

Рис. 3. Диаграмма с конкордией для циркона Октябрьского массива. Эллипсы и значения U-Pb возраста соответствуют  $2\sigma$ , включая погрешность константы распада

Авторы выражают благодарность П.А. Львову (ВСЕГЕИ), С.Г. Симакину, Е.В. Потапову (ЯФ ФТИАН), О.Л. Галанкиной (ИГГД РАН) за проведение аналитических работ.

#### Список литературы

1. Волкова Т.П. Проблемы генезиса и рудоносности Октябрьского массива щелочных пород // Сборник научных трудов НГА. 2000. № 4. С. 9–10.
2. Волкова Т.П. Критерии продуктивности редкометалльных месторождений и рудопроявлений Октябрьского массива // Наукові праці ДонДТУ. 2001. Вып. 36. С. 63–69.
3. Левашиова Е.В. Особенности состава циркона и включений в нем из мариуполитов Октябрьского массива (Украинский щит) // Геология в развивающемся мире: сб. науч. тр. Тез. докл. Пермь: ПГНИУ, 2015. Т. 1. С. 134–137.
4. Geisler T., Pidgeon R.T., Kurtz R. et al. Experimental hydrothermal alteration of partially metamict zircon // American Mineralogist. 2003. V. 88. P. 1496–1513.
5. Geisler T., Schaltegger U., Tomaschek F. Re-equilibrium of zircon in aqueous fluids and melts // Elements. 2007. № 3. P. 43–50.
6. Hoskin P.W.O., Schaltegger U. The Composition of zircon and igneous and metamorphic petrogenesis // Eds Hancher J.M., Hoskin, P.W.O., Zircon: Reviews in Mineralogy and Geochemistry. Mineral. Soc. Am. Geochem. Soc. Washington, 2003. V. 53. P. 27–62.
7. McDonough W.F., Sun S.S. The composition of the Earth // Chemical Geology. 1995. V. 120. P. 223–253.

## МЕТАМОРФИЧЕСКИЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ КИАНИТОВЫХ ЭКЛОГИТОВ ГРИДИНСКОГО КОМПЛЕКСА

Максимов О.А.

Институт геологии Карельского научного центра РАН, Петрозаводск, olemaximov@mail.ru

Гридинский архейский эклогитсодержащий комплекс формирует среди пород Беломорского подвижного пояса тектоническую пластину, которая простирается вдоль побережья Белого моря в районе села Гридино примерно на 50 км при ширине 6–7 км (Володичев, 1990, Володичев, Кузенко, 2013). Одна из характерных черт данного комплекса заключается в его сложном геологическом строении. По текстурным особенностям данный комплекс пород представляет собой интенсивно деформированный и метаморфизо-

ванный меланж. Матрикс меланжа выполнен гнейсами и гнейсо-гранитами. Обломочная составляющая представлена смесью разнообразных по форме и составу ксенолитов эклогитов, кианитовых эклогитов, амфиболитов, цоизититов, пироксенитов, кианитовых гнейсов. Эти породы имеют длительную историю метаморфических преобразований в области повышенных РТ-условий, что подтверждается текстурно-структурными особенностями и специфическим минеральным составом пород. Крайне важны находки симплектитовых кианитовых эклогитов, которые сформировались при высокобарном метаморфизме эклогитовой фации и преобразовались при ретроградном метаморфизме гранулитовой и амфиболитовой фаций.

Ксенолиты преобразованных кианитовых эклогитов обнаружены в нескольких точках в районе с. Гридино. Наиболее известны и хорошо изучены серии не крупных тел (до 10 м в диаметре), расположенные на мысе Деревенском, островах Высокий и Овечий (Володичев, Кузенко, 2013; Сибелев, 2008). Новые проявления симплектитовых кианитовых эклогитов обнаружены южнее села Гридино, на островах Прянишная луда и Зеленая луда.

На острове Зеленая луда измененные кианитовые эклогиты представлены чередой будинированных тел 2х3м в массе лейкократовых гнейсов. Ксенолиты имеют массивную Ky-Grt-Cpx-Amph (Kretz, 1983 с дополнениями) центральную часть и слабо рассланцованную и амфиболитизированную зону на контакте с гнейсами. Совершенно иная ситуация на острове Прянишная луда. В массивных и слабо разгнейсованных гранитоидах преобладают узкие (0,1–1м) в различной степени деформированные тела симплектитовых кианитовых эклогитов с фрагментами изоклиальной складчатости (Володичев, Кузенко, 2013). Ксенолиты обладают сложным зональным строением (рис. 1) с чередованием лейкократовых Ky-Grt-Cpx-Qtz-Pl и меланократовых Ky-Grt-Cpx-Amph прослоев. Преобразование кианитовых эклогитов в условиях амфиболитовой фации существенно изменило первичный минеральный состав. Поэтому в породе преобладают крупные зерна граната, амфибола и диопсид-плаггиоклазовые симплектиты, а первичные кристаллы омфациита крайне редки. Основная цель данной работы направлена на подтверждение высокобарного происхождения симплектитовых кианитовых эклогитов. Для этого необходимо обнаружить ранние минеральные ассоциации и определить РТ-параметры их формирования, а также установить особенности метаморфизма при деформационных изменениях.

### Минералогия и петрография

**Ky.** Отличительной особенностью данных пород является наличие кианита двух генераций. Первая генерация установлена в виде включений в гранате. Это мелкозернистые (менее 0,01 мм), игольчатые кристаллы, которые ассоциируют с цоизитом, кварцем и плаггиоклазом. Вторая – крупные зерна кианита (>0,5мм) с коронарными структурами (рис.2). Данная группа содержит многочисленные включения цоизита, основного плаггиоклаза и редкие зерна омфациита. Внешний контакт зерен кианита обрамляется основным плаггиоклазом (An>90%) и радиально расходящимися шпинель-анортитовыми симплектитами. Также возможно незначительное наличие хёгбомита, биотита, корунда, сапфирина, пирита и алланита.

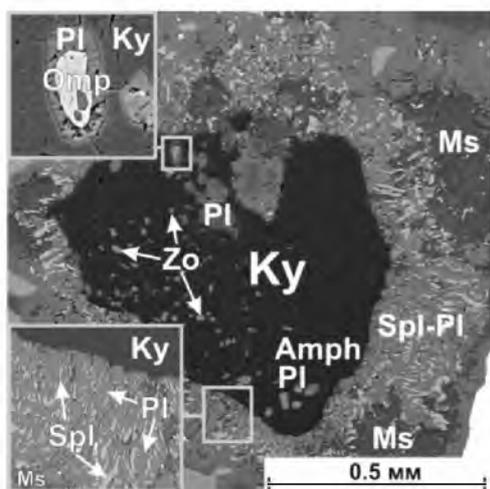


Рис. 1. Изоклиальная складка симплектитовых кианитовых эклогитов острова Прянишная луда

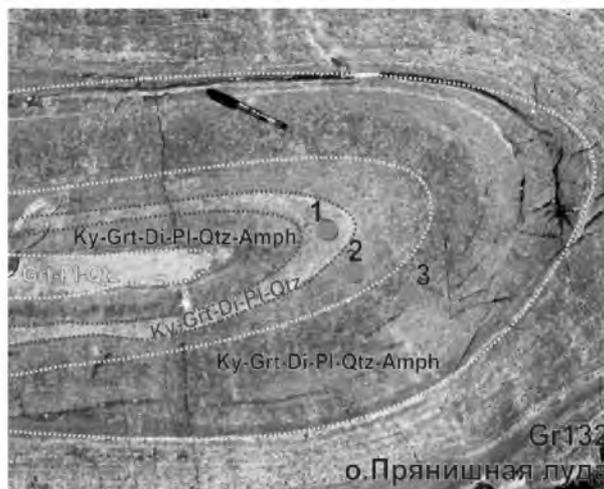


Рис. 2. Коронарная Spl-Pl-Ms структура вокруг зерна кианита, включение омфациита в кианите

**Grt.** Гранат представлен крупными (0,5–4 мм в диаметре) кристаллами с обилием разнообразных по размерам и составу включений. Более крупные полиминеральные включения из Amph, Cpx, Pl, Qtz приурочены к центральной части граната. Мелкие (менее 0,01 мм) одиночные мономинеральные включения Qtz, Pl, Zo, Ky, Rt тяготеют к краевой части. Гранат принадлежит к альмандин-пироп-гроссуляровому ряду, где содержание

пиропа 30–40%, а гроссуляра 15–23%. В образце с острова Зеленая луда обнаружен атолловый гранат, в центральной части которого находится Pl-Amph-Cpx-Qtz-Zo-Ms полиминеральное сростание с крупным зерном кианита (0,5 мм в диаметре).

**Срх.** Основная часть клинопироксена сосредоточена в симплектитовых сростаниях с плагиоклазом. Они представлены диопсидом с низким содержанием жадеитового компонента (менее 10%). Редкие включения клинопироксена установлены в гранате, однако содержания жадеитового компонента не превышает 15%, в то время как в крупном кристалле кианита обнаружено зерно омфацита (рис.2) Jd=20% в плагиоклазовой оторочке (An=36%). В более лейкократовых участках породы (рис.1, зона 1) клинопироксен (Jd<8%) формирует узкую реакционную кайму вокруг крупных кристаллов кварца.

**Amph.** В полиминеральных включениях в гранате амфибол чаще всего представлен паргаситом, реже эденитом либо магнезиальной роговой обманкой. На внешней границе граната амфибол вместе с плагиоклазом образует тонкие узкие каймы. Для симплектитовых образований типичны случаи обрастания и частично замещения диопсида гипидиоморфными зернами магнезиальной роговой обманки.

**Pl.** Ксеноморфные зерна плагиоклаза вместе с клинопироксеном формируют симплектитовые сростания, где содержание анортитового компонента в плагиоклазе не превышает 30%. Во включениях в гранате и на контакте с кианитом обнаружен анортит (An=95%). По мере удаления от центра коронарной структуры плагиоклаз становится более кислым и постепенно переходит в андезин и олигоклаз (An=40–20%). Некоторые зерна плагиоклаза на внешней границе коронарных структур претерпели частичное либо полное замещение мелкочешуйчатым мусковитом.

**Термобарометрия.** Расчет химического состава минералов осуществлялся на микроанализаторе INCA Energy-350 на базе сканирующего микроскопа VEGA II LSH (Оператор А.Н. Сафронов). Определение PT-параметров метаморфизма осуществлялось при помощи программного обеспечения TWQ (Verma, 1991) с использованием дополнительных модификаций Д. Доливо-Добровольского.

Метаморфические преобразования кианитовых эклогитов острова Зеленая луда протекали при повышенных PT-условиях. Так, условия формирования полиминеральных включений в гранате, Grt-Cpx-Amph-Pl-Qtz( $\pm$ Ky, Zo) минеральная ассоциация, соответствуют интервалам  $T=650\text{--}700\text{ }^{\circ}\text{C}$  и  $P=10\text{--}12$  кбар. Для краевой части граната, где обнаружены Grt-Ky-Amph-Pl-Qtz и Grt-Cpx-Amph-Qtz-Pl минеральные ассоциации, эти показатели несколько ниже  $T=600\text{--}650\text{ }^{\circ}\text{C}$  и  $P=9\text{--}9,5$  кбар. Кианитовые эклогиты острова Прянишная луда формировались при более высоких PT-условиях. Для более меланократовых прослоев породы, где распространены Cpx-Pl-Qtz минеральные включения в гранате, метаморфизм протекал при  $T=750\text{--}800\text{ }^{\circ}\text{C}$  и  $P=15\text{--}15,5$  кбар. Полиминеральные Grt-Amph-Qtz-Pl включения в гранате образовались при  $T=700\text{--}750\text{ }^{\circ}\text{C}$  и  $P=13\text{--}13,7$  кбар (рис. 3). Для лейкократовой части тел измененных кианитовых эклогитов Grt-Cpx-Pl-Qtz( $\pm$ Vt) установлены наименьшие условия метаморфизма  $T=700\text{ }^{\circ}\text{C}$  и  $P=11,3$  кбар.

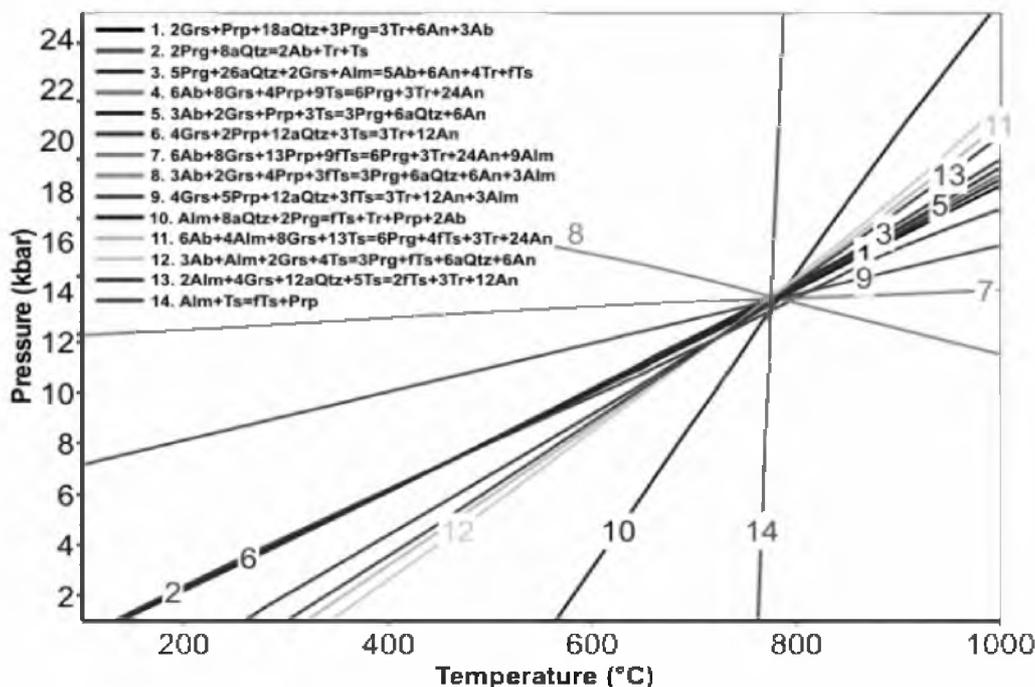


Рис. 3. PT-диаграмма линий постоянного состава Grt-Amph-Pl-Qtz минеральной ассоциации (включение в гранате)

Таким образом, в ходе детального исследования в породе были обнаружены реликты ранних минеральных ассоциаций  $\text{Sprx-Amph-Pl-Qtz-Ky-Zo}$  во включениях в гранате. По этим минералам определены наибольшие  $P$ - $T$ -условия метаморфизма, которые характерны для эклогитовой фации. Более поздние шпинель-сапфирин-плагноклазовые симплектиты (Сибелев, 2007), клинопироксен-плагноклазовые симплектиты и амфиболы образовались в условиях повышенных температур гранулитовой фации. Из этого следует, что образцы с островов Прянишная луда и Зеленая луда являются кианитовыми эклогитами, которые претерпели ретроградный метаморфизм гранулитовой фации. Для пород с острова Прянишная луда определены более высокие показатели давления и температуры, что указывает на повышение  $P$ - $T$ -параметров метаморфизма при деформациях.

#### Список литературы

1. *Володичев О.И.* Беломорский комплекс Карелии (геология и петрология). Л. 1990. 248 с.
2. *Володичев О.И., Кузенко Т.И.* Програнные и ретроградные тренды эволюции метаморфизма архейских эклогитов и их геодинамическая интерпретация (Карелия, район с. Гридино) // Записки РМО. № 3. С. 28–51. 2013.
3. *Сибелев О.С.* Метаморфическая эволюция сапфиринсодержащих кианитовых апоэклогитов Гридинской зоны меланжа, Беломорский подвижный пояс // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 11. Петрозаводск: КарНЦ РАН. 2007. С. 62–76.
4. *Berman, R.G.* Thermobarometry using multi-equilibrium calculations: a new technique with petrological applications // Canadian Mineralogist. 1991. V. 29. P. 833–855.
5. *Kretz R.* Symbols for rock-forming mineral // American Mineralogist, 1983. V. 68. P. 277–279.

## СЕЛЕНИДНАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ ЗАОНЕЖСКОГО ПОЛУОСТРОВА (РЕСПУБЛИКА КАРЕЛИЯ)

Полеховский Ю.С., Кацнельсон А.Б.

*Санкт-Петербургский государственный университет, katsnelson.geo@gmail.com*

**Введение.** В Карело-Кольском регионе, являющемся восточной частью Балтийского щита, селенидная минерализация наиболее разнообразна в Онежском прогибе. При изучении строения и развития зон разломов данного прогиба селенидная минерализация была выявлена в рудоносных карбонатно-сланцевых метасоматитах. Она включает простые и сложные селениды, сульфоселениды и селеносульфиды.

**Геологическая позиция и состав метасоматитов.** В черносланцевом комплексе вулканогенно-осадочных нижнепротерозойских образований (Полеховский и Голубев, 1989) Онежского прогиба, на участках молибден-медно-ванадиевых рудопроявлений (Кондаков и др., 1986), широко распространены гидротермально-метасоматические процессы, которые образуют ореолы измененных пород длиной до 10 км, при ширине 0.2–0.5 км. Они локализованы в пределах зон складчато-разрывных дислокаций и прослежены на расстояние более 100 км (Мельников и Шариков, 1986). Формирование ореолов измененных пород осуществлялось в три этапа: с первым из них связано формирование метасоматитов пропилютовой формации, со вторым – формации альбититов, а с третьим – карбонатно-сланцевых и сланцевых метасоматитов (космозеритов) (Полеховский и Тарасова, 1987).

Особенность карбонатно-сланцевых и сланцевых метасоматитов заключается в парагенезисе литиевых, ванадиевых и хромовых слюд (тайниолит, роскозит, хромфенгит) с ванадиевыми и хромовыми пироксенами (акмит, хромэгерин), а также хромдравитом и рядом других минералов (Румянцева и др., 1984).

Селенидная минерализация устанавливается только в карбонатно-сланцевых метасоматитах и в региональном плане связана со свекофенской (позднекарельской) эпохой активизации. По данным изотопного анализа возраст формирования ранних селенидов оценивается в 1730–1760 млн лет (Никитин и др., 1989).

В карбонатно-сланцевых и сланцевых метасоматитах распространены вкрапленные, вкрапленно-прожилковые и прожилковые выделения селенидов, размером от нескольких микрон до первых сантиметров. В ассоциации с селенидами в метасоматитах установлены другие рудные минералы, представленные сульфидами и оксидами железа, меди, свинца, урана, ванадия, хрома, марганца, а также самородные медь, золото, висмут и др.

**Характеристика селенидной минерализации.** Полученные данные позволяют выделить простые и сложные селениды, сульфоселениды и селеносульфиды ряда металлов, из которых наиболее распространены являются селенид свинца – клаусталит и сульфоселенид висмута – парагуанахуатит. Другие минералы селена находятся в подчиненном количестве, а некоторые из них выделены лишь в единичных зернах. По взаимоотношению между собой и другими рудными, селеносодержащими минералами отчетливо подразделяются на две генерации – ранние и поздние. Как правило, в ассоциации с ними наблюдается большое количество сульфидов: пирит, халькопирит, галенит, виттихенит и др.