

## РЕДКОЗЕМЕЛЬНАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ В ХРОМИТОВЫХ РУДАХ ВЕРБЛЮЖЬЕГОРСКОГО МАССИВА

*А. В. Алексеев*

*Институт геологии и геохимии, г. Екатеринбург, alexeev@igg.uran.ru*

Верблюжьегорский ультраосновной альпинотипный массив расположен на Южном Урале и приурочен к Полтавско-Киембаевской ветви ультрабазитовых массивов, структурно принадлежащей к горстообразным структурам восточного борта Магнитогорского погружения. Массив представляет собой тектонически надвинутую на запад пластину длиной около 15 км при ширине в 4–5 км. С востока и запада массив контактирует с сильно метаморфизованными (вплоть до амфиболитовой фации) осадочными породами палеозоя. С севера массив граничит с крупным гранитным батолитом. Массив нацело сложен антигоритовыми серпентинитами, установить первичную природу которых крайне затруднительно. Наиболее вероятно, что эдуктом антигоритов послужили гарцбургиты с содержанием энстатита 25–30 %. Степень серпентинизации (антигоритизации) пород по всей площади массива равна 100 %. Находки свежего оливина отмечены только в скважинах на глубине более 20 м.

На массиве в 1930-х гг. были выявлены и частично отработаны несколько десятков хромитовых рудных тел. Большая часть из них (причем наиболее значительных по размерам) сосредоточена в пределах Главного рудного поля (ЮВ часть массива) и структурно приурочена к локальному сводовому поднятию. Остальные рудные тела хромититов хаотично разбросаны по территории массива в виде единичных тел без определенной приуроченности к какой-либо структуре. Основной особенностью хромититов Верблюжьегорского массива является высокая степень вторичных изменений хромшпинелидов [Кашин, 1937; Алексеев и др., 2003 и др.]. Причем намечается как минимум две стадии преобразования хромшпинелидов – высокотемпературная (на уровне эпидот-амфиболитовой фации) и низкотемпературная (зеленосланцевая фация).

Высокотемпературные изменения диагностируются микроскопически как разделение хромшпинелида на две минеральные фазы – более хромистый и железистый по сравнению с исходным хромшпинелид и хлорит (как правило клинохлор или кеммерерит). Эти минералы образуют тесные срастания, формируя скелетные структуры [Алексеев и др., 2003]. Высокотемпературные изменения наиболее отчетливо проявлены в пределах рудных тел и приурочены к проводящим зонам – разломам или контактам хромититов и вмещающих пород. Низкотемпературные изменения (наложенные на высокотемпературные) проявлены практически на всей площади массива. Они выражаются в замещении хромшпинелида магнетитом с образованием в конечном итоге псевдоморфоз.

В пределах Главного рудного поля в хромитовых рудах часто встречается вторичная титановая минерализация. Она представлена как единичными зернами титановых минералов, рассеянных по хромититу, так и выделениями по трещинам в виде щеток. В хромититах титановые минералы как правило концентрируются в измененных зернах хромшпинелидов в виде как ксеноморфных, так и идиоморфных зерен и сростков зерен. Реже отмечаются их выделения в интерстициях между зернами хромшпинелидов. Доля титановых минералов незначительна, не более 1 % от общего объема руды, но достаточно разнообразна по минеральному составу.

Наибольшим распространением пользуются реддлджеит ( $\text{BaTi}_6\text{Cr}^{3+}_2\text{O}_{16}$ ), рутил и гейкелит (табл. 1). Отмечаются также лейкоксен, анатаз, брукит, сфен. Кроме того, периодически встречаются редкоземельные титановые минералы. Так, нами был диагностирован перовскит, а также специфический минерал (табл. 2), который предварительно определен как цериевый реддлджеит.

Таблица 1

## Состав титановых минералов из хромититов Верблюжьегогорского массива

М-ние	Минерал	TiO <sub>2</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	BaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	Сумма
№ 17	редле- джеит	60.65	16.21	2.42	1.53	19.67	–	–	–	100.48
		60.62	16.49	2.99	0.53	19.64	–	–	–	100.27
		61.35	16.58	–	2.69	20.90	–	–	–	101.52
	рутил	100.83	0.00	–	0.00	0.02	–	–	–	100.85
№ 13	редле- джеит	62.74	16.82	–	1.08	20.93	0.25	0.04	–	101.86
		61.85	17.61	–	1.07	21.98	0.17	0.05	–	102.73
		63.92	15.83	–	1.43	21.24	0.21	0.03	–	102.66
	гейкилит	58.24	0.15	16.37	1.84	–	1.04	0.24	20.36	98.24

Примечание: аналитик – В. Н. Ослоповских.

Таблица 2

## Состав редкоземельных титановых минералов из хромититов Верблюжьегогорского массива

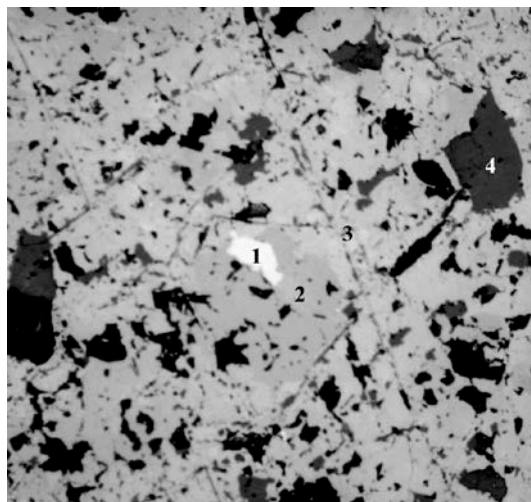
М-ние	Минерал	TiO <sub>2</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	BaO	V <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CeO	Сумма
№ 13	перовскит	56.08	0.0	0.08	43.0	0.23	0.76	–	–	следы	100.14
		55.55	0.07	0.13	42.9	0.04	0.22	–	–	следы	98.86
	цериевый редле- джеит	56.25	19.62	0.57	–	0.25	0.05	12.35	0.26	8.91	98.33

Примечание: аналитики – В. Н. Ослоповских (перовскит) и Н. Н. Кононкова (цериевый редледжеит).

Микроскопически цериевый минерал представлен сростком из нескольких зерен размером до 0.3 мм, включенных в измененный хромшпинелид (рис. 1). По своим свойствам не отличается от редледжеита: характеризуется сильной анизотропией, отражательная способность выше хромшпинелида и сопоставима с магнетитом, внутренних рефлексов не наблюдается. Состав минерала, определенный на микронзондовом анализаторе, характеризуется крайне высокими содержаниями церия – около 9 %. При этом другие редкоземельные и радиоактивные элементы не определялись, так что их наличие не исключается. Структурные исследования также еще не проводились, поэтому на настоящий момент предполагаем, что данный минерал является редледжеитом с изоморфным замещением Ba→Ce.

Верблюжьегогорский массив не является уникальным в плане наличия титановой минерализации в хромититах. Такая же минерализация обнаружена в хромититах соседних массивов этой ветви ультрабазитов – Татищевском и Варшавском [Иванушкин, 2006]. Также О. К. Ивановым редледжеит был описан в хромититах Сарановского массива. Находки перовскита отмечались в хромититах Платиноносного пояса. Происхождение титановой минерализации рассматривается разными авторами с различных позиций. По О. К. Иванову, редледжеит в хромитах Сарановского массива связан с воздействием габброидов, по [Гекимянц и др., 1998], титановая минерализация Верблюжьегогорского массива связана с родингитизацией ультрабазитов. Нами [Алексеев, 2005] было показано, что титановая минерализация возникала в процессе высокотемпературного изменения хромшпинелидов. Источником титана и хрома служили сами преобразованные хромшпинелиды, в которых статистически показаны более низкие содержания этого элемента по сравнению с первичными, неизменными хромититами. Но вопрос об источнике бария, а тем более редкоземельных составляющих, остается открытым и нуждается в дальнейшем изучении.

Рис. 1. Цериевый реддиджит в метаморфизованном хромшпинелиде: 1 – цериевый реддиджит; 2 – реликт первичного хромшпинелида, 3 – преобразованный хромшпинелид, 4 – хлорит.



В заключении отметим, что наличие в хромититах редкоземельных минералов, в которых, вероятно, содержатся и радиоактивные элементы, дает возможность в будущем привлечь их для определения абсолютного возраста.

*Исследования выполнены при поддержке: гранта Президента России МК-2252.2007.5 и Программы отдела наук о Земле Президиума УрО РАН ОНЗ-2 «Фундаментальные проблемы геологии, условия образования и принципы прогноза традиционных и новых типов крупномасштабных месторождений стратегических видов минерального сырья».*

### Литература

*Алексеев А. В.* Акцессорные минералы хромитовых руд Урала // Мат-лы XI научной студенческой школы «Металлогения древних и современных океанов». Т. 1. Миасс, 2005. С. 105–109.

*Алексеев А. В.* Реддиджит в хромитовых рудах Верблюжьегогорского месторождения (Южный Урал) // Проблемы геологии и освоения недр: Тр. VII Междунар. науч. симпоз. им. акад. М. А. Усова. Томск: Изд-во ТПУ, 2003. С. 80–82.

*Алексеев А. В., Малахов И. А., Бурмако П. Л.* Метаморфизм хромитовых руд Верблюжьегогорского массива (Южный Урал) // Эволюция внутриконтинентальных подвижных поясов (IX чтения А. Н. Заварицкого) / УрО РАН. Екатеринбург, 2003. С. 153–156.

*Бетехтин А. Г., Кашин С. А.* Хромиты СССР. Изд-во АН СССР. Т. 1, 1937. 388 с. Т. 2, 1940. 339 с.

*Гекимянц В. М., Барсукова Н. С., Плетнев П. А., Спиридонов Э. М.* Минералы группы ильменита родингитовой формации Урала. Миасс: ИМин УрО РАН, 1998. Т. 2. С. 98–99.

*Иванушкин А. Г.* Хромовые руды гипербазитовых массивов Южного Урала / XII Чтения А. Н. Заварицкого. ИГГ УрО РАН. Екатеринбург, 2006. С. 271–273.