

С. П. КОРИКОВСКИЙ, В. А. ЗУЕВ

ЗОНАЛЬНОСТЬ В ПИРОП-АЛЬМАНДИНОВЫХ ГРАНАТАХ ПРИ ВОЗНИКНОВЕНИИ КОРДИЕРИТОВЫХ КЕЛИФИТОВЫХ ОТОРОЧЕК

(Представлено академиком Д. С. Коржинским 30 VI 1969)

В высокотемпературных метапелитах самой различной глубинности часто наблюдаются реакционные келифитовые каймы вокруг граната, сложенные кордиеритом с вростками кварца, шпинели, гиперстена или сапфирина. Поскольку кордиерит гораздо более магнезиальный минерал, чем гранат, можно предположить, что в ходе замещения первоначальная железистость граната должна изменяться.

Были изучены при помощи микросонда два образца гранатов; результаты приведены на рис. 1 и 2.

Обр. П-3621 — биотит-гранат-кордиерит-силлиманит-микроклин-плагноклаз-кварцевый сланец из силлиманит-микроклиновой зоны удоканской серии в пределах хр. Кудар (1). Это наиболее высокотемпературная зона в регионально-метаморфическом ореоле андалузит-силлиманитового типа; в бедных СаО сланцах мусковит уже полностью неустойчив, но гиперстен в парагенезисе с микроклином еще не образуется (рис. 3, 1, 2). Округлые кристаллы граната размером 1,5—2 мм повсеместно окружены кордиеритовыми каймами с вростками кварца; ширина каемок 0,1—5 мм. Каймы возникают независимо от того, находится ли гранат в контакте с плагноклазом, микроклином, кварцем или силлиманитом. На рис. 1 показано расположение изученных сечений в выбранном зерне граната и изменение в содержании FeO и MnO. В сечении А—А' (количество MnO не измерялось) содержание FeO симметрично возрастает от центра зерна (25,8—26,2 вес.%) к краям (28—28,2 вес.%), т. е. разница составляет 2—2,4 вес.% FeO. В сечении В—В' содержание FeO повышается от 28,3—29,0 до 31,6 вес.% лишь к тому краю граната, который окружен кордиерит-кварцевой каймой, тогда как в контакте с биотитом железистость та же, что и в центре кристалла. В то же время количество MnO снижается к краям кристалла от 3,0 до 2,4 вес.%, т. е. значительно менее резко, чем содержание FeO. В гранатах из кордиерит-силлиманитовых ассоциаций удоканской серии, подобных обр. П-3621, содержание СаО примерно постоянно и равно 0,8—1,2%; содержание MnO уменьшается к краям, но всего лишь на 0,6 вес.% (сечение В—В'). Поэтому ясно, что резкая разница в железистости краев и центра кристалла (на 2—2,4% в сечении А—А' и 2,6—3,3% в сечении В—В') связана преимущественно с уменьшением содержания MgO, что подтверждается и химическими анализами гранатов. Даже если принять количество MgO постоянным, общая железистость (Fe/(Fe + Mg)) центра зерна в сечении А—А' соответствует 81%, с краев 82,5%; в сечении В—В' — центр зерна и в контакте с биотитом 82%, в контакте с кордиеритом 84%. Таким образом, в контакте с кордиерит-кварцевой каймой железистость граната возрастает по меньшей мере на 2%, а учитывая уменьшение MgO — на 5%.

Обр. Е-1252/1в (из коллекции Н. Г. Кисляковой) — гиперстен-гранат-кордиерит-микрпертит-кварцевый гранулит с небольшим количеством биотита; обнаружен в толще гиперстен-силлиманитовых сланцев юга Алданского щита, соответствующих наиболее глубинному в мире сутам-

скому комплексу (2). В этом комплексе обычен парагенезис гиперстен (с 10—11 вес. % Al_2O_3) + силлиманит; общая железистость граната в ассоциации гиперстен + силлиманит + гранат + микропертит ± биотит + кварц, согласно химическим анализам, 45—47%, содержание CaO 0,5—1,0, MnO 0,3—0,5 вес. %. Зерна граната, особенно в контактах с кварцем или микропертитом, замещаются кордиерит-гиперстеновыми симплек-

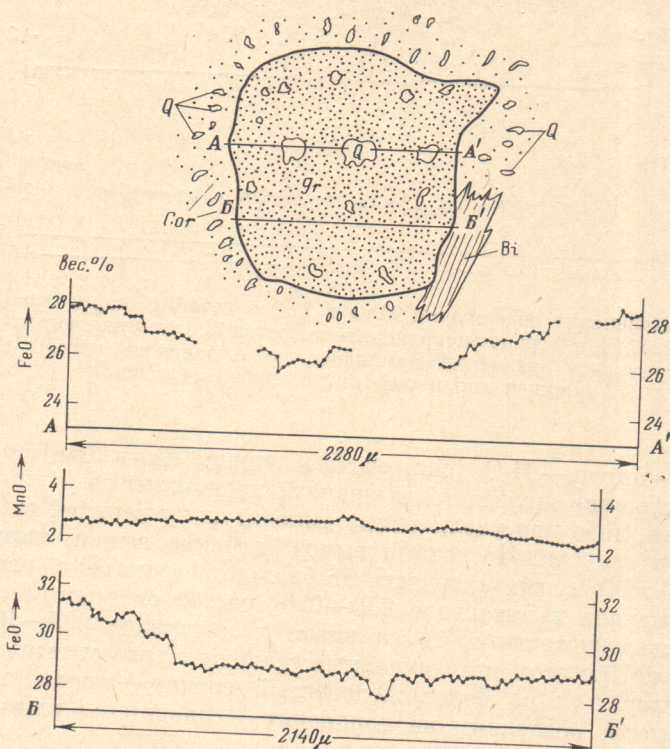


Рис. 1. Изменение содержания MnO и FeO в сечениях через гранат из обр. П-3621 (биотит-гранат-кордиерит-силлиманит-микроклин-плаггиоклаз-кварцевый сланец; удоканская серия; хр. Кодар). Гранат окружен кордиерит-кварцевой оторочкой

татами; вросстки гиперстена внутри кордиеритовых кайм всегда более магнезиальны, чем крупные зерна первичного гиперстена в самой породе. На рис. 2 показано положение сечения в зерне граната и изменение его состава. Как и в обр. П-3621, в данном гранате есть магнезиальная средняя часть (21,8—22,0 вес. % FeO) и более железистая внешняя кайма, контактирующая с кордиеритовой оторочкой (23,2—24 вес. % FeO). Содержание MnO практически не меняется. Общая железистость (F) граната в процессе нарастания кордиерит-гиперстеновой каймы возрастает от 46% (центр) до 48% (край зерна в контакте с кордиеритом).

Таким образом, изучение гранатов, окруженных кордиеритовыми каймами, в комплексах совершенно различной глубинности и температурности показывает, что это замещение сопровождается возрастанием общей железистости граната в краевой реакционной зоне. В данном случае увеличение содержания FeO не компенсируется уменьшением количества MnO, как это наблюдается в средне- и низкотемпературных гранатах (3), в которых обогащение краевой части FeO за счет обеднения MnO происходит на фоне общего роста магнезиальности граната.

Влияние температуры и давления на устойчивость гранатов рассмотрено Йодером и Чиннером (5) при экспериментальном изучении системы

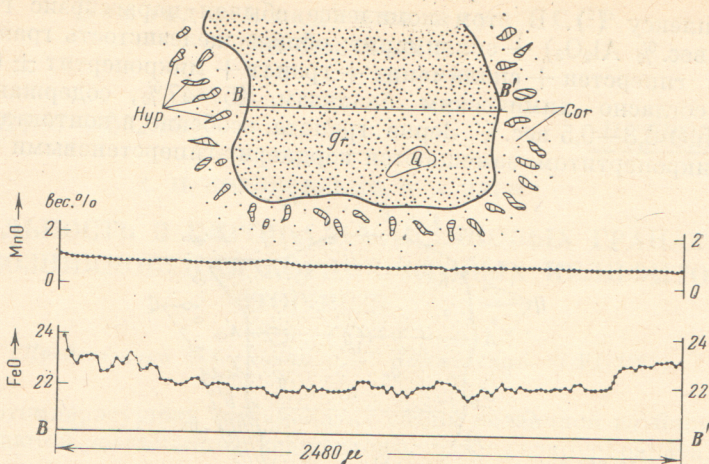


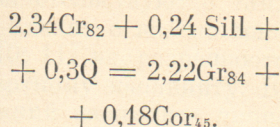
Рис. 2. Изменение содержания MnO и FeO в сечении через гранат из обр. Е-1252/1 в (гранат-кордиерит-гиперстен-биотит-микропертит-кварцевый гранулит; сутамский комплекс; юг Алданского щита). Гранат окружен кордиерит-гиперстеновой оторочкой

альмандин — пироп — H_2O (система без кварца; $P_S = P_{H_2O}$); они показали, что увеличение железистости граната происходит либо при уменьшении давления, либо при увеличении температуры у верхней границы поля стабильности граната. Последний вывод особенно важен; например, для давления 10 кбар магнезиальность стабильного граната в равновесии с жедритом сначала в интервале $750-925^\circ$ растет от чистого альмандина до граната железистостью 57%, а затем в интервале $925-1030^\circ$ вновь уменьшается. При этом магнезиальные гранаты с ростом температуры начинают разлагаться на более железистый гранат + кордиерит + гиперстен + шпинель; последним на кордиерит + гиперстен + шпинель распадается чистый альмандин.

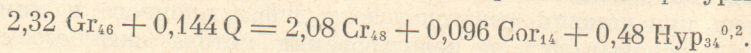
Эти экспериментальные данные и парагенетическое изучение сланцев с такими структурами позволяет рассматривать образование кордиеритовых кайм вокруг граната как эндотермическую метаморфическую реакцию, вызванную ростом температуры. Петрографические наблюдения в тех же шлифах показывают, что вместе с образованием келифитовых кайм в породе идут реакции, однозначно указывающие на повышение температуры. В обр. П-3621, кроме кордиерит-кварцевых оторочек вокруг граната образуется кордиеритовая кайма, разделяющая биотит и силлиманит, так что силлиманит сохраняется исключительно внутри кордиерита, нигде не соприкасаясь с биотитом. Это характерная реакция, указывающая на переход от более низкотемпературной биотит-силлиманит-ортоклазовой субфации к более высокотемпературной гранат-кордиеритовой (2). При этом параллельно моновариантной реакции* $Bi + Sill + Q = Cor + Gr + Ort + H_2O$ происходят реакции типа $Cor_{Mg} + Bi + Sill + Q = Cor_{Fe} + Ort + H_2O$, способствующие образованию все более железистых кордиеритов. Одновременно относительно магнезиальный гранат начинает разлагаться на более железистый гранат + кордиерит, результатом чего и является образование кордиеритовых кайм и возникновение в гранате зональности с более железистой краевой частью (рис. 1). Смена парагенезисов показана на рис. 3, 1, 2; изменение состава граната описывается эндо-

* Здесь и далее следующие обозначения минералов: Bi — биотит; Cor — кордиерит, Gr_{K-Na} — микропертит, Gr — пироп-альмандиновый гранат, $Hup^{0,2}$ — глиноземистый гиперстен с содержанием Al 0,2 на формульную единицу, Ort — калиевый полевой шпат, Pt — плагиоклаз, Q — кварц, Sill — силлиманит. Цифра в нижнем индексе у минерала — его общая железистость.

термической реакцией:



В обр. E-1252/1в и вмещающих сланцах наблюдается замещение биотита с краев гиперстеном и кордиеритом, возникновение кордиерит-гиперстеновых кайм между биотитом с гранатом, и биотитом, и силлиманитом, образованные тонких кордиеритовых каемок, разделяющих гиперстен+силлиманит. Эндотермический характер реакций типа $Bi_{Fe} + Q = Bi_{Mg} + Cor + Hур + Ort + H_2O$, или $Bi + Gr + Q = Cor + Hур + Ort + H_2O$, ограничивающих стабильность и число парагенезисов биотита, не вызывает сомнений. Как показал недавно В. Шрейер⁽⁴⁾, реакция $Cor = Hур^{Al} + Al_2SiO_5 + Q$ (т. е. образование кордиеритовых кайм между глинозёмистым гиперстеном и силлиманитом) также вызывается (при $P = const$) повышением температуры. Одновременно с данными реакциями начинается и разложение магнезиальных гранатов, тоже вызванное ростом температуры:



В результате возникают кордиерит-гиперстеновые каймы вокруг граната, а его железистость вблизи реакционной зоны повышается. Все эти процессы означают смену парагенезисов, соответствующую переходу от более «низкотемпературной» гиперстен-силлиманитовой субфации к более высокотемпературной гранат-кордиеритовой (рис. 3, 3, 4).

По-видимому, неуклонное повышение магнезиальности граната в метapelитах, наблюдающееся с переходом от зеленосланцевой фации к субгранулитовой, приостанавливается на границе с гранат-кордиерит-ортоклазовой субфацией, и далее сменяется обратной тенденцией.

Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии Академии наук СССР Москва

Поступило 19 VI 1969

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ С. П. Кори́ковский, *Метаморфизм, гранитизация и постмагматические процессы в докембрии Удокано-Становой зоны*, «Наука», 1967. ² А. А. Маракушев, *Проблемы минеральных фаций метаморфических и метасоматических горных пород*, «Наука», 1965. ³ М. Р. Atherton, *Contr. Min. Petr.*, 18, № 4 (1968). ⁴ W. Schreyer, *Carnegie Inst. Washington, Year Book*, 66 (1967). ⁵ H. S. Yoder, G. A. Chinner, *Carnegie Inst. Washington, Year Book*, 59 (1960).

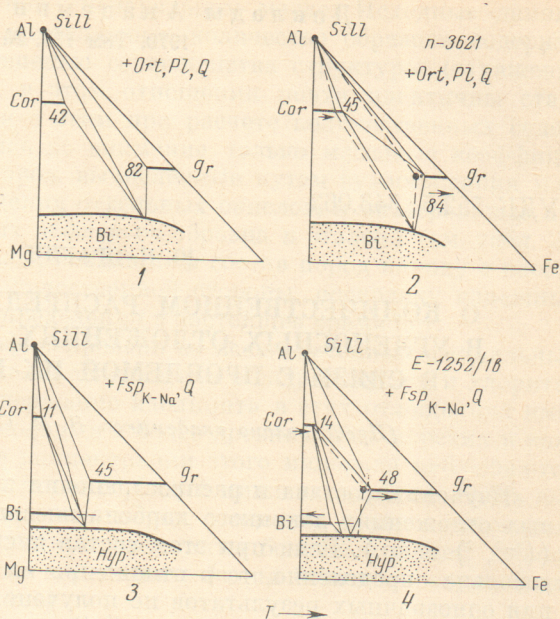


Рис. 3. Изменения парагенезисов, вызванные повышением температуры и сопровождающие рост келифитовых кайм вокруг граната. Обр. П-3621, парагенезисы: 1 — исходной биотит-силлиманит-ортоклазовой субфации, 2 — более высокотемпературной гранат-кордиерит-ортоклазовой субфации. Обр. E-1252/1в, парагенезисы: 3 — исходной гиперстен-силлиманитовой субфации, 4 — более высокотемпературной гранат-кордиерит-ортоклазовой субфации. Стрелками показано изменение состава минералов с ростом температуры