

2. Брайцева О.А. Кириянов В.Ю. «О прошлой активности вулкана Безымянный по данным тефрохронологических исследований. 1982. №6 С. 44-55.

ПЕТРОЛОГИЯ КОРОНИТОВ КОМПЛЕКСА БЕРГЕН АРКС, НОРВЕГИЯ

Давыдова Вероника Викторовна

Геологический факультет МГУ, Москва, nika_dav@mail.ru

Петрологические исследования пород полиметаморфического комплекса высокого давления Берген Аркс в Ю-3 Норвегии позволяют реконструировать геологические процессы, протекающие в глубинных участках зон конвергенции литосферных плит. Протолитом изученных пород служат метаморфизованные породы протерозойского анортозитового комплекса, в истории которого выделяется три главных метаморфических события [2]. На раннем этапе эволюции анортозитовый комплекс подвергся масштабной перекристаллизации в условиях *гранулитовой фации* метаморфизма $T=800-900\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $P\leq 1\text{ ГПа}$. Во время каледонской орогении гранулиты подверглись частичной перекристаллизации в условиях *эклогитовой фации* при $T=650-800\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $P=14-21\text{ кбар}$. Последующий метаморфизм в условиях амфиболитовой фации при $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ и 0.6 ГПа проявлен локально, как в гранулитах, так и в эклогитах.

Эклогитизация гранулитов Берген Аркс связана с зонами сдвиговых деформаций (ширзонами) и трещинами – участками проникновения водосодержащего флюида [2]. При этом вмещающие сухие гранулиты, оставаясь в ходе эклогитового метаморфизма в метастабильном состоянии, создают видимость резкого фациального перехода от гранулитовой фации к эклогитовой в масштабе первых сантиметров. Однако материалы по изотопии аргона ($^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$) в амфиболе и биотите позволили А. Камачо с соавт. [5] усомниться в этой гипотезе и предложить модель "холодной коры". В ней формирование эклогитов происходило за счет краткосрочных инъекций горячего ($700\text{ }^{\circ}\text{C}$) флюида в ослабленные зоны холодных ($400\text{ }^{\circ}\text{C}$) гранулитов. Эта модель объясняет сохранение гренвилльских возрастов в биотитах и амфиболах, несмотря на быстрое переуравновешивание Ar-Ar и Rb-Sr изотопных систем в этих минералах при температуре эклогитового метаморфизма. Так же модель "холодной плиты" даёт более обоснованное объяснение находкам псевдотахиллитов, образующихся при сейсмически *хрупких* деформациях пород. Поскольку в основе этой модели лежат геохимические данные, мы постарались получить петрологические доказательства возможности термального воздействия *эклогитового* метаморфизма на вмещающие "безводные" гранулиты.

Петрологические исследования проводились на примере образца свежего друзита из гранулитового комплекса, находящегося на удалении более 100 м от

зон сдвиговых деформаций эклогитового этапа метаморфизма. Этот образец можно принять в качестве эталонного для протерозойской "холодной коры", и на его примере оценить возможность масштабного воздействия каледонского эклогитового метаморфизма на сухие гранулиты протерозойского возраста.

Порода имеет коронарную (друзитовую) текстуру и гранобластовую, неравномерно-крупнозернистую структуру. Основная масса породы представлена крупными изометричными зернами сдвойнированного плагиоклаза среди которых встречаются ксеноморфные зерна шпинели размером до 2 мм. Текстурная неоднородность выражена крупными коронами граната вокруг клинопироксенов (рис. 1, а). В клинопироксене встречаются ламели и редкие включения ортопироксена, а так же включения карбоната и амфибола.

Вокруг шпинели, находящейся в плагиоклазовом матриксе, развиваются короны, выполненные корундом, кианитом, амфиболом, омфацитом и биотитом. Плагиоклаз рядом с коронами содержит большое количество разно ориентированных игольчатых вростков кианита, количество которых убывает при удалении от короны (рис. 1, б).

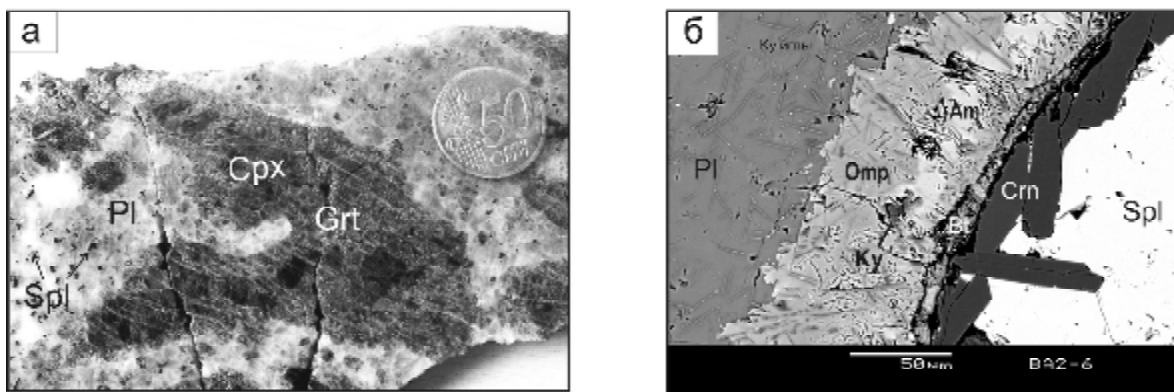
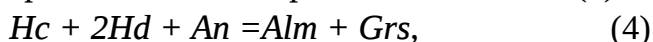
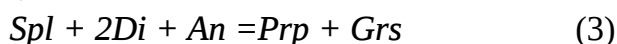


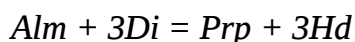
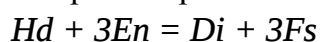
Рис. 1. а – фото коронита на срезе породы; б – структура короны на изображении в отраженных электронах

Таким образом, в изучаемой породе выделено два типа корон, характеризующих метаморфическую эволюцию пород. Относительно крупные короны граната вокруг клино- и ортопироксена являются продуктом субсолидусных реакций в ходе остывания анортозитового массива [6]. Обнаруженные в клинопироксене включения амфибола и карбонатов свидетельствуют от том, что на начальной стадии роста корон, в породе присутствовал водно-углекислый флюид. Коронообразование эклогитового этапа носило локальный характер и контролировалось водным флюидом, благодаря чему в парагенезисе этой стадии возникали такие минералы как биотит и амфибол, содержащие в своей структуре привнесенные извне H_2O и K_2O . Таким образом, рост корон на эклогитовом этапе происходил в условиях открытой системы.

Петрографические наблюдения показывают, что формирование корон *гранулитового* этапа метаморфизма происходило независимо от того, присутствовал ли ортопироксен в ядерной части корон или нет, что согласуется с реакциями



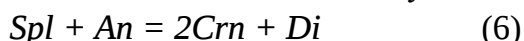
весьма чувствительными к изменению давления (рис.2). Их пересечение с линиями геотермометров



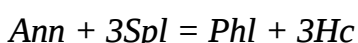
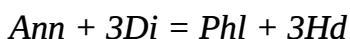
определяет значения P – T условий коронообразования $\sim 960^\circ\text{C}$ и ~ 1.3 ГПа (рис. 2). Оценки температуры подтверждаются гранат-клинопироксеновым термометром [7], а оценки давления согласуются с реакцией которая, в отсутствие нефелина, даёт минимальные оценки давления (рис. 2):



Минеральные реакции эклогитового этапа метаморфизма (рис.2). позволяют восстановить P – T условия коронообразования на стадии эклогитизации. Образование коронарных корунда, кианита и омфацита по исходным шпинели и плагиоклазу может быть связано с реакциями



Оба равновесия относятся к смещенным, т.е. чувствительным к изменению давления.



в комбинации с реакциями (4)-(5) показывает условия коронообразования: $T \sim 710-730^\circ\text{C}$ и $P \sim 1.3-1.5$ ГПа. Эти значения вполне сопоставимы с более ранними оценками $T \sim 700-800^\circ\text{C}$ $P \sim 1.5-2.1$ ГПа, для эклогитов из зон сдвиговых деформаций из комплекса Берген Аркс [1, 2, 4].

Петрологическое изучение друзитов комплекса Берген Аркс в Норвегии показало, что формирование корон граната происходило за счет взаимодействия клинопироксена с матричным плагиоклазом и шпинелью в ходе гренвильского метаморфизма в условиях гранулитовой фации, $T \sim 960^\circ\text{C}$ и $P = 1.3$ ГПа. Наряду с этим в породах наблюдаются реакции, связанные с наложенным каледонским метаморфизмом эклогитовой фации. Они проявлены в виде микрокорон, состоящих из омфацита, кианита, корунда, амфибола и биотита вокруг матричной шпинели. Формирование кайм происходило в водных условиях с привнесением калия при $T \sim 710-730^\circ\text{C}$ и $P \sim 1.3-1.5$ ГПа. Локальное проявление эклогитового метаморфизма, обнаруженное на большом удалении (>100 м) от ширзон (shear zones) эклогитового этапа, свидетельствует о том, что вся толща

гранулитов, а не ее отдельные участки (ширзоны), прогревалась до температур эклогитового метаморфизма.

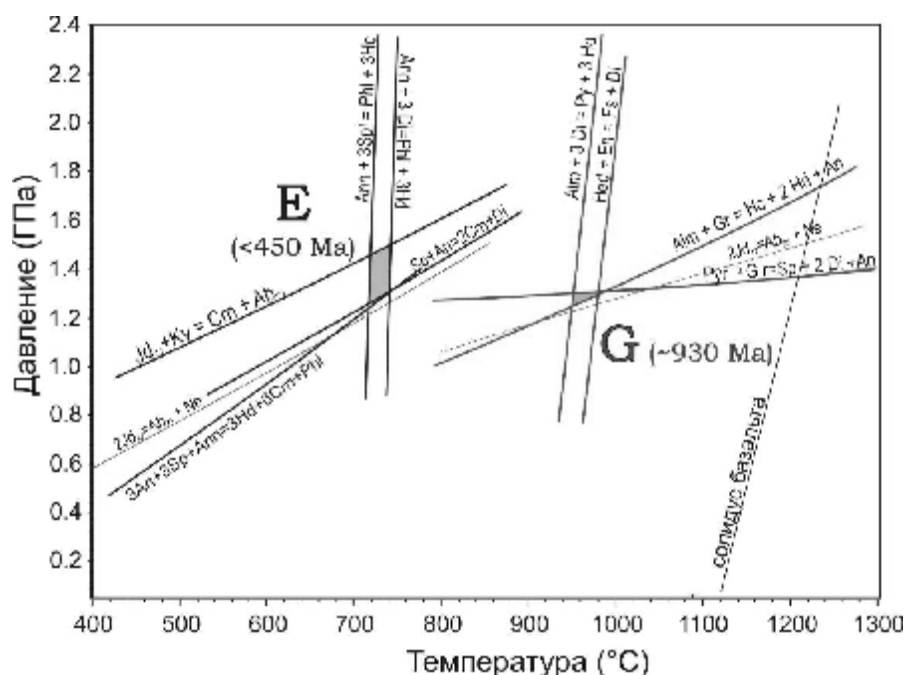


Рис.2. P – T эволюция коронитов с использованием программы TWQ [3]. G – гранулитовый этап, E – начало эклогитового этапа

Автор благодарен научным руководителям, А.Л. Перчуку и Л.Л. Перчуку, за обсуждение результатов и критические замечания, Б. Штокерту – за предоставление образца для исследований. Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ 06-05-65204, 06-05-65098 и гранта “Ведущие научные школы России” 5338.2006.05 (рук Л.Л. Перчук).

Литература:

1. Перчук А.Л. Эклогиты комплекса Берген Аркс. Петрология, 2002. Т.10. С. 115-136.
2. Austrheim, H. & Griffin, W. L. Shear deformation and eclogite formation within the granulite-facies anorthosites of the Bergen Arcs, western Norway. Chemical Geology, 1985. Vol. 50. P. 267– 281.
3. Berman R.G. Thermobarometry using multiequilibrium calculations: a new technique with petrologic applications. Canadian Mineralogist, 1991. Vol. 29. P. 833-855.
4. Boundy, T. M., Essene, E. J., Hall, C. M., Austrheim, H. and Halliday, A.N. Rapid exhumation of lower crust during continent-continent collision and late extension: evidence from ^{40}Ar - ^{39}Ar incremental heating of hornblendes and muscovites, Caledonian Orogen, western Norway. Geological Society of America Bulletin, 1996. Vol. 108. P. 1425-1437.

5. Camacho A., James K.W. Lee, Bastiaan J., Hensen & Jeen Braun. Short-lived orogenic cycles and the eclogitization of cold crust by spasmodic hot fluids. *Nature*, 2005. Vol. 435. P. 1191-1196.
6. Cohen AS., O'Nions RK., Siegenthaler R., Griffin WL. Chronology of the pressure-temperature history recorded by a granulite terrain. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 1988. Vol. 98. P. 303-311.
7. Krogh Ravna E. The garnet-clinopyroxene Fe^{2+} -Mg geothermometer: an updated calibration. *Journal of metamorphic Geology*, 2000. Vol. 18. P. 211–219.

ИЗОМОРФИЗМ И ПОЛИМОРФНЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ В КАРБОНАТАХ СО СТРУКТУРАМИ КАЛЬЦИТА И АРАГОНИТА

Добрецова Елена Анатольевна

Геологический ф-т МГУ, Москва

Методом инфракрасной спектроскопии и электронно-зондового анализа исследована серия природных карбонатов со структурными типами (СТ) кальцита и арагонита. ИК-спектры поглощения образцов были сняты на инфракрасном Фурье спектрометре ФСП-1201 методом тонкодисперсных пленок на подложке КВг в диапазоне частот $1800\text{--}400\text{ см}^{-1}$. Анализы химического состава проведены на электронном микрозонде Cameca SX-50.

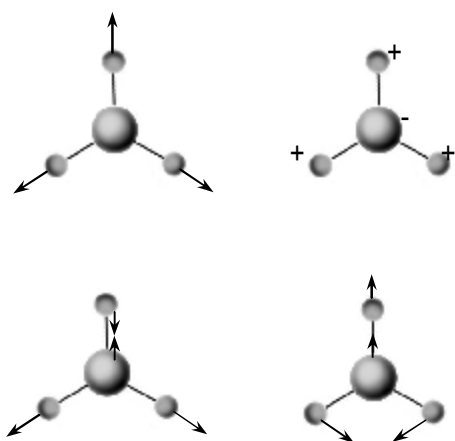


Рис. 1 Формы нормальных колебаний плоских атомных группировок TO_3

дважды вырожденные. Так как они симметричны относительно горизонтальной плоскости m , то это колебания E' . В таблице 1, составленной с использованием данных [2], представлен переход от симметрии правильного треугольного иона

Нормальные колебания четырехатомной молекулы (TO_3) в форме правильного треугольника с симметрией D_{3h} ($\bar{6}2m$) представлены на рис. 1 [1]. ν_1 и ν_3 соответствуют симметричному и асимметричному валентным, а ν_2 и ν_4 – симметричному и асимметричному деформационным колебаниям. Колебание ν_1 описывается типом симметрии A_1' . Это колебание симметрично относительно оси 3, горизонтальных осей 2 и горизонтальной плоскости m . Колебанию ν_2 отвечает тип симметрии A_2'' . Это колебание асимметрично относительно осей 2 и горизонтальной плоскости m . Два колебания ν_3 и ν_4 –