

## МИНЕРАЛЫ И ПАРАГЕНЕЗИСЫ МИНЕРАЛОВ

УДК 549.731.1:552.321.6

© 1992 г.

Д. члены *Е. А. БАЛМАСОВА, В. Г. ЛАЗАРЕНКОВ, К. Н. МАЛИЧ*ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И ГЕНЕЗИС ХРОМШПИНЕЛИДОВ  
ИЗ УЛЬТРАМАФИТОВ ГУЛИНСКОГО МАССИВА  
(МАЙМЕЧА-КОТУЙСКАЯ ПРОВИНЦИЯ)*E. A. BALMASOVA, V. G. LAZARENKOV, K. N. MALICH. CHEMICAL COMPOSITION AND  
GENESIS OF CHROMSPINELIDES FROM THE GULINSKY MASSIF ULTRAMAFTTES (MAIMECHA-  
KOTUY PROVINCE)*

On the base of wide material several varieties of chromspinelides are revealed within ultramafites of the Gulinsky volcano-plutonic massif. Their mineralogical features are indicated in the paper, including the data on chemical composition according to X-ray spectroscopy and crystallochemical formula. Chromspinelides from Gulinsky dunites are enriched with Ti (up to 10.17 % wt) and Fe (up to 55.89 % FeO) comparing to chromite of similar Pt-bearing massives. With clinopyroxenization of dunites Ti and Fe contents increase further more. Presence of iridosmine and native osmium with ferrichromites in placers of the Gulinsky area indicates for strict relation between formation of PGE minerals and segregation of chromspinelides.

Наш интерес к хромиту Гулинского массива появился в связи с изучением платиноносности ультрамафитов Гулинского массива и в связи с выявлением в них коренных источников осмиево-иридоосминовой россыпной минерализации. Локальная и генетическая связь платины с хромитом была установлена еще в начале прошлого столетия Ф. И. Швецовым в массивах Платиноносного пояса Урала, подтверждена в 1892 г. работами А. Иностранцева, а впоследствии исследованиями А. Н. Заварицкого и многих других, в том числе зарубежных исследователей. Характеристика хромита из горных пород Гулинского массива ранее приводилась в работах Ю. Р. Васильева, Т. Л. Гольдбурт, Л. С. Егорова, В. В. Золотухина, Э. А. Ланды, А. В. Соболева и других исследователей. Как показали наши наблюдения над сростками самородного осмия и иридоосмина с другими минералами из россыпей Гулинского массива, во многих из них платиноидные минералы срстаются именно с хромшпинелидом, подобно тому как в массивах Платиноносного пояса Урала, в Кондерском, Туламинском и других с этим минералом срстается изоферроплатина. Важным шагом в использовании хромшпинелида при оценке коренной платиноносности ультрамафитов Гулинского массива является выделение морфогенетических разновидностей хромшпинелидов, изучение их состава и, по возможности, установление всех тонких особенностей строения этого минерала для выявления тех из них, которые могут оказаться полезными при разбраковке обогащенных платиноидами и бедных ими разновидностей хромшпинелидов. Среди ультрамафитов Гулинского массива хромшпинелиды присутствуют в первую очередь в дунитах, среди которых мы различаем хромитизированные, клинопироксенитизированные и серпентинизированные разновидности, а также в так называемых дунитах малых тел, залегающих среди главной массы гулинских дунитов в виде жильных образований. Кроме того, хромшпинелиды находятся в серпентинитах и меймечитах. Обстоятельная харак-

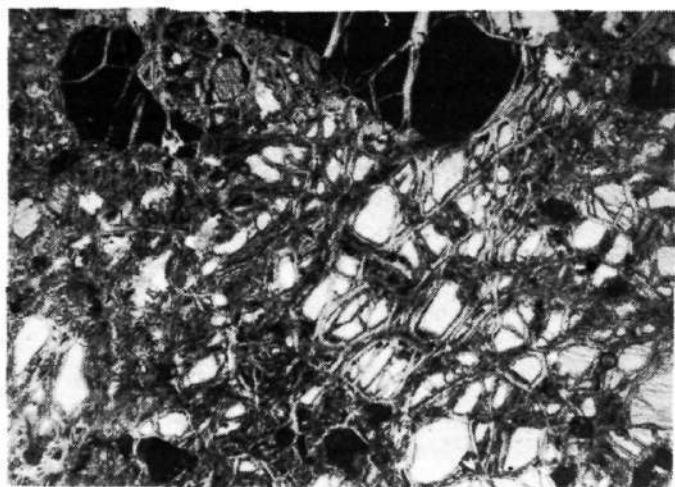


Рис. 1. Акцессорный и вкрапленный хромшпинелиды в серпентинизированном дуните. Гулинский массив.

Fig. 1. Accessory and disseminated chromspinelides in the serpentized dunite. (×30, without analyzer).

Увел. 30, без анализатора.

теристика хромшпинелидов из меймечитов, данная в работе А. В. Соболева (1978), избавляет нас от необходимости исследовать эти минералы в интереснейших представителях ультрамафитов. Сразу отметим, что хромшпинелид в них представлен титанистым феррихромитом.

#### МОРФОГЕНЕТИЧЕСКИЕ РАЗНОВИДНОСТИ ХРОМШПИНЕЛИДОВ

В дунитах и других ультрамафитах Гулинского массива нами выделены следующие разновидности хромшпинелидов: 1) акцессорный, 2) вкрапленный, 3) прожилковый, 4) гнездовидно-шлировый, 5) шлировый.

1. Акцессорный хромшпинелид находится в виде мелких идиоморфных и гипидиоморфных кристалликов, широко варьирующих в размерах — от 0.01 до 0.5 мм. Самые мелкие из них (0.01—0.10 мм) чаще располагаются внутри зерен оливина и являются «внутриоливиновыми», более крупные (0.1—0.5 мм) обычно приурочены к стыкам оливиновых зерен и в отличие от первых их можно назвать «интерстиционными» (рис. 1). Общее количество акцессорного хромшпинелида мало и не превышает долей процента общего объема дунита.

2. Вкрапленный хромшпинелид слагает кристаллы довольно крупного размера (до 5.0 мм), нередко сопоставимые по своей величине с размерами зерен оливина. Как и «интерстиционные» кристаллы акцессорного хромита, они обычно располагаются на стыках оливиновых зерен и имеют изометрическую, гипидиоморфную, иногда футлярвидную форму (рис. 1). Их содержание заметно колеблется от долей процента до нескольких процентов, распределение в дунитах довольно неравномерное. Подобно оливиновым кристаллам зерна вкрапленного хромита расчленены на части серпентиновыми жилками и обрамляются серпентиновыми каймами или оболочками.

3. Прожилковый, как и вкрапленный, хромшпинелид прослеживается в дунитах в виде зон хромитизации шириной несколько десятков метров и длиной по простиранию несколько сотен метров. Подобные зоны встречаются по р. Ингарингда, в верховьях р. Гулэ, в междуречьи рек Ингарингда и Гулэ, в притоках р. Селанда и в других местах. Зоны проявлены в виде повышенной (до нескольких процентов) прожилковой и одновременно вкрапленной хромитовой минерализации, имеющей отчетливый наложенный характер. Прожилки обычно имеют крутое

падение, что позволяет относить их к подиформным образованиям. Прожилковая минерализация представлена следующими формами своего проявления.

а. Прожилковый тип с макроскопически хорошо выраженной сопутствующей серпентинизацией. Агрегаты зерен хромшпинелида размером 0.5—2.0 мм образуют систему маломощных прожилков и сопутствующую струйчатую вкрапленность хромита шириной 3.2—10.0 мм и длиной 10—50 см, развитую согласно с системой тонкоплитчатой отдельности в дунитах. Промежутки между зернами хромшпинелида и тонкие оторочки около прожилков сложены зеленым серпентином. Сопутствующая серпентинизация и ориентировка прожилков по системе тонкоплитчатой отдельности отличает данный тип прожилковой минерализации.

б. Прожилковый тип без макроскопически проявленной околожильной серпентинизации. Прожилки хромшпинелида этого типа наблюдались в зонах хромитизации в притоках р. Селанда и в междуречьи рек Ингарингда и Гулэ. Прожилки достигают максимальной мощности (3—5 см) из всех наблюдавшихся хромититовых проявлений в Гулинском массиве.

в. Просечковый тип прожилков представлен маломощными, прямыми и короткими (несколько см) прожилками, часто ориентированными субпараллельно.

г. Примазковый тип. Струйчато-цепочечные агрегаты хромитовых зерен и отдельные зерна этого минерала размером 0.5—2.0 мм, развитые на трещинах диагональной и плитчатой отдельности дунитов, носят характер отдельных «примазок». При последующих тектонических подвижках хромшпинелид был деформирован и перемещен по бороздам зеркал скольжения.

4. Гнездовидно-шлировый («глазковый») тип встречен лишь в зоне хромитизации в междуречьи рек Ингарингда и Гулэ. Этот редкий для Гулинского массива тип представлен агрегатами черных зерен хромшпинелидов изометрической формы диаметром 2—7 мм, слагающими в дунитах мелкие шлиры или гнезда, на долю которых приходится около 20 % объема горной породы. Хромитовые шлиры обрамлены узкими каймами (2—3 мм) темно-зеленого серпентина, что и создает впечатление о своеобразных «глазках». Характер распределения шлиров в дуните довольно неравномерный.

5. Шлировый тип, встреченный в районе вершины г. Холуда и в верховьях р. Гулэ, представляет собой концентрации зерен хромшпинелида размером 1—2 мм в количестве 40—50 % в виде настоящих шлиров линзовидной и уплощенной формы с поперечным размером 1—1.5 см и продольным — до 3—5 см. Хромитовые прожилки и шлиры в дунитах по существу представляют собой горные породы, которые более чем на 50 % состоят из хромита и по этой причине должны называться хромититами. Под микроскопом они на 50—80 % состоят из изометрических идиоморфных зерен хромшпинелида размером до 10 мм. Структура этих пород типичная панидиоморфная. Пространство между зернами хромшпинелида выполнено псевдоморфозами серпентина по оливину, по зальбандам хромититовых прожилков наблюдаются серпентиновые оторочки.

#### ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ХРОМШПИНЕЛИДОВ

Определение химического состава хромита выполнено главным образом методом рентгеноспектрального микроанализа на приборах Camscan, Jeol-820, Camebax, Link-AN-10000. Сразу отметим, что по своему химическому составу все морфогенетические разновидности хромшпинелидов из дунитов по классификации Х. Реслера (Rösler, 1981) относятся к феррихромитам. Акцессорные феррихромиты из дунитов являются самыми низкохромистыми (22.31 мас.%  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) и самыми высокожелезистыми (55.89 мас.%  $\text{FeO}$ ) и высокотитанистыми (10.17 мас.%  $\text{TiO}_2$ ) из всех разновидностей этого минерала из дунитов (табл. 1). Они достаточно сильно отличаются от вкрапленных, жильных и шлировых феррихромитов по соотношению хрома и трехвалентного железа и хрома, и титана (рис. 2). Несмотря на то что поля вкрапленных и акцессорных феррихромитов перекры-

Содержание главных оксидов в составе хромшпинелидов из дунитов и других гипербазитов Гулинского массива (мас. %)  
Content of the main oxides within chromspinelles from dunites and other ultramafites of Gulinsky massif (%wt)

Анализ	N	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		MgO		Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		FeO <sub>обм</sub>		TiO <sub>2</sub>		MnO	
		$\bar{X}$	S	$\bar{X}$	S	$\bar{X}$	S	$\bar{X}$	S	$\bar{X}$	S	$\bar{X}$	S
1	52	35.46	1.43	8.58	0.34	5.32	0.17	40.96	1.36	7.70	0.40	0.14	0.04
2	6	22.31	2.38	4.85	1.11	3.92	0.46	55.89	3.41	10.17	0.67	0.00	—
3	38	38.86	1.46	9.42	0.26	5.40	0.16	37.73	1.34	6.67	0.31	0.04	0.03
4	20	32.52	1.95	8.59	0.44	4.77	0.20	43.22	1.82	8.26	0.48	0.14	0.08
5	3	45.85	0.76	10.07	0.32	7.33	0.18	31.10	0.84	7.46	0.10	0.00	—
6	5	33.20	0.26	8.76	0.39	5.37	0.20	42.72	0.65	7.46	0.11	0.00	—
7	3	46.31	0.49	10.31	0.57	6.71	0.20	30.17	1.08	4.97	0.09	0.00	—
8	5	22.23	0.73	3.49	0.41	3.44	0.51	58.90	1.57	8.74	0.50	0.00	—
9	10	21.10	3.27	5.11	0.44	3.49	0.46	57.73	4.19	8.89	1.28	0.14	0.10
10	30	47.0	3.4	15.1	1.8	6.2	0.4	25.8	2.3	4.4	0.9	—	—

Примечание. Анализ выполнен в МЦКП «Механобр» методом рентгеноспектрального микроанализа на приборах Самсап, Самсбах и на кафедре минералогии МГУ на приборе Jeol-820 авторами. 1 — вкрапленные из дунитов, 2 — акцессорные из дунитов, 3 — жильные из дунитов, 4 — шпировые из дунитов, 5 — гнесдовидно-шпировые из дунитов, 6 — из хромитовых серцитинитов, 7 — из дунитов малых тел, 8 — акцессорные из клинопироксенизированных дунитов, 9 — вкрапленные из клинопироксенизированных дунитов, 10 — из мейсчитов дайкового комплекса (Соболев, 1978).  $\bar{X}$  — средние химические составы, S — среднее квадратическое отклонение; N — число образцов.

ваются (рис. 2), различия между ними являются значимыми (табл. 1), что видно при сопоставлении средних значений химических составов акцессорных и вкрапленных феррихромитов. При пересчете на миналы акцессорные феррихромиты отличает относительно других морфогенетических разновидностей преобладание магнетитового и ульвешпинелевого компонентов и меньшая доля хромитового и шпинелевого компонентов:  $(\text{Fe}_{0.62}\text{Mg}_{0.40})_{1.02}(\text{Cr}_{0.80}\text{Fe}_{0.74}\text{Ti}_{0.25}\text{Al}_{0.21})_{2.00}\text{O}_4$ .

Весьма разнообразны с химической точки зрения вкрапленные феррихромиты (табл. 1). Их состав наиболее изменчив среди всех разновидностей хромшпинелидов:  $(\text{Fe}_{0.54}\text{Mg}_{0.46})_{1.00}(\text{Cr}_{1.02}\text{Fe}_{0.50}\text{Ti}_{0.28}\text{Al}_{0.20})_{2.00}\text{O}_4$ .

Фигуративные точки составов вкрапленных хромшпинелидов занимают практически все поле феррихромитов (рис. 2), при этом наиболее изменчивы содержания хрома и железа, на что указывают и повышенные значения дисперсии для этих элементов (табл. 1). Так, содержание Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> изменяется от 17.7 до 49.42 при среднем 35.46 мас.%, а FeO<sub>обм</sub> от 27.11 до 59.25 при среднем 40.96 мас.%. Содержания хрома и трехвалентного железа связаны обратно пропорциональной зависимостью, как и содержания хрома и титана (рис. 3), что легко объясняется исходя из кри-

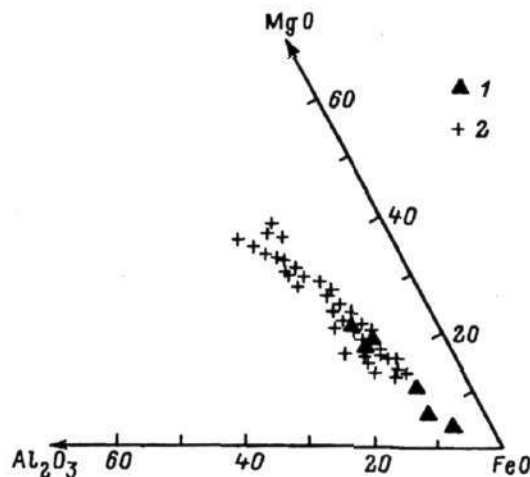


Рис. 2. Положение химических составов феррихромитов из дунитов Гулинского массива в координатах Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>—MgO—FeO.

Fig. 2. Chemical composition of ferrichromites from Gulinsky massif dunitites within Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>—MgO—FeO coordinates.

1 — акцессорный феррихромит, 2 — вкрапленный феррихромит.

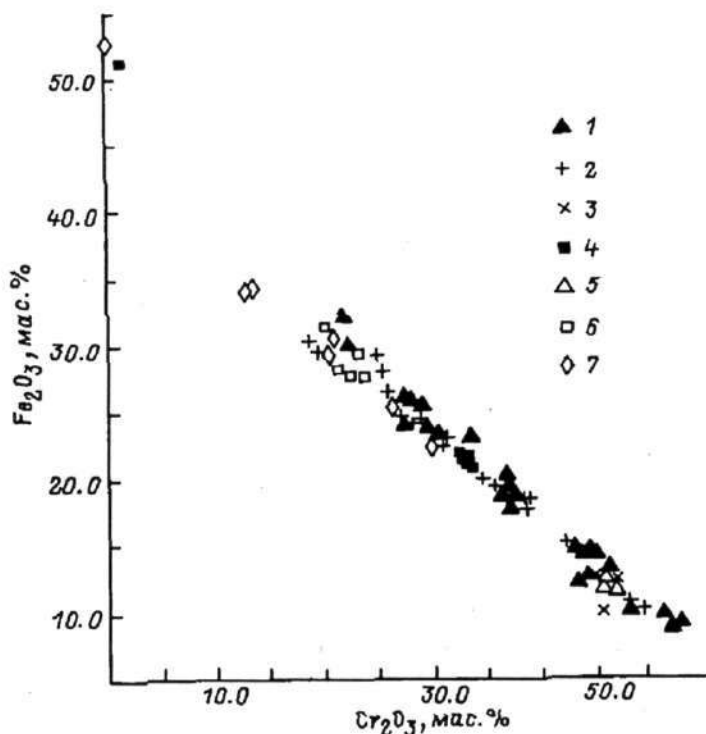


Рис. 3. Соотношение содержаний  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  и  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  в феррихромитах из дунитов, серпентинитов и клинопироксенизированных дунитов.

Fig. 3.  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  and  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  ratio for ferrichromites from dunites, serpentinites and clinopyroxenized dunites.

1—3 — феррихромиты из дунитов: жильные (1), шпировые (2), гнездовидные (3); 4 — феррихромиты из серпентинитов; 5 — феррихромиты из дунитов малых тел; 6, 7 — феррихромиты из клинопироксенизированных дунитов: акцессорные (6) и вкрапленные (7).

сталлохимии хромшпинелидов. Изучение распределения химических элементов в пределах отдельных зерен вкрапленных феррихромитов показало высокую степень их однородности в пределах погрешности анализа. Отличительной особенностью жильной морфогенетической разновидности хромшпинелидов из дунитов является повышенное содержание хрома, достигающее 52.91 мас.%. Содержание титана в жильных хромитах колеблется в пределах 4.06—10.62 мас.%  $\text{TiO}_2$ . За счет увеличения содержания хрома, магния и алюминия в жильных хромитах увеличивается доля магнохромитового, шпинелевого и хромитового миналов:  $(\text{Fe}_{0.52}\text{Mg}_{0.48})_{1.00}(\text{Cr}_{1.04}\text{Fe}_{0.39}\text{Al}_{0.21}\text{Ti}_{0.17})_{2.01}\text{O}_4$ .

Такие существенные отличия жильных хромшпинелидов от других их разновидностей могут служить важным критерием при выявлении коренных источников минералов платиновой группы, поскольку в сростании с самородным осмием и иридоосмием обычно встречается подобная же разновидность хромшпинелида.

Составы шпировых хромшпинелидов, как и вкрапленных, варьируют в широких пределах в поле феррихромитов, и отличия их от вкрапленных разновидностей незначимы (табл. 1; рис. 2, 3):  $(\text{Fe}_{0.56}\text{Mg}_{0.44})_{1.00}(\text{Cr}_{0.89}\text{Fe}_{0.69}\text{Ti}_{0.21}\text{Al}_{0.19})_{1.98}\text{O}_4$ . Подобное сходство состава позволяет предполагать близкие условия образования вкрапленных и шпировых хромшпинелидов.

Менее распространенной является гнездовидная разновидность хромшпинелида:  $(\text{Fe}_{0.50}\text{Mg}_{0.50})_{1.00}(\text{Cr}_{1.23}\text{Fe}_{0.35}\text{Al}_{0.29}\text{Ti}_{0.13})_{2.00}\text{O}_4$ . Как и жильные феррихромиты, гнездовидные обогащены хромом, содержание которого достигает 46.83 мас.%, что

определяет положение фигуративных точек составов данной разновидности хромшпинелида в приграничной с хромитом части поля феррихромитов (рис. 2, 3).

Кроме описанных типов хромшпинелидов в дунитах следует отметить присутствие хромшпинелидов и в дунитах, подвергшихся метасоматическому изменению — в клинопироксенизированных дунитах, измененных на контактах с клинопироксенами, и в хромитовых серпентинитах — аподунитовых породах из зон серпентинизации.

Клинопироксенизированные дуниты также содержат акцессорные и вкрапленные хромшпинелиды. Их химические составы приведены в табл. 1. Из сопоставления химических составов и положения фигуративных точек на диаграммах составов (рис. 2, 3) следует, что хромшпинелиды из клинопироксенизированных дунитов отличаются от хромшпинелидов из неклинопироксенизированных дунитов более высоким содержанием железа (до 64.49 мас.%  $\text{FeO}_{\text{ом}}$ ) и более низким содержанием хрома (12.91—30.14 мас.%). Выше обычного в феррихромитах из клинопироксенизированных дунитов и содержание титана (до 13.71 мас.%  $\text{TiO}_2$ ). При этом нельзя не отметить, что тенденции увеличения железистости и титанистости и понижения хромистости гораздо резче проявлены для вкрапленной морфогенетической разновидности феррихромита, чем для акцессорной, причем иногда вкрапленные шпинелиды имеют состав уже не феррихромита, а хромистого титаномагнетита:  $(\text{Fe}_{0.72}\text{Mg}_{0.28})_{1.00}(\text{Fe}_{0.94}\text{Cr}_{0.62}\text{Ti}_{0.28}\text{Al}_{0.15})_{1.98}\text{O}_4$ .

В отличие от хромшпинелидов из дунитов, для которых характерно однородное строение зерен, в хромитовых серпентинитах встречаются два вида хромшпинелидовых зерен (табл. 1). Первый вид зерен представлен однородными по составу, достаточно крупными (размером несколько миллиметров) изометричными зернами феррихромита:  $(\text{Fe}_{0.53}\text{Mg}_{0.45})_{1.00}(\text{Cr}_{0.90}\text{Fe}_{0.68}\text{Al}_{0.21}\text{Ti}_{0.19})_{1.98}\text{O}_4$ . Второй вид зерен отличается двухфазным строением и различными размерами (от долей мм до 1—2 мм). Как правило, внутренняя их часть сложена феррихромитом того же состава, что и первый вид зерен, а по периферии зерен или по трещинам располагаются неправильной формы выделения хромистого титаномагнетита. Мелкие зерна шпинелида в хромитовых серпентинитах (до 100—200 мкм) представлены титаномагнетитом того же состава, что и краевые участки более крупных зерен феррихромита. Такие особенности строения хромшпинелидов из серпентинитов можно объяснить перераспределением химических компонентов в краевых или ослабленных со структурной точки зрения частях зерен в процессе серпентинизации.

Особого внимания заслуживают дуниты, образующие жильные тела в районе водораздела рек Ингарингды и Гулэ. Дуниты малых тел — внешне желтовато-зеленые горные породы, сложенные на 90 % совершенно «свежим», без малейших следов серпентинизации хризолитом ( $2V = \pm 90^\circ$ ), и на 10 % феррихромитом. Характерной чертой состава феррихромита ( $a = 8.34 \text{ \AA}$ ) из дунитов малых тел является их повышенная хромистость (до 47.07 мас.%  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ), которая вместе с повышенным содержанием магния (до 11.12 мас.%  $\text{MgO}$ ) отличает хромшпинелиды из этих пород (табл. 1).

## ОБСУЖДЕНИЕ

При сравнении химического состава хромита Гулинского массива с составами хромита родственных и платиноносных массивов (табл. 2) обращает на себя внимание исключительная обогащенность феррихромита Гулинского массива титаном во всех его разновидностях. Содержание этого компонента в феррихромите (10.17 мас.% в акцессорном и 7.70 мас.% во вкрапленном) значительно превышает его содержание даже в наиболее обогащенных им хромитах из гортонолитовых дунитов трубки Дрикоп Бушвельдского массива (1.4 мас.%) и в хромитах из дунитов массива Гудньюс Бей (1.1 мас.%). Хромит из дунитов Гулинского массива характеризуется высоким уровнем железистости, вследствие чего на диаграммах Т. Н. Ирвайна он занимает поля, перекрывающиеся с полями хромита из дунитов Плати-

Химический состав хромшпинелидов из дунитов Гулинского и родственных массивов ультраосновных пород  
Chemical composition of chromspinelldes from dunlites of Gulinsky and other homogenous massifs (%wt)

Компонент	1	2	3	4	5	6	7	8
TiO <sub>2</sub>	10.17	7.70	0.92	0.90	0.77	0.58	1.40	1.10
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.32	5.32	6.51	5.53	9.54	7.93	15.20	14.74
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	28.46	20.91	12.20	23.50	14.84	16.07	9.80	19.67
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	22.31	35.46	51.23	0.94	47.70	46.76	39.20	33.97
FeO	29.44	23.21	19.99	19.87	15.85	20.62	29.80	23.73
MgO	3.92	8.58	8.69	8.10	11.30	8.04	3.40	6.88
MnO	0.00	0.14	0.33	0.96	—	—	—	—
NiO	—	—	0.13	0.24	—	—	—	0.09
Сумма	99.74	98.61	100.00	100.04	100.00	100.00	98.80	100.28
п	6	52	—	—	88	22	—	1

Примечание. 1 — акцессорный хромит, Гулинский массив; 2 — вкрапленный хромит, Гулинский массив; 3, 4 — рудный (3) и акцессорный (4) хромит, Кондерский массив (Орлова и др., 1981); 5, 6 — рудный (5) и акцессорный (6) хромит, Нижне-Тагильский, Кытлымский и Хабаровский массивы, Урал (Ярош, 1980); 7 — акцессорный хромит, трубка Дрикоп (Irvine, 1967); 8 — хромит, массив Гудньюс Бей (Irvine, 1967). п — число анализов.

ноносного пояса Урала, платиноносных массивов Аляски и Бушвельдского массива. Увеличение титанистости и железистости хромита из дунитов Гулинского массива происходит главным образом при снижении его хромистости, а также магниальности и глиноземистости. Вследствие этого он образует тренд, типичный для хромита из дунитов щелочноультраосновных комплексов.

Наиболее хромистыми и магниальными и наименее железистыми и титанистыми среди разнотипных представителей феррихромитов Гулинского массива оказались жильные и гнездовидные разновидности в дунитах. Это обстоятельство наряду с дискордантными условиями залегания роднит их с рудными или рудообразующими хромшпинелидами подформных хромитов в офиолитовых массивах и ставит жильную хромитовую минерализацию Гулинского массива в один ряд с жильными хромитовыми минерализациями этих массивов. Вместе с тем маломощный характер хромитовых прожилков и редкость гнездовидных и шпировых хромитов в хромитовых зонах Гулинского массива по сравнению, например, с интенсивным и промышленным характером жильной хромитовой минерализации в офиолитовых массивах или интенсивной, хотя и непромышленной, жильной хромитовой минерализацией Платиноносного пояса Урала свидетельствуют о том, что процесс формирования жильной хромитовой минерализации в дунитах Гулинского массива в целом выражен достаточно слабо. Генетическим процессом, в результате которого образованы жильные шпинелиды Гулинского массива, была метаморфическая, возможно метасоматическая с участием летучих компонентов, сегрегация хромита; в соответствии с механизмом, описанным П. Я. Ярошем (1980), трудно представить себе образование в Гулинском массиве тонких прерывистых и цепочечных жилков в процессе магматических инъекций. Серпентиновые оторочки, обрамляющие феррихромитовые прожилки («глазки»), носят поздний характер. Временное место хромитизации в цепи ультрамафитовых событий Гулинского массива является достаточно определенным — образование жильного феррихромита предшествует образованию клинопироксенитов; поскольку, по нашим данным, процесс формирования клинопироксенитов протекал в условиях высокотемпературного пластического состояния дунитов (1800—1300 °С), то и сегрегация феррихромита, скорее всего, совершалась в ходе их высокотемпературного пластического течения дунита в мантии или при их подъеме в верхние горизонты земной коры. В по-

следнем случае причиной обособления феррихромита наряду с летучими компонентами могла быть и декомпрессия дунитового вещества.

Наличие в россыпях Гулинского массива сростков самородного осмия и иридосмина с хромистыми и магнезиальными разновидностями хромшпинелидов показывает, что процесс формирования платиноидов теснейшим образом связан с процессом сегрегации хромшпинелидов, причем источником платиноидов, как и хромшпинелидов, мог быть как сам окружающий их объем дунитов, так и привнос хрома и платиноидов теми метасоматическими агентами, которые послужили причиной этой сегрегации.

В общем процессе хромитизации образование вкрапленного хромшпинелида носит характер боковых изменений дунита около жильных и шлировых проявлений этого минерала. По своему химическому составу вкрапленные хромшпинелиды занимают как бы промежуточное положение между железистыми акцессорными и хромисто-магнезиальными жильными разновидностями. Наши данные по составам вкрапленных хромшпинелидов представляют определенный интерес: если взаимоотношения составов акцессорных и жильных (рудных, рудообразующих) хромшпинелидов в дунит-клинопироксенитовых массивах ранее были установлены Е. П. Царицыным (1977) на примере дунитов Платиноносного пояса Урала и подтверждены М. П. Орловой с соавторами (1981) на примере дунитов Кондерского массива, то место составов вкрапленных хромшпинелидов в ряду составов акцессорных и рудных хромшпинелидов оставалось невыясненным. Неясным остается вопрос, почему акцессорные хромшпинелиды являются более железистыми, чем вкрапленные и рудные?

Определенный интерес также представляет вопрос о контактовом воздействии на хромшпинелиды в дунитах клинопироксенитовой интрузии. Клинопироксенитовые тела в дунитах Гулинского массива слагают систему разветвленных жил, даек и силлов, т. е. образуют типичную жильную фацию; общее площадное развитие, точнее, объемное проникновение в дуниты, или пронизанность дунитов тонкими инъекциями этих пород исключительно обширное и столь же обширно их контактовое влияние на дуниты. Оно в первую очередь проявляется в виде того или иного количества метакристаллов клинопироксена в дунитах, т. е. клинопироксенитизации этих пород, причем обращает на себя внимание, что метасоматический клинопироксен из метакристаллов имеет такой же состав титанистого диопсид-авгита, как и клинопироксен из клинопироксенитов. Хромшпинелиды дунитов, особенно более крупный вкрапленный и в меньшей степени мелкий акцессорный, под воздействием клинопироксенитов претерпевают существенные изменения своего состава, становясь более железистыми и титанистыми. С химической точки зрения этот процесс достаточно закономерен, так как клинопироксениты обычно содержат то или иное количество титаномагнетита и по этой причине сопутствующая им флюидная фаза, по-видимому, также должна быть обогащена этими компонентами. Наконец, процесс серпентинизации дунитов, протекавший при относительно низких температурах (около 400 °С) и сопровождавшийся выносом из дунитов магния, кремния, железа и других компонентов, в конечном итоге затронул и хромшпинелиды, обычно более устойчивые минералы по отношению к процессу серпентинизации, чем оливин, ромбический и моноклинный пироксены. Метасоматическое воздействие серпентинизации на акцессорный, вкрапленный и жильный хромшпинелиды Гулинского массива проявилось в том, что из их состава удалялись магний, алюминий, частично хром, вследствие чего их состав эволюционировал в направлении состава хромистого ферришпинелида.

#### ВЫВОДЫ

1. При сравнении химического состава хромшпинелидов Гулинского массива с составами хромита родственных дунит-клинопироксенитовых и других массивов обращает на себя внимание обогащенность гулинского титанистого феррихромита



титаном, что составляет его важную провинциальную особенность. Следует отметить, что и хромит из гулинских меймечитов также сильно обогащен титаном, хотя и в меньшей степени, чем хромит из дунитов. Причиной этого явления может быть зараженность титаном зоны зарождения гулинских дунитов.

2. По своему химическому составу вкрапленные хромшпинелиды из дунитов Гулинского массива занимают промежуточное положение между составом акцессорных и жильных (рудных, рудообразующих) хромшпинелидов.

3. Процесс контактово-метасоматической клинопироксенизации дунитов Гулинского массива приводит к изменению химического состава хромшпинелидов, которые обогащаются при этом железом и титаном и обедняются магнием и хромом. Этот процесс также мог быть причиной обогащения гулинских хромшпинелидов титаном.

4. В целом если высокотемпературный процесс хромитизации состоял в мобилизации хрома, а также магния и алюминия или метасоматическом привносе этих компонентов с образованием хромистомагнезиальных разновидностей хромшпинелидов, то процессы клинопироксенизации и серпентинизации оказывали противоположное действие на состав этих разновидностей, способствуя выносу из них хрома и алюминия с замещением этих элементов железом и титаном.

#### Список литературы

Орлова М. П., Соседко Т. А., Шаденков Е. М. Опыт использования минералогических критериев для оценки рудоносности и формационной принадлежности Кондерского массива // Минералогические критерии оценки рудоносности. Л.: Наука, 1981. С. 140—149.

Соболев А. В. Фазовый состав меймечитов севера Сибири и некоторые проблемы их генезиса // Проблемы петрологии земной коры и верхней мантии. М.: Наука, 1978. С. 330—347.

Ярош П. Я. О первоисточнике хрома в дунитах и природе акцессорного хромита // ЗВМО. 1980. Вып. 1. С. 98—105.

Царицын Е. П. Состав акцессорных и рудных хромшпинелидов в гипербазитах // Тр. ин-та геологии и геохимии УНЦ АН СССР. 1977. Вып. 127. С. 83—95.

Irvine T. N. Chromian spinel as a petrogenetic indicator // Canad. J. Earth. Sci. 1967. Vol. 4, N 1.

Rösler H. G. Lehrbuch der Mineralogie. Leipzig, 1983. S. 451—453.

Санкт-Петербургский горный институт

Поступила в редакцию  
10 февраля 1992 г.