

МИНЕРАЛОГИЯ ХРОМИТИТОВ БАЖЕНОВСКОГО ОФИОЛИТОВОГО КОМПЛЕКСА

Ю.В. Ерохин, Е.С. Шагалов, Д.А. Клейменов

Баженовский офиолитовый комплекс расположен в окрестностях г. Асбеста (Свердловская область, Средний Урал) и представлен двумя массивами: Асбестовским габбро-норитовым и Баженовским гипербазитовым. Габбро-норитовый массив (S_2-D_1) ограничивает ультрамафиты с запада. Почти все габброиды метаморфизованы в сосюрит-амфиболовые породы [Ерохин, 1998]. Местами встречаются реликты свежих габбро-норитов с лабрадором, авгитом, гиперстеном, паргаситом, эденитом, хлорapatитом и титаномagnetитом [Минералогия..., 1996]. Гипербазитовый массив имеет в длину более 30 км и в ширину не более 3-4 км. Он вытянут в северо-северо-восточном направлении и характеризуется западным падением под углами 50-60°. Гипербазиты в основном представлены однородными гарцбургитами следующего состава: оливин 75-80 %, ортопироксен 15-20 %, хромит 2-3 % и единичные зерна моноклинного пироксена. Они повсеместно серпентинизированы. Дуниты встречаются совместно с пироксенитами и развиты вдоль контакта гарцбургитов с габброидами. Они полностью замещены лизардитом и содержат акцессорный хромшпинелид. Их образование является результатом контактового воздействия габбро-норитового массива на гипербазиты [Баженовское..., 1985]. Пироксениты представлены в

основном оливиновыми вебстеритами, образуя непрерывную полосу шириной до 300 м и длиной до 10 км и на данный момент представляют собой метаморфиты серпентин-амфиболового состава. В ультрамафитах наблюдается большое количество даек габбро, диоритов и плагиогранитов, имеющих видимую мощность от 10 см до 50-70 м. Некоторые дайки интенсивно преобразованы в магнезиальные скарны (родингиты). Баженовский офиолитовый комплекс со всех сторон окружен массивами гранитоидов. С востока комплекс непосредственно граничит с габбро-диорит-плагиогранитным Рефтинским (S_2-D_1) и габбро-диорит-гранитным Некрасовским (D_2) комплексами [Минералогия..., 1996]. С юга и юго-запада массив ограничен Каменским гранодиорит-адамеллитовым комплексом ($C_{1,2}$). С запада на небольшом удалении (около 2-3 км) выходят орогенные гранитоиды Адуйского комплекса ($P-T_1$), в том числе Малышевский лейкогранитный массив (T_2) [Левин и др., 2000].

Первое описание хромита для Баженовского комплекса было сделано В.В. Черных [Черных, 1930], который исследовал его в выработанных хромитовых рудниках Талицкого озера. В дальнейшем рудники были скрыты постоянно расширяющимися действующими карьерами Баженовского месторождения хризотил-асбес-

та. Вследствие этого хромититы не изучались и соответственно не попали в список хромитовых проявлений альпинотипных ультрабазитов Урала [Реестр..., 2000]. Единственные современные исследования по хромитам Баженовского массива приведены учеными МГУ и СПбГУ [Минералогия..., 1996], но, к сожалению, они коснулись только аксессуарных хромшпинелидов из гарцбургитов и родингитов.

О геологическом положении и морфологии хромитовых тел Баженовского массива никаких данных не сохранилось. Работами В.Ф. Дыбова была показана приуроченность хромитового оруденения к зонам прототектоники, выраженными шлировыми телами клинопироксенитов по [Месторождения..., 1967]. Позднее существование прототектонических зон было подвергнуто критике, и шлировидные тела стали выделять как дунит-клинопироксенитовый комплекс на контакте габброидов с гипербазитами [Баженовское..., 1985]. Таким образом, хромититы Баженовского массива располагались в гипербазитах на контакте с Асбестовским габбро-норитовым массивом среди гарцбургитов или вторичных дунитов.

Нами изучались хромититы, отобранные в начале и середине прошлого века из рудопроявлений хромита в Баженовском гипербазитовом массиве. Данные образцы сохранились в экспозиции и в запасниках Уральского геологического музея при УГГА. Хромититы представлены черным хромшпинелидом, имеющим сливную и пятнистую структуру. Отдельные зерна хромшпинелида имеют изометричную форму и размер до 5-6 мм в диаметре. Местами в хромититах наблюдаются зоны дробления,

выраженные более мелким ксеноморфным шпинелидом. В шлифе минерал имеет темно-коричневую окраску, просвечивает и не содержит никаких включений. Видимая зональность в хромшпинелиде также не устанавливается, хотя на контакте с гранатом иногда появляется узкая кайма магнетита (скорей всего, реакционного типа). В тех случаях, где хромитит рассечен открытыми трещинами, хромшпинелид тоже замещается магнетитом. Химический состав хромшпинелида соответствует магнезиохромиту с содержанием Cr_2O_3 от 39 до 46% (табл.1, ан.1-7). Хромшпинелиды из гарцбургитов и родингитов Баженовского массива имеют такое же количество хрома, немного меньше глинозема – 19-23% и магния – 11-13% [табл.1, ан.8-9; Минералогия..., 1996]. При всех этих небольших различиях они также относятся к магнезиохромитам и практически полностью соответствуют составам из хромититов. Таким образом, хромитовые руды Баженовского массива относятся к глиноземистому (среднехромистому) типу. По своему составу они идентичны хромитам глиноземистого типа из Алаповского гипербазитового массива [Чащухин и др., 2002]. Вмещающими породами для хромитового оруденения скорей всего являются гарцбургиты (или апогарцбургитовые метасоматические дуниты), так как на диаграмме Al-Cr-Fe (рис.1), все составы попали в область альпинотипных гарцбургитов [по Плаксенко, 1989].

В состав хромитовых руд помимо самого магнезиохромита входят гранат, хлорит, везувин и хизлевудит. Их описание приводится ниже. Гранат слагает тонкие корочки вокруг агрегатов магнезиохромита, мощностью не более 1 мм. Визуально они имеют салатно-зеленый цвет, но в шлифе четко прослеживаются две разновидности граната по цвету и времени образования. Наиболее ранним является изометричный коричневатый гранат, корродирующий поверхность магнезиохромита. Его химический состав пере-

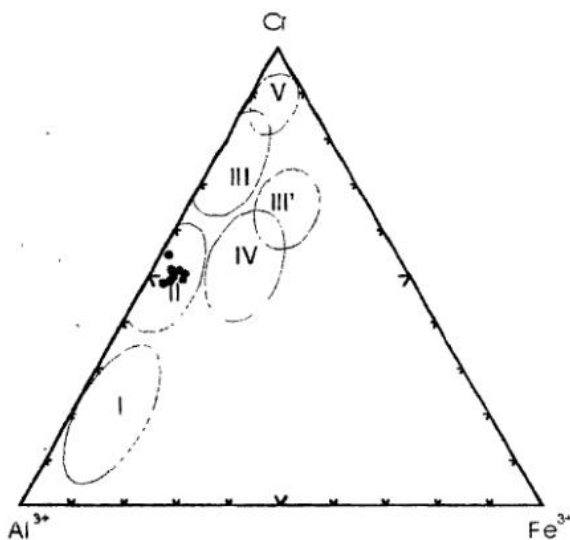


Рис.1. Составы хромшпинелидов из хромитов Баженовского офиолитового комплекса на диаграмме Al-Cr-Fe.

Области хромитов из разных гипербазит-габбровых типов [по Плаксенко, 1989]: I – хондриты, II – альпинотипные гарцбургиты, III – альпинотипные дуниты, III' – платиноносные дуниты, IV – страгиформные комплексы, V – кимберлиты.

Таблица 1

Химический состав хромшпинелидов (в мас. %) из хромититов Баженовского офиолитового комплекса

NN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Al ₂ O ₃	25,37	25,95	25,84	25,83	26,33	27,04	25,64	25,34	25,86	26,29	26,04	22,30	22,86
Cr ₂ O ₃	42,55	42,49	41,23	41,49	41,01	39,52	45,85	40,51	40,28	40,07	40,57	40,51	43,97
Fe ₂ O ₃	4,52	3,81	6,13	4,84	4,76	5,49	0,62	6,61	6,79	6,16	5,50	7,30	4,96
FeO	12,38	11,82	11,28	12,55	12,40	12,21	12,24	11,45	11,24	11,40	11,97	17,53	14,67
MnO	0,30	0,34	0,27	0,34	0,27	0,37	0,38	0,33	0,30	0,36	0,30	0,14	0,19
MgO	15,16	15,44	16,01	15,04	15,15	15,31	15,17	15,56	15,83	15,67	15,33	11,29	13,48
ZnO	0,19	0,24	0,22	0,23	0,24	0,20	0,21	0,27	0,33	0,32	0,24	0,29	0,19
Сумма	100,47	100,09	100,98	100,32	100,16	100,14	100,11	100,07	100,63	100,27	99,95	99,36	100,36
Формульные единицы в пересчете на 3 катнона													
Al	0,89	0,91	0,90	0,91	0,93	0,95	0,90	0,89	0,91	0,92	0,92	0,83	0,84
Cr	1,01	1,00	0,96	0,98	0,97	0,93	1,08	0,96	0,95	0,94	0,96	1,01	1,09
Fe ³⁺	0,10	0,09	0,14	0,11	0,11	0,12	0,01	0,15	0,15	0,14	0,12	0,17	0,06
Fe ²⁺	0,31	0,30	0,28	0,31	0,31	0,30	0,31	0,29	0,28	0,28	0,30	0,46	0,38
Mn	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	-	0,01
Mg	0,68	0,69	0,71	0,67	0,67	0,68	0,68	0,69	0,70	0,70	0,68	0,53	0,63
Zn	-	0,01	-	0,01	0,01	-	-	-	0,01	0,01	0,01	0,01	-
Миллы													
FeFe ₂ O ₄	5	5	7	6	6	6	1	8	8	7	6	8	5
FeAl ₂ O ₄	26	25	21	25	25	24	30	21	20	21	24	38	32
MgAl ₂ O ₄	19	19	24	20	21	24	15	24	26	25	22	3	8
ZnAl ₂ O ₄	-	1	-	1	1	-	-	-	1	1	1	1	-
MnCr ₂ O ₄	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1
MgCr ₂ O ₄	49	49	47	47	46	45	53	46	44	45	46	50	53

Примечание. 1-7, 10-11 – из хромититов, микроанализатор ЛХ-А-5, ИГТ Уро РАН, анализик Е. С. Шагалов; 8-9 приведены по [Минералогия... 1996]; 12 – из гарцбургитов, 13 – из родингитов.

считывается на следующие минералы: уваровит – 70%, гроссуляр – 18%, андрадит – 9%, альмандин – 2%, пироп – 1%. Коричневый цвет граната обусловлен высоким содержанием трехвалентного железа – до 1,65 мас.% (табл.2, ан.5). Разделение на двух- и трехвалентное железо проводилось на основании стехиометрии минерала. Второй гранат имеет зеленоватую окраску и покрывает крустификационными корочками как коричневую разновидность, так и магнетиохромит. Химический состав минерала соответствует 54% – уваровита, 38% – гроссуляра, 4% – шорломита, 3% – андрадита и 1% – пироба (табл.2, ан.4). Таким образом, две разновидности граната являются уваровитами. Ранее в пределах Баженовского гипербазитового массива описывался только хромистый гроссуляр (содержание уваровитовой молекулы до 23%) из родингитов [Минералогия..., 1996].

Хлорит цементирует интерстиции в хромитите тонкочешуйчатым агрегатом, а в открытых полостях слагает кристаллические щетки из пластинчатых индивидов. Минерал имеет синевато-зеленый цвет, в массе – серый с синеватым оттенком.

Размер кристаллов не превышает 0,5 см по поперечнику пинакоида. Хлорит нарастает на корочки уваровита и на агрегаты магнетиохромита. По химическому составу минерал относится к клинохлору (количество минерала шамозита не превышает 3-4%). На контакте с магнетиохромитом хлорит – высокохромистый (содержит до 3 мас.% оксида хрома; табл.2, ан.2). По мере удаления от контакта с хромшпинелидом количество хрома резко падает и не превышает 1 мас.%, соответственно незначительно возрастает железистость хлорита (табл.2, ан.3).

Везувиан образует короткопризматические кристаллы изумрудно-зеленого цвета длиной до 1-1,5 см. Морфология индивидов полностью соответствует кристаллам хромового везувиана, описанного С.М. Курбатовым на Баженовском месторождении [Курбатов, 1946]. Химический состав минерала немного варьирует, так как в индивидах отмечается зональность (табл.2, ан.1). К краю кристаллов нарастает содержание хрома (от 0,8 до 1,7 мас.%), железа (от 2,08 до 2,4 мас.%) и падает алюми-

Таблица 2

Химический состав минералов из хромититов Баженовского комплекса

NN	ц	лпр	лкр	2	3	4	5
SiO ₂	37,61	37,31	37,86	30,76	30,22	35,93	34,35
TiO ₂	0,02	н.о.	0,04	н.о.	н.о.	1,44	н.о.
Al ₂ O ₃	17,50	16,55	16,24	15,73	19,13	8,48	6,87
Cr ₂ O ₃	0,82	1,03	1,76	2,84	0,90	17,06	22,84
Fe ₂ O ₃	н.о.	н.о.	н.о.	1,39	н.о.	0,87	1,65
FeO	2,08	2,36	2,40	0,93	1,84	н.о.	1,32
MnO	0,02	0,02	0,02	н.о.	н.о.	0,13	0,11
MgO	3,11	3,19	2,97	34,75	33,94	0,33	0,35
CaO	37,61	38,26	37,38	0,04	0,07	35,25	33,20
Na ₂ O	н.о.	н.о.	0,02	0,04	0,03	н.о.	н.о.
K ₂ O	0,01	0,01	0,01	н.о.	0,01	н.о.	н.о.
Сумма	98,78	98,72	98,69	86,48	86,15	99,68	100,90
Формульные единицы							
Si	8,90	8,87	9,00	2,93	2,84	2,89	2,78
Ti	-	-	-	-	-	0,09	-
Al ^{IV}	-	-	-	1,07	1,14	0,02	0,22
Al ^{VI}	4,88	4,64	4,56	0,70	0,99	0,78	0,44
Cr	0,16	0,20	0,33	0,21	0,07	1,08	1,46
Fe ³⁺	-	-	-	0,10	-	0,05	0,10
Fe ²⁺	0,41	0,47	0,47	0,07	0,15	-	0,09
Mg	1,10	1,13	1,06	4,93	4,78	0,04	0,04
Ca	9,54	9,74	9,53	-	0,01	3,04	2,87

Примечание. 1 – везувиан, 2-3 – клинохлор, 4-5 – уваровит; ц – центр зерна, пр – промежуточная зона, кр – край зерна; анализы даны в мас.%, н.о. – не обнаружено, пересчет проводился катионным методом, микроанализатор JXA-5, ИГГ УрО РАН, аналитик Е.С. Шагалов.

Химический состав хизлевудита из хромититов Баженовского комплекса

NN	1	2	3	4	5	6	7
Ni	71,48	69,30	72,79	73,45	72,22	72,90	72,79
Co	0,21	0,19	0,16	0,03	0,03	0,09	0,07
Fe	н.о.	н.о.	н.о.	0,42	0,33	0,04	0,09
Cu	н.о.	н.о.	н.о.	0,04	0,07	н.о.	н.о.
Pt	н.о.	н.о.	п.о.	0,07	0,13	следы	0,04
Cr	0,65	1,01	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
S	27,02	28,85	27,97	26,47	27,06	26,53	26,34
As	н.о.	н.о.	н.о.	0,05	н.о.	0,02	0,16
Сумма	99,36	99,35	100,92	100,53	99,85	99,59	99,49
Формульные единицы в расчете на 5 атомов							
Ni	2,94	2,82	2,93	2,998	2,954	3,00	3,00
Co	0,01	0,01	0,01	-	-	-	-
Fe	-	-	-	0,02	0,01	-	-
Cr	0,01	0,02	-	-	-	-	-
S	2,04	2,15	2,06	1,98	2,03	2,00	1,99

Примечание. Анализы в мас.%, н.о. – не обнаружено, 1-3 – хизлевудит из хромититов, микроанализатор JXA-5, аналитик Е.С.Шагалов, 4 – хизлевудит из серпентинитов, 5-7 – хизлевудит из родингитов (анализы 4-7 приведены по [Минералогия..., 1996]).

ний (от 17,5 до 16,2 мас.%). В настоящей работе был принят вариант пересчета кристаллохимической формулы минерала на 25 катионов, как это рекомендовано КНМ ММА [Флейшер, 1990]. При пересчете предполагалось, что все железо находится в виде FeO. Везувиан встречается только в открытых полостях или центральных частях хлоритовых агрегатов, являясь при этом самым поздним минералом в хромититах.

Хизлевудит наиболее распространенный сульфид в пределах Баженовского гипербазитового массива. Он является главным халькогенидом серпентинитов и «поздних» родингитов, где ассоциирует с многочисленными арсенидами никеля и кобальта [Минералогия..., 1996]. В хромититах хизлевудит образует короткопризматические индивиды длиной до 0,2-0,3 мм, обычно в зальбандах везувиан-гранат-хлоритовых прожилков или просто в открытых трещинах магнезиохромита. Оптические свойства стандартные: высокое отражение, цвет светлый желто-кремовый, напоминает пирит, отчетливо анизотропен. Состав халькогенида отличается от хизлевудита описанного в серпентинитах и родингитах (табл.3) повышенными содержаниями кобальта (до 0,21 мас.%) и хрома (до 1,01 мас.%). Стехиометричность минерала немного нарушена в сторону завышения серы.

В хромититах выделяется четко скарно-вый (родингитовый) парагенезис минералов – хлорит+везувиан+гранат, по крайней мере, для заключительной стадии развития рудообразующей системы. Подобная родингитовая ассоциация (с некоторыми отличиями) описана для хромититов дунит-клинопироксенит-габбровых комплексов [Аникина и др., 2002]. Формирование родингитов по экспериментальным данным происходит в достаточно узком интервале температур от 300 до 500°C [Плюснина и др., 1993]. Для Баженовских родингитов эти температуры еще более уточнены, 350-390°C [Минералогия..., 1996]. Как нам кажется, образование родингитовой ассоциации в хромититах Баженовского комплекса происходил именно при температурах ниже 500°C.

Работа выполнена при финансовой поддержке INTAS (грант 01-0314) и РФФИ (грант 02-05-96432)

Список литературы

Аникина Е.В., Пушкарёв Е.В., Поленов Ю.А. и др. Хромсодержащие гранаты из хромитов дунит-клинопироксенит-габбровых комплексов Урала – состав и парагенезисы // Ежегодник-2001. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2002. С.161-169.

Баженовское месторождение хризотил-асбеста / К.К. Золотов, Б.А. Попов. М.: Недра, 1985. 271 с.

Ерохин Ю.В. Апогитовые клиноцоизит-тремолитовые породы Баженовского месторождения хризотил-асбеста // Ежегодник-1997 ИГГ Екатеринбург: УрО РАН, 1998. С.76-78

Курбатов С.М. Везувианы из месторождений СССР. Л.: Изд-во ЛГУ, 1946. 64 с.

Левин В.Я., Ласковенков А.Ф., Мормиль С.И. и др. Геология и минералогия редкометальных гранитных пегматитов Адуйского рудного поля // Геология и металлогения Урала / Ежегодник - 1999. Екатеринбург: Департамент природных ресурсов уральского региона, ОАО УГСЭ, 2000. С.108-151.

Минералогия родингитов Баженовского месторождения хризотил-асбеста. Екатеринбург: УГГГА, 1996. 96 с.

Плаксенко А.Н. Типоморфизм акцессорных хромшпинелидов ультрамафит-мафитовых магматических формаций. Воронеж: Изд-во ВГУ, 1989. 224 с.

Плюснина Л.П., Лихойдов Г.Г., Зарайский Г.П. Физико-химические условия формирования родингитов по экспериментальным данным // Петрология. 1993. Т.1. N5. С.557-568

Реестр хромитопоявлений в альвинотипных ультрабазитах Урала. Пермь: КамНИИКИГС, 2000. 474 с.

Месторождения хризотил-асбеста СССР / П.М. Татаринев. М.: Недра, 1967. 512 с.

Флейшер М. Словарь минеральных видов. М.: Мир, 1990. 204 с.

Чащухин И.С., Сурганов А.В., Булыкин Л.Д. и др. Закономерности состава акцессорного и рудообразующего хромшпинелида в ультрамафитах Алапаевского массива // Ежегодник-2001 ИГГ. Екатеринбург: УрО РАН, 2002. С.281-289.

Черных В.В. К минералогии Баженовского асбестовского месторождения // Материалы по общей и прикладной геологии. Вып.151. Изд. Геолкома, 1930. 73 с.