присутствующих в породе. Изучение таких кристаллов может быть важным источником информации об особенностях кристаллизации в сплошных средах. Признаками, указывающими на условия и механизм роста, являются морфология и анатомия кристаллов, а также структура их агрегатов и взаимоотношения с другими минералами породы. При росте кристаллов в стеснённых условиях эти признаки могут быть связаны с условиями и механизмами собственного роста индивидов и с взаимодействием этих индивидов с матрицей и другими индивидами.

Анализ черт морфологии и анатомии зёрен минералов, формировавшихся в стеснённых условиях, показывает, что для них характерны все те же особенности, что и для минералов, растущих свободно: зональность, секториальность, двойники, скелетный рост, расщепление (рис. 1). Эти особенности проявляются как в порфиробластах, так в зёрнах, слагающих матрицу породы. Это позволяет предположить, что механизмы кристаллизации при росте в стеснённых условиях те же, что и при свободном росте. Такой вывод подтверждается и при анализе скульптуры поверхности зёрен. Исследования поверхности зёрен граната из метаморфических и метасоматических пород (рис. 2) показывают [4], что для них обычны те же элементы скульптуры (вицинальные холмики, макроступени и их эшелоны, участки слоистого и нормального роста), что и для кристаллов граната, выращенных из расплава или раствора при свободной кристаллизации [5-7]. Для природных пиритов из метаморфических пород также характерна скульптура, обычная для свободно растущих кристаллов [8].

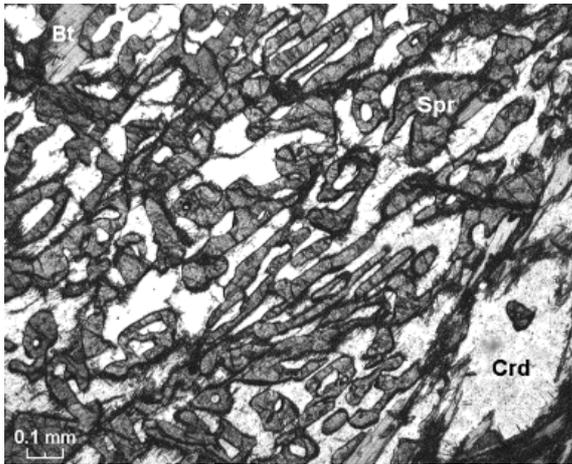


Рис. 1. Скелетный кристалл сапфирина в кордиеритовой породе (Mg-Al метасоматиты). Центрально-Кольская гранулитогнейсовая область. р. Медвежья, Кольский п-ов.

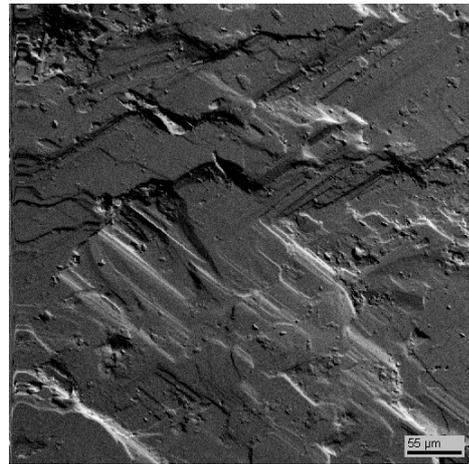


Рис. 2. Макроступени на поверхности зерна граната из гранат-биотитового сланца. Северное Приладожье.

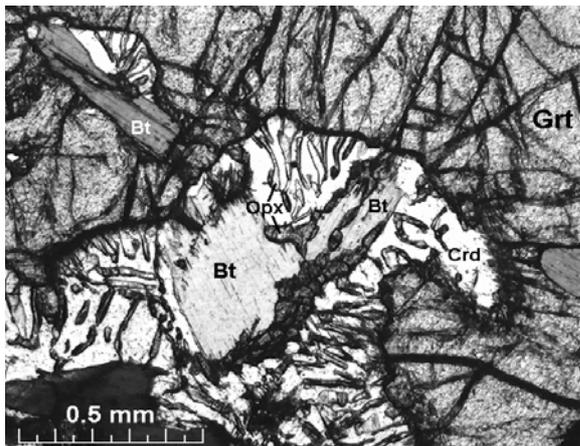


Рис. 3. Ортопироксен-кордиеритовые симплектиты (псевдоморфоза по гранату). Центрально-Кольская гранулитогнейсовая область. р. Медвежья, Кольский п-ов.

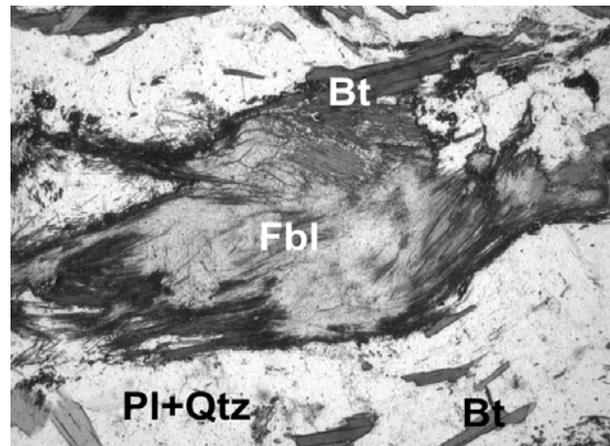


Рис. 4. Агрегат спутанноигольчатого фибролита псевдоморфно замещает лейсты биотита. Урагубская зеленокаменная структура. СЗ часть Кольского п-ова.

К особенностям кристаллизации в стеснённых условиях надо отнести:

- возникновение кристаллизационного давления;
- формирование агрегатов зёрен, составляющих матрицу породы;
- возникновение реакционных структур.

Кристаллизационное давление при росте порфиробластов проявляется в виде раздвигания призматических и пластинчатых кристаллов слюд, хлоритов или амфиболов с образованием структур обтекания. Такие структуры не связываны с деформациями породы при

тектонических процессах, так как они, как правило, являются посткинematическими.

Строение агрегатов зёрен, слагающих матрицу породы, зависит от характера образования/преобразования породы, механизмов кристаллизации и степени её деформации. Для анализа таких структур хорошо подходят статистические методы, в том числе описание межзерновых границ и распределения зёрен в объёме породы как фрактальных величин [9-12]. Существуют и экспериментальные исследования формирования таких агрегатов [13-14], но они немногочисленны и недостаточно характеризуют механизмы кристаллизации в полиминеральных системах.

Важными особенностями, присущими метаморфическим и метасоматическим породам, являются реакционные структуры (псевдоморфозы, реакционные каймы, симплектиты) (рис. 3-4). Из этих структур экспериментально исследованы псевдоморфозы [14-18] и реакционные каймы [19], но в этих экспериментах практически не уделялось внимание кинетике их формирования. Поскольку метаморфические и метасоматические реакции происходят при сохранении породы в твёрдом состоянии, то все продукты этих реакций могут быть названы автоморфозами [16]. Отсутствует ясность, какие условия приводят к формированию новой структуры породы, а какие – к наследованию существующих. Однако, анализируя условия возникновения псевдоморфоз и симплектитов (обычно – замещение крупных зёрен агрегатом более мелких, секреторный характер роста, наследование химического состава первичных фаз), можно предположить, что они формируются при лимитирующем влиянии растворения протофаз и ограниченном массопереносе в системе. Если скорость растворения замещаемой фазы мала по сравнению со скоростью кристаллизации новообразованных фаз, а массоперенос не в состоянии обеспечить перераспределение вещества в объёме породы, то новообразованные фазы замещают исходные, нередко образуя теневые структуры. Такие условия могут возникать, например, при малой подвижности одного из компонентов, входящих в старые и новые фазы (например, в большинстве псевдоморфоз метаморфических пород наследуется Al: мусковитовые псевдоморфозы по ставролиту, плагиоклазу, кианиту; фибролитовые или кианитовые агрегаты по мусковиту и биотиту; сапфирин-кордиеритовые симплектиты по силлиманиту; в других наследуются Si, Fe и Mg: куммингтонитовые псевдоморфозы по ортопироксену, кордиерит-, плагиоклаз- и силлиманит-ортопироксеновые, биотит- или амфибол-плагиоклазовые – по гранату, хлоритовые – по биотиту, серпентиновые – по оливину и ортопироксену, и т.д.). Образование псевдоморфоз, как правило, связано всё же с изменением состава минерала – привнесом или выносом каких-либо компонентов. Симплектиты могут образовываться практически изохимически (например, альбит-диопсидовые симплектиты

по омфациту). Ориентировка индивидов, слагающих симплектитовый агрегат, позволяет установить направление массопереноса. Возникновение зональных реакционных кайм, вероятно, в первую очередь лимитируется скоростью массопереноса.

Все названные структуры, очевидно, должны проявляться в системах с существенной неравновесностью. В системах, близких к равновесию, можно ожидать структур, близких к гранобластовой, но более сложных, так как на них будет оказывать влияние и характер массопереноса в систем. Здесь необходимы как теоретических анализ подобных систем, так и их экспериментальные исследования, которые пока явно недостаточны.

Исследования поддержаны грантом Y1-G-15-01 программы BRNE, грантом “Научная школа В.А. Глебовицкого” и Фондом поддержки отечественной науки.

1. *Boistelle R.* Mineral crystallization from solution // *Estud. Geol.* 1982. v. 38. pp. 135-153.
2. *Козлова О.Г.* Рост и морфология кристаллов. М.: МГУ. 1980. 356 с.
3. Процессы реального кристаллообразования. / Под ред. Н.В. Белова. М.: Наука. 1977. 234 с.
4. *Азимов П.Я.* Механизмы кристаллизации метаморфических гранатов // X Всеросс. Петрогр. Совещ., т. 4. “Метаморфизм, космические, экспериментальные и общие проблемы петрологии”. Апатиты: 2005. с. 7-9.
5. *Woensdregt C.F., Meeldijk J.D.* AFM imaging of growth spirals and dissolution phenomena on crystalline interfaces of minerals // *EUG-10. J. Conf. Abst.* 1997. v. 4. No. 1.
6. *van Haren J.L.M., Woensdregt C.F.* Melt growth of spessartine ($Mn_3Al_2Si_3O_{12}$) // *J. Crystal Growth.* 2001. v. 226. pp. 107-110.
7. *Nicolov M.F., Woensdregt C.F.* AFM reveals steps in Mn-Al silicates crystals obtained from melt // *Cryst. Res. Technol.* 2003. v. 38. No. 2. pp. 150-152.
8. *Мельников В.С., Вовк П.К., Янчук Э.А.* Вицинальные образования на гранях кристаллов пирита // *Минер. сб. Львовск. ун-та.* 1966. т. 20. No. 3. с. 365-369.
9. *Гульбин Ю.Л.* Методы количественного анализа и моделирование структуры минеральных агрегатов. СПб: СПбГГИ. 2004. 146 с.
10. *Иванюк Г.Ю., Яковенчук В.Н.* Регулярные и случайные дендриты: фрактальный подход // *Зап. ВМО.* 1996. No. 3. с. 16-25.
11. *Carlson W.D.* The significance of intergranular diffusion to the mechanisms and kinetics of porphyroblast crystallization // *Contrib. Mineral. Petrol.* 1989. v. 103. pp. 1-24.
12. *Carlson W.D.* Competitive diffusion-controlled growth of porphyroblasts // *Mineral. Magaz.* 1991. v. 55. pp. 317-330.
13. *Пунин Ю.О.* К вопросу механизма перекристаллизации // *Зап. ВМО.* 1965. т. 94. No. 3. с. 459-462.
14. *Гликин А.Э.* Полиминерально-метасоматический кристаллогенез. СПб: Журнал “Нева”. 2004. 320 с.
15. *Гликин А.Э., Синай М.Ю.* Экспериментальное изучение генезиса монокристалльных псевдоморфоз // *Зап. ВМО.* 1983. т. 112. No. 6. с. 742-748.
16. *Гликин А.Э., Синай М.Ю.* Морфолого-генетическая классификация продуктов замещения кристаллов // *Зап. ВМО.* 1991. т. 120. No. 1. с. 3-17.
17. *Синай М.Ю., Шахмурадян А.Р.* Опыт сравнения природных и искусственных продуктов замещения // *Зап. ВМО.* 1995. т. 124. No. 5. с. 47-57.

18. *Putnis A.* Mineral replacement reactions: From macroscopic observations to microscopic mechanisms // *Mineral. Magaz.* 2002. v. **66**. No. 5. pp. 689-708.
19. *Larikova T., Zaráisky G.* Experimental corona textures modelling: Differences in corona-forming reactions in olivine–plagioclase and orthopyroxene–plagioclase interfaces during eclogitisation of gabbros // *Mitt. Österr. Miner. Ges.* 2005. v. **150**.