

## Геохимия и минерогения Бураковского расслоенного интрузива

М.М.ЛАВРОВ, А.И.ГОЛУБЕВ, Н.Н.ТРОФИМОВ (Институт геологии Карельского НЦ РАН)

В данной статье на материале личных исследований рассматриваются главные закономерности поведения химических элементов в процессе кристаллизации и формирования петрологически единого ряда дифференциатов Бураковского расслоенного интрузива, а также освещаются вопросы рудоносности и прогнозной оценки интрузива на хром, медно-никелевую и благороднометалльную минерализации. Материалы по геологии и петрологии интрузива были опубликованы авторами ранее [7]. Расслоенная серия интрузива расчленяется на пять зон (табл. 1).

Ультрабазиты основания и габброидные зоны верхней части разреза относительно однородны по составу и строению. Однако переходная зона, расположенная между ними, отличается контрастной макро- и микроритмической расслоенностью. В эрозионном срезе ультрабазиты слагают восточную часть массива — Аганозерский блок, пограничную с ним часть Шалозерского блока и продолжают на юго-запад узкой полосой по южному краю Бураковского блока. Соответственно габброидные дифференциаты преобладают в западной и северо-западной частях массива. Мощность ультрабазитов в Аганозерском блоке не менее 3 км. Из них 2,6 км приходится на дуниты (оливин Fo<sub>85-90</sub>) и аподунитовые серпентиниты (ДП),

0,4 км — на серпентинизированные дуниты, лерцолиты и верлиты (ПП). В объеме интрузива ультрабазиты могут составлять по разным вариантам реконструкции камеры и глубинного разреза 23—33%, что даже при минимальном значении свидетельствует о высокой магнезиальности первичного магматического расплава. Средневзвешенный состав интрузива (табл. 2) по содержанию главных компонентов близок раннепротерозойским коматитовым базальтам палеорифта Ветренного Пояса и не имеет принци-

пиальных различий с составами разновозрастных расслоенных и дифференцированных интрузивов Карелии [9].

Существенно расходятся с расчетным средним составом интрузива составы закаленных зон по более высокому содержанию Si, Al, K, Na и низкому Mg. Составы мелкозернистых габброноритов (табл. 3) из контакта перидотитовой подзоны с вмещающими тоналитами и габбронорита из контакта габбровой зоны близки базальтам. Однако сравнение их с составами главных дифференциатов убеждает в низком потенциале магния, недостаточном для формирования 3 км толщи высокомагнезиальных кумулатов (см. табл. 2, 3) и обеспечения адкумулатной докристаллизации оливиновых примокристов до почти полного заполнения порового пространства. Формирование расслоенной серии на всем пути от образования дунитов до магнетитовых габбродиоритов сопровождается последовательным изменением химического состава: вверх по разрезу последовательно снижается содержание Mg, Ni, Cr, Co и возрастают Ti, P, V, Cu, Sr, Rb, Li, Cs (см. табл. 2). Подобное поведение характерно также Si, K и Na с тем отличием, что в завершающих разрез магнетитовых габбродиоритах их количество уменьшается. В габброидном ряду (ГЗ-1 — МГ-3) Rb/Sr уменьшается. Сумма железа в ранних дифференциатах высокая и снижается, а в поздних — возрастает, но коэффициент железистости вверх по разрезу растет непрерывно [7]. Распределение редкоземельных элементов в Бураковском интрузиве характеризуется ростом уровня фракционирования элементов от тяжелых к легким и от ранних дунитовых дифференциатов к поздним габброидным. Отмечается устойчивое повышение суммарного содержания редкоземельных элементов вверх по разрезу интрузива. Наиболее высокой концентрацией этих элементов отличаются габбронориты зоны закалки. Линии нор-

### 1. Схема расчленения расслоенной серии Бураковского интрузива

Зона; мощность, м	Подзона	Породы
Магнетитовых габбро-диоритов (МГЗ); 600	—	Титаномагнетитовые феррогаббродиориты, габбродиориты
Габбровая (ГЗ); 1250	ГЗ-2	Гиперстеновые габбро(пижонитинвертированные)
	ГЗ-1	
Габброноритовая (ГНЗ); 650	—	Габбронориты, прослойки пироксенитов, анортозитов
Переходная (ПЗ); 400	ПЗ-4	Полосчатая 4 (анортозиты, вебстериты, габбронориты)
	ПЗ-3	Вебстеритовая (перидотиты, бронзититы, вебстериты)
	ПЗ-2	Полосчатая 2 (анортозиты, габбронориты, вебстериты)
	ПЗ-1	Клинопироксенитовая (перидотиты, пироксениты)
Ультрабазитовая (УЗ); 3000	ПП	Перидотитовая (перидотиты, серпентиниты, хромититы)
	ДП	Дунитовая (дуниты, серпентиниты)

мированных содержаний рассматриваемых элементов ультрабазитовых дифференциатов имеют пологий наклон ( $La/Yb$  2,6—4,2). Спектр распределения их в габброидах характеризуется относительно выдержанным трендом ( $La/Yb$  6,9—7,6) с невысокой европиевой аномалией (рис. 1) [9]. Тенденция рассмотренного распределения элементов от ранних к поздним стадиям эволюции интрузива прямо согласуется с последовательным изменением состава минералов в процессе фракционной кристаллизации. В оливинах, ортопироксенах и клинопироксенах устанавливается четкая корреляционная связь между содержанием Cr, Ni, Co, Cu и

железистостью (табл. 4). В наибольшем количестве в оливине присутствуют Ni и Co, в клинопироксене — Cr и Cu. Концентрация этих элементов в ортопироксене промежуточная. С последовательным ростом железистости указанных минералов вверх по разрезу содержание в них Cr и Ni резко снижается, а концентрация Co и Cu возрастает. Высокое содержание Ni в оливине определяет его высокое содержание в дунитах — 0,526% (0,469—0,625) и серпентинитах — 0,385% (см. табл. 3). Среднее содержание в интрузиве S 0,05%. По разрезу ее количество скачкообразно меняется от 0,04 в ультрабазитовой зоне до 0,08% в магнетит-габброидо-

## 2. Составы зон и средневзвешенный состав Бураковского интрузива (в %)

Компоненты	Зоны (число анализов)								
	Среднее по УЗ(99)	УЗ-ДП (74)	УЗ-ПП (25)	ПЗ (56)	ГНЗ (33)	ГЗ-1 (22)	ГЗ-2 (42)	МГЗ (56)	Среднее (308)
SiO <sub>2</sub>	34,56	34,60	34,28	50,36	52,89	53,74	54,69	49,97	48,37
TiO <sub>2</sub>	0,07	0,06	0,12	0,22	0,23	0,27	0,46	1,65	0,49
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,40	0,31	1,10	6,92	16,74	16,88	16,61	15,25	11,92
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,72	6,55	8,07	2,06	1,12	1,34	1,65	4,85	3,29
FeO	4,42	4,53	3,56	5,69	4,62	5,87	6,88	9,68	6,17
MnO	0,144	0,143	0,156	0,181	0,134	0,137	0,137	0,155	0,145
MgO	39,03	39,58	34,73	17,38	8,70	7,22	5,34	4,65	14,87
CaO	0,41	0,30	1,24	12,14	11,34	9,77	8,55	8,16	7,52
Na <sub>2</sub> O	0,04	0,04	0,06	1,19	2,76	3,27	3,71	3,68	2,43
K <sub>2</sub> O	0,02	0,02	0,03	0,13	0,30	0,42	0,70	0,55	0,36
H <sub>2</sub> O	1,03	0,99	1,30	0,29	0,18	0,13	0,13	0,13	0,36
п.п.п.	12,49	12,27	14,16	3,05	0,87	0,77	0,94	1,02	3,76
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,047	0,048	0,038	0,048	0,055	0,057	0,095	0,082	0,064
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,192	0,102	0,892	0,352	0,030	0,013	0,012	0,014	0,115
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,010	0,009	0,021	0,021	0,025	0,025	0,032	0,129	0,041
CoO	0,021	0,021	0,020	0,010	0,008	0,008	0,007	0,011	0,012
NiO	0,411	0,420	0,343	0,102	0,030	0,022	0,014	0,014	0,117
CuO	0,002	0,002	0,003	0,038	0,008	0,029	0,034	0,044	0,024
ZnO	0,010	0,010	0,007	0,007	0,005	0,008	0,008	0,010	0,008
Li <sub>2</sub> O	0,0005	0,0005	0,0006	0,0010	0,0011	0,0021	0,0023	0,0021	0,0015
Rb <sub>2</sub> O	0,0002	0,0002	0,0002	0,0003	0,0008	0,0032	0,0024	0,0020	0,0016
Cs <sub>2</sub> O	0,0003	0,0003	0,0003	0,0004	0,0004	0,0006	0,0003	0,0007	0,0005
Сумма	100,03	100,01	100,13	100,19	100,05	99,98	100,00	100,05	100,07
S	0,04	0,03	0,09	0,07	0,02	0,05	0,05	0,08	0,05
BaO	0,009	0,009	0,010	0,005	0,013	0,03	0,036	0,027	0,021
SrO	0,004	0,004	0,002	0,016	0,042	0,043	0,046	0,045	0,033
F	—	21,9	25,2	30,8	39,8	50,0	61,5	75,8	—

Примечание. 1. F 100(FeO Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)/FeO Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> MgO. 2. Анализы химической лаборатории ИГ КарНЦ РАН.

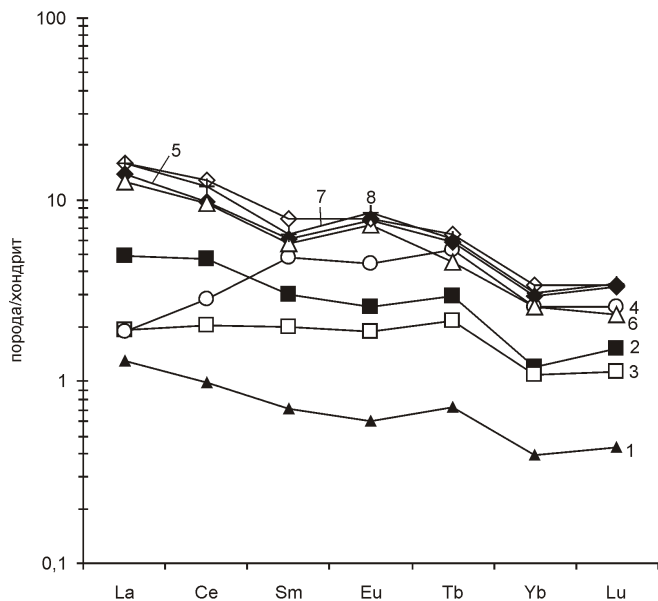
**3. Химический и нормативный составы габброноритов закаленных зон и средние составы дунитов и серпентинитов Аганозерского блока**

Компоненты	Габбронориты				Аганозерский блок	
	Скважина; глубина, м				Аподунитовые серпентиниты*	Дуниты**
	28а; 202	28а; 205	9ЕГ;442,4	9ЕГ;444,3		
SiO <sub>2</sub>	51,72	53,42	57,52	59,02	32,88	38,68
TiO <sub>2</sub>	0,30	0,19	0,61	0,29	0,05	0,08
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15,77	16,11	12,95	12,72	0,16	0,55
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,05	0,90	1,29	1,02	7,92	2,42
FeO	8,05	7,47	6,04	6,46	2,55	9,19
MnO	0,164	0,132	0,13	0,14	0,144	0,129
MgO	7,06	8,97	7,59	6,52	38,44	43,32
CaO	11,08	7,50	9,10	8,11	0,18	0,54
Na <sub>2</sub> O	3,00	3,18	2,69	2,75	0,03	0,06
K <sub>2</sub> O	0,16	0,27	1,25	1,58	0,01	0,03
H <sub>2</sub> O	0,11	0,26	0,27	0,24	1,23	0,34
п.п.п.	1,06	1,45	0,71	0,94	15,77	3,97
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,25	0,11	0,03	—	0,042	0,05
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,065	0,031	0,104	0,080	0,101	0,091
tV <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,05	0,022	0,064	0,050	0,007	0,009
CoO	0,008	0,010	0,010	0,010	0,020	0,022
NiO	0,123	0,025	0,027	0,021	0,385	0,526
CuO	0,321	0,008	0,010	0 012	0,002	0,002
ZnO	0,009	0,008	0,009	0,009	0,011	0,009
toLi <sub>2</sub> O	0,0014	0,0018	0,0051	0,0049	0,0003	0,0007
Rb <sub>2</sub> O	0,0004	0,0009	0,0052	0,0076	0,0002	0,0002
Cs <sub>2</sub> O	0,0002	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0003
Сумма	100,34	100,06	100,41	99,98	99,95	100,02
S	0,65	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04
Q	0,34	0,61	8,05	10,44	—	—
Pl	77,18	52,43	39,37	38,58	—	—
Di	9,29	7,31	23,12	20,84	—	—
Hу	7,97	36,78	20,52	20,13	—	—
Ol	0,00	0,00	0,00	0,00	—	—
Mt	0,74	0,72	1,01	0,81	—	—
ilm	0,28	0,3	0,96	0,46	—	—

*Примечание.* Анализы химической лаборатории ИГ КНЦ РАН.

\*54 анализа (скважины 2, 3, 13, 13 Г, 16 Г, 20, 72).

\*\*16 анализов (скв. 20, интервал 919—1580 м) [7].



**Рис. 1. Распределение редкоземельных элементов в породах Бураковского интрузива:**

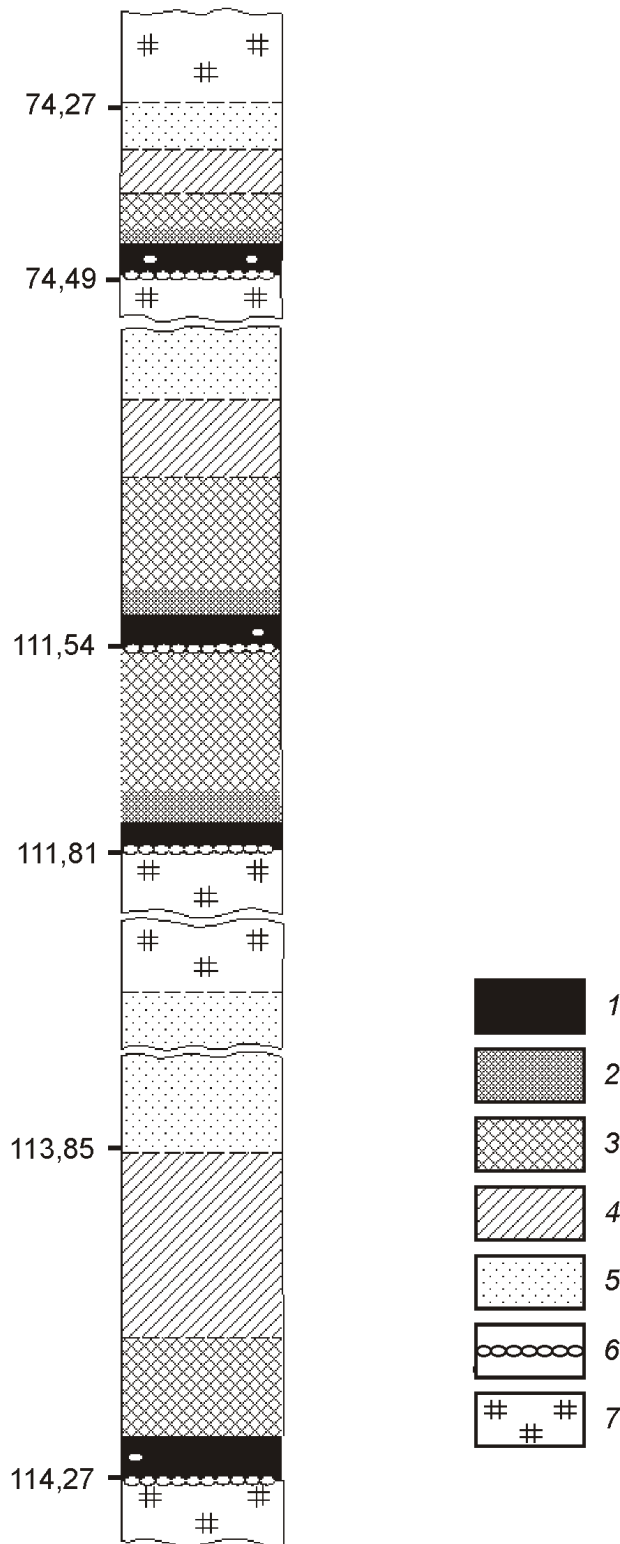
ультраосновная зона: 1 — дунит, (скв. 20/1300), 2 — апоперидотитовый серпентинит (К 1/1-8), 3 — хромитит (ГХГ), 4 — клинопироксенит (ПЗ-1), 5 — габбронорит (ГНЗ); скв.18/108), 6 — габбронорит (ГЗ-I; скв.50/48.9), 7 — габбродиорит (МГЗ; скв.4Е/138,5), 8 — габбронорит зоны закалки (скв.28а /201.8)

ритовой. Максимумы содержания приходятся на переходную зону, с формированием которой связано первое отделение сульфидных капель в расслоенной серии, и зону магнетитовых габбро-диоритов с повышенным количеством халькопирита и пирита.

В Бураковском интрузиве присутствуют все типичные для расслоенных массивов рудные ассоциации: хромовая, железо-титан-ванадиевая, медно-никелевая и золото-платинометаллическая. В настоящее время ведущими по состоянию изученности и практическому интересу выступают хромовая и благороднометаллическая.

**Хром.** В расслоенной серии интрузива хромиты присутствуют повсеместно в ультрабазитовых дифференциатах и спорадически в переходной и габброноритовой зонах. В дунитовой подзоне они представлены аксессуарной мелкой вкрапленностью. На отдельных интервалах их содержание достигает 0,5—1%. В подзоне пойкилитовых перидотитов на уровне верхних 200 м количество хромита возрастает до 2—4% и более. К этой части разреза приурочены все обнаруженные слои вкрапленных и массивных хромитов, наиболее мощный из них — Главный хромитовый горизонт [5], расположен непосредственно в кровле перидотитовой подзоны. Ниже по разрезу на 125 и 165 м находятся Якозерские хромитовые слои мощностью 12—87 см (рис. 2). Вероятно, к этому же уровню разреза принадлежат 7 слоев мощностью 0,5—30 см, вскрытые скв. 84 на юго-востоке Шалозерского блока. В переходной и габброноритовой зонах хромиты встречаются на единичных коротких интервалах в виде неравномерно рассеянных мелких 0,08—0,6 мм идиоморфных включений в пироксенах. Количество хромита от единичных зерен до 1,5% и редко в мелких скоплениях до 3—4%. В части этих зерен наблюдаются магнетитовые каемки и сростания с ильменитом.

Главный хромитовый горизонт представляет собой выдержанный стратиформный пласт мощностью 1,5—5,5 м. Границы пласта относительно резкие, хотя в кровле и подошве на расстоянии первых десятков сантиметров содер-



**Рис. 2. Ритмическая расслоенность хромитсодержащих дунитов и хромитов Якозерских слоев:**

содержание хромита в скв. 15 (в %): 1 — 90—80, 2 — 60—30, 3 — 30—20, 4 — 20—10, 5 — 10—5; 6 — слойки и отдельные зерна оливина; 7 — пироксенсодержащий дунит

жание хромшпинелидов нарастает от 1 до 15%. В Аганозерском блоке форма пласта вогнутая с глубиной погружения в центре 680 м и площадью по овалному выходу под четвертичный покров около 8–3 км. В юго-западном направлении он переходит на Шалозерский блок, где прослеживается в крыльях погружающейся на юго-запад Шалозерско-Бураковской корытообразной структуры [7]. Строение горизонта ритмично-слоистое. В переслаивании участвуют слои оливинового и хромитового составов и слои с их различным соотношением. Мощность слоев от нескольких миллиметров до 2–6 см и более. Содержание хромита от 4–10 в краях до 40–60% в срединной части и до 80% в маломощных слоях густовкрапленных и сплошных хромитов. В целом рудный горизонт состоит из хромитового перидотита с переменным содержанием серпентинизированного оливина, пироксена и хромита. Оливин и хромит представляют кумулятивную матрицу. Авгит и бронзит (10–60%) образуют 0,5–5-см овальные ойкокристаллы, 45–55% объема которых составляют включения оливина и хромита. На всем интервале распространения аксессуарные и рудообразующие хромиты характеризуются одними и теми же морфогенетическими типами. По этапности кристаллизации, фиксируемой выделением оливина и пироксена, хромиты разделяются на три разновидности: 1) тонкие 0,03–0,05 мм идиоморфные единич-

ные включения в оливине; 2) мелкие 0,04–0,15 мм многочисленные равномерно-рассеянные октаэдрического габитуса кристаллы, включенные в ойкокристаллы пироксена; 3) завершение кристаллизации. По существу, он представляет неэкранированные пироксеном хромиты второй разновидности, продолжавшие адкумулятивно расти в интерстициях между ойкокристаллами. В мелких интерстициях они образовывали крупные кристаллы неправильной формы, а в крупных формировали кустовидные гнезда, линзы, состоящие из агрегата 1–3 мм полигональных зерен, сохраняющих нередко кристаллографические очертания. Для них типична плотная упаковка зерен в центральной части и постепенный переход в краях во вкрапленную форму. При этом уменьшается размер зерен и повышается их идиоморфизм. В целом хромиты третьей разновидности в Главном хромитовом горизонте образуют сложную гнездово-полосчатую текстуру, согласную общей слоистости горизонта. Адкумулятивное дорастание эвгедральных зерен хромита наблюдается по всему разрезу ультрабазитовой зоны как среди аксессуарных, так и рудообразующих. В Главном хромитовом горизонте, Якозерских и других слоях на интервалах с небольшим содержанием или отсутствием ойкокристаллов пироксена кумулятивные зерна хромита второй разновидности проходили стадию полного адкумулятивного дорастания с образованием густовкрап-

#### 4. Средние содержания малых элементов в минералах Бураковского интрузива (в г/т)

Зоны	Ti	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Железистость
<i>Оливин</i>								
ГНЗ	108*	204*	0		1948*		394*	Fa <sub>21,9</sub>
ПЗ	300	123	75	220	2671	8	98	Fa <sub>19,7–21,7</sub>
УЗ ПП	6	341	164	197	4039	8	32	Fa <sub>11,2–13,9</sub>
УЗ ДП	21	22	123	191	3796	10	80	Fa <sub>9,1–13,9</sub>
<i>Ортопироксен</i>								
МГЗ	1409	115	4	193	59	88	201	Fs <sub>47,4–64,5</sub>
ГЗ-2	1619	140	0	177	287	60	235	Fs <sub>41,4–45,7</sub>
ГЗ-1	2020	196	43	152	374	75	179	Fs <sub>36,9–38,4</sub>
ГНЗ	1634	129	233	139	668	29	131	Fs <sub>21,4–26,0</sub>
ПЗ	1070	208	1976	128	829	24	178	Fs <sub>17,3–21,8</sub>
<i>Клинопироксен</i>								
МГЗ	2399	270	0	146	140	308	92	F 35,3–44,4
ГЗ-2	2623	375	0	103	220	100	96	F 33,3–36,4
ГЗ-1	2998	446	53	87	270	96	64	F 28,7–32,6
ГНЗ	2818	175	306	79	453	35	92	F 18,7–21,9
ПЗ	1918	459	3891	79	520	26	56	F 14,1–19,5
УЗ ПП	1439	351	7363	88	506	29	73	F 8,7–14,3
УЗ ДП	3507*	279*	9613*		612*		243*	F 7,2–9,5

Примечание. 1. Химический и атомно-абсорбционный анализы лаборатории ИГ КНЦ РАН; 2. F 100 (Fe<sup>2+</sup> Fe<sup>3+</sup> Mn)/Fe<sup>2+</sup> Fe<sup>3+</sup> Mn Mg. \*рентгено-спектральный анализ.

ленных и сплошных хромитов. Различные по форме выделения разновидности хромитов не зональны и имеют близкие составы. По разрезу снизу вверх на всем интервале распространения в них уменьшается содержание Cr и увеличивается Fe, Ti, V (таблицы 5, 6). Аксессуарные хромиты дунитовой подзоны отличаются наибольшим содержанием глинозема и наиболее низким Fe и Ni. Хромиты переходной зоны — пироксениты кровли Главного хромитового горизонта (ПЗ-1) и горизонта ультрабазитов (ПЗ-3) отличаются от рассмотренных ультрабазитовой зоны высоким содержанием Fe, Ti, Va и низким Cr и Mg. Хромиты ультрабазитов краевой зоны интрузива (скважины 67 и 37, Шалозерский блок), близкие по уровню залегания Аганозерскому Главного хромитового горизонта и Якозерским слоям, существенно отличаются от них высоким содержанием Fe, низким Cr (см. табл. 6) и появлением магнетитовых каемок. По составу они ближе хромитам ПЗ-1 и ПЗ-3. По классификации Н.В.Павлова, хромиты ультрабазитовой зоны относятся к субферриалюмохромиту, а хромиты переходной зоны — к ферриалюмохромиту. Главный хромитовый горизонт — основа промышленно-перспективной хромитоносности интрузива. В настоящее время он хорошо изучен и опоискован в Аганозерском блоке и представляет собой Аганозерское месторождение. Руды месторождения по текстурным особенностям и составу

близки хромитам Стиллиуотерского и Буш-вельдского интрузивов. Они среднехромистые, с повышенной железистостью, невысокой глиноземистостью и магнезиальностью, содержат повышенные количества Ti, V и в качестве примесных компонентов — платиноиды.

**Медь, никель.** Медно-никелевые сульфиды в интрузиве не образуют крупных скоплений. Они присутствуют в верхней части разреза выше ультрабазитовой зоны в форме рассеянной мелкой вкрапленности и отдельных слоев обогащения с содержанием от долей процента до 5% редко. Наибольшие концентрации встречаются в эндоконтактной зоне, в породах переходной и габброидных зонах.

Состав минеральных ассоциаций сульфидов закономерно изменяется по разрезу от халькопирит-пентландитовой в ультрабазитовой зоне и пентландит-халькопирит-пирротиновой в переходной к пирит-пентландит-халькопирит-пирротиновой в габбро-норитовой и до пирротин-халькопиритовой и халькопиритовой в зонах габбровой и магнетитовых габбро-диоритов. Соответственно эволюционирование составов сульфидов шло в направлении смены никелевых фаз медистыми. Наиболее «богатые» и высокосернистые сульфидные ассоциации сформировались в верхней части ритмично-расслоенного интервала переходной зоны и в основании габброноритовой. Анализ состава парагенетических ассоциаций сульфидов приводит к выводу о низкой концен-

#### 5. Состав хромитов по разрезу расслоенной серии (в %)

Компоненты	Зона, подзона								
	Ультрабазитовая, дунитовая		Ультрабазитовая, перидотитовая		Переходная, ПЗ-1		Переходная, ПЗ-3		Ультрабазитовая, ПП
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SiO <sub>2</sub>	—	—	2,11	1,06	1,50	0,57	2,00	2,28	2,10
TiO <sub>2</sub>	0,819	0,703	0,72	1,25	1,25	1,75	1,30	3,01	1,38
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15,825	13,252	7,40	9,41	9,86	10,71	15,66	9,62	13,34
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	49,206	52,241	49,62	49,56	49,24	44,42	38,53	31,50	41,62
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	—	—	9,36	7,80	6,24	11,76	14,79	20,06	13,75
FeO	20,501	22,664	19,60	22,67	21,33	21,84	18,78	28,94	19,45
MnO	0,622	0,683	0,233	—	0,216	—	0,280	0,383	0,30
MgO	11,192	8,612	9,97	7,65	9,64	8,10	7,68	3,66	7,19
CaO	—	—	0,00	0,08	0,02	0,40	0,10	0,00	0,130
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,251	0,263	—	0,197	0,227	0,272	0,270	0,420	0,181
CoO	—	—	0,049	0,049	0,038	0,040	0,063	0,055	0,067
NiO	0,144	0,141	0,217	0,165	0,194	0,184	0,220	0,297	0,225
CuO	—	—	0,004	0,000	0,003	0,000	0,008	0,003	0,009
ZnO	0,311	0,293	0,080	0,094	0,068	0,089	0,128	0,121	00,116
Сумма	98,87	98,85	99,36	99,63	99,83	100,14	99,81	100,35	99,86

*Примечание.* Аксессуарные хромиты: 1 — скв. 13Г/218,1; 2 — скв. 13Г/75,2); 3 — Якозерский хромитит скв. 15/111,8; 4 — вкрапленный хромит, подошва Главного хромитового горизонта, К1/14; 5 — средний состав хромитов Главного хромитового горизонта (7 ан.); 6 — гнездово-вкрапленный хромит кровли Главного хромитового горизонта, клинопироксенитовая подзона, К1/32-35; вкрапленный хромит, верлитовая подзона: 7 — скв. 22Г/249,3; 8 — скв. 68/363; 9 — хромит краевой зоны (скважины 37, 67), среднее из 5 [9]; 1, 2 — микронзондовые определения, 3—9 — химические анализы монофракций, лаборатория ИГ КНЦ РАН.



6. Состав хромитов Главного хромитового горизонта Аганозерского блока (в %)

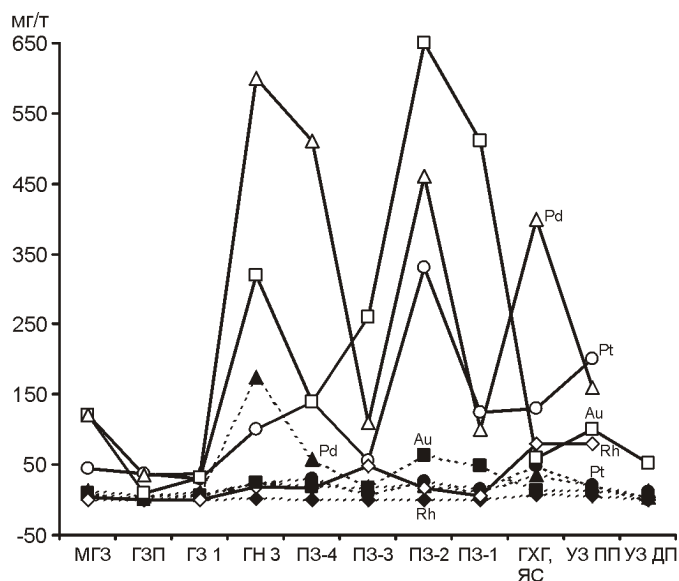
Компоненты	Разрез по канаве 1, обнажение 984 (снизу вверх)							Нижняя часть продуктивного интервала, скв. 68; глубина, м	
	K1/20-1	K1/19-1	K1/18-1	K1/16	984	K1/24-25	K1/29-31	679	679,5
SiO <sub>2</sub>	1,76	1,97	1,93	0,56	1,68	1,42	1,16	1,30	1,36
TiO <sub>2</sub>	1,01	1,13	1,16	1,40	1,16	1,40	1,50	1,03	0,95
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11,19	10,45	9,06	9,00	10,29	9,01	10,07	7,97	8,38
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	48,57	48,99	49,95	49,68	51,22	50,45	45,81	52,85	51,28
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,86	4,52	4,96	8,20	5,98	3,65	10,54	10,02	11,34
FeO	20,50	21,61	22,10	19,18	18,74	23,73	23,84	16,12	18,40
MnO	0,232	0,22	0,225	—	0,175	—	—	0,22	0,28
MgO	10,09	10,51	9,59	10,98	10,22	9,61	6,53	9,90	7,81
CaO	0,00	0,00	0,00	0,08	0,03	0,08	0,00	0,05	0,10
Na <sub>2</sub> O	—	—	—	0,00	—	0,06	0,02	—	—
K <sub>2</sub> O	—	—	—	0,01	—	0,01	0,01	—	—
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	—	—	—	—	—	0,212	0,222	0,162	0,100
CoO	0,039	0,038	0,038	0,024	0,029	0,046	0,051	—	—
NiO	0,224	0,235	0,233	0,155	0,151	0,209	0,151	0,205	0,190
CuO	0,004	0,006	0,004	0,002	0,002	0,000	0,000	0,007	0,007
ZnO	0,076	0,069	0,075	0,050	0,045	0,073	0,091	0,062	0,080
Сумма	99,56	99,75	99,33	99,32	99,72	99,96	100,00	99,90	100,28

Примечание. Анализы химической лаборатории ИГ КНЦ РАН.

трации серы в исходной магме, вследствие чего ожидать присутствия рудных залежей маловероятно.

**Платиноиды.** Системные исследования платиноносности интрузива начались в 1984 г., в результате чего были получены данные по содержанию и распределению элементов платиновой группы в породах всех зон, установлены рудно-формационные типы минерализации платинометалльный малосульфидный и элементов платиновой группы, содержащий окисный хромитовый. Впервые описаны минеральные формы платиноидов в хромититах и сульфидсодержащих горизонтах [1, 6, 9]. Наиболее низкими содержаниями элементов платиновой группы характеризуются ранние дунитовые и поздние габброидные дифференциаты (рис. 3, табл. 7, 8). Сумма Pt, Pd, Rh в пойкилитовых перидотитах составляет в среднем 46 и максимальная 440 мг/т. Их повышенные количества в подзоне установлены в хромититовых горизонтах. В Главном хромитовом горизонте по результатам опробования в коренном выходе содержание Pt, Pd, Rh в среднем 72 мг/т, а с учетом хромититов Якозерского (ЯС-91) максимальное 610 мг/т. В пойкилитовых перидотитах и хромититах Au составляет в среднем 14 мг/т и не превышает 100 мг/т. По данным работы [9], хромититы Главного хромитового горизонта содержат (в мг/т): Pt 35—135, Pd 50—130 и Au 10. В разрезе горизонта (снизу вверх) их количество постепенно снижается. Более высокие содержания Pt Pd до 4,4 г/т приведены в

публикации [2]. Появление аномальных количеств Pt и, вероятнее всего, Pd в отдельных пересечениях горизонта связано с присутствием в хромититах повышенных количеств Cu-Ni сульфидов, что в целом для горизонта не характерно. Наиболее высокие концентрации платиноидов находятся в макро- и микрослоистых горизонтах переходной зоны и нижней части габброноритовой. Во всех случаях они связаны с горизонтами убогой (0,5—3%) сульфидной минерализацией. В клинопироксенитовой подзоне (ПЗ-1) среднее содержание ЭПГ 27 и максимальное Pt 125, Pd 100 и Au 48 мг/т. Пироксенит-габбронорит-анортозитовая полосчатая подзона (ПЗ-2) характеризуется более высоким содержанием (в мг/т) ЭПГ в среднем 48 и Au 63, максимальные содержания достигают Pt 330, Pd 460 и Au 3700. В вебстеритовой подзоне (ПЗ-3) с маркирующим горизонтом хромитсодержащих гарцбургитов и бронзититов среднее содержание ЭПГ 27 и Au 16 мг/т. Верхняя полосчатая подзона (ПЗ-4), содержит наибольшее количество платиноидов (в мг/т): среднее 88, максимальное — Pt 140, Pd 510, Au 140. В габброноритовой зоне (в мг/т): нижней полосчатой части разреза Pt и Pd составляют 10—152, в пробах 5 — 226—297 и 6 — 349—637; Rh присутствует в количестве 15—17; Au об—99 и до 110—320. Гиперстеновое габбро (ГЗ-1, ГЗ-2) в среднем содержит Pd — 7, Pt — 5. В редких пробах Pt, Pd, Au достигают 20—40 мг/т. Зона титаномagnetитовых габбро-диоритов по сравнению с габ-



**Рис. 3.** Распределение средних и максимальных содержаний элементов платиновой группы и золота по зонам Бураковского интрузива (в мг/т):

содержания: пунктирные линии — средние, сплошные — максимальные

бровой характеризуется близким или чуть более высоким содержанием (в мг/т): ЭПГ 15—25 и лишь в единичных пробах с рассеянной халькопиритовой и пиритовой минерализацией составляют Pt до 30, Pd 50—120 и Au 36—120.

В сульфидсодержащих эндоконтактовых пироксенитах (скв. 28а, интервал 199,5—201,3 м) и габброноритах непосредственного контакта с вмещающими породами (интервал 201,3—202,7 м) сумма Pt и Pd составляет соответственно 46 и 68 мг/т, Pt/Pd — 0,59 и 0,39. В пределах рас-

смотренного интервала высокой концентрации платиноидов (1—4 подзоны переходной зоны) работами Карельской геологоразведочной экспедиции (ГУП КГЭ) [2] выявлены перспективные горизонты с содержанием (в г/т): ЭПГ 3 и Au 17,2 в пироксенитах ПЗ-1 и до 6,5 в полосчатом интервале маркирующего пироксенит-гарцбургитового горизонта ПЗ-3. Кроме того, в пойкилитовых перидотитах краевой зоны Шалозерского блока определено содержание ЭПГ 2,2 г/т. Этими же авторами выделяется на Шалозерском блоке и в зоне сочленения с Аганозерским эпигенетический тип золото-платинометалльной минерализации, связанный с наложенными меридиональными линейными тектоническими зонами. На наш взгляд, не исключая вероятного локального проявления благороднометалльной минерализации, связанной с поздними гидротермально-метасоматическими процессами, выделение масштабного эпигенетического оруденения на данном этапе изученности не обосновано. К тому же, текстурно-структурные особенности минерализации и состав рудных парагенезисов полностью соответствуют минерализации стратиформных горизонтов. Соотношение Pt и Pd по разрезу интрузива в отдельных случаях колеблется, но по подавляющему большинству анализов устанавливается преобладание палладия в верхней части интрузива (МГЗ, ГЗ, ГНЗ, ПЗ-4 и ПЗ-3) и преобладание платины в нижней (ПЗ-2, ПЗ-1, ГХГ, ПП).

Минеральные формы платиноидов впервые определены в сульфидсодержащих горизонтах пироксенитов и габброноритов переходной зоны [10]. Они состоят из теллуридов и висмутидов Pt и Pd (мончеит, меренскит, соболевскит, котульскит, сопчеит, фрудит).

Оксидный тип платиноидной минерализации представлен хромитовыми горизонтами перидотитовой подзоны ультрабазитовой зоны. Анализ рудных проб на весь комплекс элементов платиновой группы нижней части разреза Главного хромитового горизонта в интервале 0,1—0,45 м

#### 7. Содержания Pt, Pd, Rh и Au в Бураковском интрузиве (в мг/т)

Зона, подзона	Число анализов	Pt		Pd		Rh		Au		Сумма элементов платиновой группы	Pt/Pd
		Среднее	Макс.	Среднее	Макс.	Среднее	Макс.	Среднее	Макс.		
МГЗ	26	6	45	14	120	1	3	10	120	21	0,43
ГЗП	14	4	37	5	35	0	0	1	9	9	0,80
ГЗ 1	8	7	29	12	38	0	0	6	31	19	0,58
ГНЗ	30	25	100	175	600	2	18	25	320	202	0,14
ПЗ-4	27	29	140	58	510	1	16	19	140	88	0,50
ПЗ-3	45	8	55	18	110	1	49	16	260	27	0,44
ПЗ-2	76	27	330	21	460	0	16	63	3700	48	1,29
ПЗ-1	42	15	125	12	100	0	5	48	510	27	1,25
ГХГ, ЯС	20	48	130	36	400	7	80	14	60	91	1,33
УЗ ПП	16	21	200	20	160	5	80	13	100	46	1,05
УЗ ДП	8	1	11	3	14	0	0	5	53	4	—

Примечание. Пробирно-спектральный анализ, ЦНИГРИ (Москва, Тула)



### 8. Содержания Pt, Pd, Rh и Au по разрезу Главного хромитового горизонта (в мг/т)

Интервал снизу, м	Штуфные пробы	Pt	Pd	Rh	Au	ЭПГ	Pt/Pd
0—0,6м	K1/21	86	11	4	17	101	7,82
	K1/20	63	4	4	12	71	15,75
	K1/19	42	19	0	54	61	2,21
	K1/18	42	7	4	16	53	6,0
	K1/17	36	134	4	25	174	0,27
0,8—1,8	984/8	0	6	0	0	6	
	984/6	22	31	0	0	53	0,71
	984/5	16	34	0	0	50	0,47
	984	67	13	26	69	175	5,15
	K1/24	74	43	0	5	117	1,72
	K1/26	0	35	0	2	35	
2—2,4	984/3	20	110	0	0	130	0,18
	K1/31	26	14	0	1	40	1,86
	K1/32	30	17	0	3	47	1,76
2,4—3,1	K1/38	14	15	0	4	29	0,93
Среднее		36	33	3	13	72	1,09

Примечание. 1. Аганозерский блок, канава 1, обн. 984. 2. Пробирно-спектральный анализ, ЦНИГРИ (Москва, Тула)

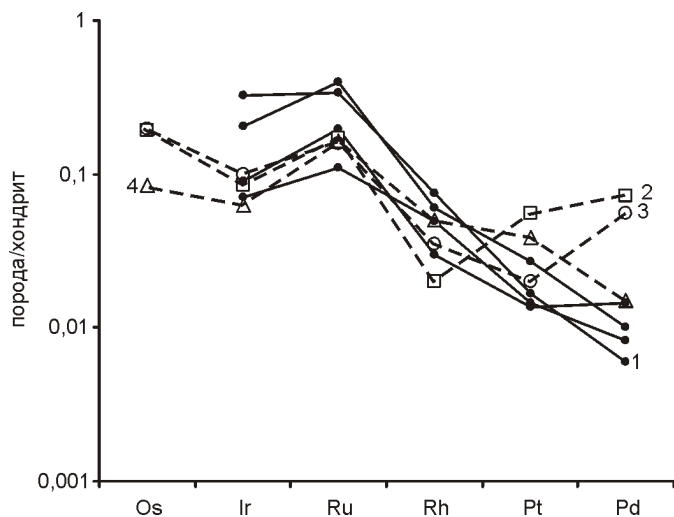
от подошвы и бороздовой пробы, включающей наиболее продуктивную на хром ( $Cr_2O_3$  27,5%) нижнюю и среднюю части разреза, мощностью 1,8 м (табл. 9), показывает существенное преобладание тугоплавких платиноидов [6, 8]. В среднем по совокупности содержания элементов платиновой группы составляют (в мг/т): Ru 110—119 Os 100 Pt 20—57 Ir 46—54 Pd 30—39 Rh 4; Au 18—30. ЭПГ до 326, Pt/Pd — 1,4.

Таким образом, геохимическая специализация платиноидов Главного хромитового горизонта отличается от сульфидассоциированных типов преобладанием тугоплавких платиноидов. Отношение  $\frac{Pt}{Os} \frac{Pd}{Ir} \frac{Ru}{Ru}$  в Главном хромитовом горизонте 0,19—0,36, что ближе геохимической специализации ЭПГ хромитовых месторождений альпийно-типовых гипербазитов, в которых оно 0,14—1,12 [4]. Сле-

### 9. Содержания элементов платиновой группы, золота и серебра в хромититах Главного хромитового горизонта (в мг/т)

Проба	Pt	Pd	Rh	Ru	Ir	Os	Au	Ag	ЭПГ
K1/26 б	320	10	—	130	41	10	14	—	501
K1/17	36	134	4	102	50	—	25	—	326
K1/18	42	7	4	142	48	—	16	—	243
K1/20	63	4	4	117	47	—	12	—	235
K1/21	86	11	4	115	39	—	17	—	255
Среднее K1/17-21	57	39	4	119	46	—	18	—	265
ТХ-23 исходная руда	20	30	7	110	54	100	30	200	321
ТХ-23 концентрат	10	30	3	74	29	94	20	200	240
ТХ-23 хвосты	20	30	9	120	47	100	30	200	326

Примечание. K1/17; -26 — штуфные пробы; Pt, Pd, Rh, Au — пробирно-спектральный анализ; Ru, Ir и проба K1/26 б — атомно-абсорбционный (Москва, ЦНИГРИ), ТХ-23 — бороздовая проба, анализы АО «Механопр Аналит».



**Рис. 4.** Средние содержания элементов платиновой группы в хромитовых месторождениях альпийского типа и расслоенных интрузивах Фенноскандинавского щита, нормализованных относительно хондрита:

1 — хромититы альпинотипных ультрабазитов — Оман, Новая Каледония, Северная Калифорния, Турция [3], пунктирные линии: хромититы Бураковского интрузива, разрез Главного хромитового горизонта; 2 — нижняя часть разреза, 3 — бороздовая проба полного разреза; 4 — главный хромититовый слой месторождения Кеми (Финляндия)

дую по пути альпинотипного распределения, платиноиды Главного хромитового горизонта несколько уступают по степени фракционирования и имеют некоторую начальную тенденцию роста Pt и Pd (рис. 4). Близкую величину  $\frac{Pt}{Pd}$  0,19—1,2 имеют хромититовые горизонты Os Ir Ru

В-К перидотитовой зоны Стиллиуотерского массива, кроме промышленного на элементы платиновой группы пласта А, в котором оно составляет 3,14. В хромитоносных горизонтах Бушевельда Pt и Pd значительно преобладают над редкими элементами платиновой группы. Их отношение изменяется от 3,12 в UG-2 до 10,6 в рифе Меренского [4]. На Фенноскандинавском щите к обсуждаемому типу распределения таких элементов может быть отнесен главный хромититовый слой месторождения Кеми (Финляндия), величина отношения в котором 0,25 [12]. Минералы платиновой группы в Главном хромитовом горизонте представлены лауритом состава (в %) Ru 48,1—52,5, Os 5,7—14,7, Ir 2,4—5,7, Fe 0,2—0,4, S 35,4—36,9, образующим включения в хромите размером 10 мкм [1].

**Железо, титан, ванадий.** Ильменит-магнетитовая минерализация локализуется в базитовой части разреза интрузива. Она сменяет хромшпинелиды и представлена магнетитом, ильменитом, гематитом, рутилом. В породах переходной зоны на границе с ультрабазитовой в ассоциации с хромшпинелидами появляются в незначительных количествах рутил и ильменит. Выше по разрезу в переходной зоне и подошве габброноритовой они сменяются ассоциацией гематит-ильменита, в которой гематит присутствует в виде субмикроскопического распада твердого раствора. Содержание гематит-ильменита большей частью не превышает 0,1%. В габброноритовой и габбровой зонах стабильно присутствует в количестве 1—3% магнетит, со-

стоящий из двух, реже трех фаз: магнетит ильменит шпинель. Одновременно могут присутствовать самостоятельные зерна ильменита.

Наибольшая концентрация минералов ильменит-магнетитовой ассоциации приурочена к зоне магнетитовых габбро-диоритов. Преобладает в данной ассоциации титаномагнетит, находящийся часто в сростках с ильменитом. Самостоятельные зерна ильменита распространены ограниченно. В титаномагнетите содержится  $V_2O_5$  0,5—1,7% и  $TiO_2$  3,7—5,5%. Очевидно, этот минерал связан с ильменитовой фазой, образующей пластинчатую структуру распада твердого раствора. Учитывая невысокое содержание минералов ильменит-магнетитовой ассоциации, не превышающей большей частью 15% и низкое содержание ванадия, следует заключить, что данная минерализация в практическом отношении не интересна.

Бураковский массив не имеет принципиальных различий с другими представителями формации расслоенных перидотит-пироксенит-габброноритовых интрузивов, но, как и каждый из них, он обладает индивидуальными особенностями строения, состава, минералогии, геохимии и рудоносности. К таким особенностям прежде всего относятся большая мощность ультрабазитов в основании разреза, наличие промышленного горизонта хромитовых руд, некоторое преобладание клинопироксенитовой минеральной ассоциации и широкое проявление адкумулятного и гетерадкумулятного типов кристаллизации, сопровождавших образование расслоенных кумулатов. Распределение большинства химических элементов, и локализация рудных концентраций в вертикальном разрезе контролировались кристаллизационной дифференциацией. Вариации химизма устанавливаются также в латеральном профиле. Породы краевых частей интрузива содержат больше K, Na, Ti, P. Хромиты здесь более железистые и низкохромистые, с повышенным содержанием Ti и V. В краевой зоне Шалозерского блока (скв.67) впервые в России описан лаверингит, кристаллизовавшийся из контаминированной магмы в виде ангдральных зерен или кайм вокруг марганецсодержащего ильменита [11]. Хромиты представлены акцессорной кумулатной вкрапленностью и гравитационно-стратиформными слоями. Наибольшая интенсивность их выделения связана с перидотитовой подзоной, резко сокращается и прекращается с началом формирования габброидных зон. Состав хромита вверх по разрезу изменяется в сторону увеличения содержания Fe, Ti, V.

Платиноидная минерализация в интрузиве представлена малосульфидным и оксидным хромитовым типами. Первый связан с переходной и нижней частью габброноритовой зон, в которых маломощные с убогим содержанием горизонты вкрапленных сульфидов являются потенциально перспективными, заслуживающими внимания и привлечения средств для проведения дальнейших поисково-оценочных работ. Минерализация редких элементов платиновой группы связана с хромититами Главного хромитового горизонта и представлена лауритом. Практического интереса эта минерализация не представляет. Платиноиды образуют микрозернистые включения в хромшпинелидах и их общее содержание, вместе с Pt и Pd, в основном не превышает 0,8 г/т. Вместе с тем Ru-Os-Ir специализация элементов платиновой группы интересна в петрологическом аспекте как индикатор высокотемпературных условий образования подобных хромитоносным ультрабазитам офиолитовых комплексов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Барков А.Ю., Леднев А.И., Трофимов Н.Н., Лавров М.М. Минералы серии лаурит-эрликманит из хромитовых горизонтов расслоенных интрузий Карело-Кольского региона // Докл. АН СССР. 1991. Т. 319. № 4. С. 962—965.
2. Ганин В.А., Гриневич Н.Г., Логинов В.Н. Петрология и платиноносность Бураковско-Аганозерской интрузии (Восточное Заонежье) // Платина России. Т. 2. Кн. 2. — М.: Геоинформмарк, 1995. С. 19—23.
3. Кабри Л., Налдретт А. Природа распределения и концентрации элементов платиновой группы в различных геологических средах // XXVII Международный геологический конгресс. Секция с.10. Докл. Т. 10. — М.: Наука, 1984. С. 10—27.
4. Кривцов А.И. Месторождения платиноидов (геология, генезис, закономерности размещения). Рудные месторождения. Т. 18. — Москва, 1988.
5. Лавров М.М., Трофимов Н.Н. Стратиформное хромитовое оруденение в расслоенной интрузии докембрия Карелии // Докл. АН СССР. 1986. № 2. С. 449—452.
6. Лавров М.М., Трофимов Н.Н., Ганин В.А., Логинов В.Н. Элементы группы платины в базитах Восточного Прионежья // Геология и рудогенез докембрия Карелии. Оперативно-информационные материалы. — Петрозаводск, 1991. С. 42—46.
7. Лавров М.М., Трофимов Н.Н., Голубев А.И., Слюсарев В.Д. Геология и петрология Бураковского расслоенного интрузива // Отечественная геология. 2004. № 2. С. 23—30.
8. Лазаренков В.Г., Балмасова Е.А., Глазов А.И., Ошищина Н.М. Распределение элементов платиновой группы в хромититах Бураковско-Аганозерского расслоенного массива (Прионежье) // Известия АН СССР. Сер. геол. 1991. № 9. С. 57—65.
9. Металлогения Карелии / Под ред. С.И.Рыбакова, А.И.Голубева. — Петрозаводск, 1999.
10. Трофимов Н.Н., Барков А.Ю., Леднев А.И., Лавров М.М., Ганин В.А. Первые данные о минералах платиновых металлов в Бураковском расслоенном массиве (Карелия) // Докл. АН СССР. 1990. Т. 315. № 3. С. 703—706.
11. Barkov A. Yu., Pakhomovskii Ya. A., Trofimov N. N., Lavrov M. M. Loveringite: a first occurrence in Russia, from the Burakovsky layered intrusion. Karelia // N. Jb. Miner. Mh. 1994. № 3. P. 101—111. Stuttgart 1994.
12. Lahtinen J. J., Alapieti T. T., Halkoaho T. A., Huhtelin T. A., Iljina M. J. PGE mineralization in the Tornio-Narankavaara layered intrusion belt. // 5<sup>th</sup> International Platinum Symposium. Espoo, 1985. P. 43—58.

УДК 553.411 (470.55/.57)

Коллектив авторов, 2006

## Золоторудные месторождения «черносланцевого» типа на Южном Урале и закономерности их размещения

Ч.Х.АРИФУЛОВ (ЦНИГРИ), Д.В.ПЛУГИН (Оренбургнедра), В.Г.ЧЕРНОЯРОВ (Челябинскнедра), М.П.ОВСЯННИКОВ, И.В.АРСЕНТЬЕВА, А.В.ЩЕРБАКОВА (ЦНИГРИ)

Укрепление сырьевой базы на золото Южно-Уральского региона и открытие новых золоторудных объектов может быть реализовано путем пересмотра существующих прогнозно-поисковых построений и применения современных методов структурно- и рудно-формационного анализов, учитывающих новые данные полученные при геологическом доизучении и поисковых работах на данной территории. В первую очередь это необходимо для переоценки сырьевого потенциала провинции на выявление крупно-объемных месторождений «черносланцевой» формации и развитых по ним золотоносных кор химического выветривания. Результаты научно-исследовательских и геолого-разведочных работ последних лет в ряде рудных районов Южного Урала показали потенциально высокие перспективы золотоносности площадей, сложенных нижнекаменноугольными углеродисто-терригенными отложениями. В основу данной статьи положена работа по созданию специализированной прогнозно-металлогенической карты Южного Урала масштаба 1:500 000, составленной с учетом результатов геологосъемочных, поисковых и разведочных работ, проводившихся различными геологическими организациями в Челябинской и Оренбургской областях, а также по результатам собственных исследований авторов на данной территории. Анализ полученных данных позволил уточнить закономерности размещения золоторудных месторождений «черносланцевого» типа и локализовать площади первой очереди для постановки поисковых работ, проведение которых может обеспечить существенный прирост прогнозных ресурсов золота.

Эффективность прогноза и поисков золоторудных месторождений в «черносланцевых» комплексах связана с уровнем разработанности геолого-генетических и поиско-

вых моделей, учитывающих все многообразие геологических обстановок формирования промышленных рудных концентраций данного типа. В настоящее время существующие варианты моделей в достаточной степени отражают главные закономерности формирования и локализации месторождений рассматриваемых типов [3, 4] и могут быть использованы для прогнозно-металлогенических построений, в т.ч. и для Южно-Уральской провинции.

Золоторудные месторождения «черносланцевого» типа, относящиеся к золотосульфидно-углеродистому ряду рудных формаций образуются в различных геологических обстановках. В данном ряду обычно выделяются следующие рудные формации: золотосульфидная с прожилково-вкрапленным арсенопирит-пиритовым, пирротин-пиритовым или пиритовым типами минерализации, золото-сульфидно-кварцевая и золото-кварцевая с жильно-прожилковыми образованиями, в которых, как правило, широко развиты микропарагенезисы золота с сульфидами Cu, Pb, Zn и сульфоантимонитами. В некоторых золоторудных провинциях, в частности, в Кызылкумо-Нуратинской, золотосодержащая серебро-сульфоантимонитовая ассоциация проявляется в значительных количествах с формированием субформации золотосеребряных месторождений «черносланцевого» типа [1].

В пределах золоторудных полей и месторождений вкрапленные и жильно-прожилковые образования различного минерального состава характеризуются различными типами пространственных и структурных соотношений. При этом формирование богатых рудных концентраций обычно связано с совмещением разновозрастных парагенезисов в локальных структурах растяжения зон складчато-сколовых дислокаций. Крупнообъемное оруденение «черносланцево-