

**ОН⁻ И Н₂О В СТРУКТУРЕ ПОРОДООБРАЗУЮЩИХ МИНЕРАЛОВ
МАНТИЙНЫХ ПЕРИДОТИТОВ
(КСЕНОЛИТЫ В БАЗАЛЬТАХ БАЙКАЛО-МОНГОЛЬСКОЙ
ОБЛАСТИ)**

Бабушкина М.С., Никитина Л.П., Гончаров А.Г.

Институт геологии и геохронологии докембрия РАН, Санкт-Петербург
LPN@LN10839.spb.edu

Изучены формы, объемы и условия захоронения воды в структурах стехиометрически безводных породообразующих минералов (NAM) из ксенолитов мантийных перидотитов в щелочных базальтах Байкало-Монгольской области (плато Дариганга, депрессия Тариат, Витимское плато). Фурье-спектры в области валентных колебаний (ν) ОН⁻ и Н₂О и деформационных колебаний (δ) Н₂О (3800-3000 см⁻¹ и 1850-1450 см⁻¹, соответственно) сняты для минералов из 19 ксенолитов. Для каждого ксенолита изучены парагенетические ассоциации, определен химический состав минералов (микронзондовый метод), включая степень окисления железа ($\varphi = \text{Fe}^{3+}/\Sigma\text{Fe}$, мессбауэровский метод). Для некоторых ксенолитов определен их валовый химический состав (методы XRF и ICP MS). Это позволило для всех образцов оценить равновесные значения T , P и для большинства из них - фугитивность кислорода (f_{O_2}).

Съемка монокристаллических препаратов, приготовленных в виде плоскопараллельных пластинок, отполированных с двух сторон, диаметром от 1.5 до 3.0 мм и толщиной около 0.3 мм, осуществлялась на Фурье-спектрометре IFS88 «BRUKER», оснащенный ИК микроскопом. Спектры получены для неполяризованного излучения. Определена ориентировка пластинок относительно оптических осей минерала и проведено исследование на микроскопе ПОЛАМ Р211 с целью обнаружения в минерале первичных и вторичных газовой-жидких включений. Фурье спектры снимались в точках пластинок, свободных от включений. Кроме того, были получены спектры самих включений. Содержание воды определялось на основе интегральных интенсивностей, нормализованных к 1 см толщины, с использованием калибровок Белла [1]. Проблема неоднозначности задания базовой линии решалась с помощью введения при математической обработке дополнительных полос на крыльях спектра, что позволило уменьшить погрешность при определении интегральных интенсивностей полос поглощения. Такой подход был разработан и успешно применен при ИК исследовании слюд и амфиболов [2, 3]. Для оценки T, P условий равновесия минеральных ассоциаций в

ксенолитах использованы гранат-ортопироксеновый термобарометр и модифицированный двупироксеновый термометр [4, 5]. Определение фугитивности кислорода в процессах образования минералов осуществлялась с помощью оливин-шпинелевого геооксобарометра [6].

В структурах всех исследованных NAM присутствуют ионы OH^- и молекулы кристаллогидратной H_2O , различающиеся по энергии водородной связи. Суммарное содержание воды ($W = \Sigma\text{OH}^- + \text{H}_2\text{O}$) в структуре оливинов варьирует от 150 до 1140 ppm, ортопироксенов - от 40 до 1100 ppm и клинопироксенов - от 85 до 1410 ppm. В целом W в минералах из ксенолитов Тариатского и Витимского районов находится в соотношении $\text{Cpx} > \text{Ol} > \text{Opx}$ или $\text{Opx} > \text{Ol} > \text{Cpx}$, для района Дариганги наблюдается иное соотношение: $\text{Ol} > \text{Opx} > \text{Cpx}$ или $\text{Opx} > \text{Ol} > \text{Cpx}$. В одном ксенолите из района Тариат и двух ксенолитах Витима максимальное содержание воды наблюдается в оливине. Обе формы структурно-связанной воды в NAM сохраняются до глубин в 170-180 км, в интервале T : 1250-1750°C и P : 35-55 кбар при фугитивности кислорода, определенной относительно фугитивности кислорода для кварц-фаялит-магнетитового буфера QFM [$\Delta(\lg f_{\text{O}_2})_{\text{QFM}}$], от -1.32 до 0.02.

В орто- и клинопироксенах W уменьшается с увеличением f в минералах, что связано с происходящей в их структуре реакцией окисления Fe^{2+} за счет иона OH^- и выделением H_2 . Наблюдается также уменьшение содержания структурно связанной воды в минералах с увеличением f_{O_2} . Существование такой зависимости, скорее всего, связано с тем, что при значениях $\Delta(\lg f_{\text{O}_2})_{\text{QFM}} > -2$ [7] увеличение f_{O_2} приводит к уменьшению мольной доли H_2O и увеличению доли CO_2 во флюиде, сосуществующем с перидотитом, что, в свою очередь, и снижает растворимость воды в NAM. Этому не противоречит наблюдаемая, и на первый взгляд необъяснимая, положительная зависимость суммарного количества воды в минералах от степени парциального плавления мантийных перидотитов. Такая зависимость объясняется тем, что увеличение степени плавления и растворимость воды в минералах напрямую связаны с возрастанием парциального давления воды в системе.

Полученные результаты свидетельствуют, что растворенная в NAM вода прочно связана с их структурами. Хотя очевидно, что количество воды в них регулируется многими факторами (состав и особенности структуры минерала, T , P , f_{O_2} , состав флюидной системы и др.), часто действующими разнонаправлено, по-видимому, главным фактором является фугитивность кислорода, которая определяет и состав флюидов в системе С-О-Н, и характер, и степень плавления мантийного вещества. Учитывая долю оливина (~60%), ортопироксена (~20%) и клинопироксена (~15%) в мантийных породах [8], захороненная в них вода составляет существенную часть водного бюджета мантии.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проекты №№: 05-05-65307) и в рамках программы №4 фундаментальных исследований ОНЗ РАН.

1. Bell D.R., Rossman G.R., Maldener J., Endish D., Rauch F. Hydroxide in olivine: A quantitative determination of the absolute amount and calibration of the IR spectrum. // Am. Mineral. 2004. Vol. 89. P. 998-1003.
2. Бабушкина М.С., Никитина Л.П., Овчинников Н.О., и др. Состав и особенности структуры флогопитов из лампроитов Костомукши // ЗВМО. 1997. № 2. С.71-84.
3. Бабушкина М.С., Никитина Л.П., Овчинников Н.О., и др. Дальнее и ближнее упорядочение катионов в структурах кальциевых амфиболов (мессбауэровская и инфракрасная спектроскопия). // ЗВМО. 2005. № 3. С. 105-130.
4. Никитина Л.П., Иванов М.В. Геологическая термобарометрия на основе реакций минералообразования с участием фаз переменного состава. СПб.: Недра. 1992. 163 с.
5. Glebovitsky V.A., Nikitina L.P., Khiltova V. Ya., Ovchinnikov N.O. The Thermal Regimes of the Upper Mantle beneath Precambrian and Phanerozoic Structures up to the Thermobarometry data of Mantle Xenoliths // Lithos. 2004. V. 74. P. 1-26.
6. Taylor W.R., Kamperman M., Hamilton R. New thermobarometer and oxygen fugacity sensor calibrations for ilmenite- and chromian spinel-bearing peridotitic assemblages // Proc. VII Int. Kimb. Conf., Red. Roof. Design, Cape Town, South Africa, 1998. P. 891-892.
7. Кадик А.А. Флюиды литосферы как отражение окислительно-восстановительного режима в мантии: следствия для геофизических свойств глубинного вещества // Материалы всероссийского симпозиума «Глубинные флюиды и геодинамика». М.: Наука. 2003.
8. Ito E., Takahashi E. in: *High Pressure Research in Mineral Physics*, eds. M.H. Manghnani and Y. Syono (Terra Scientific Publ., Tokyo // Am. Geophys. Union, Washington D.C., 1987), p.221.