

Л. И. ПАНИНА, В. С. ШАЦКИЙ

ВКЛЮЧЕНИЯ РАСПЛАВОВ В МАГНЕТИТ-АПАТИТОВЫХ ПОРОДАХ КАРБОНАТИТОВОЙ ИНТРУЗИИ ЕССЕЙ

(Представлено академиком В. С. Соболевым 15 XI 1971)

В последние годы при экспериментальном выяснении *РТ*-условий формирования природных карбонатитов большое значение начали придавать сопутствующим минералам, в первую очередь апатиту и форстериту. Это объясняется двумя причинами: спецификой формирования магматических карбонатитов и малой эффективностью применения методов термометрии для исследования карбонатных минералов ⁽¹⁾. Для магматических карбонатов возможно присутствие только раскристаллизованных включений расплавов. Стекловатых включений в них не должно быть, поскольку в природе отсутствует карбонатное стекло. Не исключено, конечно, нахождение в карбонатах вторичных стекловатых включений некарбонатного состава, захваченных на поздних стадиях кристаллизации карбонатов при резкой смене химического состава минералообразующей среды.

Потенциально существующие раскристаллизованные включения, в свою очередь, подобно натрово-карбонатитовым лавам ⁽²⁾, под действием окружающего воздуха и воды могут разлагаться и становиться непригодными для термометрического исследования.

Кроме всего сказанного выше, карбонатные минералы при высоких температурах эксперимента растрескиваются по спайностям, герметичность большинства включений нарушается. При нагревании карбонаты буреют и к 700–800° становятся полностью непрозрачными.

Для сопутствующих минералов все отмеченные недостатки не характерны, и они являются благоприятными для выяснения генетической природы карбонатитов минералотермометрическими методами.

Оливин и особенно апатит относятся к типоморфным минералам карбонатитов и ультраосновных — щелочных пород. Апатит встречен в пирокластических ийолитовых породах натрово-карбонатитового вулкана Олдоиньо-Ленгаи ⁽²⁾, образует тонкие слои в эффузивных аггломератах и пепла вулканического конуса Калуве ⁽³⁾, вместе с форстеритом и магнетитом присутствует в карбонатитовых дайках Якуширанги ⁽⁴⁾ и Кайзерштуля ⁽⁵⁾, слагает широкие кольцевые зоны вокруг карбонатитового ядра в массивах Лулекоп ⁽⁶⁾ и Ессей ⁽⁷⁾, образует штокообразные тела и жилы в некоторых ультраосновных — щелочных массивах Кольского полуострова ⁽⁸⁾. Относительно несомненной генетической связи карбонатитов с магнетит-апатитовыми и форстерит-апатит-магнетитовыми породами мнения исследователей единодушны ⁽⁹⁾.

Нами изучены магнетит-апатитовые и форстерит-магнетит-апатитовые породы карбонатитовой интрузии Ессей, расположенной на юге Маймеча-Кожуйской ультраосновной — щелочной провинции. Массив приурочен к пересечению глубинных разломов субмеридионального и северо-западного простирания, сложен преимущественно карбонатитами и магнетит-апатитовыми породами. Последние образуют крупное полукольцевое тело, тяготеющее к центру интрузии, и имеют четкие контакты с карбонатитами. Форстерит в магнетит-апатитовых образованиях по-

является только на их контакте с эпизодически встречаемыми блоками ультраосновных и щелочных пород.

Магнетит-апатитовые и форстерит-магнетит-апатитовые образования макроскопически не отличаются друг от друга. Структура их мелко-среднезернистая, текстура массивная, полосчатая, пятнистая. Оливин в породе наиболее идиоморфен, апатит аллотриоморфен, зерна магнетита изометричны. Количественные соотношения между минералами непостоянны, но апатит всегда преобладает. Оптические константы следующие: для апатита $N_o' = 1,645-1,647$; для форстерита $N_g' = 1,693-1,695$, $N_p' = 1,657-1,659$, $2V = 88^\circ$. Данные химического анализа магнетит-апатитовой породы таковы (¹⁰): SiO_2 0,30; TiO_2 сл.; Al_2O_3 1,40; Fe_2O_3 17,14; FeO 0,06; F 0,80; CaO 42, 45; MgO 0,04; MnO 0,07; NaO 0,15; P_2O_5 31,38; $H_2O_{общ}$ 3,56; CO_2 2,68%.

При помощи методов минералотермометрии нами изучались апатит и оливин. Для исследования оливина применялась микротермокамера с инертным газом конструкции А. И. Чепурова и Н. П. Похиленко*.

Апатит исследовался из обеих разновидностей пород: магнетит-апатитовой и форстерит-магнетит-апатитовой. Обнаруженные включения по форме, величине, агрегатному состоянию и температурам гомогенизации в обоих случаях одинаковы. Это позволяет считать магнетит-апатитовые и форстерит-магнетит-апатитовые породы продуктами одного и того же процесса.

В апатите обнаружены две группы включений: первичные расплавленные и вторичные газово-жидкие. Включения расплава стекловатые — однофазовые («закаленное» стекло) и двухфазовые (стекло + газ). Расположены бессистемно, встречаются поодиночке. Размером они в тысячные доли миллиметра, форма включений негативная или изометричная (рис. 1А). Размягчение стекла начиналось в интервале $800-900^\circ$. При этих же температурах происходило обособление газового пузырька в «закаленных» включениях. При более высоких температурах газовый пузырь перемещался в вакуоли и начиналось изменение формы последних. Полость включения увеличивалась в размерах и приобретала неправильные очертания (рис. 1А, 2, 3). При охлаждении первоначальная форма и размеры включения никогда не восстанавливались, газовый пузырь либо совсем не появлялся, либо отмечался в том же объеме. При повторных экспериментах температура гомогенизации оставалась прежней. Характерно, что во всех включениях при температуре выше 1000° резко повышалось давление летучих, быстрое повышение температуры всегда влекло за собой мгновенную разгерметизацию включений. Гомогенизация магматических включений осуществлялась в расплав при $1140-1170^\circ$.

Вторичных включений (газ + жидкость, газ + жидкость + твердая фаза) в апатите очень много (рис. 1Б). Они равномерно распределены по всему минералу, полости их ориентированы в одном направлении (рис. 1Б, 1). Размер включений от сотых до тысячных долей миллиметра, форма негативная, трубчатая, неправильная. Среди трехфазовых включений выделяются две разновидности: включения с одной-двумя прозрачными ограниченными твердыми фазами и включения, содержащие множество неограниченных твердых фаз темно-бурого цвета. Растворение первых начиналось при $70-80^\circ$, вторых — около 150° . Гомогенизация осуществлялась в жидкость при $260-520$ и $730-740^\circ$ соответственно. Двухфазовые включения гомогенизировались в жидкость при $80-380^\circ$.

В оливине встречены вторичные включения расплава двух генераций: 1. Стекловатые — однофазовые («закаленное» стекло) и двух-

* Конструкция камеры допускает погрешность при измерении температуры гомогенизации включений $\pm 20^\circ$.



Рис. 1. А — первичные включения расплава в апатите (2200×): 1 — двухфазовое (стекло + газ), снято при комнатной температуре; 2 — однофазовое («закаленное» стекло), изменение формы и размеров полости включения при нагревании (а — снято при комнатной температуре, б — при 950°, в — при 1000°, г — при 1060°, д — в момент гомогенизации при 1140°); 3 — двухфазовое (стекло + газ), изменение формы и размеров полости включения при высокой температуре (а — снято при 880°, б — при 1070°, в — при 1100°). Б — вторичные включения в апатите. Снято при комнатной температуре (900×): 1 — газовой-жидкие; 2 — газовой-жидкие с твердой фазой. В — включения расплава в оливине, снято при комнатной температуре (790×): 1 — стекловатые (а — однофазовые («закаленное» стекло), двухфазовые (стекло + газ), б — двухфазовые (стекло + газ)); 2 — раскристаллизованные (стекло + кристаллическая фаза + газ)

фазовые (стекло + газ) включения (рис. 1В, 1). Они встречаются группами и приурочены к трещинам, появившимся во время роста минерала. Размер их от десятых до тысячных долей миллиметра, форма овальная неправильная. Размягчение стекла начиналось при 850–900°, полное расплавление твердой фазы наблюдалось при 1100°. Гомогенизация осуществлялась в расплав при $1280 \pm 20^\circ$. 2. Частично раскристаллизованные включения расплава (прозрачное стекло + темная кристаллическая фаза + газ, рис. 1В, 2). Они расположены цепочками, контролирующими позднейшие трещинки в минерале. Форма у них изометричная, размеры — сотые и тысячные доли миллиметра. Гомогенизировать эти включения не удалось из-за разгерметизации их при высоких температурах (включения взрывались).

Данные минералотермометрического исследования свидетельствуют о том, что формирование магнетит-апатитовых и форстерит-магнетит-апатитовых пород происходило из одного магматического очага, в одну и ту же магматическую стадию. Магнетит-апатитовый расплав был существенно обогащен летучими компонентами. Температурный интервал кристаллизации минералов был небольшим: оливин кристаллизовался при $1280 \pm 20^\circ$, апатит — при 1170–1140°. Охлаждение расплава происходило быстро, гидротермальные процессы протекали при 730–260°.

Этим данным не противоречат результаты экспериментальных исследований синтетической системы $\text{CaO} - \text{CO}_2 - \text{H}_2\text{O}$ ⁽¹¹⁾ и $\text{CaO} - \text{P}_2\text{O}_5 - \text{CO}_2 - \text{H}_2\text{O}$ ⁽¹²⁾.

Полученные впервые прямые доказательства формирования из расплава природных магнетит-апатитовых и форстерит-магнетит-апатитовых пород служат дополнительным подтверждением возможности существования природной карбонатитовой магмы, так как на многих подобных массивах формирование магнетит-апатитовых пород происходило позже становления карбонатитов ⁽⁹⁾. Температуры раскристаллизации карбонатитовой магмы не должны, по-видимому, намного отличаться от температур кристаллизации магнетит-апатитового расплава.

Гипотетический магнетит-апатитовый расплав мог, вероятно, отделиться путем ликвации либо от карбонатитового расплава, либо от исходного ультраосновного — щелочного.

Институт геологии и геофизики
Сибирского отделения Академии наук СССР
Новосибирск

Поступило
5 XI 1971

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Т. Ю. Базарова, ДАН, 161, № 5 (1965). ² Дж. Б. Даусон, В сборн. Карбонатиты, М., 1969, стр. 169. ³ Д. К. Бейли, там же, стр. 142. ⁴ Ж. С. Мельшер, там же, стр. 182. ⁵ В. Виммелпауер, там же, стр. 195. ⁶ Д. Гиттинс, там же, стр. 359. ⁷ В. З. Шувалова, Г. И. Поршневу, Э. А. Лапда, В сборн. Карбонатиты и щелочные породы Севера Сибири, Л., 1970. ⁸ Л. С. Бородин, Докл. на XXI сессии Междунаро. геологич. конгр., Копенгаген, 1960, М., 1960. ⁹ Ю. Л. Капустин, Минералогия карбонатитов, «Наука», 1971. ¹⁰ Э. А. Лапда, В сборн. Карбонатиты и щелочные породы Севера Сибири, Л., 1970. ¹¹ P. J. Wyllie, O. F. Tuttle, J. Petrol., № 1 (1960). ¹² П. Дж. Уилли, В сборн. Карбонатиты, М., 1969, стр. 265.