

МИНЕРАЛОГИЯ

Е.В. Аникина, Е.В. Пушкарев, Ю.А. Поленов, В.В. Григорьев, В.Н. Филиппов

**ХРОМСОДЕРЖАЩИЕ ГРАНАТЫ ИЗ ХРОМИТОВ
ДУНИТ-КЛИНОПИРОКСЕНИТ-ГАББРОВЫХ КОМПЛЕКСОВ УРАЛА –
СОСТАВ И ПАРАГЕНЕЗИСЫ**

Обогащенные уваровитовым компонентом гранаты не пользуются широким распространением в природе, тем не менее, известны случаи, когда эти минералы выступают в качестве породообразующих в некоторых метаморфических породах, известково-силикатных скарнах, а также в родингитах, связанных с офиолитовыми комплексами [Осипенко и др., 2001; Рябов и др., 1996; Mogessie et al, 1988].

Кроме этого, хромсодержащие гранаты довольно часто выполняют трещины, либо встречаются в виде единичных зерен в цементе хромититов различных формационных типов гипербазитов [Макеев, 1992; Duke et al, 1982; Qasim et al, 1984 и др.].

Хромистый андрадит в составе минеральной ассоциации, выполняющей миароловые пустоты в дунитах и платиносодержащих хромититах, был описан А.Г. Бетехтиным [1935, 1946], а в последующем, более подробно в работах О.К. Иванова [1986, 1997].

Нами было установлено, что хромсодержащие гранаты уграндитового ряда входят также в состав минеральной ассоциации сингенетических микровключений в рудных хромшпинелидах в дунитах Нижнетагильского (г. Соловьева) и Кытлымского (г. Косьюинский Камень) массивов Платиноносного пояса Урала [Аникина, Пушкарев, Вилисов, 1999], а также в состав поздних хлорит-гранатовых прожилков, секущих хромититы. Разнообразие геологических ситуаций, в которых встречаются хромистые гранаты, послужило поводом для их более детального изучения с целью хотя бы приближенной оценки взаимосвязи их состава с генезисом.

Помимо собственной коллекции образцов из Нижнетагильского, Кытлымского и Хабаровинского массивов, нами были изучены образцы из фондов Уральского геологического музея. По положению относительно «рудного» хромшпинелида, все изученные нами гранаты были условно разбиты на четыре группы: 1) гранаты сингенетических силикатных включений; 2) гранаты интерстициальной минеральной ассоциации хромититов; 3) гранаты поздних хлорит-гранатовых прожилков, секущих хромититы; 4) гранаты миароловых пустот в дунитах.

Гранат в составе силикатных микровключений образует, как правило, мелкие (первые микроны) ксеноморфные выделения, приуроченные к границам микровключений и вмещающего хромшпинелида. Состав граната варьирует в широких пределах $Uv_{46-7}Gr_{63-39}And_{23-16}$ и по соотношению ионов в октаэдрической позиции может быть разделен на существенно гроссуляровый (Нижнетагильский и Кытлымский массивы) и существенно уваровитовый (Хабарнинский массив) гранат (табл. 1). Содержание TiO_2 в них колеблется от 0,40 до 1,64 мас.%, отражая присутствие шорломитового компонента. Высокие концентрации магния (до 4,3 мас.%) являются, по видимому, результатом захвата магнизиальной матрицы при микронзондовом анализе мелких фаз.

Минеральная ассоциация силикатных микровключений, помимо граната, включает диопсид, амфибол, флогопит, натровый хлорит, алюминийсодержащий серпентин, апатит и пектолит. Анализы минералов приведены в таблице 2. Набор минералов, как в разных образцах, так и в разных включениях в одном образце,

Таблица 1

Химический состав кальцевых гранатов (мас. %) из хромититов и дунитов дунит-верлит-клинопироксенитовых комплексов

Компо- нент	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Нт-127	Кт-349-1	Кт-349-2	Х6-1583-1	Нт-31/2	Нт-119	Нт-1-5	Х6-1583-2	53/34564	23/383	23/383-1	66/34548
SiO ₂	36,37	37,77	36,02	32,40	36,54	35,31	35,44	34,98	36,73	36,69	36,20	37,15
TiO ₂	0,00	1,28	1,70	0,24	1,64	0,40	1,38	0,94	0,45	0,51	0,64	1,59
Al ₂ O ₃	1,24	2,41	3,51	0,44	12,44	7,28	6,73	5,20	1,63	2,24	2,51	5,54
Cr ₂ O ₃	0,06	12,44	8,97	5,50	2,27	8,48	9,42	15,64	9,47	20,02	20,24	11,05
MgO	0,10	0,53	0,53	0,00	3,47	3,75	4,30	0,76	0,33	0,13	0,22	0,49
FeO*	27,26	13,77	15,26	21,55	5,84	8,10	7,45	5,77	18,61	6,91	6,80	9,96
CaO	33,10	32,54	31,62	34,74	34,63	33,12	34,67	36,65	32,25	33,11	32,71	34,26
Сумма	98,20	100,80	97,66	97,26	96,94	96,49	99,66	100,68	99,48	99,69	99,40	100,07
Катионный состав граната в пересчете на 12 атомов кислорода												
Si	3,090	3,070	3,020	2,844	2,940	2,935	2,874	2,86	3,060	3,030	2,999	3,006
Ti	-	0,080	0,110	0,016	0,100	0,025	0,084	0,06	0,030	0,032	0,040	0,097
Al(IV)	-	-	-	0,045	-	-	-	-	-	-	-	-
Al(VI)	0,120	0,210	0,350	-	1,180	0,713	0,643	0,501	0,160	0,218	0,245	0,528
Cr	1,740	0,800	0,590	0,382	0,150	0,557	0,604	1,011	0,620	1,307	1,326	0,707
Fe ³⁺	1,740	0,840	0,960	1,581	0,350	0,507	0,455	0,395	1,170	0,429	0,424	0,607
Mg	0,010	0,060	0,070	-	0,420	0,465	0,520	0,093	0,040	0,016	0,027	0,059
Ca	3,010	2,830	2,840	3,267	2,990	2,949	3,012	3,21	2,870	2,929	2,903	2,970
Минералы (мол.%)												
And	100	47	55	73	20	23	23	21	62	24	24	35
Gr		9	14	0	61	38	36	30	5	9	6	28
Uv		42	29	27	7	25	26	46	32	67	69	35
Pyr*		2	2		12	14	15	3	1		1	2

Примечание. 1, 5-7, 9-12 – Нижнетагильский массив. 2, 3 – Кытлымский массив, г. Косвинский Камень. 4, 8 – Хабарнинский массив. 1 – андрадит из крупной миаролы в дунитах; 2-4 – гранаты из интерстициальной минеральной ассоциации хромититов; 5-8 – гранаты из силикатных микровключений в хромшпиннеле; 9 – гранат из мелких миарол в дуните в ассоциации с магнетитом и самородной медью; 10-12 – гранат из поздних гранат-хлоритовых жил в хромититах. Анализы 2-4 выполнены на рентгеновском микроанализаторе JSM-6400 Jeol, ИГ Коми НЦ УрО РАН (г. Сыктывкар), аналитик В.Н. Филиппов, остальные выполнены на рентгеновском микроанализаторе Camebax в ГЕОХИ РАН (г. Москва), аналитик Н.Н. Колонкова. FeO* – все железо в виде FeO. Образцы: 53/34564, 23/383 и 66/34548 представлены из фондов Уральского геологического музея (Екатеринбург).

Таблица 2

Химический состав сосуществующих с гранатом минералов из силикатных микровключений в рудном хромшпинелиде (мас.%)

№ обр.	Х6-1583-2					Кт-349					Нт-119		
	Ди	Хл	Сп	Амф	Ап	Амф	Фл	Пек	Хл	Ди	Фл	Ди	Хл
Компонент	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
SiO ₂	52,54	28,73	37,85	45,90	0,43	42,24	39,98	52,85	32,19	52,98	40,73	52,03	27,58
TiO ₂	0,00	0,00	0,00	0,32	0,00	0,53	0,23	0,04	0,00	0,15	0,04	0,09	0,12
Al ₂ O ₃	0,70	12,58	1,42	4,16	0,15	12,80	17,34	0,51	13,33	1,40	15,70	1,03	16,83
Cr ₂ O ₃	1,01	4,57	0,92	2,28	0,54	2,73	1,89	1,21	1,97	1,35	2,46	2,25	2,79
MgO	18,25	32,62	38,90	20,66	0,23	18,97	26,52	0,05	37,00	16,67	26,39	16,75	34,80
FeO*	1,04	0,75	2,58	0,63	0,29	3,45	1,94	0,66	1,59	2,43	2,36	2,38	2,43
CaO	25,79	0,53	0,00	16,15	60,24	11,80	0,01	32,12	0,00	23,49	0,01	24,58	0,08
K ₂ O	0,00	0,45	0,00	2,28	0,00	0,78	9,97	0,00	0,00	0,02	10,54	0,02	0,06
Na ₂ O	0,00	0,93	0,00	1,23	0,00	3,68	0,50	10,75	0,87	0,51	0,17	0,27	3,15
P ₂ O ₅	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	37,61	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
Сумма	99,32	81,11	81,59	93,61	99,58	97,05	98,40	98,28	86,95	99,04	98,47	99,48	87,83
Формульные коэффициенты													
Si	1,931	2,974	2,442	7,170	0,035	6,377	2,983	2,877	3,040	1,955	3,051	1,932	2,660
Ti	0,000	0,000	0,000	0,038	0,000	0,060	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Al(IV)	0,030	1,026	0,000	0,765	0,000	1,623	1,011	0,033	0,960	0,061	0,949	0,045	1,340
Al(VI)	0,000	0,509	0,108	0,000	0,000	0,655	0,513	0,000	0,530	0,000	0,411	0,000	0,573
Cr	0,029	0,374	0,047	0,282	0,035	0,326	0,112	0,052	0,150	0,040	0,146	0,066	0,213
Fe ²⁺	0,032	0,065	0,139	0,083	0,020	0,432	0,121	0,030	0,130	0,075	0,148	0,074	0,196
Mg	1,000	5,033	3,740	4,812	0,028	4,269	2,950	0,000	5,220	0,917	2,947	0,927	5,003
Ca	1,016	0,000	0,000	2,703	5,279	1,908	0,000	1,874	0,000	0,929	0,000	0,978	0,000
K	0,000	0,000	0,000	0,454	0,000	0,151	0,949	0,000	0,000	0,000	1,007	0,000	0,000
Na	0,000	0,187	0,000	0,373	0,000	1,078	0,072	1,134	0,160	0,036	0,000	0,000	0,589
Mg/(Mg+Fe ²⁺)	0,970	0,987	0,964	0,983	-	0,908	0,961	-	-	0,926	0,952	0,930	0,962

Примечание. Количество катионов приведено в пересчете на: 24 атома кислорода для амфибола; 12 – для флогопита; 14 – для хлорита; 6 – для диопсида; 9 – для серпентина; 6 – для апатита; 6 – для пектолита. Обр. Х6-1583-2 – Хабаринский массив; обр. Кт-349 – Кытлымский массив, г. Косвинский Камень; обр. Нт-119 – Нижнетагильский массив. Минералы: Ди – диопсид; Хл – хлорит; Сп – серпентин; Амф – амфибол; Ап – апатит; Фл – флогопит; Пек – пектолит. Анализы 1–5 выполнены на рентгеновском микроанализаторе JSM-6400 Jeol, ИГ Коми НЦ УрО РАН (г. Сыктывкар), аналитик В.Н. Филиппов; анализы 6 – 13 выполнены на рентгеновском микроанализаторе Camebax, ГЕОХИ РАН (г. Москва), аналитик Н.Н. Кононова. FeO* – все железо в виде FeO.

может варьировать, как это видно, например, на рис. 1, но эти вариации не сказываются на составе граната.

Гранаты из интерстициальной минеральной ассоциации хромититов во всех наблюдаемых нами случаях не образуют четких кристаллографических форм. Большею частью, это скопления ксеноморфных зерен в серпентиновой или серпентин-хлоритовой массе. Ча-

сто выделения граната приурочены к границам зерен хромшпинелида, обрастая, и в некоторых случаях, даже разъедавая их. В интерстициальной минеральной ассоциации высокохромистых руд Хабаровинского массива для граната характерны скелетные кристаллы – неправильной формы или округлые обособления с характерными неровными, изрезанными краями (рис. 2-б). По составу гранат отвечает хромсодержаще-

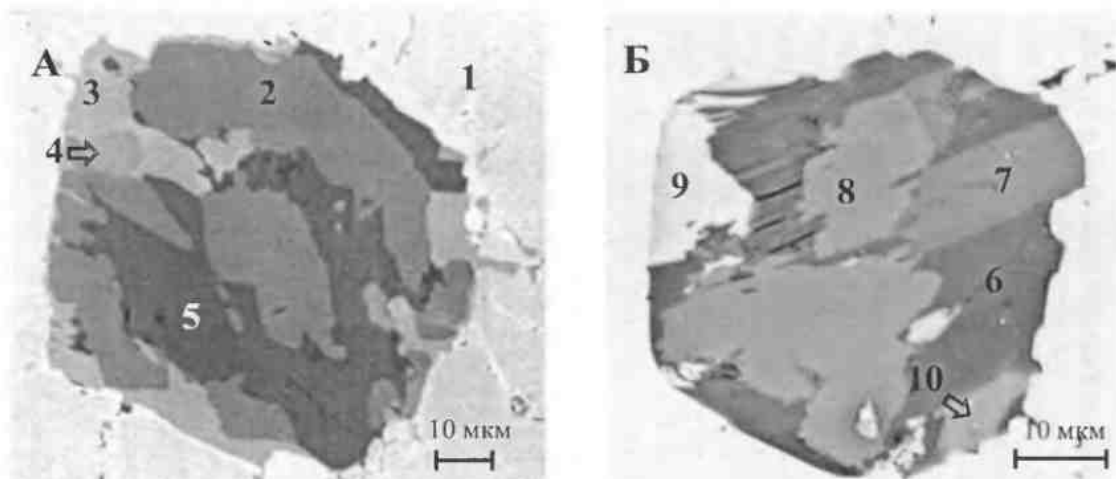


Рис. 1. Силикатные полиминеральные микровключения в рудном хромшпинелиде: а – высокохромистые руды Хабаровинского массива (обр. Хб-1583-2); б – высокохромистые руды Кытлымского массива (обр. Кт-349).

1 – хромит, 2 – диопсид, 3 – гранат, 4 – апатит, 5 – хлорит, 6 – хлорит, 7 – флогопит, 8 – амфибол, 9 – гранат, 10 – пектолит. Анализы минералов приведены в таблице 1 и 2. Изображения в обратнорассеянных электронах.

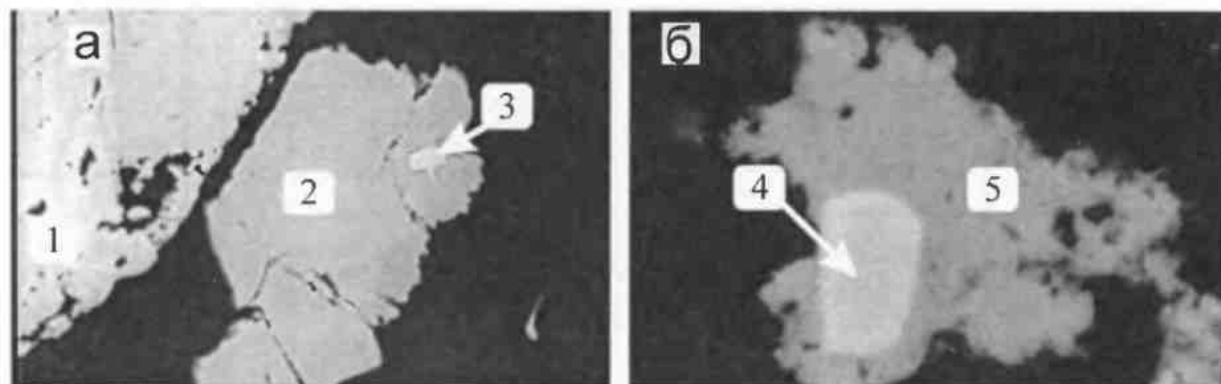


Рис. 2. Особенности строения минеральных агрегатов из интерстиций рудных хромититов Кытлымского (а) и Хабаровинского (б) массивов.

Образцы Хб-1583-1 и Кт-349 соответственно. 1 – рудный хромшпинелид, 2 – перовскит, 3 – микровключение хромшпинелида в перовските, темное поле – хлорит; 4 – микровключение хромшпинелида в гранате, 5 – гранат, темное поле – серпентин. Анализы минералов приведены в таблице 3. Изображения в обратнорассеянных электронах.

му андрадиту с высокой долей уваровитового компонента. Изученные нами составы соответствуют следующей минеральной группировке: $Uv_{42-19}Gr_{14-0}And_{79-47}$. Содержание TiO_2 в гранате из Кытлымского массива (обр. Кт-349) составляет 1, 28–1, 70 мас.%, тогда как в гранате Хабаровинского массива (обр. Хб-1583) оно колеблется в пределах 1,27–0, 24 мас.% (табл. 1).

Интерстициальные минеральные ассоциации в двух изученных случаях несколько отличаются друг от друга. В хромитите из Косвинского дунитового тела в составе рудного цемента кроме серпентина и хлорита в значительных количествах присутствует диопсид. В хлоритовой массе, наряду с ксеноморфными обособлениями граната, установлен хромсодержащий перовскит (табл. 3) с мелким включением хромшпинелида (рис. 2-а). Цемент хромитита Хабаровинского массива сложен серпентином и хлоритом со «скелетными» кристаллами граната. В одном таком обособлении наблюдается идиоморфное микровключение хромшпинелида (рис. 2-б), сходное по составу с «рудным» хромшпинелидом (табл. 3). Общим для обеих ассоциаций является присутствие магнетита, как развивающегося по хромшпинелиду,

так и рассеянного в силикатной матрице.

Гранат в составе хлорит-гранатовых прожилков в хромитите представлен довольно крупными (до первых миллиметров) идиоморфными зернами насыщенного изумрудно-зеленого цвета. По составу гранат из двух разных образцов (табл. 1) существенно отличается. Так, в образце 23/383 он представлен андрадит-уваровитом с выдержанным составом $Uv_{79-67}Gr_{9-3}And_{24-16}$, а в образце 66/34548 гранат характеризуется примерно равным содержанием минералов $Uv_{35}Gr_{28}And_{35}$. Концентрации TiO_2 так же различаются, составляя, соответственно, 0,27–0,64 и 1, 59 мас. % (рис. 3).

Различается и состав сосуществующего хлорита. В ассоциации с уваровитом присутствует низкохромистый и низкожелезистый клинохлор (табл. 3). Во втором типе жильной ассоциации хлорит отвечает хромистому натрийсодержащему клинохлору, сходному по составу с хлоритом из микровключений. Отметим также сходство составов гранатов в указанных ассоциациях (рис. 4).

Гранат мариоловых пустот в дунитах, ассоциирующий с медно-магнетитовой минерализацией, детально описанной ранее [Ани-

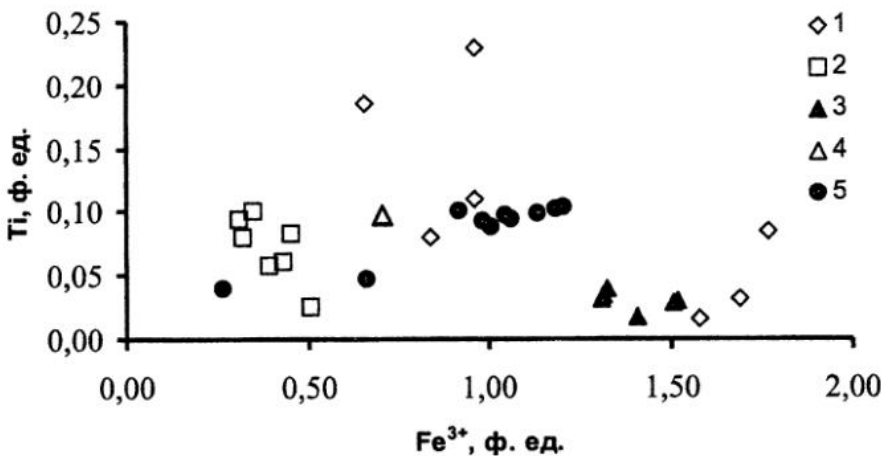


Рис. 3. Соотношение титана и железа в гранатах.

1 – интерстициальная минеральная ассоциация хромититов; 2 – силикатные микровключения в хромшпинелидах; 3 – поздние гранат-хлоритовые жилы в хромититах; 4 – жилы с натровым хлоритом; 5 – родиниты Длинногорского массива [Осипенко и др., 2001].

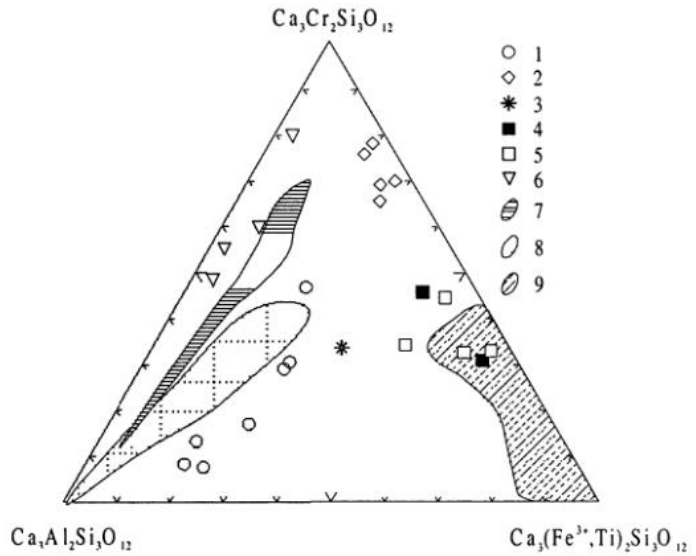
Химический состав минералов, сосуществующих с гранатом из миарол, интерстициальных парагенезисов и поздних прожилков в хромититах (мас.%)

№ обр.	23/383		66/34548		Х6-1583-1		Кт-349			127			
	Хл	Хл	Хл	Хл	Хш	Сп	Хл	Пер	Хш	Ди	Амф	Фл	Хл
Минерал	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	11	11
Компонент													
SiO ₂	34,70	32,00	1,10	36,88	27,15	0,00	0,68	49,82	43,26	38,68	30,34		
TiO ₂	0,00	0,05	0,35	0,00	0,22	55,40	6,27	0,00	0,46	0,11	0,00		
Al ₂ O ₃	19,83	17,40	7,98	1,07	13,47	0,00	5,20	1,55	9,09	12,76	13,71		
Cr ₂ O ₃	0,84	2,04	53,32	0,34	2,44	0,69	45,06	1,42	2,36	1,48	1,59		
MgO	34,68	36,94	11,33	37,15	32,38	0,00	5,63	15,92	20,37	26,76	36,42		
FeO*	0,96	2,04	18,13	1,90	1,47	0,64	30,17	2,40	3,96	3,21	3,06		
CaO	0,00	0,00	1,08	0,21	0,00	43,43	3,22	27,66	12,57	0,03	0,00		
K ₂ O	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,77	7,84	0,00		
Na ₂ O	0,00	1,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,90	1,60	1,35		
сумма	91,03	92,37	93,34	77,34	77,66	100,81	96,22	98,77	95,74	92,46	86,49		
Формульные коэффициенты													
Si	3,076	2,877	0,040	2,495	2,905	0,000	0,027	1,870	0,630	3,078	2,940		
Ti	0,000	0,000	0,010	0,000	0,018	0,953	0,000	0,000	0,053	0,000	0,000		
Al(IV)	0,924	1,123	-	0,085	1,095	0,000	-	0,069	1,370	0,922	1,060		
Al(VI)	-	-	0,340	-	-	-	0,242	-	-	-	-		
Cr	1,147	0,720	-	0,000	0,623	0,000	1,406	0,000	0,273	0,275	0,500		
Fe ³⁺	0,059	0,145	1,526	0,018	0,206	0,013	0,299	0,042	0,287	0,093	0,120		
Fe ²⁺	0,000	0,000	0,035	0,000	0,000	0,000	0,696	0,000	0,000	0,000	0,000		
Fe ²⁺	0,071	0,153	0,438	0,108	0,132	0,012	0,331	0,076	0,508	0,214	0,250		
Mg	4,740	4,951	0,611	3,747	5,165	0,000	0,000	0,893	4,657	3,175	5,260		
Ca	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,064	0,000	1,115	2,064	0,000	0,000		
K	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,151	0,796	0,000		
Na	0,000	0,322	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,862	0,247	0,250		
Mg/(Mg+Fe ²⁺)	0,985	0,970	0,582	0,972	0,975	-	0,322	0,936	0,902	0,937	0,955		
Cr/(Cr+Al)	-	-	0,818	-	-	-	0,853	-	-	-	-		

Примечание. 1, 2, 9-11 – Нижнетагильский массив; 3, 4 – Хабаринский массив; 5-8 – Кытлымский массив, г. Косьянский Камень. 1, 2 – поздние хлорит-гранатовые прожилки в хромитите; 3-8 – интерстициальная минеральная ассоциация хромититов; 9-11 – миаролы в дунитах. Анализы 1, 2 выполнены на рентгеновском микроанализаторе «Самбах», ГЕОХИ РАН (г. Москва), аналитик – Н.Н. Кононова; анализы 3-8 выполнены на рентгеновском микроанализаторе JSM-6400 Jco1, ИГ Коми НЦ УрО РАН (г. Сыктывкар), аналитик В.Н. Филипов; анализы 9-11 выполнены на рентгеновском микроанализаторе JXA-5, ИГГ УрО РАН (г. Екатеринбург), аналитик – В.Г. Гмыря. FeO* – все железо в виде FeO. Образцы: 23/383 и 66/34548 представлены из фондов Уральского геологического музея (Екатеринбург). Обозначения минералов как в табл. 2.

Рис. 4. Диаграмма гроссуляр-уваровит-андрадит (мол. %).

1 – хромистый гроссуляр из силикатных микровключений в хромшпинелиде (Нижнетагильский, Хабарнинский и Кытлымский массивы); 2 – уваровит из гранат-хлоритовых прожилков в хромитите (Нижнетагильский массив); 3 – хромовый гроссуляр в ассоциации с натровым хлоритом из прожилка в хромитите (Нижнетагильский массив); 4 – хромистый андрадит из интерстициальной минеральной ассоциации хромититов (Кытлымский массив); 5 – хромовый андрадит (Нижнетагильский массив [Бетехтин, 1946]); 6 – уваровит из хромититов Сарановского массива [Барсукова, Гекимянц, Спиридонов, 1997]. Поля составов граната: 7 – из родингитов Длинногорского габбро-гипербазитового массива [Осипенко и др., 2001]; 8 – из платиноносных аподолеритовых скарнов Талнахской интрузии [Рябов и др., 1995]; 9 – гранат в ассоциации с магнетитом из хромититов, дунитов и верлитов прочих ультраосновных комплексов [Duke, Bonardi, 1982; Qasim Jan et al, 1984; Макеев, 1992; наши данные].



кина, Пушкарев, Вилисов, 2001], представлен практически чистым андрадитом с содержанием Al_2O_3 до 1,24 мас.% (табл. 1, анализ 1). Несколько отличается состав граната, также ассоциирующего с медно-магнетитовой минерализацией, но из мелких миарол в дуните (табл. 1, анализ 9). Он отвечает хромовому андрадиту с соотношением миналов $Uv_{32}Gr_5And_{62}$ при содержании TiO_2 0,45 мас.% и очень близок по составу гранатам, описанным ранее А.Г. Бетехтиным [1946] (рис. 4).

Обсуждение результатов. Как следует из приведенных выше данных, хромсодержащие гранаты в дунитах и хромититах дунит-клинопироксенит-габбровых комплексов относятся к уграндитовому ряду с широкими вариациями в их составе соотношений трех конечных членов группы: уваровита, гроссуляра и андрадита.

Анализ тройной диаграммы (рис. 4) показывает, что составы гранатов из силикатных микровключений в хромшпинелиде наиболее близки гранатам из аподолеритовых платиноносных скарнов Талнахской интрузии [Рябов и др., 1996], с той лишь разницей, что последние

характеризуются значительно более высокими концентрациями TiO_2 (до 8,9 мас.%) при низком содержании $FeO_{общ}$ 0,19–1,01 мас.%. Для хромсодержащих гроссуляров из родингитов Длинногорского массива [Осипенко и др., 2001] при сопоставимых концентрациях TiO_2 (1,3–1,69 мас.%), также характерно более низкое содержание железа (рис. 3).

В целом, минеральные ассоциации как известково-магнезиальных скарнов, так и родингитов, представленные в обоих случаях хромистыми разновидностями диопсида, гроссуляра и клинохлора, обнаруживают ряд общих черт с парагенезисами микровключений и силикатного цемента хромититов, что дает основание предполагать генетическое сходство этих образований. Так, например, состав микровключения хромшпинелида в перовските приближается, судя по соотношению хромистости и железистости (рис. 5), к составу хромшпинелида из родингитов Длинногорского массива.

С другой стороны, «родингитоподобная» минеральная ассоциация, сопутствующая хромититам дунит-клинопироксенит-габбровых

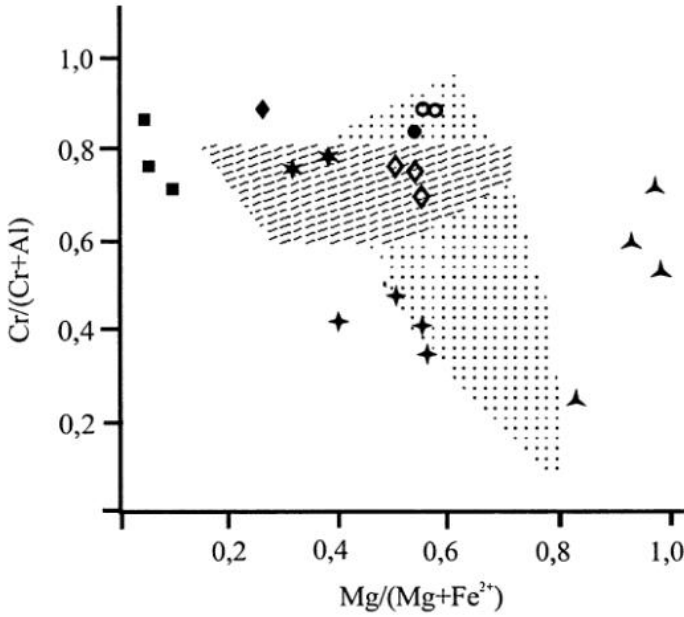


Рис. 5. Диаграмма $Cr/(Cr+Al)$ - $Mg/(Mg+Fe^{2+})$ для хромшпинелидов.

◇ 1 1, 2 – Кытлымский массив, (г. Косьвинский Камень): 1 – рудный хромшпинелид, 2 – хромшпинелид из микровключений в перовските; 3, 4 – Хабаровский массив: 3 – хромшпинелид из включения в гранате, 4 – рудный хромшпинелид; 5 – хромшпинелид из пироксенитовых жил в дунитах Нижнетагильского массива; 6, 7 – родингиты: 6 – Длинногорский массив [Осипенко и др., 2001]; 7 – массив Нурали [Смирнов, 1995]; 8 – аподолеритовые платиноносные скарны Талнахской интрузии [Рябов и др., 1996]; 9, 10 – поля составов хромшпинелидов: 9 – дунит-клинопироксенит габбровых комплексов, 10 – альпинотипных перидотитов [Dick, Bullen, 1984].

комплексов, имеет специфические особенности. В частности, для нее весьма характерно присутствие натрия в хлорите [Аникина, Пушкарев, Ерохин, Вилисов, 2001], ассоциирующем не только с хромсодержащим гроссуляром, но и с обособлениями изо- и тетраферроплатины. Здесь надо подчеркнуть, что, судя по имеющимся на сегодня данным, могут быть условно выделены два типа сосуществующих пар гранат – хлорит: 1) хромовый гроссуляр + хромисто-натровый хлорит; 2) уваровит с 20–30% андрадита + хромистый клинохлор, не содержащий натрия. Так, практически во всех изученных нами случаях, наблюдается закономерное изменение состава граната в пределах одного образца от хромсодержащего гроссуляра в микровключениях в хромите, до хромсодержащего андрадита в рудном цементе. Вероятно, что выявленная закономерность отражает регрессивный температурный ряд кристаллизации граната, на фоне возрастающего окислительного потенциала.

Заключение. Особенности химического состава гранатов, присутствующих в дунитах и хромититах дунит-клинопироксенит-габбровых комплексов, а также состава их парагенезисов позволяют с большой долей уверенности сопоставлять их с минеральными

ассоциациями родингитов или известково-магнезиальных скарнов.

Самым важным является вопрос, в какой мере соотносится с указанным метасоматическим процессом образование рудных хромшпинелидов и платиновой минерализации. Нами уже высказывалось предположение [Аникина, Пушкарев, Гарутти и др., 1999; Пушкарев, Аникина, 2001], что присутствие обогащенных щелочами гидроксилсодержащих минералов во всем кристаллизационном интервале формирования хромит-платинового оруденения нижнетагильского типа отражает участие щелочного флюида в процессе переноса и отложения хромшпинелидов и платиноидов. Близкий состав изотопов кислорода в оливине и хромшпинелиде дунитов и платиновых руд показывает, что они являются изотопно-гомогенными, а флюид, скорее всего, является магматическим. Относительно низкая температура ($<750^{\circ}C$) и высокая окисленность хромитов, обогащенных платиной, установленная нами ранее [Чащухин и др., 1999], не противоречит проявлению своеобразного аутометасоматического скарнового процесса, сходного по типу с описанным в Талнахской интрузии [Рябов и др., 1996]. Природа рудообразующего процесса, роль щелочного

флюида в рудообразовании и место в нем описанной «родингитоподобной» минеральной ассоциации является предметом дальнейших исследований, а обсуждение этих вопросов выходит за рамки данной работы.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант 01-05-65184, 00-15-98517) и ФЦП «Интеграция»

Список литературы

Аникина Е.В., Пушкарев Е.В., Вилисов В.А. Состав микровключений в хромшпинелиде, как индикатор генезиса хром-платиноидного оруденения в дунитах Платиноносного пояса Урала // Ежегодник-1998 ИГГ. Екатеринбург: УрО РАН, 1999. С. 154–160.

Аникина Е.В., Пушкарев Е.В., Гарутти Дж. и др. Хром-платиноидное оруденение в комплексах Урало-аляскинского типа: состав и происхождение // Материалы Уральской летней минералогической школы-99. Екатеринбург: Изд. УГГГА, 1999. С. 62–82.

Аникина Е.В., Пушкарев Е.В., Ерохин Ю.В., Вилисов В.А. Хлорит в хромо-платиновых рудах Платиноносного пояса Урала: особенности состава и парагенезисы // Записки ВМО. 2001. № 2. С. 92–100.

Аникина Е.В., Пушкарев Е.В., Вилисов В.А. Новые данные о составе минералов пегматоидных жил в дунитах Нижнетагильского массива // Ежегодник-2000. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2001. С. 166–171.

Барсукова Н.С., Гекимянц В.М., Стиридонов Э.М. Гранаты рядов гроссуляр-уваровит и андрадит-гроссуляр Сарановского месторождения, Средний Урал // Материалы Уральской летней минералогической школы-97. Екатеринбург: Изд. УГГГА, 1997. С. 64–67.

Бетехтин А.Г. Платина и другие минералы платиновой группы. М.-Л.: Изд. АН СССР, 1935. 148 с.

Бетехтин А.Г. О хромовых гранатах из Нижнетагильского дунитового массива // Акад. Д.С. Белянкину к семидесятилетию со дня рождения. М., 1946. С. 68–73.

Иванов О.К. Ультрамафические пегматиты пироксенит-дунитовых массивов Платиноносного пояса Урала. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1986. 58 с.

Иванов О.К. Концентрически-зональные пироксенит-дунитовые массивы Урала. Екатеринбург: УрГУ, 1997. 327 с.

Макеев А.Б. Минералогия альпинотипных ультрабазитов Урала. СПб.: Наука, 1992. 197 с.

Осипенко А.Б., Сидоров Е.Г., Осипенко Л.Г., Гриб Е.Н. Хромсодержащие гранаты из родингитов Длинногорского базит-гипербазитового массива, п-ов Валижген, Корякия // Записки ВМО. 2001. № 1. С. 72–80.

Пушкарев Е.В., Аникина Е.В. Минералогические свидетельства участия щелочного флюида в формировании хромит-платинового оруденения нижнетагильского типа // Проблемы магматической и метаморфической петрологии. М.: МГГА, 2001. С. 30.

Рябов В.В., Шевко А.Я., Симонов О.Н., Аношин Г.Н. Состав платиноносных высокохромистых скарнов Талнаха (Норильский район) // Геология и геофизика. 1996. Т. 37. № 7. С. 60–75.

Смирнов С.В. Петрология верлит-клинопироксенит-габбровой ассоциации Нуралинского гипербазитового массива и связанное с ним платиноидное оруденение. Дис... канд. геол.-мин. наук. Екатеринбург: ИГТ УрО РАН, 1995. 168 с.

Чащухин И.С., Вотьяков С.Л., Пушкарев Е.В. и др. Редокс-состояние дунит-клинопироксенитовой ассоциации Урало-Аляскинского типа // Ежегодник-1998 ИГГ. Екатеринбург: УрО РАН, 1999. С. 143–146.

Dick H.J.B., Bullen T. Chromian spinel as a petrogenetic indicator in abissal and alpinatype peridotites and spatially associated lavas // Contrib. Miner. Petrol. 1984. Vol. 86. P. 54–76.

Duke J.M., Bonardi M. Chromian andradite from Reaume Township, Ontario // Can. Mineral. 1982. V. 20. P. 49–53.

Mogessie A., Purtscheller F., Tessadry R. Chromite and chrome spinel occurrences from metacarbonates of the Oetztal – Stubai Complex (northern Tyrol, Austria) // Min. Magaz. 1988. V. 52. P. 229–236.

Qasim Jan M., Windley B.F., Wilson R.N. Chromian andradite and olivine-chromite relations in a chromitite layer from the Jijal complex, Northwestern Pakistan // Can. Mineral. 1984. V. 22. P. 341–345.