

# ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ БАЗАЛЬТОВЫХ РАСПЛАВОВ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ДАЕК И СИЛЛОВ О-ВА ХЕЙСА, АРХИПЕЛАГ ЗЕМЛЯ ФРАНЦА-ИОСИФА

В.А. Симонов<sup>1</sup>, Ю.В. Карякин<sup>2</sup>, С.В. Ковязин<sup>1</sup>, Э.В. Шипилов<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Институт геологии и минералогии СО РАН, Новосибирск, e-mail: simonov@uiggm.nsc.ru

<sup>2</sup>Геологический институт РАН, Москва, e-mail: yukar@ginras.ru

<sup>3</sup>Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, Мурманск

В последнее время проблемам полярных областей уделяется повышенное внимание. Об этом свидетельствуют многочисленные публикации и доклады на недавно прошедшем LXII Тектоническом совещании «Геология полярных областей Земли» (Москва, 2009), в которых рассматриваются широкий круг вопросов, связанных с геологией Арктики и Антарктиды. Активные исследования островов Арктического бассейна дали возможность получить значительный объем информации о магматизме этого региона [Карякин, Шипилов, 2008; Симонов и др., 2008; Шипилов, Карякин, 2008; Карякин и др., 2009; и другие]. При этом, большая часть материалов по магматическим системам арктических островов связана с результатами исследования базальтовых эффузивных серий. В то же время, особенности формирования интрузивных комплексов затронуты в меньшей степени.

В сообщении приводятся новые данные о физико-химических и геохимических параметрах формирования даек и силлов о-ва Хейса (архипелаг Земля Франца-Иосифа), полученные главным образом с помощью анализа расплавных включений в плагиоклазах. Включения исследовались в микротермокамере с инертной средой [Соболев, Слуцкий, 1984] согласно методическим разработкам, опубликованным ранее [Симонов, 1993; Sobolev, Danyushevsky, 1994]. Стекла закаленных гомогенизированных включений анализировались на рентгеновском микроанализаторе Camebax-Micro в Институте геологии и минералогии СО РАН. Содержания РЭ, РЗЭ и воды в расплавных включениях определены на ионном микроанализаторе IMS-4f в Институте микроэлектроники РАН по методике [Соболев, 1996].

Включения расплавов были найдены в плагиоклазах из долеритовых порфириров даек и из долеритов силлов о-ва Хейса. Первичные расплавные включения (размерами 5-60 мкм) располагаются в центральных частях кристаллов и формируют зоны роста плагиоклаза. Формы включений – округло-прямоугольные таблички. До высокотемпературных экспериментов включения содержат микрозернистую ассоциацию темных и светлых фаз. Иногда виден газовый пузырек. Экспериментальные исследования расплавных включений в микротермокамере показали, что плагиоклазы из даек кристаллизовались при снижении температуры в существенно более широком диапазоне и до более низких значений (1175-1115°C), чем минералы из силлов - 1185-1160°C. Эти особенности связаны, скорее всего, с тем, что формирование даек происходило при кристаллизации поднимающихся базальтовых расплавов в фактически открытой системе вертикальных трещин. В то время как при образовании силлов более стабильные условия замкнутых камер способствовали сохранению высокотемпературных параметров.

Стекла гомогенизированных включений по соотношениям  $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O} - \text{SiO}_2$  и  $\text{FeO}/\text{MgO} - \text{SiO}_2$  соответствуют расплавам нормальной щелочности с толеитовыми характеристикам. По содержанию  $\text{SiO}_2$  и  $\text{MgO}$  расплавные включения из даек и силлов сильно различаются. Для даек характерен более примитивный состав базальтовых расплавов – с пониженными значениями  $\text{SiO}_2$  (48-50 мас.%) и повышенными содержаниями  $\text{MgO}$  (4.6-8 мас.%) по сравнению с силлами ( $\text{SiO}_2$  50-53 мас.%,  $\text{MgO}$  2.5-3.4 мас.%). Обладая высокими значениями титана (2.7-3.8 мас.%) включения из даек на диаграмме  $\text{TiO}_2 - \text{K}_2\text{O}$  располагаются в области базальтов океанических островов (OIB), в то время как включения из силлов (с меньшими содержаниями  $\text{Ti} - 1.4-2.3$  мас.%) находятся на границе обогащенных расплавов срединно-океанических хребтов (E-MORB) и OIB. Необходимо отметить, что часть точек включений из силлов ассоциирует с данными для базальтов плато Онтонг Джава (Тихий океан). По соотношению  $\text{TiO}_2 - \text{FeO}/\text{MgO}$  расплавные включения из даек находятся в поле OIB, а включения из силлов (с высокими значениями  $\text{FeO}/\text{MgO} -$  преимущественно 3-4) располагаются на продолжении тренда базальтов плато Онтонг Джава и траппов Сибирской платформ.

На вариационных диаграммах Харкера включения в плагиоклазах из силлов хорошо отличаются от включений в минералах даек меньшими значениями  $TiO_2$ ,  $FeO$ ,  $MgO$ . Отличаются они и от включений из лавовых потоков относительно повышенными содержаниями титана, алюминия, калия и пониженными значениями магния, кальция, на фоне роста  $SiO_2$ . Эти данные свидетельствуют о процессах фракционирования в замкнутых камерах при формировании силлов.

По характеру распределения редкоземельных элементов расплавные включения в плагиоклазах из даек о-ва Хейса обогащены легкими лантаноидами, близки по спектрам к базальтам промежуточного состава Гавайских островов (OIB) и хорошо отличаются от графиков включений в минералах из лавовых потоков, которые согласуются с данными по базальтам плато Онтонг Джава и полностью соответствуют характеристикам траппов Сибирской платформы.

Рассмотренные расплавные включения в минералах пород архипелага Земля Франца-Иосифа по соотношениям таких индикаторных редких элементов, как Nb, Th, Y, Zr, относятся к сериям с плюмовым мантийным источником. На диаграмме Y - Zr точки составов расплавных включений в плагиоклазах из даек о-ва Хейса обладают повышенными значениями элементов (Y до 54, Zr до 284 г/т) и тесно ассоциируют с базальтами типа OIB. Те же особенности отмечаются и по соотношению Zr -  $TiO_2$ . Явно обогащенные этими элементами магматические системы, формировавшие интрузивные комплексы о-ва Хейса, хорошо отличаются от расплавов, изливавшихся в виде базальтовых потоков, с типичными характеристиками океанических платобазальтов и траппов Сибири.

Моделирование по программе PETROLOG [Danyushevsky, 2001] на основе данных по составу расплавных включений в плагиоклазах показало, что расчетные температуры полностью совпадают с температурами гомогенизации, что свидетельствует об относительно сухой системе и подтверждает реальность полученных температурных параметров. О незначительном присутствии воды говорит ионный анализ включений, показавший до 0.27 мас.%  $H_2O$  в расплавах о-ва Хейса.

Расчетное моделирование на основе данных по расплавным включениям показало, что первичные расплавы для силлов о-ва Хейса формировались на глубинах 70-95 км при температурах 1440-1530°C. Эти параметры совпадают с данными для платобазальтовых магматических систем о-ва Земля Александры (архипелаг Земля Франца-Иосифа) - 75-100 км при температурах 1450-1550°C [Симонов и др., 2008], а также Сибирской платформы и района плато Онтонг Джава [Симонов и др., 2005]. Для даек о-ва Хейса генерация первичных расплавов происходила в более глубоких условиях: около 110 км и 1600°C

В целом, по своим геохимическим и физико-химическим характеристикам расплавы силлов более близки платобазальтовым магматическим системам, а дайки формировались из плюмовых расплавов типа OIB. То есть картина близка к ситуации, установленной нами ранее для магматизма архипелага Земля Франца-Иосифа [Симонов и др., 2008] – в начале, происходило формирование платобазальтовых комплексов, состоящих из потоков лав и силлов, которые впоследствии были прорваны дайковыми сериями с обогащенными плюмовыми расплавами типа OIB.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 08-05-00180).

### Список литературы

**Карякин Ю.В., Ляпунов С.М., Симонов В.А., Складов Е.В., Травин А.В., Шипилов Э.В.** Мезозойские магматические комплексы архипелага Земля Франца-Иосифа // Материалы LXII Тектонического совещания «Геология полярных областей Земли» М.: ГЕОС. 2009. Т.1. С. 257-263.

**Карякин Ю.В., Шипилов Э.В.** Геохимическая характеристика и  $^{40}Ar/^{39}Ar$  возраст магматических пород архипелага Земля Франца-Иосифа // Общие и региональные проблемы тектоники и геодинамики. Т.1. М.: ГЕОС. 2008. С. 389-393.

**Симонов В.А.** Петрогенезис офиолитов (термобарогеохимические исследования). Новосибирск: Изд-во ОИГГМ СО РАН, 1993. 247 с.

**Симонов В.А., Карякин Ю.В., Ковязин С.В., Шпилов Э.В.** Особенности распределения редких и редкоземельных элементов в магматических системах архипелага Земля Франца-Иосифа // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту). Иркутск: Институт земной коры СО РАН, 2008. Т. 2. С. 94-95.

**Симонов В.А., Ковязин С.В., Васильев Ю.Р., Махони Дж.** Физико-химические параметры континентальных и океанических платобазальтовых магматических систем (данные по расплавленным включениям) // Геология и геофизика, 2005. Т. 46. № 9. С. 908-923.

**Соболев А.В.** Включения расплавов в минералах как источник принципиальной петрологической информации // Петрология, 1996. Т. 4. № 3. С. 228-239.

**Соболев А.В., Слуцкий А.Б.** Состав и условия кристаллизации исходного расплава сибирских меймечитов в связи с общей проблемой ультраосновных магм // Геология и геофизика, 1984. № 12. С. 97-110.

**Шпилов Э.В., Карякин Ю.В.** Юрско-меловой базальтоидный магматизм Баренцево-Карской континентальной окраины: геологические и геофизические свидетельства и геодинамические обстановки проявления // Общие и региональные проблемы тектоники и геодинамики. Т.2. М.: ГЕОС. 2008. С. 475-481.

**Danyushevsky L.V.** The effect of small amounts of H<sub>2</sub>O on crystallisation of mid-ocean ridge and backarc basin magmas // J. Volcan. Geoth. Res. 2001. V. 110. № 3-4. P. 265-280.

**Sobolev A.V., Danyushevsky L.V.** Petrology and Geochemistry of Boninites from the North Termination of the Tonga Trench: Constraints on the Generation Conditions of Primary High-Ca Boninite Magmas // J. Petrol. 1994. V. 35. P. 1183-1211.