

О ПРОТОЛИТЕ АЛЬПИНОТИПНЫХ УЛЬТРАБАЗИТОВ В ОФИОЛИТАХ ПОЛЯРНОГО УРАЛА

В.Р. Шмелев

В офиолитовых аллохтонах Полярного Урала, представленных массивами Сыум-Кеу, Рай-Из и Войкарским, главной структурно-вещественной составляющей разреза являются мантийные (альпинотипные) ультрабазиты, различающиеся по составу и строению [Савельева, 1987; Строение..., 1990; Шмелев, 1991]. Среди них наиболее широким распространением пользуются породы дунит-гарцбургитового («сетчатого» или полосчатого) комплекса с крупными телами дунитов, к которым пространственно тяготеет хромитовое оруденение. Наряду с этим, в областях преимущественного развития гарцбургитов, картируются различные по размерам участки, сложенные лерцолитами или петрографически близкими к ним породами [Шмелев, 1991]. Присутствие лерцолитов также отмечается и в ряде существенно гарцбургитовых массивов Южного Урала [Пушкарев, 1998 и др.]. По отношению к породам дунит-гарцбургитового комплекса лерцолиты выступают в роли исходного, относительно слабо истощенного субстрата (протолита), который характеризуется специфическими особенностями состава.

Лерцолиты, обнаруженные и изученные автором в массивах Рай-из и Сыум-Кеу, характеризуются массивным строением при отсутствии или слабом проявлении директивных (шлировидных и полосчатых) структур. Микроструктура пород крупнозернистая, протогранулярная, реже порфирукластическая или рекристаллизованная мозаичная; оливин обладает заметной ориентировкой, указывающей на участие пород в высокотемпературном пластическом течении [Шмелев, 1991 и др.]. Лерцолиты состоят из магнезиального оливина ($f=9,7-10,3$), энстатита ($f=9,3-10,2$; $Al_2O_3=2,0-3,5$ %), диопсида ($f=5,3-6,6$; $Al_2O_3=2,0-3,1$ %) и глиноземистой шпинели ($Al_2O_3=48,7-52,6$ %; $X_{Cr}=14,0-17,0$). В большинстве разновидностей присутствует бесцветный амфибол (паргасит?). При появлении в породе более поздних агрегатов тремолита и клинохлора, отмечается изменение состава первичных минералов, и в первую очередь шпинели, которая становится более хромистой (X_{Cr} достигает 46 %).

Наряду с этими образованиями в Рай-Изском и Войкарском массивах распространены своеобразные *лерцолитоподобные* породы, слагающие значительные по размерам (до 10 км и более) площади. Структурно они во многом сходны с лерцолитами и содержат в заметном количестве диопсид, при общем повышенном (≥ 25 %) количестве нормативного пироксена. Иногда их относят к группе так называемых предельных гарцбургитов [Чашухин и др., 2007]. В сравнении с лерцолитами для данных пород характерна менее глиноземистая и хромистая ($X_{Cr}=25,0-39,0$) шпинель [Савельева, 1987]. Отличия указанных групп пород также отражаются и в химическом составе ультрабазитов.

В целом, существующие вариации состава пород и минералов свидетельствуют, что лерцолиты и лерцолитоподобные породы принадлежат к единому эволюционному (лерцолит-гарцбургит-дунит) ряду ультрабазитов. По существу, правомерность подобного заключения не вызывает особых возражений, однако, полученные новые геохимические данные позволяют внести уточнения в генетическую трактовку этих образований.

Лерцолиты характеризуются достаточно выдержанным составом редкоземельных элементов в изученных образцах (рис. 1 А), на вариации которого не оказывает существенного влияния низкотемпературная амфиболизация и умеренная (достигающая 40-50 % объема) петельчатая серпентинизация. Вместе с тем устанавливается относительно небольшое снижение концентраций РЗЭ сопряженное с повышением хромистости шпинели. Тренды распределения элементов имеют характерную ложкообразную (spoon) форму, фиксируемую на диаграмме общим снижением концентраций от тяжелых к средним лантаноидам, а затем их выравниванием или небольшим ростом на уровне легких лантаноидов. По составу РЗЭ лерцолиты Полярного Урала близки лерцолитам южноуральских массивов (Миндяк, Нурали), но заметно отличаются от лерцолитов, принадлежащих подконтинентальной мантии (ксенолит из вулкана Иль-Де-Сандр) (рис. 1 А).

Лерцолитоподобные породы обнаружива-

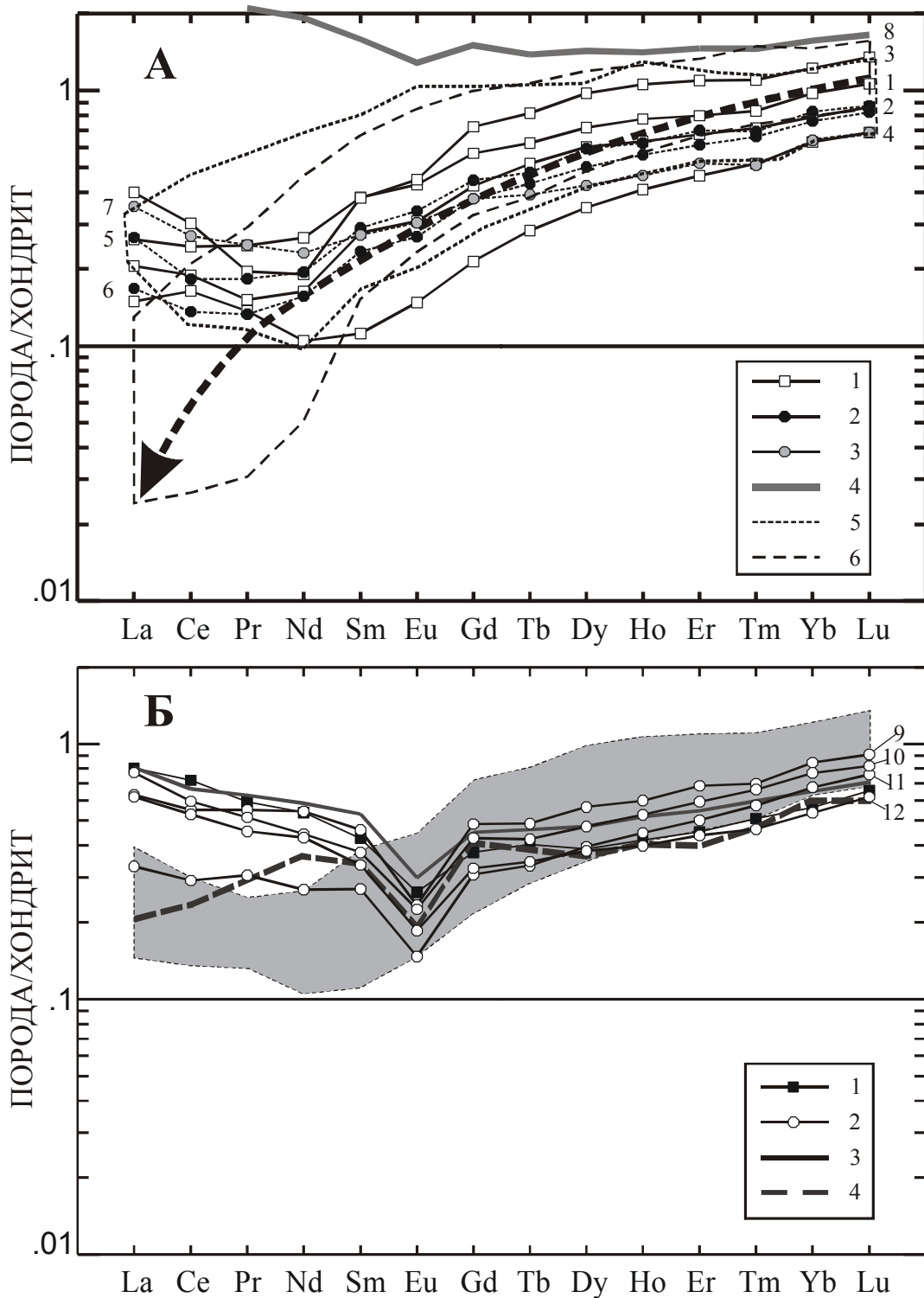


Рис. 1. Распределение РЗЭ в мантийных ультрабазитах Полярного Урала.

А – в лерцолитах: 1 – массив Сьум-Кей, 2 – массив Рай-Из, 3 – то же, в амфиболитованных разновидностях, 4 – ксенолит лерцолита из вулкана Иль-Де-Сандр, Вьетнам (наши данные), 5 – область составов лерцолитов массива Миндяк, Южный Урал [Пушкарев, 1998], 6 – область составов плагиоклазовых лерцолитов массива Нурали, Южный Урал [Spadea et al., 2003]. Пунктирная линия со стрелкой – направление тренда эволюции составов в процессе частичного плавления мантийного вещества.

Б – в лерцолитоподобных породах: 1 – массив Рай-Из, 2 – Войкарский массив, 3 – то же, по [Вахрушева и др., 2005], 4 – Хабарнинский массив, Южный Урал [Пушкарев, 1998]. Залитая область – составы лерцолитов.

ют иную картину распределения РЗЭ с выраженной отрицательной Eu-аномалией (рис. 1 Б). Примечательно, что уровень концентраций и характер распределения средних и тяжелых лантаноидов в них близок или идентичен лерцолитам, в то время как легкие лантаноиды демонстрируют значительно более высокие (в 2-4 раза!) содержания. Сходное (за исключением La, Ce, Pr) распределение имеют выделенные в Хабарнинском массиве «истощенные» лерцолиты [Пушкарев, 1998] (рис. 1 Б).

На диаграмме V-Yb (рис. 2), позволяющей оценить степень деплетированности, составы лерцолитов и лерцолитоподобных пород образуют компактную группу в области, отвечающей 5-15 % (среднее 10 %) степени плавления исходного для MORB-базальтов мантийного вещества (FMM-тип). В эту же область попадают и составы лерцолитов Нуралинского массива. Приведенные для сравнения образцы «обычных» полярноуральских гарцбургитов демонстрируют заметно более высокую (15-22 %) степень плавления. Локализация составов между трендами абиссальных (QFM-1) и «надсубдукционных» (QFM+1) не позволяет по этим параметрам однозначно оценить геодинамические условия формирования ультрабазитов.

Установленные особенности состава ультрабазитов дают основание считать, что их формирование, вероятно, определялось двумя основными факторами – деплетированием (в ходе частичного плавления) и флюидно-магматической (метасоматической) проработкой под воздействием поднимающихся расплавов. В составе лерцолитов явно преобладают черты первого процесса, что находит отражение в

распределении тяжелых и средних лантаноидов, контролируемых трендом эволюции составов при частичном плавлении (рис. 1А). Наблюдаемое отклонение от этого тренда в сторону обогащения лерцолитов легкими лантаноидами соответственно может рассматриваться как следствие флюидно-магматического воздействия, которому отводится важная роль в становлении ультрабазитов [Melcher et al., 2002; Parkinson et al., 1998 и др.]. Вышесказанное в определенной степени относится и к лерцолитоподобным породам. Представляется, что первоначально они также являлись результатом деплетирования и по составу отвечали наиболее истощенным лерцолитам. Однако, впоследствии они подверглись более мощному воздействию, причем в существенно более окислительных условиях, что обусловило не только значительно увеличение содержаний легких и частично средних лантаноидов, но и возникновение отрицательной Eu-аномалии (см. рис. 1). Геологическим подтверждением этому процессу является, на наш взгляд, широкое распространение в лерцолитоподобных породах жильной серии вебстеритов.

Список литературы

- Вахрушева Н.В., Иванов К.С., Ерохин Ю.В. и др. Распределение РЗЭ в ультрамафитах и рудообразующих хромовых шпинелях Войкаро-Сыньинского массива // Офиолиты: геология, петрология, металлогения и геодинамика. Материалы межд. научн. конференции. Екатеринбург, 2006. С. 180-184.
Пушкарев Е.В. Истощенные лерцолиты

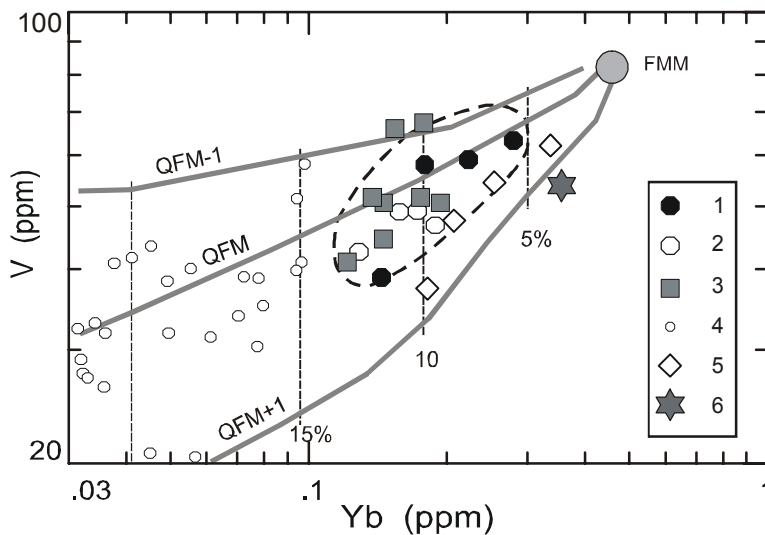


Рис. 2. Составы ультрабазитов Полярного Урала на диаграмме V-Yb (Pearce, Parkinson, 1993). 1, 2 – лерцолиты массивов Сьум-Кеу и Рай-Из, 3 – лерцолитоподобные породы Войкарского и Рай-изского массивов, 4 – гарцбургиты, 5 – плагиоклазовые лерцолиты массива Нурали [Spadea et al., 2003], 6 – лерцолит, вулкан Иль-Де-Сандр. Сплошные линии на диаграмме – тренды частичного плавления FMM – мантии, при различной степени окисленности (относительно буфера QFM).

- Хабарнинского массива на Южном Урале // Ежегодник-1997. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 1998. С. 109-111.
- Савельева Г.Н.* Габбро-ультрабазитовые комплексы офиолитов Урала и их аналоги в современной океанической коре // Тр. ГИН АН СССР. Вып. 404. М.: Наука, 1987. 246 с.
- Строение, эволюция и минерагения гипербазитового массива Рай-Из / Под ред. В.Н. Пучкова, Д.С. Штейнберга. Свердловск: УрО АН СССР. 1990. 228с.
- Шмелев В.Р.* Гипербазиты массива Сыум-Кей (Полярный Урал). Препринт. Екатеринбург: УрО АН СССР. 1991. 79 с.
- Чащухин И.С., Вотяков С.Л., Щанова Ю.В.* Кристаллохимия шпинели и окситермометрия ультрамафитов складчатых областей. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2007. 310 с.
- Melcher F., Meisel T., Puhl J., F., et al.* Petrogenesis and geotectonic setting of ultramafic rocks in the Eastern Alps: constraints from geochemistry // *Lithos*. 2002. V. 65. P. 69-112.
- Parkinson, I.J., Pearce J.A.* Peridotites from the Izu-Bonin-Mariana forearc (ODP Leg 125): evidence for mantle melting and melt–mantle interaction in a supra-subduction zone setting // *J. Petrol.* 1998. V. 39. P.1577-1618.
- Pearce, J.A., Parkinson, I.J.* Trace element models for mantle melting: application to volcanic arc petrogenesis. In: Prichard, H.M., Alabaster, T., Harris, N.B., Neary, C.R. (Eds.), *Magmatic Processes and Plate Tectonics*. Geological Society of London, Special Publication, 1993. V. 76. P. 373-403.
- Spadea P., Zanetti A., Vannucci R.* Mineral chemistry of ultramafic massifs in the Southern Uralides orogenic belt (Russia) and the petrogenesis of the Lower Paleozoic ophiolites of the Uralian ocean // *Ophiolites in Earth History*. Geological Society, London. 2003. P. 567-596.