

КЛИНОПИРОКСЕНЫ ИЗ БАЗАЛЬТОИДОВ ЛЮДИКОВИЯ ОНЕЖСКОЙ СТРУКТУРЫ (ПО РЕЗУЛЬТАТАМ БУРЕНИЯ ОНЕЖСКОЙ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ СКВАЖИНЫ)

Наркисова В.В.*, Коротаева Н.Н.***, Гусева Е.В.***,
Симакин С.Г.***, Потапов Е.В.***

*ОАО НПП «Недра», Ярославль, narkisova@nedra.ru

**Московский государственный университет, Москва, nnnkorot@geol.msu.ru

***Институт микроэлектроники РАН, Ярославль, simser@mail.ru

Базальтоиды людиковия (2,05-1,97 млрд. лет) Онежской структуры в Онежской параметрической скважине относятся к нижнелюдиковийскому базальт-долеритовому заонежскому комплексу и верхнелюдиковийскому базальт-пикритовому суйсарскому комплексу. Заонежские базальты-долериты – редкопорфировые Pl-Crx породы с субофитовой, пойкилоофитовой, реже интерсертальной структурой, образуют мощные покровы. Суйсарские базальты и пикробазальты (маломощные потоки) имеют порфировую Crx, (Ol)-Crx и афировую структуру, суйсарские долериты (силл) субофитовые редкопорфировые. Присутствие клинопироксена в этих породах позволяет использовать особенности его состава и геохимии для объяснения петрогенезиса базальтоидов раннего и позднего людиковия.

Состав клинопироксена определен на электронном микроскопе «Jeol JSM-6480LV» с системой «INCA-Energy350» в лаборатории кафедры петрологии Геологического факультета МГУ. Концентрации микропримесей в клинопироксенах измерялись методом вторично-ионной масс-спектрометрии (SIMS) в лаборатории Института микроэлектроники (г. Ярославль).

Установлено, что с валовым составом базальтоидов равновесны ($KD^{crx-liq} (Mg-Fe) = 0,30-0,33$) ранние генерации Crx – ядра вкрапленников или морфологически более крупных зерен, что уже не характерно для Crx промежуточных зон и краев зерен, которые кристаллизовались из дифференцированных порций расплава. В мощных покровах заонежских базальтов-долеритов Crx в ядрах обогащаются Ti и становятся менее магнезиальными с изменением состава пород: в *низко-Ti* долеритах верхних и нижних частей тел – это высоко-Mg ($Mg\# 0,7-0,8$) авгиты $En_{38-52}Wo_{34-46}Fs_{11-17}$, $TiO_{2cp.} = 0,5\%$; в преобладающих в покровах *умеренно-Ti* долеритах - авгиты $En_{37-47}Wo_{36-44}Fs_{17-22}$, магнезиальные ($Mg\# 0,65-0,70$), $TiO_{2cp.} = 0,7\%$; в *высоко-Ti* ферродолеритах верхних частей тел – умеренно-Mg ($Mg\# 0,6-0,7$) авгиты $En_{35-44}Wo_{33-42}Fs_{19-29}$ с $TiO_{2cp.} = 0,9\%$. Клинопироксены ядер вкрапленников из маломощных потоков *суйсарских* пикробазальтов и нижней части силла долеритов отличают низкое содержание титана и значительно более высокая магнезиальность – это высоко-Mg ($Mg\# 0,85$), низко-Ti (0,4-0,6 %) Cr-содержащие эндиопсиды $En_{45-50}Wo_{42-45}Fs_{8-10}$; в долеритах верхней части силла – высоко-Mg ($Mg\# 0,77$) авгиты $En_{46}Wo_{41}Fs_{14}$ с $TiO_{2cp.} = 0,83\%$. В отдельных потоках пикробазальтов Crx содержат овальные *ксеногенные* ядра, имеющие состав магнезиальных ($Mg\# 0,7$) авгитов $En_{43-44}Wo_{39}Fs_{16-18}$ ($TiO_{2cp.} = 0,85\%$), окруженные темными каемками, соответствующие составу высоко-Mg ядер вкрапленников.

Поздние генерации Crx – края зерен в заонежских базальтах-долеритах достигают состава авгита-ферроавгита $En_{30-45}Wo_{31-41}Fs_{19-34}$ и салита-ферросалита $En_{26-33}Wo_{44-49}Fs_{22-30}$ в *низко-Ti* долеритах, и ферроавгита $En_{10-29}Wo_{35-45}Fs_{31-49}$ в *высоко-Ti* ферродолеритах. Поздние генерации Crx из суйсарских базальтоидов – более магнезиальные в краях авгиты $En_{36-45}Wo_{38-41}Fs_{15-25}$ в пикробазальтах, авгиты $En_{36-39}Wo_{37-42}Fs_{20-25}$ и салиты $En_{29-32}Wo_{49}Fs_{19-22}$ в долеритах нижней части силла.

Нормализованные к РМ по [4] Crx обогащены HREE и Y относительно LREE и LILE. Для спектров Crx характерны min Nb, Zr, ($\pm Ti$), дефицит которых связан с кристаллизацией титаномангнетита и ильменита. Ранние генерации суйсарских Crx, в отличие от заонежских, начали кристаллизоваться до массовой кристаллизации Pl, на что указывает отсутствие в их спектрах min Sr, характерного для спектров заонежских Crx. Общее содержание элементов-примесей в ранних генерациях Crx, контролируемое степенью дифференцированности расплава, более низкое в суйсарских Crx, чем в заонежских; содержание элементов-примесей в заонежских Crx растет от низко-Ti долеритов к высоко-Ti ферродолеритам. Общее содержание элементов-примесей так же увели-

чивается и в поздних генерациях Sr_x – краях зерен, что одновременно с уменьшением их $Mg\#$ показывает накопление некогерентных элементов при дифференциации расплава.

Sr_x из заонежских базальтов-долеритов обеднены LREE относительно HREE ($La/Yb_N = 0,2-0,8$) и характеризуются слабым фракционированием HREE ($Du/Yb_N = 0,9-1,3$). Их хондрит-нормированные по [4] спектры REE идентичны спектру Sr_x из ксенолитов шпинелевых лерцолитов по [2], что, с учетом геохимических особенностей заонежских базальтов-долеритов ($Sm/Yb_N = 1,4-2,4$; $Ti/Y = 190-440$; $Lu/Hf = 0,11-0,22$) показывает, что источником плавления заонежских базальтоидов являлись шпинелевые перидотиты. Sr_x из суйсарских пикробазальтов и долеритов отличают большая степень деплетированности тяжелыми землями ($La/Yb_N = 0,6-0,7$, $Du/Yb_N = 1,5-1,9$) и куполовидный в области средних земель спектр REE, близкий к спектру Sr_x из ксенолитов гранатовых лерцолитов по [1]. Геохимия суйсарских пикробазальтов и долеритов ($Sm/Yb_N = 2,0-3,7$; $Ti/Y = 416-800$, $Lu/Hf = 0,07-0,09$) и их Sr_x показывают устойчивость граната в области плавления (гранатосодержащих перидотитов).

Наиболее ранней после оливина (расчет в COMAGMAT) кристаллической фазой в пикробазальтах является Sr_x с $Mg\# 0,85$. Расчетный модельный расплав для Sr_x такого состава по содержанию и распределению REE идентичен валовому составу породы пикробазальтов. Это указывает на то, что состав первичных расплавов базальтоидов суйсарского комплекса наиболее близок к пикробазальтовому. В контаминированных пикробазальтах, содержащих Sr_x с ксеногенными «железистыми» ядрами, наиболее ранний *высоко-Mg Sr_x в каймах вокруг ксеногенного Sr_x* , неравновесен составу породы ($KD^{срх-лиq}(Mg-Fe) > 0,33$) и геохимически отличается от Sr_x высоко-Mg ядер из неконтаминированных пикробазальтов: он, как и ксеногенный Sr_x , обогащен REE, характеризуется более высокой степенью фракционирования LREE и более низкой HREE. Очевидно, что такое изменение характера распределения REE в Sr_x является следствием ассимиляции корового контаминанта пикробазальтовым расплавом.

Моделирование состава расплавов для заонежских базальтов-долеритов показало ассимиляцию расплавами корового вещества на стадии кристаллизации ранних генераций Sr_x . И, судя по большему отклонению от валового состава пород модельных расплавов для Sr_x из низко-Ti разностей базальтоидов – более значительную контаминацию краевых частей покровов. Состав первичных расплавов базальтоидов заонежского комплекса был близок к базальтовому.

Оценка температур кристаллизации равновесных с расплавом ранних генераций Sr_x по [3] показала более высокие температуры начала кристаллизации Sr_x базальтоидов суйсарского комплекса. В суйсарских пикробазальтах высоко-Mg (0,85) Sr-содержащие эндиопсиды ядер вкрапленников начали кристаллизоваться при $T = 1230-1240^\circ C$, в долеритах силла высоко-Mg (0,80) авгиты – при $T = 1150-1220^\circ C$. В базальтоидах заонежского комплекса при более высоких $T = 1090-1160^\circ C$ образовались высоко-Mg (0,75) авгиты в низко-Ti долеритах, при более низких ($1060-1110^\circ C$) – умеренно-Mg (0,6) авгиты высоко-Ti ферродолеритов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Bedini R. M. and Bodinier J. L.* Distribution of incompatible trace elements between the constituents of spinel peridotite xenoliths: ICP-MS data from the east African rift // *Geochim. Cosmochim. Acta*, 1999. № 63. P. 3883-3900.
2. *Ionov D. A.* Distribution and residence of lithophile trace element in minerals of garnet and spinel peridotites: an ICP-MS study // *J. Conf. Abstr.*, 1996. № 1. P. 278.
3. *Putirka K., Johnson M., Kinzler R., Longhi J., Walker D.* Thermobarometry of mafic igneous rocks based on clinopyroxene-liquid equilibria, 0-30 kbar // *Contrib Mineral Petrol*, 1996. V. 123. P. 92-108.
4. *Sun S.S., McDonough W.F.* Chemical and isotopic systematic of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes / Sun S.-S. and McDonough W.F. *Magmatism in the Oceanic Basin* // A.D. Saunders and M.J. Norry, eds. *Geol. Soc. Sp. Publ.* 1989. 42. P. 313-345.