

Можно полагать, что источником палеозойских щелочных магм являлись мантийные субстраты, испытавшие обогащение некогерентными элементами в результате эндогенных процессов в позднем протерозое. Взаимодействие палеозойского плюма с метасоматизированным в протерозое субстратом, слагающим область сублитосферной мантии, привело к появлению высокообогащенных некогерентными элементами расплавов. Таким образом, появление в ходе палеозойского цикла эндогенной активности щелочных расплавов, образовавших гигантские скопления некогерентных элементов в щелочных интрузиях, связано с неоднократными актами плюм-литосферного взаимодействия, происходившими в ходе протерозойского и палеозойского циклов эндогенной активности.

Финансовая поддержка: программа 4 ОНЗ РАН и РФФИ (грант 06-05-64130).

Литература

1. Митрофанов Ф.П., Смолькин В.Ф., Шаров Н.В. Основные черты геологического строения северо-востока Балтийского щита. // Кольская сверхглубокая. (В.П.Орлов, Н.П.Лавров, ред.). М: МФ "ТЕХНОНЕФТЕГАЗ", 1998. 260 с. с.7-35.
2. Арзамасцев А.А., Беа Ф., Арзамасцева Л.В., Монтеро П. Протерозойский полифазный массив Гремяха-Вырмес, Кольский полуостров: пример смещения базитовых и щелочных мантийных расплавов. Петрология, 2006, т.14, №4, с.384-414.
3. Tichomirowa M., Grosche G., Götze J., Belyatsky B.V., Savva E.V., Keller J., Todt W. The mineral isotope composition of two Precambrian carbonatite complexes from the Kola Alkaline Province – Alteration versus primary magmatic signatures. Lithos 91 (2006) 229–249
4. Bea, F., Arzamastsev, A., Montero, P., Arzamastseva, L. Anomalous alkaline rocks of Soustov, Kola: evidence of mantle-derived metasomatic fluids affecting crustal materials. Contrib. Mineral. & Petrol., 2001, 140: 554-566.
5. Арзамасцев А.А., Б.В.Беляцкий. Эволюция мантийного источника Хибинского массива по данным Rb-Sr и Sm-Nd изучения глубинных ксенолитов. Доклады АН, 1999, т.366, № 3, с.387-390.
6. Арзамасцев А.А., Беа Ф., Глазнев В.Н., Арзамасцева Л.В., Монтеро П. Кольская щелочная провинция в палеозое: оценка состава первичных мантийных расплавов и условий магмогенерации. Российский журнал наук о Земле, 2001, т.3, N1, с.1-35.

ЭЛЕМЕНТЫ-ПРИМЕСИ В КЛИНОПИРОКСЕНЕ КАК ИНДИКАТОРЫ ЭВОЛЮЦИИ ЩЕЛОЧНО-УЛЬТРАОСНОВНЫХ ДАЙКОВЫХ СЕРИЙ

Арзамасцева Л. В., Арзамасцев А. А.

Геологический институт КНЦ РАН, Анатумы, arzamas@geoksc.apatity.ru

Клинопироксен является главным породообразующим минералом большинства щелочных дайковых пород и характеризуется широкими изменениями химического состава, которые проявляются как в пределах породного ряда, так и в пределах отдельных фенокристаллов минерала. Эти свойства позволяют рассматривать клинопироксен как важнейший петрологический индикатор, содержащий информацию об условиях формирования и эволюции конкретных магматических серий. В настоящей работе рассмотрен характер распределения элементов-примесей в клинопироксенах палеозойских дайковых щелочных серий Кольской провинции с целью определения их роли как геохимических индикаторов.

Локальным методом лазерной абляции с масс-спектрометрическим анализом индуктивно-связанной плазмы (LA-ICP-MS) были определены концентрации редкоземельных (REE), литофильных (LILE) и высокозарядных (HFSE) элементов в минеральных фазах, а также в заключающем их тонкокristаллическом базисе (матрице) из даек оливиновых меланефелинитов, мелилититов, нефелинитов и фонолитов разных районов Кольской провинции. LA-ICP-MS определения клинопироксена проводились в комбинации с

микронзондовым анализом на главные элементы, выполненным в шлифах в тех же аналитических точках. Анализ форм выделения, характера взаимоотношений с вмещающей матрицей, а также характера распределения элементов-примесей позволяет выделить в породах щелочно-ультраосновной дайковой серии три разновидности клинопироксенов.

Клинопироксен-I, образует "зеленые" ядра крупных фенокристаллов, встречен в меланефелинитах и нефелинитах Хибин. Эти клинопироксены отличаются повышенным содержанием железа, что проявляется в увеличении доли геденбергитового (20–55 мол. %) и, реже, эгиринового (6–20 мол. %) компонентов. Сравнение с клинопироксенами из других фенокристов и из основной массы даек показывает относительную обогащенность "зеленых" ядер HFSE, REE, Y. Формы выделения клинопироксена ядер, а также расчет равновесий кристалл/расплав указывают на их неравновесность с вмещающей породой и, соответственно, на ксеногенный характер.

Клинопироксен-II, слагающий центральные зоны фенокристаллов в щелочных пикритах и меланефелинитах Хибин, в меланефелинитах и нефелинитах Ковдора, а так же в меланефелинитах и мельтейгит-порфирах Турьего Мыса. Это наиболее магнезиальные диопсиды состава $Wo_{45-49}En_{44-51}Fs_{4-6}$ с незначительной примесью эгиринового (3–8 мол.%) компонента. Содержания Cr_2O_3 варьирует в широких пределах, достигая в отдельных ядрах 0.6–1.1 вес.%. Кроме хрома, в клинопироксенах этой группы обнаружены значимые концентрации Zr, Sr, Y, REE, V, доля которых в ряду клинопироксен центральных частей зерен меланефелинитов – нефелинитов имеет тенденцию к повышению. Распределение REE, представленное на рисунке показывает типичное для клинопироксенов щелочных пород преобладание легких REE с коэффициентом разделения $(La/Yb)_n$, варьирующим в пределах 4.7–21.5. Расчет равновесий *клинопироксен-II*/матрица (D) обнаружил когерентное поведение Sc и Ni ($D > 1$), для Sc=6.9 и для Ni=4.6. Значения D для Cr также значительно превышают единицу. Значения D, вычисленные для редких земель, показывают закономерное увеличение D от легких к тяжелым REE, достигая максимальных значений $D = 0.4–0.45$ в средних REE (Табл.).

Таблица. Коэффициенты распределения минерал/матрица (D) для клинопироксена из дайковых пород Кольского региона.

Компо- ненты	Срх II	SD	Срх III	SD	Компо- ненты	Срх II	SD	Срх III	SD
	MNF	n=5	MNF	n=7		MNF	n=5	MNF	n=7
Li	0.51	0.61	0.51	0.46	La	0.06	0.03	0.12	0.07
Be	0.07	0.01	0.15	0.09	Ce	0.09	0.04	0.18	0.09
Sc	6.87	0.80	5.80	2.06	Pr	0.15	0.05	0.27	0.11
V	0.80	0.52	0.64	0.31	Nd	0.22	0.06	0.38	0.15
Cr	304	42	19.7	20.1	Sm	0.34	0.08	0.55	0.17
Co	0.91	0.07	0.81	0.21	Eu	0.35	0.08	0.58	0.18
Ni	4.58	2.75	2.20	1.15	Gd	0.40	0.10	0.59	0.15
Cu	0.05	0.06	0.05	0.07	Tb	0.43	0.10	0.61	0.15
Zn	0.18	0.02	0.22	0.05	Dy	0.45	0.09	0.63	0.15
Ga	0.27	0.27	0.40	0.28	Ho	0.43	0.09	0.59	0.14
Rb	0.02	0.01	0.02	0.02	Er	0.38	0.09	0.55	0.14
Sr	0.07	0.03	0.11	0.08	Tm	0.38	0.10	0.50	0.12
Y	0.40	0.09	0.54	0.13	Yb	0.33	0.10	0.50	0.14
Zr	0.30	0.25	0.61	0.33	Lu	0.35	0.18	0.52	0.15
Nb	0.01	0.00	0.02	0.01	Ta	0.02	0.02	0.05	0.03
Cs	0.03	0.04	0.03	0.04	Pb	0.02	0.02	0.02	0.01
Ba	0.02	0.04	0.04	0.07	Th	0.01	0.01	0.01	0.01
Hf	0.78	0.71	1.34	0.58	U	0.01	0.00	0.01	0.00

Примечание. MNF – Меланефелинит. SD – стандартное отклонение, n – количество определений.

Клинопироксен-III, в дайках меланефелинитов, нефелинитов и мелилититов обеих провинций, представлен микролитами, слагающими базис и образующими каймы вокруг ядер крупных фенокристаллов, сложенных клинопироксеном-I и II. По составу отвечает диопсиду с примесью геденбергитового и эгиринового компонентов ($\text{Aeg}_{3-10}\text{Di}_{71-87}\text{Hed}_{10-28}$). Близкий к идеальному состав клинопироксена-III с соотношением $\text{Wo}_{50}\text{En}_{40}\text{Fs}_{10}$ ближе всего отвечает пироксенам из мелилититов щелочно-ультраосновного массива Турий Мыс. Главной особенностью клинопироксенов этой генерации является выдержанность их микроэлементного состава во всех породах меланефелинитовой серии и независимость их состава от типа ядер вкрапленников. Сравнение с клинопироксенами-II показывает, что от центров к краям в фенокристаллах происходит снижение концентраций Cr и Ni сопровождается закономерным возрастанием содержаний Sr, Y, Zr, REE. Концентрации REE в клинопироксене-III выше чем в клинопироксене-II, однако характер распределения REE в обеих разновидностях клинопироксенов близок (рис.): коэффициент разделения $(\text{La/Yb})_n$ варьирует в пределах 6.1 - 17.4. Расчет равновесий *клинопироксен-III*/матрица (*D*) для REE в породах кольской дайковой серии, вычисленный для микрофенокристов, краевых зон крупных фенокристов и микролитов базиса, показывает вариации в весьма узком диапазоне значений.

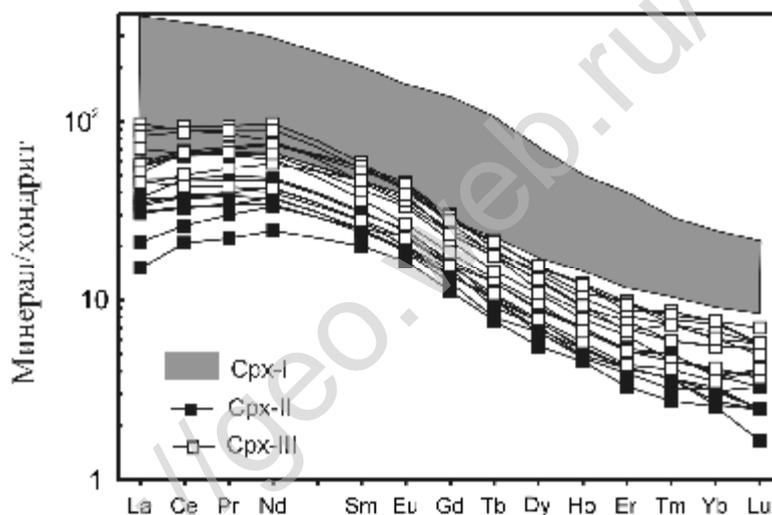


Рис. Хондрит – нормализованные графики распределения REE в разновидностях клинопироксена из даек щелочных лампрофиров Кольской провинции. Cpx-I,II,III – генерации клинопироксенов. Нормализующие графики по (Anders, Grevessee, 1989).

Анализ равновесности присутствующих в составе пород вкрапленников клинопироксена, позволил рассчитать коэффициенты распределения Ni, Co, Cu, Zn, Sc, V, Cr, Ga, Y, Li, Rb, Ba, Th, U, Ta, Nb, Sr, Hf, Zr, Pb, Be а также полного спектра REE на основе отношения минерал/матрица. Оценка условий кристаллизации и характера вариаций содержаний микроэлементов в генерациях клинопироксена показала, что изменение состава сложных зональных фенокристов отражает условия полибарической кристаллизации меланефелинитового расплава, которая началась при поступлении магм в основание нижней коры и продолжалась в течение всего процесса их подъема к поверхности. Образование "зеленых" ядер в клинопироксенах является признаком смешения первичных меланефелинитовых расплавов с фонолитовыми магмами, происходившего в условиях верхней мантии. Оценка состава равновесных с первичными минеральными фазами расплавов щелочно-ультраосновной серии Кольской провинции указывает на единый для всей серии состав исходного расплава, производными которого явились с одной стороны, пироксеновые кумулаты, а с другой - комплементарные с ними мелилитолиты, фойдолиты и нефелиновые сиениты.

Финансовая поддержка: программа 4 ОНЗ РАН и РФФИ (грант 06-05-64130).