

Cabri. Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum. 2002. Special Volume 54. P. 211-249.

6. Zaccarini F., Proenza J.A., Ortega-Gutiérrez F., Garuti G. Platinum group minerals in ophiolitic chromitites from Tehuitzingo (Acatlan complex, southern Mexico): implications for post-magmatic modification // Mineralogy and Petrology. 2005. V. 84. P. 147-168.

## УСЛОВИЯ ГЕНЕЗИСА ПЕРИДОТИТОВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АТЛАНТИКИ (ДААННЫЕ ПО РАСПЛАВНЫМ ВКЛЮЧЕНИЯМ)

**Симонов В.А., Ковязин С.В.**

*Институт геологии и минералогии СО РАН, Новосибирск, Россия  
e-mail: simonov@uiggm.nsc.ru*

## CONDITIONS OF PERIDOTITE GENESIS IN THE CENTRAL ATLANTIC (DATA ON MELT INCLUSIONS)

**Simonov V.A., Kovyazin S.V.**

*Institute of Geology and Mineralogy SB RAS, Novosibirsk, Russia  
e-mail: simonov@uiggm.nsc.ru*

As a result of analysis of the melt inclusions in Cr-spinels, with use of the original technique of high-temperature experiments, it has been found out, that a part of 15°20' Fracture Zone (Central Atlantic) peridotites was formed during initial picrite-basalt melt crystallization in the intrusive chambers during decrease in temperature from 1360°C to 1215°C. By means of an ionic microprobe two types of melts has been distinguished: dry and depleted with REE melts and rather enriched by water and light REE magmatic systems.

Исследовались образцы гипербазитов, собранные при непосредственном участии одного из авторов во время 9-го рейса НИС «Антарес» (1990-1991 гг.) в зоне трансформного разлома 15°20' (Центральная Атлантика). Детально были изучены ультраосновные породы восточного сочленения рифта Срединно-Атлантического хребта и разломного трога. Здесь в отдельных драгах отбиралось более 200 образцов различных типов пород: перидотиты, дуниты, серпентиниты, габбро, долериты, базальты, измененные метаморфизованные породы. В целом, на этом участке, представляющем собой внутреннее угловое поднятие между рифтовой долиной и разломным трогом, присутствует ассоциация базит-гипербазитовых пород, полностью соответствующая по своему набору офиолитам складчатых областей [3].

Наиболее представительные данные по расплавленным включениям получены для перидотитов, содержащих, в отличие от большинства интенсивно серпентинизированных ультрабазитов этого района, значительное количество неизмененных зерен оливина, ортопироксена и хромшпинелида. По химическому составу породы отвечают гарцбургитам с некоторой повышенной ролью кальция – до 4.2 мас.%. Оливины рассматриваемых гарцбургитов по своей магнезиальности (Fo 90.7-91.2 мол.%) близки к вкрапленным оливинам из базальтов этого участка. Ортопироксен представлен энстатитом – En 87.7-89.6 мол.%. Хромшпинелиды, в которых исследовались расплавленные включения, характеризуются широкими вариациями магнезиальности (Mg# 61-86 мол.%) при практически постоянных значениях хромистости (Cr# 60-62 мол.%). По величине Cr# они близки к хромитам с расплавленными включениями из троктолитов района Сьерра-Леоне в Центральной Атлантике, но имеют существенно более высокие значения Mg#. Обладая низкими содержаниями TiO<sub>2</sub> (до 0.32 мас.%) и высокой магнезиальностью, изученные хромшпинелиды соответствуют типичным характеристикам хромитов из пород срединно-океанических хребтов, в отличие от обогащенных титаном минералов из района Сьерра-Леоне. По соотношению значений Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в ортопироксене (1.3-1.7 мас.%) и хромистости шпинелей (Cr# 60-62 мол.%) изученный перидотит не выделяется среди других гипербазитов из района непосредственного

восточного сочленения рифта Срединно-Атлантического хребта и трога разлома 15°20'.

Первичные расплавные включения (до 30-50 мкм) равномерно располагаются в зернах хромшпинелидов и имеют равновесные округлые формы. Включения исследовались на аппаратуре и по методике [4] в Институте геологии и минералогии СО РАН. Составы стекол прогретых и закаленных включений были определены на рентгеновском микроанализаторе Camebax-Micro (Институт геологии и минералогии СО РАН). Содержания редких, редкоземельных элементов и воды определены на ионном зонде IMS-4f в Институте микроэлектроники РАН (г. Ярославль) по методике [5].

Среди расплавных включений в хромшпинелидах из гипербазитов зоны трансформного разлома 15°20' преобладает группа, по содержанию SiO<sub>2</sub> (42-48.5 мас.%) и MgO (14-21 мас.%) отвечающая пикробазальтам и оливиновым базальтам. По этим и по большинству других петрохимических компонентов (TiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, FeO, CaO, K<sub>2</sub>O) включения хорошо согласуются с составом исходных расплавов для габбро-гипербазитового расслоенного комплекса офиолитов Южной Тувы [6], формировавшихся при участии магматических систем срединно-океанических хребтов типа N-MORB [1, 2]. Таким образом, изученные включения в хромшпинелидах представляют собой микропорции близких к исходным расплавов, при кристаллизации которых в магматических камерах происходило формирование ультраосновных интрузивных комплексов в зоне трансформного разлома 15°20'.

На вариационных диаграммах Харкера рассмотренные включения в хромшпинелидах в большинстве случаев тесно ассоциируют с высокомагнезиальными габброидами зоны разлома 15°20' и района Сьерра-Леоне в Центральной Атлантике. Они также хорошо согласуются с данными по расплавным включениям в хромитах, фиксирующих процессы фракционирования расплавов в ходе кристаллизации габбро-ультрабазитового комплекса офиолитов Южной Тувы. На диаграмме AFM точки составов включений в хромшпинелидах зоны разлома 15°20' располагаются в поле кумулятов из офиолитовых ассоциаций. По соотношению CaO – Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – MgO включения тесно ассоциируют с расплавными включениями в хромитах из офиолитов Южной Тувы и находятся в основном между кумулятами основного и ультраосновного составов. Изученные включения обладают невысокой железистостью (FeO/MgO 0.35-1.14) и располагаются на тренде оливиновых кумулятов с характерным снижением роли алюминия при падении значений FeO/MgO.

По характеру распределения редкоземельных элементов (РЗЭ) во включениях из хромшпинелидов можно выделить два типа расплавов, принимавших участие в формировании гипербазитов непосредственного восточного сочленения рифта и трога разлома 15°20'. В одних случаях содержания РЗЭ минимальны и наблюдается положительный наклон графиков с ростом роли тяжелых лантаноидов. Подобный характер распределения элементов отмечается для исходных расплавов габбро-гипербазитовых расслоенных комплексов офиолитов Южной Тувы [6]. В другом случае, спектры РЗЭ имеют в целом отрицательный наклон с накоплением легких лантаноидов относительно тяжелых и в этом они похожи на данные для базальтов срединно-океанических хребтов типа E-MORB. Развитие этих обогащенных магматических систем на участке восточного сочленения рифта и трога разлома 15°20' отмечалось ранее [3]. Таким образом, данные по РЗЭ с одной стороны отражают свойства исходных расплавов, а с другой – показывают влияние обогащенных магматических систем.

Выделенные по характеру распределения РЗЭ два типа расплавов явно различаются и по содержанию воды во включениях из хромшпинелидов. Истошенные РЗЭ магмы – сухие (около 0.04 мас.% H<sub>2</sub>O). В то время как испытывавшие влияние обогащенных магматических систем расплавы содержат повышенные концентрации H<sub>2</sub>O (0.54 мас.%), близкие к данным по содержанию воды в базальтовых стеклах состава E-MORB на участке непосредственного восточного сочленения рифта и трога разлома 15°20' [3].

Расчетное моделирование по программе PETROLOG [7] на основе данных по составу расплавных включений в хромшпинелидах позволило оценить температуры кристаллизации минералов из гипербазитов непосредственного восточного сочленения рифта и трога разлома 15°20': оливин – 1360°C, ортопироксен – 1315°C, хромит – 1215°C. Реальность подобных температур подтверждается соответствием расчетных и полученных с помощью микрозонда составов всех трех минералов.

В целом, проведенные исследования включений в хромшпинелидах показали, что часть перидотитов зоны разлома 15°20' формировалась в ходе кристаллизации в интрузивной камере исходного пикробазальтового расплава при снижении температуры от 1360°C до 1215°C. В результате анализа расплавных включений с помощью ионного зонда было выделено два типа расплавов, участвовавших при формировании гипербазитов зоны разлома 15°20': сухие и истощенные РЗЭ расплавы, а также относительно обогащенные водой и легкими РЗЭ магматические системы

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

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Добрецов Н.Л., Симонов В.А., Буслов М.М., Котляров А.В. Магматизм и геодинамика Палеоазиатского океана на венд-кембрийском этапе его развития // Геология и геофизика. 2005. Т. 46. № 9. С. 952-967.
2. Куренков С.А., Диденко А.Н., Симонов В.А. Геодинамика палеоспрединга. М.: ГЕОС, 2002. 294 с.
3. Симонов В.А., Колобов В.Ю., Пейве А.А. Петрология и геохимия геодинамических процессов в Центральной Атлантике. Новосибирск: Изд-во СО РАН, НИЦ ОИГГМ, 1999. 224 с.
4. Симонов В.А., Шарков Е.В., Ковязин С.В., Бортников Н.С. Расплавные включения в хромшпинелидах из Fe-Ti интрузивных комплексов Центральной Атлантики: ключ к познанию физико-химических параметров гидротермально-магматических систем медленно-спрединговых океанических хребтов // Доклады РАН. 2008. Т. 418. № 5. С. 679-682.
5. Соболев А.В. Включения расплавов в минералах как источник принципиальной петрологической информации // Петрология. 1996. Т. 4. № 3. С. 228-239.
6. Шелепаев Р.А. Эволюция базитового магматизма Западного Сангиленга (Юго-Восточная Тува). Автореф. дисс. ... канд. геол.-мин. наук. Новосибирск: ИГМ СО РАН, 2006. 20 с.
7. 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.

### **ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ФОРМИРОВАНИЯ РАССЛОЕННОГО ГАББРО-ГИПЕРБАЗИТОВОГО КОМПЛЕКСА В ОФИОЛИТАХ ЮЖНОЙ ТУВЫ**

**Симонов В.А., Шелепаев Р.А., Котляров А.В.**

*Институт геологии и минералогии СО РАН, Новосибирск, Россия  
e-mail: simonov@uiggm.nsc.ru*

### **PHYSICAL AND CHEMICAL PARAMETERS OF STRATIFIED GABBRO-ULTRABASIC COMPLEX FORMATION IN THE SOUTH TIVA OPHIOLITES**

**Simonov V.A., Shelepaev R.A., Kotlyarov A.V.**

*Institute of Geology and Mineralogy SB RAS, Novosibirsk, Russia  
e-mail: simonov@uiggm.nsc.ru*

Data on melt inclusions in Cr-spinel from dunite-vehrilite-pyroxenite association in the South Tuva ophiolites characterize processes of layered complex crystallization in magmatic chamber. Inclusions also correspond to melts, that form gabbro-diorite series and are responsible for dyke complex formation. The computation on the basis of inclusion composition has shown, that crystallization of ultramafic rocks took place at higher temperatures (dunite – 1380-1250°C, vehrilite – 1250-1220°C), than gabbro (1220-1140°C) and gabbro-diorite series (1220-1120-1020°C). The main part of melt inclusions have the same REE patterns as calculated initial melts of the South Tuva ophiolite stratified series and are depleted in LREE. Inclusions of the diorite and dyke compositions show an enrichment of REE.