

ФАЗОВЫЙ СОСТАВ ОН-СОДЕРЖАЩИХ КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ МИКРОВКЛЮЧЕНИЙ В МАНТИЙНОМ ОЛИВИНЕ: ПЕРВОЕ ОБНАРУЖЕНИЕ В ПРИРОДЕ “10А-ФАЗЫ” - ФАЗЫ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

Н.Р.Хисина, Р.Вирт*, М.Андрут**, А.В.Уханов

Институт геохимии и аналитической химии им. В.И.Вернадского РАН, г. Москва

*Геологический Центр Потсдам, Германия

**Венский Университет, Австрия

Вестник ОГГГГН РАН № 5 (15) 2000 т.1

URL: http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dgggms/5-2000/magm33

Оливин, являясь номинально безводным минералом, содержит тем не менее незначительные количества воды (или гидроксидов), о чем свидетельствуют данные инфракрасной спектроскопии (FTIR) [1, 2]. Наиболее высокая концентрация ОН устанавливается в оливинах из кимберлитов (до $976 \text{ H}/10^6\text{Si}$). Вопрос о формах вхождения ОН (*intrinsic* ОН или *extrinsic* ОН) на основе данных FTIR до сих пор дискутируется в литературе [1, 2]. Полосы ОН-поглощения в инфракрасных спектрах могут быть обусловлены как гидроксидом, инкорпорированным в структуру оливина (*intrinsic* ОН) так и включениями ОН-содержащих минералов (*extrinsic* ОН). Однако, интерпретация данных FTIR не может быть однозначной без параллельного исследования образцов методами просвечивающей электронной микроскопии ТЕМ. Современная ТЕМ позволяет с локальностью 4nm проводить визуализацию микронеоднородностей объекта с определением химического состава, включая качественный анализ на присутствие ОН [3], а также определять геометрию элементарной ячейки фаз методами дифракции электронов.

Исследования форм нахождения водорода в оливине имеют значение для понимания процессов поведения вещества в мантии Земли, в связи с проблемой источников и переноса воды в мантии. Синтезированные на протяжении последних 10-15 лет так называемые DHMS -высокоплотные гидроксил-содержащие силикаты магния - рассматриваются как потенциальные носители воды в мантии [4], однако до сих пор эти фазы (за исключением минералов гумитовой серии) не найдены в природе.

Методами FTIR и ТЕМ нами изучены образцы оливинов из двух мантийных нодулей в кимберлитах (трубки “Удачная” и “Обнаженная”). В инфракрасных спектрах образцов зафиксированы полосы ОН-поглощения. При исследовании в электронном микроскопе (ТЕМ) установлено, что оливины содержат включения водосодержащих магниевых силикатов нанометрового размера. Морфологически включения делятся на два вида.

(1) “Крупные” (размер до нескольких сотен nm) изолированные некогерентные включения, представленные срастаниями магниевых гидросиликатов (HMS) - серпентина и талька, а также таль-

ка и так называемой “10А-фазы”. “10А-фаза” $\text{Mg}_3\text{Si}_4(\text{OH})_2\text{H}_2\text{O}$ известна как искусственная фаза высокого давления (DHMS). Эта фаза была синтезирована в экспериментах при высоких давлениях (выше 32 кбар) и температурах 300-700 С [5], и с тех пор рассматривается как потенциальный водосодержащий минерал мантии. Однако в природе “10А-фаза” до сих пор не была найдена. Обнаружение нами “10А-фазы” в форме нанометровых включений в мантийных оливинах является первой находкой “10А-фазы” в природном веществе.

(2) Мелкие (размером до нескольких десятков нанометров) гидроксил-содержащие когерентные включения, приуроченные или к дислокациям, или к плоским дефектам в структуре оливина. Включения обеднены Mg по сравнению с оливином и имеют оливино-подобную структуру со сверхпериодичностью в определенных направлениях. Сверхпериодичность интерпретируется как результат упорядочения в структуре оливина ОН-содержащих дефектов, сопряженных с магниевыми вакансиями. Полученные данные позволяют рассматривать мелкие включения как гидрооливин с катион-дефицитной кристаллической структурой. Интересно отметить, что мелкие включения, имея оливиноподобную структуру, отвечают стехиометрии гидроксил-содержащих фаз высокого давления типа гидро-вадслеита $\text{Mg}_{1.75}\text{SiH}_{0.5}\text{O}_4$ [6] и так называемой фазы “D” $\text{Mg}(\text{OH})_2\text{SiO}_2$ (Liu [7]). Поэтому их можно рассматривать как промежуточную метастабильную форму обособления гидроксил-содержащих фаз высокого давления при распаде твердого раствора оливина, содержащего гидроксил+Mg-вакансии.

Таким образом, установлено две формы нахождения гидроксидов в мантийных оливинах: (1) *extrinsic*- в виде включений, содержащих самостоятельные фазы гидросиликатов магния (крупные включения) и (2) - *intrinsic* - в виде точечных (или плоских) структурных дефектов, упорядоченно распределенных в структуре оливина (мелкие включения).

Происхождение мелких и крупных включений на наш взгляд различно. Если мелкие включения, по всей вероятности, образовались на посткристаллизационной стадии в результате твер-

дофазной реакции, т.е. путем диффузии первоначально изоморфно растворенных в структуре оливина OH-содержащих дефектов и их последующей сегрегации, то крупные включения по ряду признаков не могли выделиться из оливина путем твердофазной реакции. Вопрос генезиса крупных включений требует дальнейших исследований. На данный момент мы допускаем, что крупные включения представляют собой раскристаллизованные флюидные или расплавные включения. Раскристаллизация крупных включений, как и выделение мелких, происходила в условиях высоких давлений. "10А-фаза" является, по всей вероятности, первичной фазой при раскристаллизации крупных включений, которая в дальнейшем при декомпрессии и

остывании породы замещалась тальком и серпентином.

1. Miller G.H. et al. (1987) *Phys. Chem. Minerals*, 14, 461-472.
2. Libowitzky E. and Beran A. (1995) *Phys. Chem. Minerals*, 22, 387-392
3. Wirth R. (1997) *Phys. Chem. Minerals*, 24, 561-568.
4. Thompson A.B. (1992) *Nature*, 358, 295-302
5. Bauer J.F. and Sclar C.B. (1981) *Am. Mineral.*, 66, 576-585
6. Kudoh Y. et al. (1966) *Phys. Chem. Minerals*, 23, 461-469.
7. Liu L.-g. (1987) *Phys. of the Earth and Planetary Interiors*, 49, 142-167.