

## КЛИНОПИРОКСЕН КАК ИНДИКАТОР УСЛОВИЙ ЗАРОЖДЕНИЯ И ЭВОЛЮЦИИ РАСПЛАВОВ (НА ПРИМЕРЕ ПОРОД ПИКРИТОВОГО СОСТАВА ВОСТОКА ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ)

Сазонова Л.В.\*, Носова А.А.\*\*, Ковалев С.Г.\*\*\*

*\*Московской государственной университет, геологический факультет, Москва,  
saz@geol.msu.ru*

*\*\*Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН,  
Москва, nosova@igem.ru*

*\*\*\*Институт геологии Уфимского НЦ РАН, Уфа, kovalev@anrb.ru*

Изучение геохимического состава Срх пород пикритового состава субвулканических тел Камско-Бельской магматической провинции (КБП), которая выделяется на востоке Восточно-Европейской платформы (Волго-Уральская область и Башкирский антиклинорий) (Сазонова и др., настоящий сборник) позволило установить некоторые закономерности становления и эволюции родоначальных расплавов.

По характеру распределения РЗЭ Срх высокомагнезиальных субвулканических пород изученной провинции можно разделить на две группы. К I первой группе относятся Срх пикритов Ишлинско-Шатской зоны (Южная часть Башкирского антиклинория). Для них мы наблюдаем плоский характер профилей распределения РЗЭ в области средних и тяжелых РЗЭ. В целом они слабо деплетированы легкими РЗЭ относительно тяжелых и средних. Значения отношения  $(La/Yb)_n$  (нормировано к хондриту CI) для пород тела Ишля-1 – 0,5-1,3; Ишля-2 – 0,4-0,6; Инзер – 0,4-0,9. Значения отношения  $(La/Sm)_n$  для пород тела Ишля-1 – 0,5-1,1; Ишля-2 – 0,3-0,5; Инзер – 0,4-0,7. Отношение  $(Dy/Yb)_n$  для всех трех тел близко к хондритовому распределению и составляет 1.1-0.9.

Для Срх II группы (скв.1-Кипчак – Волго-Уральская область и скв.7 – север Башкирского антиклинория) спектры распределения в области легких-средних РЗЭ имеют куполовидную форму. Эти Срх, по сравнению с I группой, более интенсивно деплетированы легкими РЗЭ относительно средних. Значения отношения  $(La/Sm)_n$  для пород тела скв.1-Кипчак – 0,3; скв.7 – 0,3-0,4. Значения отношения  $(La/Yb)_n$  для пород тела скв.1-Кипчак – 0,5-0,7; скв.7 – 1,0-1,3. Характерным для этой группы Срх является высокие значения отношений  $(Dy/Yb)_n$  – 1.3-2.0.

Изучение микроэлементного состава ОI и Орх в породах КБП (Носова и др., 2010), которые часто кристаллизуются первыми из высокомагнезиальных расплавов, показало, что в эти минералы уходит незначительное количество малых элементов, не влияющее на характер мультиэлементных и редкоземельных спектров Срх. Нельзя исключать роли ильменита в контроле распределения Nb. Например, в Срх из габброидов Кузино-Копанского интрузива, где ильменит кристаллизуется одним из первых, отмечается резкий Nb минимум на спайдер-диаграммах. В обсуждаемых ниже пикритах ильменит либо отсутствует, либо кристаллизуется последним в очень небольших количествах, и, таким образом, не оказывает влияния на распределение микроэлементов в Срх.

**Геохимический состав клинопироксенов как индикатор эволюции родоначальных расплавов.** Полученные изотопные и геохимические данные для широкого спектра изученных мезопротерозойских пород восточной части Восточно-Европейской платформы определенно указывают на вклад корового вещества в их состав. В качестве надежного индикатора этого вклада обычно служат низкие значения величин  $Nb/Nb^*$  ( $Nb/Nb^* = Nb_n / \sqrt{(La_n \times Th_n)}$ ), и  $(Nb/La)_n$ , которые опускаются в породах КБП до значений 0.2-0.6, причем на мультиэлементных диаграммах фиксируется отчетливая отрицательная Nb-аномалия, что и характерно для базитов и пикритов КБП. Поэтому нам, прежде всего, необходимо понять, происходила кристаллизация Срх до или после контаминации расплава коровым веществом. В первом случае геохимические особенности Срх будут связаны с составом родоначального расплава, во втором – определяться степенью ассимиляции расплавом вещества коры.

По коэффициентам распределения минерал/расплав, рассчитывались содержания элементов-примесей в модельных расплавах, равновесных с разными зонами и генерациями Срх изу-

чаемых пород. В рассчитанных модельных расплавах величины отношения  $(\text{Nb/La})_n$  в целом растут с увеличением  $\text{Mg\#}$  клинопироксена.

Для модельных расплавов, полученных по ядрам относительно высокомагнезиальных ( $\text{Mg\#} > 0,80$ ) Сrx, величина отношения Nb/La всегда  $> 1$ , а на спайдер-диаграммах такие модельные расплавы имеют положительную Nb аномалию, указывающую на то, что эти ядра образовались до масштабных процессов контаминации. Для модельных расплавов, полученных для краевых железистых зон, нарастающих на магнезиальные ядра, и для железистых зерен Сrx высокодифференцированных расплавов, величина отношения Nb/La всегда  $< 1$  при отрицательной Nb аномалии на спайдер-диаграммах этих расплавов, аналогичной для валовых составов пород, что указывает на образование их из расплава, ассимилировавшего вещество земной коры. Было проведено моделирование фракционной кристаллизации (FC) расплава, соответствующего центрам кристаллов Сrx с  $\text{Mg\#} = 85$ , при котором были рассчитаны модельные расплавы, давшие, хорошее соответствие распределению большинства элементов в расплаве, отвечающем крайвым зонам кристаллов Сrx. Однако модель не воспроизводит отрицательную Nb аномалию. В расчетах, где наряду с FC учитывалась ассимиляция коровых пород (в качестве ассимилянта принят средний состав верхней коры), обеспечивалось обогащение модельного расплава La и Th относительно Nb и воспроизводилась отрицательная Nb аномалия. Таким образом, расчеты подтверждают наш вывод о том, что наиболее ранние и более Mg генерации Сrx пикритов КБП кристаллизовались до контаминации расплава веществом коры.

**Геохимический состав клинопироксенов как индикатор глубин зарождения родоначальных расплавов.** Известно, что при образовании расплавов при частичном плавлении мантийного источника, содержащего гранат, наблюдается деплетирование Сrx тяжелыми РЗЭ и высокое отношение  $(\text{Dy/Yb})_n > 1,4$ . В то же время в Сrx сформировавшихся в условиях безгранатовой фации глубинности значения  $(\text{Dy/Yb})_n < 1,4$ .

Модельные расплавы, рассчитанные по Сrx пикритов КБП в предположении их равновесности с ними, имеют очень близкие значения  $(\text{Dy/Yb})_n$  (нормировано к составу примитивной мантии) для разных генераций и зон Сrx, мало отличающиеся от значений этого отношения в валовом анализе породы. Так средние значения  $(\text{Dy/Yb})_n$  для модельных расплавов ишлинских субвулканических тел равны: 1,0 (стандартное отклонение  $R = 0,08$ ); 1,05 (0,12); 0,95 (0,12) для валового состава соответствующих пород – 1,01; 1,00, 1,10. Средние значения  $(\text{Dy/Yb})_n$  для модельных расплавов, равновесных с Mg клинопироксенам скв.7 – 1,66 (0,15); то же для Fe ядер и краев – 1,72 (0,09), при том, что значение  $(\text{Dy/Yb})_n$  в валовом анализе этой породы – 1,73. В скв. 1 Кипчак среднее значение  $(\text{Dy/Yb})_n$  для модельных расплавов, полученных по ядрам Сrx равно 1,37 (0,26), по крайвым зонам – 1,30 (0,27); по валовому анализу этой породы – 1,51.

Таким образом, величина  $(\text{Dy/Yb})_n$  является стабильной, не зависит от значений  $(\text{Nb/La})_n$ , значимо не различается для крайвых и центральных зон Сrx, то есть значимо не меняется при контаминации родительских расплавов веществом коры и отражает, прежде всего, условия генерации родительского расплава.

Отношение  $(\text{Dy/Yb})_n$  в Сrx пород изученных тел Ишлинско-Шатской зоны (юг Башкирского антиклинория) близко к хондритовому распределению и составляет 1.1-0.9, что указывает на формирование родительского расплава этих пород в условиях фации шпинелевых перидотитов. Сrx пород севера Башкирского антиклинория и Волго-Уральской области (скв. 1 Кипчак и скв. 7) более интенсивно фракционированы в области тяжелых РЗЭ и имеют высокие отношения  $(\text{Dy/Yb})_n - 1.3-2.0$ , что указывает на формирование родительских расплавов в более глубоких условиях фации гранатовых перидотитов.

*Работа поддержана грантом РФФИ № 09-05-00481.*