

Савельев Д. Е., Сначев В. И., Савельева Е. Н., Бажин Е. А. Геология, петрогеохимия и хромитоносность габбро-гипербазитовых массивов Южного Урала. Уфа: ДизайнПолиграф-Сервис, 2008. 320 с.

Шумихин Е. А., Радченко В. В., Фаткуллин Н. А. Отчет о результатах поисково-оценочных работ на известных проявлениях вкрапленных хромитовых руд по объекту «Участок Средний Крака». БТГФ. Уфа, 1979.

Elci B., Malazgirt A. Turkish progress and recent trends in chrome beneficiation // Mining Turkey Magazine. 2013. Is. 5. <http://www.miningturkeymag.com/arsiv/makalegoruntule/68>

Murthy Y. R., Tripathy S. K., Kumar C. R. Chrome ore beneficiation challenges and opportunities – A review // Minerals Engineering. 2011. Vol. 24. P. 375–380.

Nafziger R. H. A review of the deposits and beneficiation of lower-grade chromite // Journal of the South African Institute of Mining and Metallurgy. 1982. P. 205–226.

Yorukoğlu A., Delibaş O. Mineral potential of Turkey // Mining Turkey Magazine. 2012. Vol. 2. www.madencilik-turkiye.com

К. С. Поздеева, А. И. Чернышов

Национальный исследовательский

Томский государственный университет, г. Томск

ksupoz1992@gmail.com

Геохимические особенности ультрамафитов и хромититов Харчерузского массива (Полярный Урал)

Харчерузский ультрамафитовый массив является фрагментом офиолитовой ассоциации Полярного Урала [Шмелев, 1991]. Он располагается южнее ультрамафитового массива Сьум-Кеу, от которого отделен метаморфизованными габбро-амфиболитами. Массив сложен преимущественно рестированными дунитами и их серпентинизированными разностями. Среди дунитов редко встречаются реликтовые участки гарцбургитов. Целью настоящего исследования является выявление геохимической неоднородности дунитов, гарцбургитов и хромититов массива в образцах, отобранных в процессе проведения полевых работ.

Дуниты неравномерно пластически деформированы. С возрастанием степени их деформации происходит уменьшение размеров зерен оливина, они приобретают неоднородное погасание, появляются полосы пластического излома, возрастает роль синтетектонической рекристаллизации, нередко происходит раскалывание зерен оливина по спайности (010). По совокупности и интенсивности проявления признаков пластической деформации в Харчерузском массиве выделяются следующие главные петроструктурные типы ультрамафитов: мезогранулярный → порфирукластовый → мозаичный, которые неоднократно отмечались в перидотитах офиолитовых комплексов [Nicolas, Poigier, 1976; Гончаренко, 1989; Шмелев, 1991; Чернышов, 2001]. Наибольшим распространением пользуются порфирукластовые дуниты, которые возникают за счет исходных протогранулярных, результаты исследования которых приводятся ниже.

Неоднородность состава ультрамафитов и ассоциирующих с ними хромититов, выявленная по петрографическому составу, подтверждается распределением в них редкоземельных элементов на бинарных диаграммах (рис.). При построении диаграмм

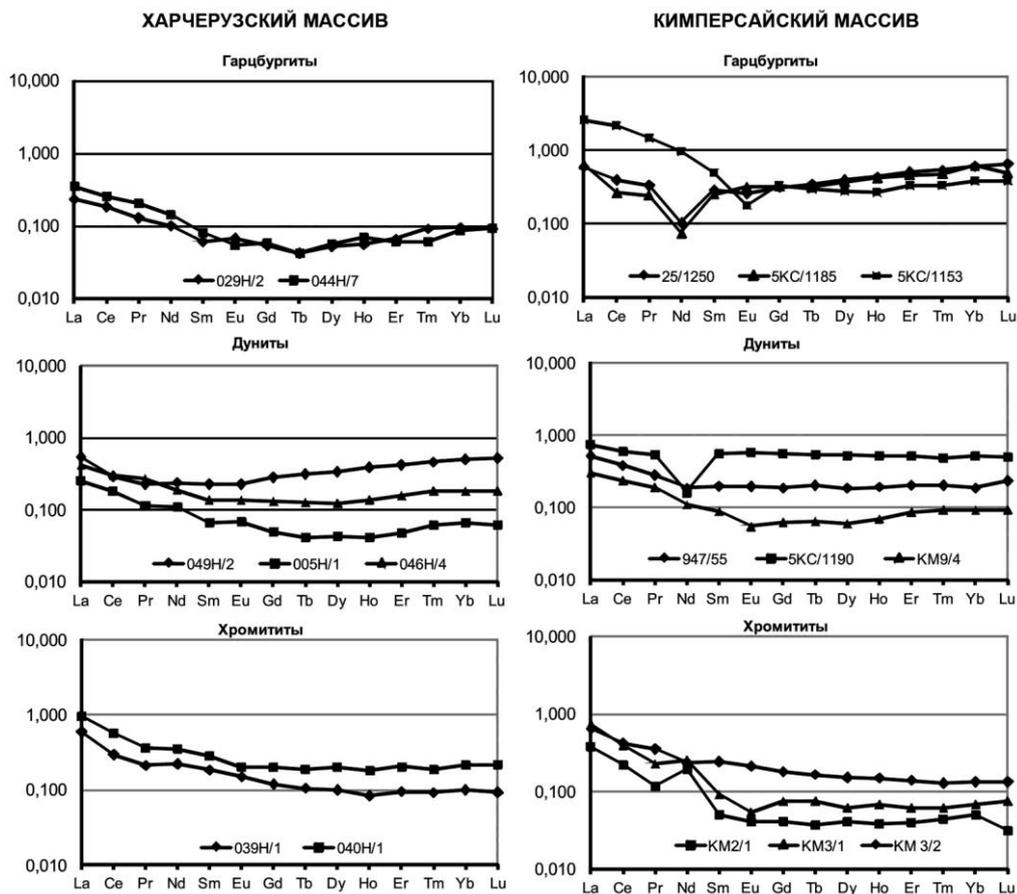


Рис. Распределение содержаний редкоземельных элементов в дунитах, гарцбургитах и хромититах Харчерузского и Кимперсайского массивов.

Образцы Харчерузского массива, гарцбургиты: 029Н/2 – мезогранулярные, 044Н/7 – порфинокластовые; дуниты: 049Н/2 – протогранулярные, 005Н/1 – мезогранулярные, 046Н/4 – мозаичные; хромититы: 039Н/1 – вкрапленные, 040Н/1 – сливные. Образцы Кимперсайского массива, гарцбургиты: 25/1250, 5КС/1185, 5КС/1153 – порфинокластовые; дуниты: 5КС/1190 – мезогранулярные, 947/55 – порфинокластовые, КМ 9/4 – мозаичные; хромититы: КМ 2/1 – вкрапленные, КМ 3/1, КМ 3/2 – сливные. Концентрации элементов нормированы к хондриту по [Boynon, 1984].

использованы результаты неопубликованных 25 оригинальных анализов пород и руд, полученных в процессе выполнения тематических работ.

Редкоземельные элементы (РЗЭ). Исследуемые мезогранулярные и порфинокластовые гарцбургиты Харчерузского блока имеют очень близкое распределение редкоземельных элементов (см. рис.). Они характеризуются более высокими концентрациями легких элементов с постепенным уменьшением к средним. Средние и тяжелые элементы имеют примерно равные содержания с незначительным накоплением последних. Исследованные гарцбургиты Кимперсайского массива имеют порфиро-

кластовую структуру и заметно отличаются по распределению РЗЭ. Для них характерны значительные вариации содержаний легких элементов, которые также постепенно уменьшаются к средним с проявлением отчетливого Nd минимума. Минимальные содержания РЗЭ в гарцбургитах Кимперсайского массива близки таковым в гарцбургитах Харчерузского блока. Средние и тяжелые элементы в гарцбургитах Кимперсайского массива отличаются повышенными концентрациями РЗЭ и слабой тенденцией накопления к последним.

Дуниты и гарцбургиты характеризуются близкими концентрациями легких РЗЭ и аналогичным распределением с уменьшением легких элементов (см. рис.). Для средних и тяжелых РЗЭ отмечается близкое распределение со слабым накоплением последних. Концентрации средних и тяжелых элементов в дунитах с разной степенью пластического деформирования заметно отличаются. Их максимальные концентрации отмечаются в протогранулярных дунитах, средние – в мезогранулярных и минимальные – в мозаичных. Таким образом, с увеличением степени пластического деформирования дунитов происходит их обеднение средними и тяжелыми РЗЭ. Аналогичное распределение РЗЭ отмечается и для дунитов Кимперсайского массива. При этом в нем содержания элементов также определяются степенью пластического деформирования дунитов. В ряду деформационных типов мезогранулярный → порфирокластовый → мозаичный уменьшаются концентрации РЗЭ, что, вероятно, связано с их большей степенью рестирования и, возможно, с последующими наложенными пластическими деформациями.

Хромититы имеют близкие концентрации и характер распределения РЗЭ с дунитами мезогранулярного типа (см. рис.). При этом для хромититов характерны одинаковые концентрации средних и тяжелых элементов. Для вкрапленных хромититов отмечаются пониженные концентрации элементов. Для хромититов Кимперсайского массива отмечается аналогичный характер распределения РЗЭ, что и для Харчерузского блока, однако они нередко содержат меньшие концентрации средних и тяжелых элементов. При этом вкрапленные руды также обеднены РЗЭ.

Редкие элементы. Анализ спектра редких элементов в исследуемых породах Харчерузского блока показал, что распределение одних, очевидно, отражает различное происхождение пород и их эволюционную направленность, другие – имеют близкие содержания, возможно связанные с низкими их содержаниями на грани чувствительности анализа. Для сравнения приводятся анализы редких элементов из гарцбургитов, дунитов и хромититов Кимперсайского массива (табл.). Наиболее значительные содержания и их вариации отмечаются для Ni. Максимальные содержания Ni установлены для гарцбургитов, они снижаются к дунитам и значительно уменьшаются в хромититах. В Кимперсайском массиве содержания Ni в дунитах и гарцбургитах практически идентичны и соответствуют среднему содержанию элемента в этих породах Харчерузского блока.

Содержания Co в дунитах и гарцбургитах Харчерузского блока и массива Кимперсай близки. В хромититах Харчерузского блока содержание Co снижается незначительно, однако хромититы массива Кимперсай им заметно обеднены. Распределение Ti, V и Zn в исследуемых породах также близко (см. табл.). От гарцбургитов к дунитам возрастают концентрации этих элементов, а их максимальные содержания наблюдаются в хромититах. В дунитах и гарцбургитах Кимперсайского массива содержания этих элементов близки и сопоставимы с их концентрациями в дунитах Харчерузского блока (см. табл.). Хромититы Кимперсайского массива отличаются лишь незначительным возрастанием этих элементов по отношению к дунитам и гарц-

Т а б л и ц а

**Распределение редких элементов в ультрамафитах, хромититах
Харчерузского и Кимперсайского массивов (мг/т)**

Эле- менты	Кимперсайский массив			Харчерузский массив		
	Гарцбургиты	Дуниты	Хромититы	Гарцбургиты	Дуниты	Хромититы
Ni	$\frac{2703-3111}{2907}$	$\frac{1733-2448}{2167}$	$\frac{1028-1097}{1063}$	$\frac{2495-2657}{2592}$	$\frac{2439-2707}{2564}$	$\frac{431-1927}{1099}$
Co	$\frac{111-121}{116}$	$\frac{103-126}{118}$	$\frac{86-90}{88}$	$\frac{98-111}{107}$	$\frac{102-114}{108}$	$\frac{17-50}{27}$
Ti	$\frac{20-22}{21}$	$\frac{36-181}{118}$	$\frac{524-732}{628}$	$\frac{46-159}{104}$	$\frac{36-217}{106}$	$\frac{66-228}{147}$
V	$\frac{6.5-29}{18}$	$\frac{18-54}{38}$	$\frac{199-243}{221}$	$\frac{24-38}{32}$	$\frac{17-37}{26}$	$\frac{83-218}{147}$
Zn	$\frac{38-41}{39}$	$\frac{40-57}{49}$	$\frac{138-142}{140}$	$\frac{32-42}{36}$	$\frac{29-43}{36}$	$\frac{13-46}{29}$
Cu	$\frac{4.7-5.0}{4.9}$	$\frac{7.1-53}{25.8}$	$\frac{6.6-7.4}{7.0}$	$\frac{6.8-19}{11.5}$	$\frac{8.2-18}{13.7}$	$\frac{2.0-9.1}{4.7}$
Sc	$\frac{3.8-9.4}{6.6}$	$\frac{3.5-11}{8.8}$	$\frac{3.7-3.8}{3.7}$	$\frac{5.3-11}{8.6}$	$\frac{5.6-8.2}{7.0}$	$\frac{1.9-3.2}{2.5}$
Ga	$\frac{0.3-0.7}{0.5}$	$\frac{0.5-0.8}{0.7}$	$\frac{4.1-8.1}{6.1}$	$\frac{0.4-0.8}{0.6}$	$\frac{0.4-0.8}{0.5}$	$\frac{1.3-3.5}{2.4}$
Be	$\frac{0.01-0.05}{0.03}$	$\frac{0.02-0.05}{0.03}$	$\frac{0.01-0.02}{0.02}$	$\frac{0.01-0.07}{0.04}$	$\frac{0.02-0.07}{0.05}$	$\frac{0.01-0.07}{0.03}$
Cs	$\frac{0.02-0.18}{0.10}$	$\frac{0.03-0.05}{0.04}$	$\frac{0.02-0.04}{0.03}$	$\frac{0.02-0.12}{0.06}$	$\frac{0.03-0.12}{0.07}$	$\frac{0.01-0.03}{0.02}$

П р и м е ч а н и е. Числитель – минимальные и максимальные содержания элементов, знаменатель – средние.

бургитам. Cu, Sc, Ga, Be и Cs характеризуются низкими концентрациями и незначительными вариациями (см. табл.). Дуниты и гарцбургиты Харчерузского блока и Кимперсайского массива обнаруживают близкие содержания этих элементов. В хромититах уменьшаются концентрации Cu и Sc и увеличиваются – Ga.

Таким образом, установлены разные содержания большинства редких элементов в гарцбургитах и дунитах Харчерузского блока по сравнению с дунитами и гарцбургитами Кимперсайского массива (в последнем они практически идентичны). Такие различия, очевидно, отражают высокую степень их высокотемпературного пластического деформирования, способствующего перераспределению этих элементов. Хромититы концентрируют редкие элементы по сравнению с вмещающими дунитами и гарцбургитами. При этом отчетливо наблюдаются наиболее высокие концентрации Ti, V и Zn и частично других элементов для хромититов Харчерузского блока, что связано с более интенсивным метаморфизмом их вмещающих пород.

Литература

Гончаренко А. И. Петроструктурная эволюция альпинотипных гипербазитов. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1989. 398 с.

Чернышов А. И. Ультрамафиты (пластическое течение, структурная и петроструктурная неоднородность). Томск: Изд-во Чародей, 2001. 216 с.

Шмелев В. Р. Гипербазиты массива Сыум-Кей (Полярный Урал). Структура, петрология, динамометаморфизм. Екатеринбург, 1991. 79 с.

Boynnton W. V. Geochemistry of the rare earth elements: meteorite studies // in: P. Henderson (ed.). Rare earth element geochemistry. Elsevier, 1984. P. 63–114.

Nicolas A., Poirier J. P. Crystalline plasticity and solid state flow in metamorphic rocks // New York: Wiley-Interscience, 1976. 444 p.

А. Н. Юричев

*Национальный исследовательский
Томский государственный университет, г. Томск
juratur@sibmail.com*

Минералогические особенности офиолитовых ультрабазитов как критерии оценки их потенциальной хромитонности

К настоящему времени известно, что все месторождения и рудопроявления хромитов приурочены непосредственно к ультрамафитовым и частично мафит-ультрамафитовым массивам. Поэтому вопрос о способе формирования и концентрации в них хромитового оруденения, а также разработка критериев хромитонности данных объектов имеет первостепенное практическое значение. Среди геолого-промышленных типов месторождений хрома выделяются: стратиформные месторождения в расслоенных ультраосновных массивах платформенных областей, месторождения подиформных ультраосновных массивов складчатых поясов и, имеющие ограниченное распространение, россыпные месторождения (доля в общем балансе мировых запасов – 0.1 %).

Стратиформные массивы размещаются на древних архейско-протерозойских щитах и приурочены к зонам глубинных разломов, возникающих в этап постплатформенной тектоно-магматической активизации. Они являются ведущими в мировом масштабе: на их долю приходится почти 82 % мировых разведанных запасов хромитовых руд и около 80 % мировой добычи товарной руды. Эти месторождения отличаются значительными запасами, но, в большинстве случаев, руды в них по своему составу являются низкосортными (среднехромистые железистого типа) и характеризуются более низким качеством, чем хромиты из ультрабазитов складчатых областей [Перевозчиков, 2011].

Месторождения подиформного типа пространственно и генетически связаны с офиолитовыми мантийными ультрабазитами, которые располагаются в виде поясов и выявлены в пределах складчатых областей различного возраста (от палеозоя до кайнозоя). В общем балансе мировых запасов хромитовых руд доля их относительно невелика (16.5–17.0 %), однако в России именно они имеют важнейшее значение, являясь объектами добычи высококачественных хромитовых руд, пригодных для использования в металлургической промышленности. Помимо этого, внимание к объектам данного типа резко возросло после распада СССР, когда крупнейшие в мире хромитовые месторождения в офиолитовых комплексах Южного Урала отошли Казахстану, и Россия столкнулась с острым дефицитом хромитового сырья.