

ОЛИВИН ИЗ КИМБЕРЛИТОВ И АЛМАЗОВ: ПРОБЛЕМА ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Соболев Н.В.*, Соболев А.В.**, Томиленко А.А.*, Ковязин С.В.*,

Похиленко Н.П.*, Малыгина Е.В.*, Кузьмин Д.В.*

*Институт геологии и минералогии СО РАН, Новосибирск, sobolev@uiggm.nsc.ru

**Институт геохимии и аналитической химии РАН, Москва, sobolev@geokhi.ru

Магнезиальный оливин ($Fo [100Mg/(Mg+Fe)]$ от 84 до 94) является наиболее типичным минералом кимберлитов, присутствующим в них в виде изолированных вкрапленников различных размеров, а также в качестве наиболее распространенного минерального включения в алмазах. Он также является главным породообразующим минералом ксенолитов шпинелевых и пироповых перидотитов. Среди вкрапленников выделяются два типа, в соответствии с размерами и морфологией: ксенокристаллы (макрокристаллы) округлой или неправильной формы – оливин I и идиоморфные фенокристаллы – оливин II, не превышающие, как правило, 0,5 мм и очень редко достигающие 1 мм. Как продемонстрировано новейшими исследованиями [3, 5, 7-9] для обоих типов вкрапленников различаются доминирующая центральная часть и узкая кайма (~ 50 мкм), сплошная, для оливина II и прерывистая – для оливина I, имеющая практически постоянный состав с Fo 89-90. Центральные зоны вкрапленников характеризуются переменным составом с Fo от 85 до 94.

Объектом настоящего исследования явились более 1500 образцов оливина из вкрапленников и включенных в них пироксена и пироба, из ксенолитов перидотитов, извлеченных из наименее измененного кимберлита (не содержащего серпентина) трубки Удачная-Восточная, включая оливины из алмазов указанной трубки, из алмазов других главных месторождений Якутии и других регионов земного шара, в том числе ранее опубликованные материалы [2, 11]. Главные и примесные элементы определялись методом EPMA на электронном микроанализаторе Jeol 8200 SuperProbe в Институте химии им. Макса Планка, Майнц (Германия). Состав оливина анализировали при ускоряющем напряжении 20 кВ и токе 300 нА по специальной методике, позволяющей достигать точности 20-30 г/т (две стандартные ошибки) для Ni, Ca, Mn, Al, Ti, Cr, Co и 0,02 мол.% для форстеритовой составляющей (Fo) в оливине [1, 10]. В центральных зонах серии микрофенокристаллов оливина выявлены включения ортопироксена, а также клинопироксена с широкими вариациями содержания примесей Na_2O и Cr_2O_3 , существенно превышающими ранее установленные [9] и достигающими 4,05 мас.% Na_2O и 4,23 мас.% Cr_2O_3 , что наряду с выявлением примеси K_2O до 0,035 мас.% и отсутствием Al^{IV} подтверждает их высокобарическую природу. Дополнительным убедительным подтверждением этого является обнаружение включений пироба в центральных зонах трех фенокристаллов оливина с содержанием от 1,41 до 6,67 мас.% Cr_2O_3 , 4,63-5,84 мас.% CaO и Mg# 72,2-81,6. Особенности состава пироба подтверждают лерцолитовый парагенезис включений пироксенов и пироба в оливинах. Составы центральных зон изученных фенокристаллов оливина полностью совпадают по содержанию примесей Ni, Co, Ca, Cr и Mn с составами оливинов из алмазов и ксенолитов перидотитов. Однако, значимые отличия наблюдаются в устойчивом повышенном содержании примеси Ti, составляющей 100-300 г/т для абсолютного большинства фенокристаллов, включая и те, которые содержат включения пироксенов и пироба. Такая повышенная примесь Ti наблюдается для оливина исключительно редко и характерна только для оливина из ксенолитов высокотемпературных катаклазированных перидотитов из трубки Удачная [11], а также из меймечитов и связанных с ними дунитов [1]. Экспериментальными исследованиями в системе TiO_2 -MgO-SiO₂ [4, 6] доказано, что растворимость Ti в оливине существенно повышается с повышением температуры, но не зависит от давления. Пироксены высокотемпературных перидотитов отличаются от пироксенов, включенных в оливины пониженными значениями Ca# $[100Ca/(Ca+Mg+Fe)]$, не превышающими 40, в то время как для пироксенов из включений в оливинах Ca# 43,3-46,2. Это свидетельствует о низкотемпературном характере последних.

Таким образом, затравками для абсолютного большинства микрофенокристаллов оливина не могли служить оливины высокотемпературных перидотитов. Вероятно, такими затравка-

ми в большинстве случаев, могли быть оливины из полностью дезинтегрированных зернистых пироповых лерцолитов с повышенным содержанием примеси Ti, для которых отсутствуют аналоги среди ксенолитов, известных в кимберлитах. Неравновесный характер множественных включений пироксена в одном фенокристалле оливина, зональность этих включений, а также их низкотемпературный характер свидетельствуют в пользу участия высокобарической генерации оливина, кристаллизовавшейся, частично, совместно с пироксенами и пиропом в ранние стадии становления кимберлитов. Сходство содержания главных и примесных элементов в оливинах из алмазов и низкотемпературных перидотитов [11], а также их четкое отличие от оливинов абсолютного большинства магматических пород [10] свидетельствуют о перидотитовом источнике абсолютного большинства изученных оливинов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Соболев А.В., Соболев С.В., Кузьмин Д.В. и др.* Механизм образования сибирских меймечитов и природа их связи с траппами и кимберлитами // Геология и геофизика. 2009. № 12. С. 1293-1334.
2. *Соболев Н.В., Логвинова А.М., Ефимова Э.С.* Сингенетические включения флогопита в алмазах кимберлитов: свидетельство роли летучих в образовании алмазов // Геология и геофизика. 2009. № 12. С. 1588-1606.
3. *Arndt N.T., Guitreau M., Boullier A.-M. et al.* Olivine and the origin of kimberlite // Journal of Petrology. 2010. V. 51. P. 573-602.
4. *Berry A.J., Walker A.M., Hermann J. et al.* Titanium substitution mechanism in forsterite // Chemical Geology. 2007. V. 242. P. 176-186.
5. *Brett R.C., Russell J.R., Moss S.* Origin of olivine in kimberlite: phenocryst or impostor? // Lithos. 2009. V. 112S. P. 201-212.
6. *Hermann J., O'Neill H.St.C., Berry A.J.* Titanium solubility in olivine in the system TiO_2 -MgO-SiO₂: no evidence for an ultradeep origin of Ti-bearing olivines // Contrib. Mineral. Petrol. 2005. V. 148. P. 746-760.
7. *Kamenetsky M.B., Sobolev A.V., Kamenetsky V.S. et al.* Kimberlite melts rich in alkali chlorides and carbonates: a potent metasomatic agent in the mantle // Geology. 2004. V. 32. P. 845-848.
8. *Kamenetsky V.S., Kamenetsky M.B., Sobolev A.V. et al.* Olivine in the Udachnaya-East kimberlite (Yakutia, Russia): types, compositions and origin // Journal of Petrology. 2008. V. 49. № 4. P. 823-839.
9. *Kamenetsky V.S., Kamenetsky M.B., Sobolev A.V. et al.* Can pyroxenes be liquidus minerals in the kimberlite magma? // Lithos. 2009. V. 112S. P. 213-222.
10. *Sobolev A.V., Hofmann A.W., Kuzmin D.V. et al.* The amount of recycled crust in sources of mantle-derived melts // Science. 2007. V. 316. P. 412-417.
11. *Sobolev N.V., Logvinova A.M., Zedgenizov D.A. et al.* Petrogenetic significance of minor elements in olivines from diamonds and peridotite xenoliths from kimberlites of Yakutia // Lithos. 2009. V. 112S. P. 701-713.