

СУБДУКЦИОННЫЕ МОТИВЫ МАКСЮТОВСКОГО ЭКЛОГИТ-ГЛАУКОФАНСЛАНЦЕВОГО КОМПЛЕКСА

Федькин В.В.¹, Щипанский А.А.²

¹ *ИЭМ РАН (г. Черноголовка),* ² *ГИН РАН (г. Москва), vfedkin@iem.ac.ru, shchipansky@mail.ru*

Новая геодинамическая концепция «Правило инициации субдукции», недавно введенная **Whattam and Stern [7]**, связывает процессы образования коллизионных зон сочленения литосферных плит с формированием офиолитовых комплексов, преддуговыми бассейнами и процессами инициацией субдукции. Эта концепция предсказывает, что большинство офиолитов были сформированы во время инициации субдукции (ИС), приводящей к рождению и развитию внутриокеанической островной дуги и к изменению состава офиолитов от менее до более обогащенных HFSE и обогащенных LILE составов.

Максютовский эклогит-глаукофансланцевый комплекс высокого давления на Южном Урале представляет собой уникальный объект для изучения явления инициации субдукции. Главная причина связана с тем, что наряду с диагностической магматической хемотратиграфической последовательностью ИС и офиолитами, здесь также был обнаружен восстановленный канал HP-UHP субдукции, коим является Максютовский комплекс. Это имеет первостепенное значение для понимания геодинамики ИС, поскольку время HP-UHP метаморфизма Максютовского комплекса совпадает с появлением Магнитогорской внутриокеанической островной дуги в раннем девоне [2, 5]. Тем не менее, геодинамический контекст МК остается спорным. Анализ последних данных петрологии, геохимии, структуры и геохронологии Максютовского комплекса позволяет пересмотреть существующие тектонические модели и предложить новый подход к геодинамической истории комплекса, связанный с иницированием субдукции. В данной работе на основе прецизионных XRF и ICP MS анализов валового состава 18 представительных образцов гранат-содержащих мафитовых пород МК предпринята попытка выявить временные, тектонические и геохимические особенности (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 соответствует 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 модалных 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. В то же время, корреляция щелочей и кремнезема отражает типичные HP/UHP тенденции дифференциации протолита метаморфических пород.

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. Долгое время считалось, что Максютовский комплекс представляет материал, полученный из передней кромки Восточно-Европейского кратона, который подвергся HP метаморфизму и деформации в зоне субдукции во время столкновения дуги и континента [2, 5]. 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. Распределение высоко-зарядных малых элементов в эклогитах МК показывает, что их составы обнаруживают деплетированные ($La/YbN \sim 0.5 - 1.5$) и обогащенные ($La/YbN \sim 2 - 4.7$) разности, что подтверждает происхождение их протолитов **из разных мантийных источников: N-MORB и OIB**, соответственно. 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.

4. Роль мантийных плюмов в формировании протолитов МК. Еще одним значимым явлением ИС в ранне-девонском развитии Южного Урала является роль мантийных плюмов - фрагментов палеопротерозойской примитивной мантии, источником которых могли служить глубинные магматические очаги, связанные с горячими точками. Тектоническая структура Максютковского комплекса, пространственная и временная близость бонинитовых офиолитов подчеркивает этот момент, демонстрируя влияние активности мантийного плюма для инициации ранне-девонской субдукции.

5. Коровая контаминация или вклад субдукционной компоненты. Переменные аномалии Nb в составе УНР пород МК, 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 $TiO_2/Yb - Nb/Yb$ и $Th/Yb - Nb/Yb$, детально обоснованных в работе Пирса [3]. С одной стороны, составы Максютовских эколгитов хорошо интерпретируются моделью взаимодействия мантийно-плюмового источника OIB-типа и источника деплетированной мантии MORB-типа. С другой стороны, чувствительным индикатором коровой контаминации (вклада субдукционной компоненты) в петрогенезис мафических вулканитов является диаграмма $Th/Yb - Nb/Yb$. Распределение на ней точек составов эколгитов МК раскрывает наличие еще одного компонента в источнике генерации протолитов. Согласно модельным расчетам часть эколгитовых составов, как деплетированных, так и обогащенных, наследует вклад субдукционной компоненты, который, составляет от 1 до 4%. Возможно, это связано с тем, что формирование ранне-девонского P-MORB хребта на Южном Урале происходило на океанической литосфере, претерпевшей надсубдукционные изменения в ордовикское время [6].

6. Бониниты как признак ИС. Впечатляющим признаком ИС является появление среди пород офиолитов - бонинитов или вулканитов серии бонинитов, которые были сформированы *in situ* путем частичного плавления перидотита. Действительно, хорошо изученные бонинитсодержащие офиолиты, включая крупнейшие массивы Трудоса и Симейла, в настоящее время считаются сформированными во время инициации субдукции [4, 7]. В структуре южноуральских палеозоид широко распространены офиолиты, состав пород которых указывает, что они формировались в надсубдукционной обстановке и относятся к бонинитовой серии. В частности такие сведения о существовании надсубдукционных офиолитов приводятся для Бурибайского района на западе Магнитогорской зоны [1]. Каледонский островно-дуговой комплекс Сакмарской зоны включает в себя офиолитовые габбро и вулканиты как островных толеитов, так и бонинитовой серии, предполагающих среду инициации субдукции того времени.

Таким образом, геохимия эколгитов 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, некоего 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.

Авторы благодарят сотрудников Стэнфордского университета проф. Г.Эрнста (prof. W.G.Ernst), Государственного Университета Сан-Франциско проф. М.Лич (prof. M.Leech), директора Ильменского государственного заповедника УрО СО РАН П.М.Вализера за инициирование данного исследования, поддержку и помощь в работе. Авторы благодарны д-ру А.В.Рязанцеву (Геологический институт РАН) за помощь в геологии Южного Урала, ценные советы и дискуссии.

Литература

1. Кузьмин М.И., Кабанова Л.Я. Бонинитовые серии Южного Урала: геологическое и петрографическое описание, особенности состава и проблемы происхождения // Потенциальная рудоносность, геохимические типы и формации магматических пород. Новосибирск: Наука. СО, 1991. С. 156–173
2. 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.
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. Pearce, J.A., and Robinson, P.T., 2010, The Troodos ophiolitic complex probably formed in a subduction initiation, slab edge setting: Gondwana Research, v. 18, p. 60–81.
5. 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).
6. 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.
7. 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.