ХИМИЧЕСКИЕ ИНДИКАТОРЫ ПРОИСХОЖДЕНИЯ И РАЗВИТИЯ КОРОВЫХ ЭКЛОГИТОВ

[1]Щипанский А.А., [2]Федькин В.В.
[1]Геологический институт (ГИН) РАН, Москва, shchipansky@mail.ru
[2]Институт экспериментальной минералогии (ИЭМ) имени академика Д.С.Коржинского РАН, Черноголовка, vfedkin@iem.ac.ru

Коровые эклогиты в составе эклогит-глаукофансланцевых комплексов глобальных фанерозойских складчатых поясов трассируют зоны сочленения крупных структурно-тектонических элементов земной коры и, как правило, несут черты высокого (HP) или сверхвысокого (UHP) давления. Максютовский эклогит-глаукофансланцевый комплекс (МК) на Южном Урале является одним из ярких представителей таких высокобарных плейт-тектонических образований (террейнов), сформированных в результате аккреции палеоазиатской океанической плиты и окраины Восточно-Европейского кратона. Характерные фазы сверхвысокого давления (псевдоморфозы кварца по коэситу, графитовые кубоиды по алмазу, микровключения алмаза в гранате) хорошо известны в мафических и кварц-полевошпатовых породах комплекса. Имеются многочисленные публикации, отражающие различные интерпретации геодинамических условий, возраста и P-T условий его образования.

Однако некоторые геодинамические аспекты развития террейна все же остаются спорными из-за сложности субдукционного процесса и разнообразия хемостратиграфических характеристик. Новая геодинамическая концепция «Правило инициации субдукции», недавно выведенная **Whattam and Stern (2011),** рассматривает процессы зарождения субдукции в преддуговых бассейнах во взаимосвязи с образованием офиолитовых комплексов и позволяет на основе геохимических индикаторов установить закономерности распределения петрохимических типов пород во времени и в пространстве, оценить временные и геодинамические параметры субдукционного процесса.

В этом плане Южный Урал является уникальным объектом для исследования процесса инициации субдукции благодаря временному и пространственному сочетанию образования эклогитового комплекса и офиолитов, четкой хемостратиграфической последовательности и наличию восстановленного HP/UHP канала субдукции, коим и является Максютовский комплекс. Это – очень важный момент, поскольку время HP/UHP метаморфизма МК совпадает с появлением Магнитогорской внутриокеанической островной дуги в раннем девоне.

В данной работе на основе прецизионных XRF и ICP MS анализов валового состава 18 представительных образцов UHP пород Максютовского комплекса предпринята попытка выявить особенности

и геохимические индикаторы процесса инициации субдукции и оценить их роль в геодинамическом развитии комплекса.

1. Химический состав протолита. Из совокупности полученных аналитических данных валовый состав 17 образцов соответствуют составу базальтам/габбро с содержаниями SiO2 ~ 47-52 вес.% и только один образец относится к андезиту/диориту: SiO2 ~ 61 вес. %. По индексу магнезиальности Mg#=Mg/(Mg+Fe^{2+}) мафические разности обнаруживают сильную фракционированность в пределах от 0.37 до 0.59-0.65. Индекс кальциевости Ca#=Ca/(Ca+Na) мафических протолитов показывает, что отношения модальных количеств магматических клинопироксена и плагиоклаза находились, примерно, в равных пропорциях с небольшими вариациями вокруг моды 50%. В координатах AFM фигуративные точки составов эклогитов Максютовского комплекса образуют единый тренд, который включает **составы различных петрогенетических серий – толеитовой и известково-щелочной**, ясно обозначая сложную геодинамическую ситуацию формирования их протолитов.

Распределение высоко-зарядных малых элементов в эклогитах МК показывает, что их составы обнаруживают деплетированные (La/YbN ~ 0.5 – 1.5) и обогащенные (La/YbN ~ 2 – 4.7) разности, что подтверждает происхождение их протолитов **из разных мантийных источников: N-MORB и OIB,** соответственно.

2. Генезис протолита. Подавляющее большинство эклогитовых образцов не обнаруживают положительных аномалий Eu и Sr, обычно типичных для внутрикоровых габбровых интрузий, претерпевших метаморфизм эклогитовой фации, что доказывает их **происхождение за счет трансформации базальтов**. Исключение составляет один образец (235/236), показывающий хорошо выраженную положительную аномалию Sr (Sr/Sr* = 1.8), что в совокупности с его высокой магнезиальностью, может свидетельствовать о кумулятивной природе протолита.

3. Геодинамическая обстановка источника протолита. Считается, что МК представляет собой материал, полученный из передней кромки Восточно-Европейского кратона, который подвергся HP метаморфизму и деформации в зоне субдукции во время столкновения палеоазиатской дуги и континента **(Brown et al., 2006; Puchkov, 2010).** Однако большая часть эклогитов МК оказалась очень необычной по геохимии - так называемыми Nb-обогащенными базальтами (NEB). Этот фактор является показателем субдукции океанических хребтов и интерпретация эклогитов в качестве силлов и дайковых тел в рифовом бассейне на краю кратона требует, по крайней мере, уточнения.

Валовые составы UHP пород МК перекрывают поля базальтов океанических островов (OIT, OIA), островодужных толеитов (IAT), N-MORB и E-MORB базальтов. Уникальность комплекса заключается в

том, что **для формирования его протолита требуются трехкомпонентный источник:** обедненные базальты (MORB), обогащенные базальты (OIB) и субдукционная компонента, характерная для начала процесса субдукции. Не исключено также и участие в составе протолитов фрагментов палеопротерозойской примитивной мантии (PM), источником которых могли служить глубинные магматические очаги (плюмы), связанные с горячими точками. Пространственная и временная близость бонинитовых офиолитов комплекса подчеркивает этот момент.

4. Коровая контаминация или вклад субдукционной компоненты. Переменные аномалии Nb, указывают как на отсутствие коровой или субдукционной контаминации (при $Nb/Th_N > 1$), так и на ее наличие (при $Nb/Th_N < 1$). Наиболее ярко отмеченные закономерности проявляются на диаграммах TiO2/Yb – Nb/Yb и Th/Yb – Nb/Yb, детально обоснованных в работе Пирса **(Pearce, 2008).** Составы Максютовских эклогитов хорошо интерпретируются моделью взаимодействия мантийно-плюмового источника OIB-типа и источника деплетированной мантии MORB-типа.

Другим чувствительным индикатором коровой контаминации или вклада субдукционной компоненты в петрогенезис мафических вулканитов является диаграмма Th/Yb – Nb/Yb. Распределение на ней точек составов эклогитов МК раскрывает наличие еще одного компонента в источнике генерации протолитов. Часть, как деплетированных, так и обогащенных составов наследует вклад субдукционной компоненты, который, согласно модельным расчетам, составляет от 1 до 4%. Возможно, что такая картина связана с тем, что формирование раннедевонского P-MORB хребта на Южном Урале происходило на океанической литосфере, претерпевшей надсубдукционные изменения в ордовикское время **(Ryazantsev, A.V. et al., 2008).**

Таким образом, геохимия эклогитов Максютовского комплекса показывает, что геодинамику формирования их протолитов нельзя свести к какой-либо простой модели. Этот процесс происходил при участии трех различных источников – деплетированной мантии N-MORB, обогащенной мантии OIB, вклада субдукционного компонента и, возможно, некого мантийного источника. По-видимому, наиболее вероятными геодинамическими обстановками, где реализовывались процессы подобного смешения, могли быть преддуговые или задуговые области конвергенции плит, подобные таковым современной зоны конвергенции Тихоокеанской и Индо-Австралийской литосферных плит.

Литература

1. Brown, D., Spadea, P., Puchkov, V., Alvarez-Marron, J, Herrington, R., Willner, A.P., Hetzer, R., Gorozhanina, Yu., and Juhlin, C., 2006 . Arc-

continent collision in the Southern Urals: Earth-Science Reviews, v. 79, p. 261–287.
2. Creaser, R. A., Goodwin-Bell, J.-A.S., and Erdmer P., 1999, Geochemical and Nd isotope constraints for the origin of eclogite protoliths, Northern Cordillera: implications for the Paleozoic tectonic evolution of the Yukon-Tanana terrane: Canadian Journal of Earth Science, v. 36, p. 1697−1709.
3. Pearce, J.A. Geochemical fingerprinting of oceanic basalts with applications to ophiolite classification and the search for Archean oceanic crust: Lithos, 2008, v. 100, p. 14-48.
4. Puchkov, V.N., 2010, Geology of the Urals and Cis-Urals (actual problems of stratigraphy, tectonics, geodynamics and metallogeny): – Ufa: DesignPoligraphService Publ., 2010 – 280 pp. (in Russian).
5. Ryazantsev, A.V., Dubinina, S.V., Kuznetsov, N.B., and Belova, A.A. Ordovician lithotectonic complexes in allochtons of the Southern Urals: Geotectonics, 2008. v. 5, p. 368-395.
6. Whattam, S.A., and Stern, R.J. The 'subduction initiation rule': a key for linking ophiolite, intra-oceanic forearcs, and subduction initiation: Contrib. Mineral. Petrol., 2011, p. 1031–1045.

CHEMICAL INDICATORS OF ORIGIN AND DEVELOPMENT OF THE EARTH'S CRUST ECLOGITES.

[1]Shchipansky A.A., [2]Fedkin V.V.
[1]Geological Institute (GIN) RAS, Moscow, shchipansky@mail.ru
[2]Korzhinsky Institute of Experimental Mineralogy (IEM) RAS, Chernogolovka, vfedkin@iem.ac.ru

The Maksyutov eclogite-glaucophanschist HP/UHP complex in the Southern Urals is a unique object for studying the phenomenon of "initiation of subduction." The surprising diversity of geodynamic settings, their spatial and temporal combination with the formation of ophiolites, allows to reproduce, on the whole, the process of subduction and subsequent exhumation of the complex. The necessary geochemical criteria for the individual stages of the development of the complex were obtained on the basis of the newest XRF and ICP-MS bulk-rock analyses of 18 representative garnet-bearing mafic rocks. The most part of the Maksyutov eclogites turned out to be very unusual on the geochemistry - the so-called Nb-enriched basalts (NEB). This factor is an indicator for the subduction of oceanic ridges. The uniqueness of the complex lies in the fact that the composition of its protolith requires three-component sources: depleted (MORB), enriched (OIB) and subduction that is characteristic for the beginning of the process of subduction. Spatial and temporal proximity of BONINITES of the complex emphasizes this position.