

Условия кристаллизации магматических комплексов Курильских островов (данные по расплавленным включениям)

Симонов В.А., Ковязин С.В.

ИГМ СО РАН, Новосибирск, Россия, simonov@uiggm.nsc.ru

Conditions of crystallization of Kuril Islands magmatic complexes (melt inclusions data)

Simonov V.A., Kovyazin S.V.

IGM SB RAS, Novosibirsk, Russia, simonov@uiggm.nsc.ru

Summary. A representative information about physico-chemical and geochemical (trace, rare-earth elements and fluid components) conditions of crystallization of Kuril Islands magmatic complexes (Lesser Kuril Chain, Shikotan Island) was obtained from melt inclusions analysis.

Введение. В составе Курильской островной дуги выделяются два основных структурных элемента – Большая и Малая Курильские гряды. Современный вулканизм развит в пределах Большой Курильской гряды, протягивающейся от Камчатки до острова Хоккайдо (Япония). Малая Курильская гряда (в состав которой входят острова Шикотан, Полонского, Зеленый, Юрий, Анучина, Танфильева) располагается к юго-востоку от Большой гряды. Характерной чертой островов Малой гряды является отсутствие четвертичного магматизма.

В общей структуре единой системы островная дуга – желоб внешняя Малая Курильская гряда является приподнятым краем уступа верхней террасы, выведенной выше уровня моря на приостровном склоне глубоководного желоба, и представляет собой фактически фундамент, на котором развивается внутренняя, вулканическая дуга Большой Курильской гряды.

Нами исследовался остров Шикотан, наиболее крупный среди островов Малой Курильской гряды. Во время экспедиционных работ была собрана представительная коллекция образцов всех разновидностей магматических пород этого острова. В данном сообщении приводятся результаты анализа расплавленных включений в минералах из интрузивных магматических комплексов острова Шикотан.

Расплавленные включения в минералах интрузивных пород острова Шикотан исследовались в Институте геологии и минералогии СО РАН. Эксперименты с расплавленными включениями при высоких температурах проводились в микротермокамере с инертной средой (Соболев, Слуцкий, 1984) на основе имеющихся методик (Симонов, 1993; Sobolev, Danyushevsky, 1994). Закаленные в стекло гомогенизированные включения анализировались на рентгеновском микроанализаторе Camebax-Micro в Институте геологии и минералогии СО РАН, г. Новосибирск. Содержания редкоземельных элементов и воды во включениях определены методом вторично-ионной масс-спектрометрии на ионном микроанализаторе IMS-4f в Институте микроэлектроники РАН (г. Ярославль) по методике (Соболев, 1996).

Особенности геологического строения острова Шикотан. Остров Шикотан сложен в основном верхнемеловыми магматическими и осадочными образованиями. Структуру острова формируют габброиды, дайки, эффузивы преимущественно основного состава и эффузивно-осадочные породы.

Интрузии габброидов образуют крупные массивы на северо-востоке и юго-западе острова. Мелкие тела габбро встречаются на тихоокеанском побережье в бухте Димитрова. Дайки, главным образом долеритовые, входят в состав комплекса параллельных даек и протягиваются вдоль всего юго-восточного побережья. Установлено

присутствие дайковых серий как в эффузивах, так и в габброидах. Эффузивы (лавы, лавобрекчии, туфы) развиты на северо-западном и тихоокеанском побережьях. Осадочные комплексы (песчаники, алевролиты и т.п.) расположены преимущественно в центральной части острова Шикотан.

Взаимоотношения комплексов пород о-ва Шикотан удалось выяснить при детальном исследовании его северо-восточной части. На разрезе, составленном через гору Шикотан, фиксируется субслоистое строение (снизу вверх): в основании габброиды с ультраосновными породами в нижних частях, выше эффузивы с комплексом даек, верхняя часть - целиком эффузивы. Таким образом, мы имеем типичный разрез офиолитовой ассоциации, начинающийся с кумулятивных гипербазитов, сменяющихся габброидами, затем дайковым комплексом и эффузивами. Разрез практически не нарушен и находится в первичном субслоистом залегании, с характерной для офиолитов сменой снизу вверх глубинных интрузивных образований менее глубинными и приповерхностными породами.

Расплавные включения. Методами термобарогеохимии исследовались включения в минералах пород интрузивных комплексов острова Шикотан, являющихся фактически фундаментом Курильской островной дуги. Составы расплавных включений были изучены в клинопироксенах из плагиоклазовых перидотитов, оливиновых габбро и нормальных габбро.

В моноклинном пироксене многочисленные первичные расплавные включения (размерами 10-40 мкм) располагаются зонами, полосами. Часто наблюдаются азональные включения, распределенные равномерно по кристаллу. Формы включений округлые, иногда ограненные, похожие на вытянутые шестигранники. В большинстве случаев включения содержат множество темных и светлых фаз + газовый пузырек. Внутри включений иногда видны четкие круглые газовые пузырьки в светлой стекловатой матрице.

Эксперименты в микротермокамере показали, что полностью гомогенными включения в клинопироксенах из интрузивных пород острова Шикотан становятся при разных температурах. Наиболее высокие параметры установлены для включений в пироксене из перидотитов – около 1300-1320°C. Существенно ниже температуры гомогенизации включений в клинопироксенах из оливинового габбро - 1240-1270°C. Наиболее низкие температуры среди интрузивных пород острова Шикотан характерны для обычного габбро - 1230-1250°C.

По химическому составу изученные гомогенизированные расплавные включения в клинопироксенах из перидотитов и габброидов острова Шикотан соответствуют породам нормальной щелочности. Согласно содержанию SiO_2 расплавные включения показывают вариации от базальтов до андезитов. При этом наблюдается рост суммы щелочей от 1.8 до 6.9 мас.%. По соотношению $\text{FeO}/\text{MgO}-\text{SiO}_2$ подавляющее большинство точек составов расплавных включений располагается в поле известково-щелочных серий. Значения отношений $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ свидетельствуют о том, что включения в пироксенах из перидотитов и оливинового габбро соответствуют K-Na серии, а включения в клинопироксенах габбро – Na серии.

Рассмотренные расплавные включения в клинопироксенах из интрузивных пород острова Шикотан обладают высокими содержаниями магния – до 12.3 мас.%. В целом, по значениям MgO включения отвечают оливиновым базальтам и базальтам. При этом, определены повышенные содержания SiO_2 и в результате на диаграмме $\text{MgO}-\text{SiO}_2$ большинство включений попадает в поле бонинитовых серий. Наблюдается падение содержания магния (от 12.3 до 5.9 мас.%) при росте SiO_2 от 51.2 до 64.4 мас.%.

Принадлежность составов рассмотренных включений к бонинитовым и известково-щелочным сериям подтверждается на диаграмме $\text{TiO}_2-\text{K}_2\text{O}$. Включения с минимальными содержаниями калия (до 0.7 мас.%) в пироксенах из габбро и частично из оливинового габбро располагаются в поле бонинитов. В то время, как большинство включений в клинопироксенах из перидотитов и оливиновых габбро приурочено к известково-

щелочному сектору. Содержания титана в расплавных включениях (до 0.24-0.51 мас.%) в пироксенах из перидотитов совпадают с данными по самим породам.

На диаграммах Харкера точки составов включений в клинопироксенах из перидотитов и оливиновых габбро располагаются совместно и в значительной мере перекрываются с данными по включениям в клинопироксенах из бонинитов Идзу-Бонинской островной дуги по соотношениям $Al_2O_3-SiO_2$, $CaO-SiO_2$, но содержат несколько меньше титана, железа и больше магния. Включения в пироксенах из габбро отличаются более низкими «базальтовыми» (до 53 мас.%) значениями SiO_2 . В целом, на этих диаграммах для включений в клинопироксенах из интрузивных пород острова Шикотан наблюдается падение TiO_2 , FeO , CaO , MgO и рост Al_2O_3 , K_2O на фоне накопления SiO_2 .

На диаграмме $Al_2O_3 - FeO/MgO$ точки расплавных включений из интрузивных пород острова Шикотан фиксируют падение содержания алюминия на фоне уменьшения значений железистости и располагаются согласно тренду кумуляции оливина.

Анализ расплавных включений на ионном зонде позволил получить информацию о содержании редкоземельных элементов и воды в магматических системах, формировавших интрузивные комплексы острова Шикотан. Графики распределения редкоземельных элементов в расплавных включениях имеют резкий отрицательный наклон. Наблюдаются минимальные «бонинитовые» значения для тяжелых элементов и известково-щелочные характеристики для легких лантаноидов.

Прямой анализ содержания летучих компонентов в расплавных включениях в пироксенах показывает накопление воды (до 1.6 мас.%) в интрузивных камерах, где формировались перидотиты и габброиды, в отличие от сухих расплавов, изливавшихся на поверхности.

Основные выводы. Проведенные исследования расплавных включений в клинопироксенах позволили выяснить физико-химические особенности кристаллизации интрузивных магматических комплексов острова Шикотан (Курильские острова).

1. Установлено закономерное снижение температур расплавов снизу вверх по разрезу от ультраосновных пород до габброидов: плагиоклазовые перидотиты (1300-1320°C) - оливиновое габбро (1240-1270°C) - обычное габбро (1230-1250°C).

2. Согласно одновременно высоким содержаниям магния (5.9-12.3 мас.%) и повышенным значениям SiO_2 (от 51.2 до 64.4 мас.%) расплавы, формировавшие интрузивные комплексы острова Шикотан, принадлежат к бонинитовым сериям. Данные по другим петрохимическим компонентам подтверждают эти выводы.

3. В целом, согласно соотношениям основных химических компонентов и редкоземельных элементов, интрузивные породы острова Шикотан формировались при активном участии бонинитовых и известково-щелочных расплавов.

4. Кристаллизация в интрузивных камерах происходила на фоне накопления летучих компонентов – H_2O до 1.6 мас.%.
Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 08-05-00180).

Литература:

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

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

Соболев А.В., Слущкий 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.

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.