

УДК 552.48 : 548.4 : 550.89

ПЕТРОГРАФИЯ

С. С. ГОРОХОВ, Б. А. ДОРОГОВИЧ, Л. Н. ХЕТЧИКОВ

О ВКЛЮЧЕНИЯХ МИНЕРАЛООБРАЗУЮЩИХ СРЕД В ЭКЛОГИТАХ И ИХ ГЕНЕТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ

(Представлено академиком А. В. Сидоренко 20 V 1975)

Реставрация природы первичного вещества метаморфических пород докембрия является одной из основных проблем генетической петрографии и поисковой геологии (¹). Особое положение занимают в этом отношении среди метаморфических образований эклогиты. Будучи метаморфизованными аналогами изверженных и осадочных пород, эклогиты не сохранили реликтов структурно-текстурных признаков, и воссоздать историю их преобразования удастся с большим трудом. Методы исследования подобных метаморфических образований разнообразны, но ни один из них не дает исчерпывающей информации о геологической истории преобразования пород или их первичного состава. Между тем, минералы всех типов эклогитов содержат включения минералообразующих сред, изучение которых в комплексе с геологическими и экспериментальными данными дает определенный ответ на происхождение пород и их последующее преобразование.

Было проведено исследование около 100 включений в минералах 30 образцов эклогитов, распространенных в пределах Мугоджар и хребтов Марун-Кеу и Уралтау, в термобарических и криометрических камерах по методике, описанной в работах (², ³). Нагревание тугоплавких включений производилось в усовершенствованных камерах в системе аргона, что позволило проводить работы при температурах до 1300–1400° С.

Основной предпосылкой всех исследований явилось установленное ранее положение, что температуры гомогенизации первичных затвердевших включений близки или полностью соответствуют температурам образования минералов, а аналогичные явления во вторичных включениях отражают более поздние процессы переработки пород (⁴).

По агрегатному состоянию включений минералообразующих сред в минералах эклогитов их можно разделить на две группы: к первой относятся эклогиты хр. Марун-Кеу и Мугоджар, характеризующиеся первичными затвердевшими включениями расплавов, первичными и мнимовторичными жидкими углекислыми включениями, вторичными затвердевшими включениями расплавов, а ко второй — эклогиты хр. Уралтау, содержащие только первичные углекислые и вторичные затвердевшие включения. Размеры всех типов включений не превышают 0,01, чаще 0,001 мм по длинной оси.

Первичные затвердевшие включения расплавов имеют таблитчатую или же удлиненную форму и располагаются в минералах параллельно граням роста омфациита или по спиральям в гранатах. Первичные однофазовые включения с углекислотой приурочены также к спиральям роста гранатов, а мнимовторичные — к залеченным трещинкам во всех породообразующих минералах и отличаются обычно сложной или таблитчатой формой.

Первичные затвердевшие включения расплавов в омфациите эклогитов Мугоджар и хр. Марун-Кеу в основном двухфазовые и состоят из серого почти однородного магматического стекла (80–85%) и газового пузырька

шарообразной формы. В процессе нагревания препаратов с включениями в термокамере первые порции расплава появляются при температурах 1100–1120° на границе фазового раздела стекло — минерал-хозяин. Объем расплава при этой температуре составляет 10–20% объема всего включения и при стабилизации температуры в течение 20 час. увеличивается до 30–40%. Полное же расплавление твердой фазы происходит при температуре 1230–1270°. Одновременно частично растворяется газовая составляющая включения, объем которой обычно уменьшается до 5–10%. Полное растворение газового пузырька в расплаве наступает при температуре 1280–1360°. Как показали детальные наблюдения, колебания температур гомогенизации обусловлены содержанием в магматическом стекле микроскопических рудного минерала, скорее всего магнетит-хромита. Аналогичные включения рудного минерала отмечаются и в самих кристаллах омфациита.

Первичные расплавные включения в гранатах этой группы эклогитов встречаются реже, чем в омфациите, и включения эти преимущественно многофазовые. Обращает на себя внимание спиральное или S-образное расположение включений, свидетельствующее о вращении минерала в процессе его кристаллизации. Температура гомогенизации многофазовых затвердевших включений в гранатах несколько ниже, чем в омфациите, и составляет 1180–1230°. Наряду с затвердевшими первичными включениями в тех же зонах гранатов обнаружены однофазовые углекислые включения с удельным объемом 1,1–1,2 см³/г. Изучение углекислых включений методом криометрии ⁽³⁾ показало, что в процессе замораживания при температурах от +3 до +10° в них появляется газовый пузырек, который исчезает в пределах от +5 до +12°. Полное замерзание CO₂ включений происходит при –57°. Выдержанность температуры замерзания всех однофазовых включений свидетельствует об идентичности их составов, а сами величины отвечают тройной точке состояния углекислоты. По включениям с углекислотой рассчитано ее парциальное давление в момент минералообразования ⁽²⁾, составляющее около 8 кбар.

Вторичные затвердевшие включения в минералах эклогитов этой группы относятся к многофазовым; в их составе, помимо стекла и газа, присутствуют еще две-три фазы, различающиеся по окраске и другим оптическим характеристикам. Микроскопические размеры этих фаз не дают возможности определить их состав. Температуры гомогенизации вторичных затвердевших включений довольно постоянны и составляют 900±50.

Углекислые первичные включения в минералах эклогитов хр. Уралтау приурочены к зонам роста кристаллов. В залеченных трещинах минералов обнаружены двухфазовые расплавные, явно вторичные включения. Возможно, что они образовались в результате частичного апатектического плавления пород. Включения гомогенизируются при тех же значениях температур, что и вторичные расплавные включения эклогитов Мугоджар и Марун-Кеу. Очевидно, что совпадение температур гомогенизации расплавных включений в породах, разобнесенных на тысячи километров, не случайно, имеет региональный характер, соответствуя температурам первого этапа прогрессивного метаморфизма докембрия Урала и Мугоджар.

Результаты исследования расплавных включений в минералах эклогитов позволяют нам отнести эклогиты хр. Марун-Кеу и Мугоджар к образованиям магматического типа, кристаллизующихся из гетерогенного расплава сложного состава в условиях меняющихся термодинамических режимов. Минимальные значения температур начала кристаллизации этих пород 1180–1360°. При этом в области высоких температур кристаллизовался омфациит, а при снижении ее и появлении свободной CO₂ формировались кристаллы граната. Вторичные включения отражают процессы метаморфизма, наложенные на породы в более поздние геологические этапы.

Для группы эклогитов хр. Урaltaу характерны первичные однофазовые углекислые включения с удельным объемом 1,10–1,20 см/г. Отсутствие первичных затвердевших включений в минералах может свидетельствовать об образовании этих пород в результате прогрессивного метаморфизма путем перекристаллизации каких-либо осадочных или осадочно-вулканогенных комплексов. Подобная точка зрения утверждалась на основании геологических данных одним из авторов ⁽⁵⁾. О минимальных температурных границах протекания этих реакций можно судить исходя из температур гомогенизации вторичных затвердевших включений.

Результаты исследования гомогенизации включений в минералах эклогитов достаточно хорошо совпадают с результатами экспериментов. Так, эклогиты Мугоджар в «сухих» условиях при давлениях 15 кбар плавятся в интервале температур 1200–1250°; при 20 кбар 1250–1300°, при 30 кбар 1350–1400° ⁽⁶⁾.

Рассчитанное парциальное давление CO₂ было ниже общего давления в момент формирования эклогитов обеих групп. Согласно экспериментальным данным, минеральная ассоциация, соответствующая эклогитовому парагенезису, устойчива лишь при высоких температурах и давлениях, превышающих 13–15 кбар ^(5–7). Высокое литостатическое давление на грузки в сочетании с давлением тектонического напряжения превышало парциальное давление CO₂, что обуславливало присутствие углекислоты в качестве свободной фазы и консервации ее в расплавных и газовой-жидких включениях.

Комплексное изучение эклогитов с применением общегеологических методов, а также методов гомогенизации газовой-жидких и расплавных включений и методов экспериментального моделирования природных процессов позволяет однозначно решать вопрос об отнесении пород к орто- или паразеновидностям, воссоздать основные этапы их геологической истории.

Всесоюзный научно-исследовательский институт
синтеза минерального сырья
г. Александров

Поступило
16 V 1975

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ А. В. Сидоренко и др., Состояние, проблемы и опыт анализа на примере амфиболитов Кольского полуострова, «Наука», 1972, стр. 242. ² Ю. А. Долгов, В. Мокогон, В. С. Соболев, ДАН, т. 175, № 2 (1967). ³ Ф. И. Мельников, Сб.: Минералогическая термометрия и барометрия, т. 2, М., «Наука», 1968, стр. 56. ⁴ Л. Н. Хетчиков, Тез. докл. IV регион. совещ. по термобарохимии процессов минералообразования, Ростов-на-Дону, 1973, стр. 43. ⁵ С. С. Горохов, ДАН, т. 200, № 2, 439 (1971). ⁶ С. С. Горохов, Е. Е. Лисицына, Магматизм формации кристаллических пород и глубины Земли. Тр. IV Всесоюз. петрографич. совещ., ч. 1, М., «Наука», 1972, стр. 164. ⁷ С. С. Горохов, ДАН, т. 242, № 1, 198 (1973). ⁸ Д. Х. Грин, Рингвуд и др., Петрология верхней мантии, «Мир», 1968, стр. 335.