

причем метасоматическая зональность в процессе сопряженного метасоматоза не возникает. В данном же случае отмечается в той или иной мере проявленная, хотя и в микроскопическом масштабе, метасоматическая зональность, т. е. мусковит-кальцитовые прожилки с каймами околожильных изменений имеют признаки как сопряженных, так и самостоятельных гидротермально-метасоматических образований.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Грабежев А.И. Метасоматизм, рудообразование и гранитный магматизм. М.: Наука, 1981. 292 с.
2. Метасоматизм и метасоматические породы. М.: Научный мир, 1998. 492 с.
3. Омеляненко Б.И., Лисицина Г.А., Наумов С.С. О формационной самостоятельности низкотемпературных натровых метасоматитов (эйситов) // Метасоматизм и рудообразование. М.: Наука, 1974. С. 160-171.
4. Сазонов В.Н., Огородников В.Н., Коротеев В.А., Поленов Ю.А. Месторождения золота Урала. Екатеринбург: Изд-во УГГА, 2001. 621 с.
5. Середкин М.В. Метасоматиты гумбетовой формации Гумбетовского рудного поля и Шарташского массива, Урал // Петрология. 2000. № 3. С. 280-308.

УДК 551.461+553.321.6(470.5)

И.А. Малахов, А.В. Алексеев, П.Л. Бурмако

МНОГОСТАДИЙНОСТЬ ФОРМИРОВАНИЯ ХРОМИТОВ В ГАРЦБУРГИТАХ УРАЛЬСКИХ МАССИВОВ И ВЛИЯНИЕ НА ИХ СОСТАВ ПРОЦЕССОВ МЕТАМОРФИЗМА

Среди тридцати пяти хромитоносных массивов Урала подавляющее большинство пространственно и генетически связано с альпийскими комплексами и изначально формировалось в ранне- или среднеордовикское время. Исследования, проведенные в последнее время, показали, что значительное количество хромитовых тел, хотя и не самых крупных, располагается в мощной толще ультраосновного разреза, достигающего на Южном Урале по геофизическим данным 5 км и уменьшающегося на Среднем Урале – в зоне наибольшего сжатия зоны складчатости – до 1,0-1,5 км. Характерно, что практически в каждом из наиболее распространенных серпентинизированных гарцбургитовых массивов встречается значительное количество мелких хромитовых шлиров, слагающихся первично магматическими и магнезиальными высокоглиноземистыми хромитовыми рудами, нередко образующими промышленные скопления и представляющими промышленный интерес. Состав хромшпинелидов из ряда типичных месторождений приводится в табл. 1. При этом такие руды могут располагаться как в нижних (Верблюжьегорский, Чураевский), так и в верхних частях (Татищевский, Алапаевский, Первомайский) толщи гарцбургитов, как следует из представленных данных, для хромшпинелидов из таких руд характерны относительно низкая "магматическая" железистость, колеблющаяся от 30 до 40 %, невысокая хромистость (50-60 %), практически идентичная для аксессуарных и рудообразующих хромшпинелидов и сравнительно невысокая доля трехвалентного железа среди трехвалентных окислов.

Тем не менее основную массу добываемых из альпийских массивов хромитов составляют средне- и высокохромистые (до 90-95 %) руды, нередко с повышенной железистостью (более 40 %) и высокой долей трехвалентного железа. Такие руды, как неоднократно было показано, являются либо метаморфически измененными первично магматическими разностями, либо новообразованиями. Но метаморфические преобразования хромитовых руд альпийских массивов Урала проходили в разных физико-химических условиях, что неизбежно отражалось на ходе процесса преобразования руд и на составе хромшпинелидов. Исследования последних лет, выполненные нами на целом ряде уральских хромитоносных массивов, показали, что роль наложенных процессов метаморфизма явно недооценивалась. Ранее [5, 6] были выделены два основных типа метаморфизма хромитовых руд – низко- и высокотемпературный.

Состав хромшпинелидов из хромитовых руд в различных частях толщи гарцбургитов

Массив	Верблюжьегорский		Чураевский		Алапаский		Первомайский	
	№ 17,18	№ 29	Главный карьер		Горемычное		Карасы 5	
Месторождение	Густовкрапленная		Густовкрапленная		Среднекрапленная		Массивная	
Текстура руд	Густовкрапленная		Густовкрапленная		Среднекрапленная		Массивная	
Точка анализа	концентрат		центр	край	центр	край	центр	край
TiO ₂	-	-	0,02	0,00	0,15	0,25	0,18	0,22
Al ₂ O ₃	20,39	23,79	20,58	20,56	27,68	27,11	27,17	27,38
Cr ₂ O ₃	45,52	41,53	47,27	47,43	39,50	39,93	40,25	42,41
Fe ₂ O ₃	7,11	6,31	5,90	6,07	4,47	4,27	5,55	4,95
FeO	11,83	14,48	11,06	11,19	14,06	13,43	9,52	10,22
MnO	-	-	0,24	0,22	0,13	0,14	0,04	0,14
MgO	15,29	13,89	15,84	15,84	14,74	15,02	17,64	17,72
Сумма	100,14	100,00	100,89	101,30	100,73	100,15	100,35	103,04
Главные минеральные составляющие, %								
Ульвошпинель	-	-	0,1	0,0	0,5	0,8	0,6	0,7
Шпинель	36,7	42,7	36,7	36,6	48,3	47,5	46,8	46,1
Магнохромит	33,0	20,4	34,7	34,7	16,7	19,1	30,1	29,4
Хромит	22,1	29,6	21,8	21,9	29,5	27,8	16,4	18,5
Магнетит	8,2	7,2	6,7	6,9	5,0	4,8	6,1	5,3
Основные расчетные параметры, %								
Железистость f (FeO _{сумм})	40,1	44,9	37,7	37,1	40,9	39,4	31,6	31,9
Железистость f (FeO)	30,3	36,9	28,1	28,4	34,9	33,4	23,2	24,4
Хромистость Y	59,9	53,9	60,6	60,7	48,9	49,7	49,8	51,0
Доля Fe ²⁺ в R ²⁺	8,2	7,2	6,7	6,9	5,0	4,8	6,1	5,4

Низкотемпературный метаморфизм впервые был описан С.А. Кашиным на примере хромитовых руд Верблюжьегорского массива [2], и этот пример считается классическим. Рудные тела линзообразной формы залегают в антигоритовых (апогарцбургитовых) серпентинитах и характеризуются отчетливой метаморфической зональностью. Согласно его описанию, центральные части рудных тел практически не подвержены метаморфизму, они характеризуются первичным высокоглиноземистым составом и наиболее низкой железистостью хромшпинелидов, которая обычно составляет 30-35 %. В краевых частях тел хромшпинелиды обрастают реакционными каймами замещения вплоть до появления типичных скелетных структур. По физико-химическим параметрам этот тип метаморфизма протекает при температуре ниже 450 °С и в слабощелочных или нейтральных условиях, причем хромшпинелиды преобразуются сначала в хроммагнетиты, а затем в типичные магнетиты.

Высокотемпературный метаморфизм описан на многих ультраосновных массивах Урала [3-7], но, как показали недавно выполненные исследования, условия его проявления и локализации не одинаковы. Так, на Халиловском массиве это полосчатый дунит-гарцбургитовый комплекс с жильными телами хромитовых руд, а на Верх-Нейвинском выделяется дунит-верлит-клинопироксенитовый комплекс, в составе дунитовой части которого расположены жилы- и линзообразные тела хромитов. Тем не менее во всех случаях характер протекания процесса метаморфизма и его результаты достаточно сходны.

Гетерогенность хромитового оруденения на Халиловском массиве была показана нами ранее [1], и из приведенных данных однозначно следует, что основную роль в формировании высокохромистых руд играют процессы высокотемпературного метаморфизма. Недавно проведенные исследования на Верх-Нейвинском и Верблюжьегорском массивах показали, что ранее проведенное изучение состава хромитов с помощью обычного силикатного анализа не позволяло увидеть необычные проявления метаморфизма слагающих их хромшпинелидов, и лишь при проведении микронзондовых анализов удалось выявить важные детали последующего метаморфизма хромитовых руд.

Наиболее отчетливо направленность их вторичных высокотемпературных преобразований видна на разрезах типичных хромитовых тел, когда анализируется состав хромшпинелидов центральных и краевых частей рудных тел и слагающих их зерен.

Верблюжьегорский массив сложен антигоритовыми серпентинитами неясной природы (вероятнее всего, апогарцбургитовыми), линзо- и жильные рудные тела представлены массивными рудами с отчетливыми границами по отношению к вмещающим породам. Были

исследованы два рудных тела, расположенных в пределах единого рудного поля. Они имеют линзообразную форму с видимой мощностью до 6 м и протяженностью до 20 м, характеризуются субмеридиональным простираем и крутым восточным падением. Микроскопические исследования образцов, отобранных вкрест простираем рудных тел, свидетельствуют о сильном метаморфизме краевых зон и крайне слабом – центральных. При этом рудное тело № 19 характеризуется постоянным присутствием серпентинизированных включений оливина в зернах хромшпинелидов, в то время как в теле № 17 таких включений нет совсем. Микрозондовое изучение показало наличие сложной зональности рудных тел и зерен хромшпинелидов при существенном различии их по содержанию хрома (табл. 2). Как следует из приведенных данных, хромиты рудного тела № 17 характеризуются высоким содержанием Cr_2O_3 , вплоть до 65 % (т. е. сравнимы со значениями из верхнеивинских руд) и падением этого параметра от центра к краю. В теле № 19 отмечается обратная картина – понижение доли Cr_2O_3 от края к центру с 60 до 49 %. Эти отличия, по-видимому, связаны с различными прочностными свойствами хромитов и ультрамафитов. При процессах высокотемпературного их метаморфизма, происходящего по серии тектонических нарушений: антигоритизация определяет высокую вязкость гарцбургитов, подвергшихся подобным изменениям. Вследствие этого дизъюнктивные деформации концентрировались в центральных частях хромитовых тел и метаморфизирующие флюиды в некоторых случаях могли идти не по зонам контакта пород и руд, а непосредственно по центральных частям хромитовых тел.

Наиболее часто наблюдающееся повышение содержания Cr_2O_3 от центра зерна к его краю, несомненно, связано с метаморфизмом хромитовых руд, изначально характеризующихся относительно однородным составом. При этом обогащение хромом происходило за счет выноса из кристаллической решетки хромшпинелида алюминия и, отчасти, магния, которые шли на формирование хлорита, поэтому сильно метаморфизованные хромшпинелиды представляют собой скелетные структуры, состоящие из хромшпинелевого “каркаса” и хлоритовых прожилков. Из-за крайне высокой степени серпентинизации вмещающих пород не удалось выделить сосуществующих с рудами оливинов, поэтому оценить температуру формирования руд не представляется возможным. Анализ микротвердости также показал явления перекристаллизации руд.

Еще одним характерным примером подобных метаморфических преобразований могут служить Западное и Восточное Трассовое рудопроявления Медногорского массива, изученного нами в 2001 году (табл. 3). Они располагаются в непосредственной близости друг от друга в породах перидотитового (гарцбургитового) состава, но, несмотря на это, по составу хромитовых руд кардинально отличаются друг от друга. Хромитовые руды Западного Трассового рудопроявления, располагающегося на некотором удалении от тектонической зоны, имеют, несомненно, первично магматический высокоглиноземистый и низкохромистый состав с низким содержанием в своем составе трехвалентного железа. Хромитовые руды Восточного Трассового рудопроявления, располагающегося непосредственно в тектонической зоне, претерпели интенсивный метаморфизм и приобрели состав, характерный типично дунитовым парагенезисам, с высокой хромистостью, относительно повышенным содержанием трехвалентного железа среди трехвалентных окислов и средним значением железистости.

Хромитовые руды Верх-Нейвинского массива находятся в двух структурных горизонтах. Небольшие гнездообразные тела глиноземистых руд приурочены к первичным гарцбургитам, слагающим южную его часть (район Жужинских гор). В основном же рудные тела приурочены к дунитам дунит-верлит-клинопироксенитового комплекса, располагающегося в северной части массива, (район Лешачьих логов), где преобладают жилкообразные формы рудных тел с центральными частями, сложенными массивными рудами и оторочками средне- и редковкрапленных руд. При этом слагающие их хромшпинелиды характеризуются явно повышенной хромистостью и содержат до 65-68 % Cr_2O_3 (табл. 4).

Находящееся здесь Верхне-Александровское месторождение сплошных хромитов обладает зональным строением: по направлению от всячего бока к лежащему возрастает степень вкрапленности руд от средневкрапленных до массивных, соответственно. Микроскопические исследования позволили обнаружить слабые метаморфические изменения в рудах, выражающиеся в образовании реакционных прожилков и зон. Хромшпинелиды - высокохромистые, причем их хромистость и железистость закономерно повышаются от вкрапленных руд к массивным. Интересно, что в массивных рудах появляется существенный избыток глинозема (при расчете на кристаллохимическую формулу), что свидетельствует о переизбытке трехвалентных окислов, и в первую очередь хрома.

Анализы хромшпинелидов Верблюжьегогорского массива

Месторождение	Месторождение №17						Месторождение №19					
	лежащий бок		центр тела		висящий бок		лежащий бок		центр тела		висящий бок	
Точка анализа	центр	край	центр	край	центр	край	центр	край	центр	край	центр	край
TiO ₂	0,23	0,22	0,28	0,27	0,15	0,13	0,15	0,25	0,07	0,05	0,08	0,2
Al ₂ O ₃	22,71	13,04	5,27	4,84	20,33	19,92	13,68	7,6	23,07	23,34	13,13	5,05
Cr ₂ O ₃	49,02	57,38	63,78	64,95	48,86	51,17	53,73	54,27	48,22	48,86	56,60	62,92
Fe ₂ O ₃	3,06	2,5	2,57	0,8	2,37	1,22	6,05	10,61	2,21	3,49	4,06	4,48
FeO	10,96	15,62	19,11	21,39	11,63	13,57	15,41	15,92	6,84	4,24	10,75	13,44
MnO	0,18	0,2	0,3	0,32	0,21	0,19	0,25	0,33	0,16	0,14	0,24	0,36
MgO	16,73	12,35	9,04	7,43	15,1	14,16	12,55	11,21	18,61	20,66	15,14	12,27
NiO	0,12	0,13	0,12	0,09	0,14	0,12	-	-	-	-	-	-
ZnO	0,05	0,12	0,11	0,09	0,09	0,06	-	-	-	-	-	-
Сумма	103,06	101,56	100,58	100,18	98,88	100,54	101,82	100,19	99,18	100,78	100,00	98,72
Кристаллохимическая формула в пересчете на 32 (O)												
Ti ⁴⁺	0,041	0,042	0,057	0,056	0,028	0,024	0,028	0,050	0,013	0,009	0,015	0,041
Al ³⁺	6,283	3,907	1,685	1,572	5,934	5,755	4,070	2,380	6,485	6,394	3,906	1,604
Cr ³⁺	9,097	11,531	13,676	14,150	9,576	9,951	10,724	11,399	9,093	8,978	11,293	13,407
Fe ³⁺	0,54	0,479	0,525	0,166	0,443	0,225	1,149	2,122	0,397	0,611	0,771	0,908
Fe ²⁺	2,151	3,32	4,333	4,929	2,409	2,792	3,253	3,537	1,364	0,824	2,268	3,029
Mg ²⁺	5,853	4,679	3,655	3,052	5,574	5,192	4,722	4,439	6,616	7,158	5,695	4,929
Основные минеральные группировки, %												
Ульвошпинель	0,51	0,53	0,71	0,7	0,35	0,3	0,36	0,62	0,16	0,11	0,19	0,51
Шпинель	39,27	24,42	10,53	9,82	37,09	36,1	25,44	14,87	40,53	39,96	24,41	10,03
Магнхромит	33,9	34,07	35,15	28,32	32,59	28,8	33,59	40,62	42,17	49,51	46,78	51,59
Хромит	22,95	37,99	50,32	60,11	27,2	33,39	33,43	30,62	14,66	6,6	23,8	32,2
Магнетит	3,37	2,99	3,28	1,04	2,77	1,41	7,18	13,26	2,48	3,82	4,82	5,68
Основные расчетные параметры %												
F [*]	31,5	44,8	57,1	62,5	33,8	36,8	48,2	56,0	21	16,7	34,8	44,4
F	26,9	41,5	54,2	61,8	30,2	35	40,8	44,3	17,1	10,3	28,5	38,1
Y	59,1	74,7	89	90	61,7	63,3	72,5	82,7	58,4	58,4	74,3	89,3
Z	3,4	3,0	3,3	1,0	2,8	1,4	7,2	13,3	2,5	3,8	4,8	5,7

Примечание. Аналитик В.Н. Ослоповских

Колебания содержаний основных компонентов в пределах отдельных зерен очень незначительны (см. табл. 4). По реликтам оливина ($f = 3,5-4,2 \%$) стало возможным определить температуру формирования руд. По модернизированному термометру Дж. Фабри, она составила 1060°C для массивных руд. Измерения микротвердости показали явное превышение расчетных значений над измеренными, что говорит об их более поздней перекристаллизации [4].

Таблица 3

Состав рудообразующих хромшпинелидов из различных текстурных типов хромитов Медногорского массива

Участок	Трассовое Западное			Трассовое Восточное				
	Перидотиты (гарибургиты)			Сильно дислоцированные гарибургиты				
Породы	Перидотиты (гарибургиты)			Сильно дислоцированные гарибургиты				
Номер зерен	1/3-1		1/3-2	1/5-1		1/5-2		1/5-3
Место	центр	край	центр	центр	край	центр	край	центр
Текстура	Массивная			Густовкрапленная				
TiO ₂	0,15	0,15	0,15	0,20	0,13	0,15	0,15	0,15
Al ₂ O ₃	22,15	20,79	20,97	8,88	6,88	9,45	7,92	8,71
Cr ₂ O ₃	48,61	48,98	48,99	60,11	61,81	61,41	62,55	62,36
Fe ₂ O ₃	1,56	2,86	3,98	4,01	4,04	4,18	3,64	3,65
FeO	11,72	10,69	9,41	11,67	12,19	11,47	11,92	12,10
MnO	0,20	0,18	0,18	0,19	0,13	0,22	0,21	0,19
MgO	15,50	15,98	17,06	14,01	13,35	14,67	13,98	14,16
Сумма	99,89	99,62	100,75	99,07	98,53	101,55	100,37	101,32
Главные минеральные составляющие, %								
Ульвошпинель	0,5	0,5	0,5	0,7	0,5	0,5	0,6	0,5
Шпинель	39,5	37,3	37,0	17,0	13,4	17,6	15,1	16,4
Магнитохромит	30,5	35,2	39,2	51,0	52,6	51,6	52,2	51,0
Хромит	27,7	23,7	18,8	26,4	28,5	25,3	27,7	27,7
Магнетит	1,8	3,3	4,5	4,9	5,0	5,0	4,4	4,4
Основные расчетные параметры, %								
Железистость f	29,8	27,3	23,6	31,9	33,9	30,5	32,4	32,4
Хромистость Y	59,6	61,2	61,0	81,9	85,8	81,3	84,1	82,8
Доля Fe ³⁺ в R ³⁺	1,8	3,3	4,5	4,9	5,1	5,0	4,5	4,4

Следует отметить, что зональное строение хромшпинелидов наиболее часто отмечается в рудах, пространственно тяготеющих к верхней части гарибургитовой толщи ультраосновного разреза. Типичными примерами являются южноуральские массивы - Татищевский и Варшавский, недавно нами описанные [3, 5]. В первом из них были выполнены микрозондовые анализы хромшпинелидов из различных текстурных типов руд. При этом устанавливается, что степень метаморфизма хромшпинелидов из редковкрапленных и средневкрапленных руд существенно выше, чем в густовкрапленных и сплошных.

Очевидно, что в обоих случаях мы имеем дело с одним и тем же процессом высокотемпературного метаморфизма по первично глиноземистым магматическим рудам, приводящего к обогащению хромшпинелидов хромом за счет алюминия и, отчасти, магния. Накопление железа могло происходить параллельно с увеличением количества хрома в кристаллической решетке хромшпинелида, но в значительно меньших количествах. Таким образом, можно построить ряды предпочтения для металлов, входящих в состав хромшпинелидов, в принципе совпадающих с активностью элементов при их вторичном преобразовании:

высокотемпературный метаморфизм: Cr>Fe>Al>Mg>Mn>Ti

низкотемпературный метаморфизм: Fe>Al>Mg>Cr>Mn>Ti

При переизбытке хрома в хромшпинелиде возможно возникновение его собственных фаз вплоть до выделений эсколаита и даже металлического хрома (Мурзин В.В., устное сообщение).

Столь существенные вариации в составе хромшпинелидов и наличие (или отсутствие) в них зональности зависят исключительно от физико-химических условий метаморфизма. Как следует из геологического строения и представленных данных по изучению хромшпинелидов, высокотемпературные изменения хромитовых руд в северной, а возможно и в южной части Верх-Нейвинского массива происходили под воздействием габброидов, которое привело к полному "облагораживанию" состава руд и выносу рассеянных элементов (МПГ, Au и др.) из кристаллической решетки хромшпинелидов с образованием собственных их минеральных фаз.

Анализы хромшпинелидов Верх-Нейвинского массива

Месторождение	Верхне-Александровское месторождение					
	висячий бок, средневкрапленные руды		центр тела, густовкрапленные руды		лежащий бок, массивные руды	
Место отбора	центр	край	центр	край	центр	край
Точка анализа						
TiO ₂	0,08	0,17	0,23	0,22	0,20	0,17
Al ₂ O ₃	10,30	9,98	8,82	8,28	9,66	9,12
Cr ₂ O ₃	60,55	61,59	66,46	63,14	65,13	65,21
Fe ₂ O ₃	2,05	2,00	-	-	-	-
FeO	14,00	14,55	13,86	15,57	13,48	18,14
MnO	0,22	0,30	0,24	0,32	0,22	0,44
MgO	12,75	12,62	13,32	11,19	12,37	9,12
ZnO	-	-	0,02	0,09	0,02	0,11
Сумма	99,95	101,21	101,36	99,99	102,95	102,31
	Кристаллохимическая формула в пересчете на 32 (O)					
Ti ²⁺	0,016	0,033	0,044	0,044	0,053	0,033
Al ³⁺	3,149	3,025	3,047	2,557	2,071	1,712
Cr ³⁺	12,419	12,523	12,125	13,355	13,848	14,218
Fe ³⁺	0,400	0,387	0,763	-	-	-
Fe ²⁺	3,037	3,130	2,617	2,946	3,032	3,141
Mn ²⁺	0,048	0,065	0,050	0,073	0,050	0,064
Mg ²⁺	4,931	4,838	5,366	4,477	4,959	4,837
	Основные минеральные группировки, %					
Ульвошпинель	0,20	0,41	0,41	0,55	0,49	0,41
Шпинель	19,68	18,91	19,04	15,26	12,00	8,73
Магнитошпинель	41,95	41,57	48,03	40,89	48,38	34,73
Хромит	35,67	36,70	27,76	35,54	35,93	47,68
Магнетит	2,50	2,42	4,77	-	-	-
Алюмошпинель	-	-	-	1,17	3,21	8,45
	Основные расчетные параметры, %					
F'	41,1	42,1	38,6	41,5	37,9	52,7
F	38,1	39,3	32,8	38,3	37,9	52,7
Y	79,8	80,5	79,9	80,0	84,7	82,7
Z	2,5	2,4	4,8	2,7	-	-
	Примечание. Аналитик В.Н. Ослоповских					

На Верблюжьегорском массиве процессы метаморфизма протекали при более низких температурах, повышенной щелочности и интенсивных тектонических подвижках. Как уже отмечалось, метаморфизм наиболее интенсивно проходил по контактам рудных тел, приводя к повышению хромистости хромшпинелидов в них, но на месторождении № 17 наиболее проницаемой из-за тектонических подвижек оказалась центральная часть тела, в результате чего сформировалась "обратная" зональность. Не столь высокие температуры (вероятно, от 500 до 800 °С) сказались на незавершенности процессов преобразования руд. Высокая щелочность устанавливается по повышенной подвижности титана, формирующего собственные фазы – гейкелит, рутил, реддеджейт (последний при избытке хрома).

Таким образом, на примере проведенного изучения химизма хромшпинелидов из нескольких массивов можно утверждать, что процессы высокотемпературного метаморфизма проходят в достаточно широких диапазонах физико-химических условий, но обязательно сопровождаются накоплением в хромшпинелидах хрома и частично железа за счет выносимых из них алюминия и магния. В зависимости от степени завершенности процессов метаморфизма, при этом формируется либо четкая зональность по составу как отдельных зерен, так и рудных тел хромитов в целом. При полном преобразовании их состава могли формироваться однородные по составу высокохромистые руды. При контактово-термальном воздействии габброидов могло происходить существенное нарушение стехиометрии хромшпинелидов с преобладанием трехвалентных окислов над двухвалентными.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Алексеев А.В.** Условия формирования и метаморфизм хромитовых руд Халиловского массива // Изв. УГТГА. Вып. 15. Серия: Геология и геофизика. 2002. С. 118-122.
2. **Бетехтин А.Г., Кашин С.А.** Хромиты СССР. М.: Изд-во АН СССР. Т.1, 1937. 388 с. Т.2, 1940. 339 с.
3. **Бурмако П.Л.** Состав хромшпинелидов альпинотипных массивов Урала и влияние процессов метаморфизма на его изменение // Изв. УГТГА. Вып. 15. Серия: Геология и геофизика, 2002. С. 46-49.
4. **Малахов И.А., Алексеев А.В.** Влияние процессов метаморфизма на состав рудообразующих хромшпинелидов Халиловского альпинотипного массива на Южном Урале // Изв. УГТГА. Вып. 13. Серия: Геология и геофизика, 2001. С. 74-81.
5. **Малахов И.А., Савохин И.В., Бурмако П.Л., Кузнецов В.И.** Влияние процессов метаморфизма и метасоматизма на состав хромшпинелидов в ультрамафитах и хромитах Урала // Изв. УГТГА. Вып. 13. Серия: Геология и геофизика, 2001. С. 66-73.
6. **Москалева С.В.** Гипербазиты и их хромитоносность. Л.: Недра, 1974. 279 с.
7. **Перевозчиков Б.В., Ситчихин О.В.** Среднетемпературный метаморфизм хромитовых руд глиноземистого магнезиального типа (на примере Войкаро-Сыньинского массива на Полярном Урале) // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении: Сб. Вып. 5. Пермь, 2003. С. 170-180