

МИНЕРАЛОГИЯ

ПЕРВАЯ НАХОДКА ЭСКОЛАИТА В МАГНЕТИТ-ИЛЬМЕНИТОВЫХ РУДАХ
КУСИНСКОЙ ГАББРОВОЙ ИНТРУЗИИ

Т.Д. Бочарникова, Л.К. Воронина

Эсколаит – природный оксид хрома Cr_2O_3 был назван в честь финского геолога Пентти Эскола. Минерал изучен относительно слабо. В 1958 году эсколаит был описан в метаморфизованных хромитовых рудопроявлениях докембрийского гипербазитового комплекса Оутокумпу в Финляндии [Kouvo, Vuorelainen, 1958]. Позднее он был обнаружен в апобазит-гипербазитовых метасоматитах, кимберлитах, метеоритах [Румянцева, 1985; Соболев и др., 1993; Ramdohr, 1977], а также в графитсодержащих силлиманит-кордиерит-кварцитовых сланцах Приольхонья в ассоциации с оксидами титана и ванадия [Конева, Суворова, 1985], в метакarbonатных породах Южного Прибайкалья [Резницкий и др., 1998]. На Полярном Урале эсколаит был встречен в хромитовых рудах таких альпинотипных гипербазитовых массивов как Войкаро-Сыньинский и Рай-Из [Молошаг, Алимов и др., 1999]. На Среднем Урале эсколаит обнаружен в гидротермально-измененных хромититах Баженовского офиолитового комплекса [Ерохин, 2006].

Анализ имеющихся в литературе данных по химическому составу эсколаита из различных геологических комплексов показывает, что он обладает широкими вариациями состава, отражающими генетическую природу этих комплексов. Например, главной особенностью прибайкальского эсколаита является широкий диапазон содержаний Cr_2O_3 (от 51 до 95 мас. %) и V_2O_5 (от 1,6 до 48 мас. %), обусловленный замещением хрома ванадием. Чем больше хрома в минерале, тем меньше в нем ванадия и, наоборот, т. е. имеет место непрерывный изоморфный ряд от собственно эсколаита до карелианит-эсколаита $(\text{Cr}, \text{V})_2\text{O}_3$ при небольшом количестве Si, Mg, Ca и содержании Al_2O_3 от сотых долей процента до 1,5 мас. %. Эсколаиты других известных геологических объектов характеризуются содержаниями V_2O_5 не более нескольких процентов. Эсколаит, выявленный в хромитовых рудах альпинотипного гипербазитового массива Рай-Из на Полярном Урале, имеет состав: Cr_2O_3 – 95,24 мас. %, TiO_2 – 0,03 мас. %. Эсколаит, обнаруженный в гидротермально измененных хромититах Баженовского комплекса, по составу является глиноземистой разновидностью. Он содержит Cr_2O_3 (50-65 мас. %) и Al_2O_3 (24-41 мас. %) с небольшим количеством примесей титана и железа.

В магнетит-ильменитовых рудах Кусинской габбровой интрузии нами обнаружен высокохромистый минерал. Распределение в рудах весьма неравномерное, одни участки насыщены им, а другие – практически свободны от него. Размер выделений этого минерала составляет, в основном, 10-15, реже 20 мкм. Форма зерен часто неправильная, изометричная, иногда зерна имеют отчетливый призматический или октаэдрический облик. Отмечаются двойники. Кристаллографически оформленные зерна хорошо видны на участках развития хлорита.

В шлифе минерал имеет фиштакково-зеленый, зеленый, темно-зеленый с табачным оттенком цвет, с анализатором приобретает желтовато-коричневатый цвет, но некоторые зерна становятся изумрудно-зелеными. Минерал характеризуется отчетливым плеохроизмом: по Ng – зеленовато-темно-серый, по Np – желтовато-коричневатый, иногда центральная часть зерен имеет изумрудно-зеленый цвет. Истинная интерференционная окраска затушевывается цветом самого минерала. При отраженном свете минерал имеет более высокий резкий рельеф по отношению к окружающим его магнетиту и ильмениту, что означает его более высокую (8-9) твердость. Поэтому при полировании шлифа, как любой твердый минерал, он часто выкрашивается. Рентгеноструктурный анализ эсколаита не представляется сделать возможным, так как размеры зерен очень малы – 10-20 мкм.

Изученный нами эсколаит имеет ряд своих особенностей. По составу он характеризуется широким набором элементов-примесей,

**Химический состав эсколаита из магнетит-ильменитовых руд
Кусинской габбровой интрузии (мас. %)**

№ пп	Cr ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	V ₂ O ₅	SiO ₂	Сумма
1	86,83	1,14	5,67	2,86	0,22	0,08	0,07	0,08	1,06	98,01
2	85,49	1,79	4,28	0,63	0,20	0,12	0,09	0,23	1,05	93,88
3	88,51	2,55	3,77	0,52	0,14	0,10	0,10	0,35	1,00	97,04
4	84,76	0,51	3,89	0,57	0,20	0,10	0,06	0,08	1,02	91,20
5	84,92	0,49	4,16	0,61	0,18	0,12	0,09	0,13	1,02	91,71
6	81,01	0,51	5,73	0,57	0,23	0,06	0,06	0,10	2,35	90,61
7	74,20	0,65	16,24	1,21	0,24	0,02	0,01	0,08	0,95	93,71
8	85,32	0,34	4,21	0,57	0,20	0,10	0,09	0,16	2,26	93,25
9	82,59	0,95	4,56	0,51	0,21	0,08	0,07	0,10	0,93	90,00

Примечание. Обр. Кс-30, рудная залежь у восточного контакта Кусинской интрузии.

Позиция зерен: 1 – зерно неправильной формы, с трех сторон окружено магнетитом, с четвертой стороны – ильменитом; 2 – зерно по форме напоминает падающую каплю, с двух противоположных сторон окружено магнетитом, с двух других – ильменитом; 3 – зерно овальной формы на границе магнетита и ильменита; 4 – зерно треугольной формы, с двух сторон окружено магнетитом, с третьей – ильменитом; 5 – изометричное зерно, окруженное со всех сторон магнетитом; 6 – изометричное зерно в магнетите; 7 – зерно из прожилка, среди зерен магнетита и ильменита; 8 – зерно изометричной формы в окружении магнетита и лишь небольшим участком граничащее с ильменитом.

таких как Fe, Ti, Al, Ca, Mg, Mn, V, Si (табл. 1). Отчетливо прослеживается изоморфизм между Cr₂O₃ и Fe₂O₃, а также между Fe₂O₃ и TiO₂ в обратно пропорциональном отношении друг к другу. Между содержаниями MgO и Cr₂O₃ намечается прямая зависимость.

Сумма элементов в изученном эсколаите не превышает 98 %. По-видимому, это связано с высокой твердостью минерала, высокий рельеф которого в полированном шлифе при анализе создает рассеивание электронного пучка в микроанализаторе. Поэтому при обработке данных образуется недостаток в сумме. Эта особенность характерна для многих минералов повышенной твердости, таких как эсколаит, муассонит, корунд и т. д.

Присутствие эсколаита в кусинских магнетит-ильменитовых рудах не является случайным. В частности, в ильмените из габбро-норита содержание Cr₂O₃ составляет 0,04-0,22 мас. %, а в магнетите – 0,15-0,37 мас. %. Рудные концентраты, выделенные из пород, слагающих интрузию в том или ином количестве, все содержат хром (табл. 2).

При более детальном изучении руд было подмечено, что во всех рудообразующих минералах содержится хром. Так, например, шпинель содержит 1,51-3,10 мас. % Cr₂O₃, хегбомит 1,7-4,1 мас. % Cr₂O₃ [Бочарникова, Прибавкин и др., 2005], ильменит – 0,14-0,65 мас. %

Cr₂O₃, магнетит – 1,0-1,96 мас. % Cr₂O₃ [Бочарникова, Холоднов и др., 2005]. При этом, составы таких главных рудообразующих минералов как ильменит и магнетит, слагающих рудные пласты на разных горизонтах Кусинской интрузии, являются отражением их позиции в разрезе.

При сравнении состава ильменита из рудных тел у подошвы и кровли интрузии наблюдается нормальный характер распределения элементов-примесей, типичный для вертикального разреза расслоенных комплексов. Ильменит в руде у основания интрузии содержит значительно больше MgO, Cr₂O₃, V₂O₅, а также Al₂O₃, ZnO и MnO по сравнению с ильменитом из рудных пластов кровли. Последний содержит чуть больше TiO₂. Более высокие концентрации TiO₂ содержит и магнетит из рудных тел кровли. Такая закономерность в распределении компонентов согласуется с особенностями расслоенных массивов в целом, когда при их становлении, в основании, как правило, формируются более магнезиальные породы и ассоциирующие с ними тела хромитов.

Характер распределения Cr₂O₃ между сосуществующими ильменитом, магнетитом и хегбомитом из руд, расположенных на разных горизонтах Кусинского массива, различен. В ильмените вверх по разрезу интрузии наблюдается уменьшение содержаний Cr₂O₃, что так-

Содержание Cr, V, Co, Ni в рудах и рудных концентратах из пород Кусинской габбровой интрузии (мас. %)

№ п/п	Руда, порода	Cr ₂ O ₃	V ₂ O ₅	CoO	NiO
1	Ильменит-магнетитовая руда, n=18	<u>1,11</u> 0,23-2,55	<u>0,78</u> 0,10-1,30	<u>0,01</u> 0,00-0,03	<u>0,10</u> 0,00-0,20
2	Габбро, n=2	<u>0,08</u> 0,04-0,13	<u>0,70</u> 0,50-0,90	0,03	0,06
3	Габбро-норит, n=3	<u>0,52</u> 0,00-0,98	<u>1,05</u> 0,35-1,40	0,02	<u>0,05</u> 0,00-0,10
4	Амфиболит, n=4	<u>2,12</u> 0,95-2,68	<u>0,58</u> 0,00-1,32	<u>0,04</u> 0,01-0,11	<u>0,06</u> 0,03-0,10

Примечание. Данные силикатного анализа; n – количество проб; в числителе – среднее содержание, в знаменателе – интервал содержаний.

Распределение Cr₂O₃ в сосуществующих минералах из рудных тел в вертикальном разрезе Кусинской интрузии (мас. %)

	Минерал	Позиция рудного тела в разрезе интрузии		
		1	2	3
Cr ₂ O ₃	ильменит	0,65 n=4	0,37 n=4	0,17 n=7
	магнетит	1,39 n=5	2,05 n=4	1,74 n=6
	хёгбомит	2,37 n=3	2,95 n=4	2,00 n=1

Примечание. 1 – рудные тела у западного контакта массива (подошва интрузии): северный фланг месторождения – обр. кс-540, кс-249, южный фланг – обр. кс-224; 2 – центральная часть массива – обр. кс-95-98; 3 – рудные тела у восточного контакта (кровля массива), северный фланг месторождения – обр. кс-30, кс-33, кс-37; n – количество зерен.

же согласуется с трендом, характерным для расслоенных массивов (табл. 3). В рудах центральной части массива широко развита шпинель. Здесь магнетит и хёгбомит характеризуются наиболее высокими содержаниями Cr₂O₃. Особенно высокие концентрации хрома (4,1 мас. % Cr₂O₃) имеет та разновидность хёгбомита, которая формирует скелетные кристаллы в хромсодержащем хлорите (Cr₂O₃ – 0,9 мас. %).

Следует отметить, что краевые зоны зерен магнетита и хёгбомита отличаются более высокими концентрациями Cr₂O₃, что означает, что в ходе кристаллизации руд остаточный рудный расплав обогащался хромом. Так, например, в одном из зерен магнетита центральная часть содержит 2,09 мас. % Cr₂O₃, а краевые зоны 2,56-3,15 мас. % Cr₂O₃, а в хёгбомите в центральной части зерна – 1,74 мас. % Cr₂O₃, в краевых зонах – 2,60-3,00 мас. % Cr₂O₃.

Аналогичная закономерность обнаружи-

вается и в распределении элементов-примесей в сосуществующих ильмените и магнетите в поперечном разрезе конкретного рудного тела.

В ильмените от основания рудного пласта вверх к его кровле закономерно уменьшаются концентрации MgO, Cr₂O₃ (табл. 4), но растет содержание FeO. В магнетите вверх по разрезу возрастает концентрация Al₂O₃, но к основанию увеличиваются содержания TiO₂ и FeO. Это свидетельствует о возможном проявлении процессов расслоения на уровне отдельных рудных пластов.

Таким образом, в разрезе отдельно взятого рудного пласта в составе рудообразующих минералов повторяется такой же тренд в распределении Cr₂O₃, MgO, TiO₂ и FeO, какой мы наблюдаем в рудных телах на разных горизонтах в разрезе самой интрузии – этот тренд характерен для расслоенных комплексов.

Тенденция к накоплению Cr на завершающем этапе кристаллизации рудного расплава

Распределение Cr_2O_3 (мас. %) в сосуществующих минералах в разрезе рудного пласта

	минерал	Позиция минерала в разрезе рудного пласта		
		1	2	3
Cr_2O_3	ильменит	0,88	0,32	0
	магнетит	1,38	2,24	2,10
	хёгбомит	2,35	2,80	2,51

Примечание. Рудное тело из центральной части интрузии. 1 – подошва рудного пласта, обр. кс-98; 2 – центральная часть, обр. кс-95, кс-97; 3 – кровля, обр. кс-96.

хорошо иллюстрируется составами рудных минералов. Хёгбомит, кристаллизующийся после ильменита и магнетита, содержит самые высокие концентрации Cr (см. табл. 3, 4). Причем, это проявляется как в рудах, залегающих на разных горизонтах интрузии, так и в разрезе конкретного рудного пласта.

Таким образом, эсколаит, свойственный обычно хромитовым рудам, в значительном количестве присутствует и в высокотитанистых магнетит-ильменитовых рудах Кусинской интрузии, которая, как, ранее было установлено [Ферштатер и др., 2005], входит в состав магматических пород среднерифейского Кувашко-Машакского рифта.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант 07-05-96006-р-Урал_а.

Список литературы

Бочарникова Т.Д., Прибавкин С.В., Холоднов В.В. и др. Хёгбомит из ильменит-магнетитовых руд Кусинского массива (Южный Урал) // Записки Российского Минералогического общества. № 2. 2005. С. 84-90.

Бочарникова Т.Д., Холоднов В.В., Воронина Л.К. Закономерное изменение состава ильменита и магнетита из рудных залежей в разрезе Кусинского габбрового массива // Еже-

годник-2004. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2005. С. 313- 317.

Ерохин Ю.В. Хромитовое оруденение Баженовского офиолитового комплекса (Средний Урал) // Литосфера. № 3. 2006. С. 160-165.

Конева А.А., Суворова Л.Ф. Редкие оксиды хрома и ванадия в метаморфических породах Приольхонья // Записки ВМО. 1985. Вып. 4. С. 52-60.

Молошаг В.П., Алимов В.Ю., Аникина Е.В. и др. Акцессорная минерализация хромитов альпинотипных гипебазитов Урала // Записки ВМО. 1999. № 2. С. 71-82.

Резницкий Л.З., Скляр Е.В., Карманов Н.С. Эсколаит в метакarbonатных породах Слюдянской серии (Южное Прибайкалье) // ДАН. 1998. Т. 362. № 5. С. 657-661.

Рябов В.В., Шевко А.Я., Гора М.П. Магматические образования Норильского района Т. 1. Новосибирск, 2001. 406 с.

Соболев В.К. и др. // Минералог. журн. 1993. Т. 15. № 1. С. 83-85.

Ферштатер Г. Б., Холоднов В.В. Прибавкин С.В. и др. Рифтогенный магматизм и железорудное Южного Урала // Геология рудных месторождений. Т. 47. № 5. 2005. С. 421-443.

Kouvo O., Vuorelainen Y. Eskolait – a new chromium mineral // Amer. Miner. 1958. V. 43. № 11-12. P. 1098-1106.

Ramdohr P. // Chem. Erde. 1977. Bd. 36. № 4. P. 263-286.