

Л. И. ПАНИПА, В. П. КОСТЮК

**ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ
ГУЛИНСКИХ КАРБОНАТИТОВ (СЕВЕРО-ЗАПАД
СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ)**

(Представлено академиком В. С. Соболевым 2 VI 1970)

Проблема природы карбонатитов в сложных ультраосновных щелочных комплексах платформ в целом, и Маймеча-Катуйской провинции в частности, относится к одной из наиболее сложных. По поводу генезиса последних существует несколько точек зрения, однако наиболее аргументированными с геолого-петрографических позиций, по-видимому, можно считать только две — гидротермально-метасоматического (¹, ²) и магматического (³, ⁴) происхождения карбонатитов. Мнение о первично-осадочной природе (⁵) их едва ли состоятельно.

Нами проведено минералотермометрическое изучение * собственно карбонатитов и примыкающих к ним карбонатизированных пироксенитов и мельтейгитов. В первых исследовались кальцит и доломит, в последних — нефелин и пироксен. Для этих минералов характерны в основном многофазовые и двухфазовые газово-жидкие включения. Лишь в кальците, помимо названных, отмечены жидко-газовые двухфазовые включения.

В кальците и доломите карбонатитов часты многофазовые газово-жидкие включения. Они располагаются группами; какой-либо приуроченности к зонам роста минералов не обнаружено. Размер их от сотых до тысячных долей миллиметра. Включения бесцветны, прозрачны, имеют овальную, иногда ограниченную форму. Среди них выделяются две пространственно обособленных группы: включения, пересыщенные твердыми фазами — больше 10 штук, — и включения, в которых число твердых фаз не превышает 2—4. Первые обнаружены только в доломите. В них почти вся полость вакуоли заполнена твердыми фазами, в интерстициях между которыми находятся газ и жидкость. Твердые фазы имеют самые различные формы, чаще всего они бесцветны, иногда зеленоватого или черного цвета. Растворение твердых фаз в первой группе включений происходило за 20—70° до гомогенизации. Включения, пересыщенные твердыми фазами, гомогенизировались в интервале от 470 до 750° **, а включения второй группы — в пределах 270—450°.

Двухфазовые газово-жидкие и жидко-газовые включения приурочены в основном к спайностям кальцита и доломита. Форма их неправильная, вытянутая, изредка изометричная, полуграненная. Размер и окраска включений аналогичны многофазовым газово-жидким включениям. Широким распространением пользуются газово-жидкие включения. Интервал гомогенизации их от 70 до 410°. Жидко-газовые включения встречаются гораздо реже. Они гомогенизируются в газ при 350—410°.

В нефелине и пироксене карбонатизированных пироксенитов и мельтейгитов среди многофазовых газово-жидких включений обнаружены также обе группы. Включений, пересыщенных твердыми фазами, мало.

* Первые данные о температурах формирования карбонатитов Гулинского ультраосновного щелочного массива (340—100°) были получены Н. З. Евзиковой и А. А. Москалюк (⁶).

** В некоторых включениях при 750° гомогенизация не происходила, однако газовый пузырь заметно уменьшался. Наступавшее при этой температуре интенсивное побурение минерала мешало наблюдению за дальнейшим ходом гомогенизации.

Они одиночны. Размер их от первых сотых до тысячных долей миллиметра. Они имеют неправильную, округлую и полуограненную формы. Окраска их пятнистая, обусловленная неравномерным распределением в полости включения большого количества темноокрашенных твердых фаз. Газовый пузырь, как и в доломите, деформирован твердыми фазами. Гомогенизация включений осуществлялась в жидкость в интервале 1040—1130° в пироксене и 830—1050° — в нефелине.

Многофазовые газовой-жидкие включения второй группы и двухфазовые газовой-жидкие включения распространены гораздо шире. Они контролируют трещинки в минералах, располагаются по спайности в пироксене. От вышеописанных эти включения отличаются окраской (бесцветны, прозрачны) и меньшим количеством (или отсутствием) твердых фаз. Включения в пироксене гомогенизируются при 200—380°, в нефелине — при 340—350°.

Определение давления в момент гомогенизации включения, как известно (7), возможно при условии наличия данных о составе газовой фазы и знания состава и концентрации солей в растворе. Поскольку состав газовой фазы нами не определялся, мы попытались использовать литературные данные. Исследование подобных объектов (8) показало, что в составе газовой фазы превалирует углекислый газ (82—97 об. %), способный развивать давление до 10—15 атм. Давление растворенной CO₂ нами принималось за давление газовой фазы.

Состав солей обычно определяется криогидратным методом (9). В нашем случае его применение исключалось из-за пересыщенности наиболее высокотемпературных включений твердыми фазами. В то же время литературные данные (8) говорят о преобладающей роли NaCl в химическом составе таких включений*. Поэтому мы условно приняли все находящиеся в растворе соли за NaCl. Определение их концентрации производилось по температурам растворения твердых фаз включений (10). При вычислении давления были использованы диаграммы фазового равновесия NaCl — H₂O, составленные Соурироном и Кеннеди (11).

Снятое таким образом давление с учетом давления CO₂ для наиболее высокотемпературных (690—750°) включений минералов карбонатитов отвечает 1000—1060 атм. Для более низкотемпературных включений, гомогенизовавшихся от 620 до 650°, отмечаются более низкие давления, 600—810 атм.

Итак, нижний температурный предел формирования карбонатитов соответствует 690—750°, а ориентировочное давление 1000—1060 атм. Образование силикатных минералов (пироксена и нефелина) в экзоконтактовых частях карбонатитов происходило при более высоких температурах (1040—1130 и 830—1050° соответственно) и, вероятно, более высоких давлениях.

Возможность существования карбонатитовых расплавов признается Уайли и Таттлом (12). В зоне Африканского рифта карбонатитовые лавы и туфы описаны в Уганде (13), провинции Рунгве (14), а современные излияния натро-карбонатитов наблюдались в вулкане Олдоиньо Ленгаи (Танганьика) (15). Основываясь на теоретических представлениях о поведении насыщенных летучими расплавов, Соболев и др. (16) считают сомнительной возможность существования карбонатитовых магм. Обычные карбонатиты, по их мнению, образуются в результате метасоматического замещения кальцитов либо упомянутых содовых карбонатитов, либо силикатных пород.

* Имеющиеся валовые анализы водных вытяжек из кристаллов кальцита и доломита гулинских карбонатитов отражают содержание в них KCl 2,23—2,61 и NaCl 1,46 мг на 100 г (4). Полагаясь больше на вытяжки из индивидуальных включений, мы все же считаем, что упомянутые данные также подтверждают достаточную концентрацию галоидов Na и K в составе включений.

Результаты наших исследований, т. е. полученные *PT*-параметры, и независимо от трактовки вопроса о природе самого вещества карбонатитов представляют известный интерес, поскольку они допускают предположение либо о принципиальной возможности существования карбонатитов расплава, либо о высокотемпературном известковом метасоматозе.

Пользуемся случаем выразить признательность акад. В. С. Соболев принявшему участие в обсуждении материалов данной статьи.

Институт геологии и геофизики
Сибирского отделения Академии наук СССР
Новосибирск

Поступило
25 V 1970

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Е. М. Эпштейн и др., Гулинская интрузия ультраосновных щелочных пород 1961. ² Л. С. Бородин, Международн. геол. конгр., XXI сессия, докл. советских геологов, М., 1960. ³ Л. С. Егоров, Изв. АН СССР, сер. геол., № 1 (1964). ⁴ Л. И. Жабин, В сборн. Петрология и геохимические особенности комплекса ультрабазитов, щелочных пород и карбонатитов, «Наука», 1965. ⁵ Н. З. Евзикова, Л. И. Ильченко, ДАН, 165, № 6 (1965). ⁶ Н. З. Евзикова, А. А. Москалюк, ДАН 159, № 1 (1964). ⁷ Ю. А. Долгов, Л. Ш. Базаров, И. Т. Бакуменко, В сборн. Минералогическая термометрия и барометрия, 2, «Наука», 1968. ⁸ Т. Ю. Базарова, Термодинамические условия формирования некоторых нефелинсодержащих пород, «Наука», 1969. ⁹ Л. Ш. Базаров, И. В. Моторина, ДАН, 176, № 6 (1967). ¹⁰ А. Б. Здачовский и др., Справочник экспериментальных данных по растворимости солевых систем, 3, Л., 1961. ¹¹ S. Sourirajan, G. C. Kennedy, Am. J. Sci., 260, № 2 (1962). ¹² P. J. Wyllie, O. F. Tuttle, J. Petrology, 1, № 1 (1960). ¹³ O. von Knorring, C. G. du Bois, Nature, 192, № 4807 (1961). ¹⁴ D. A. Harkin, Geol. Surv. of Tanganyika, Mem., № 11 (1960). ¹⁵ C. G. du Bois et al., Nature, 197, № 4866 (1963). ¹⁶ В. С. Соболев и др., Геология и геофизика, № 4 (1970).