



АКЦЕССОРНЫЕ СУЛЬФИДЫ ИЗ ХРОМИТИТОВ ХАРЧЕРУЗСКОГО УЛЬТРАМАФИТОВОГО МАССИВА, ПОЛЯРНЫЙ УРАЛ

Объектом исследования является акцессорная сульфидная минерализация, выявленная в массивных хромититах Харчерузского ультрамафитового массива, входящего в состав Хадатинского офиолитового пояса, замыкающего на севере офиолитовые комплексы Полярного Урала. Выделены три парагенетические ассоциации акцессорных сульфидов, связанные с различными процессами становления и преобразования вмещающих их хромититов. Охарактеризованы их типоморфные и химические особенности.

Ключевые слова: Полярный Урал, офиолиты, Харчерузский массив, ультрамафиты, хромититы, акцессорные сульфиды, химизм, генезис.

Ультрамафиты офиолитовых комплексов являются составной частью мафит-ультрамафитовых поясов складчатых областей и привлекают повышенное внимание исследователей как с позиции генезиса из-за их мантийной природы образования и связи с ранними этапами развития складчатых сооружений, так и с позиции рудоносности – своей промышленной хромитоносностью с включением минералов ЭПГ, асбестоносностью и никеленосностью латеритного типа (коры выветривания).

Из рудной минерализации, отмечаемой в реститовых ультрамафитах, только минералогия шпинелидов и минералогия минералов ЭПГ являются к настоящему времени наиболее хорошо изученными разделами. Другие встречающиеся здесь же акцессорные рудные минералы (самородные фазы, сульфиды, сульфосенниды, арсениды) в публикациях освещены значительно слабее.

Основные сложности в поиске и интерпретации акцессорных рудных минералов в реститовых ультрамафитах связаны с их крайне малыми размерами (5–20 мкм, редко – до 2 мм), а также с их незначительным содержанием в породах (от 0,01 до 0,2 %). С помощью рентгеноспектрального микроанализа проанализированы акцессорные сульфиды в хромититах слабоизученного Харчерузского ультрамафитового массива, входящего в состав Хадатинского офиолитового пояса, замыкающего на севере офиолитовые комплексы Полярного Урала [6].

Геологическое строение исследуемого массива. Харчерузский ультрамафитовый массив – южный фрагмент Хадатинского офиолитового пояса, который замыкает на севере офиолитовые комплексы Полярного Урала (рис. 1). Согласно геолого-геофизическим данным, полученным при проведении групповой геологической съёмки масштаба 1:50 000 (по данным А. К. Афанасьева, 1984 г.), он является самостоятельным и отделён от более крупного ультрамафитового массива Сьюм-Кей метаморфизованными габбро и амфиболитами. Вероятно, может быть эрозионно-тектоническим

**Юричев
Алексей Николаевич**

кандидат геолого-минералогических наук
доцент кафедры петрографии
juratur@sibmail.com

ФГАОУ ВО «Национальный
исследовательский Томский
государственный университет»,
г. Томск

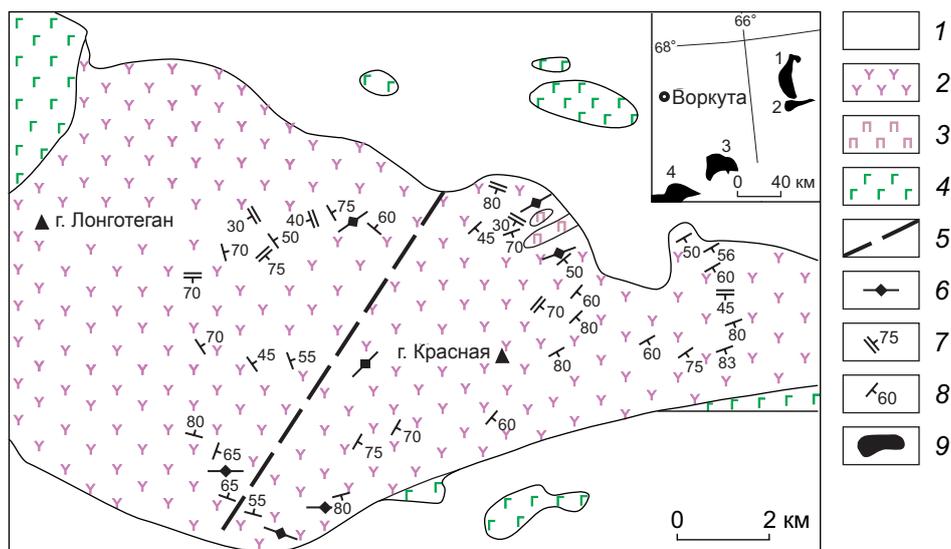


Рис. 1. СХЕМАТИЗИРОВАННАЯ ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА ХАРЧЕРУЗСКОГО МАССИВА И ЕГО ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ПОЛОЖЕНИЕ (врезка) В СТРУКТУРЕ ПОЛЯРНОГО УРАЛА [7]:

1 – четвертичные отложения; 2 – дуниты, гарцбургиты; 3 – верлиты, клинопироксениты; 4 – габброиды; 5 – разлом; элементы залегания: 6 – хромитовых тел, 7 – уплощённости зёрен оливина, 8 – кливажа пластического течения; 9 – массивы ультрамафитов: 1 – Сyum-Кeу, 2 – Харчeрyзский, 3 – Рай-Из, 4 – Войкаро-Сыннинский

клином данного массива. Харчeрyзский массив представляет собой пластинообразное тело субширотного простирания протяжённостью ~ 18 км при максимальной ширине в западной части ~ 7 км. В центральной части он разделён разломом северо-восточного простирания на западный и восточный блоки.

Вмещающие массив метаморфические образования представлены: на севере и северо-западе – амфиболитами, на юге – пироксеносодержащими амфиболитами. Характер контактов ультрамафитов с окружающими породами повсеместно тектонический. С юго-востока к ультрамафитам массива непосредственно примыкают сосюритизированные габбро.

Харчeрyзский массив сложен преимущественно рестирированными дунитами и их серпентинизированными разностями. Среди дунитов иногда (чаще в западной части) встречаются уцелевшие реликтовые участки гарцбургитов, а также отмечаются мелкие тела габброидов, обычно интенсивно метасоматически изменённые. В экзоконтактных зонах габброидов устанавливаются верлиты и клинопироксениты, которые, вероятно, являются высокотемпературными реакционно-метасоматическими образованиями [7].

Среди дунитов выявлены линейные и линзообразные тела хромититов, имеющие преимущественно субширотное простирание. Мощность отдельных тел обычно менее 1 м, протяжённость до 10 м. Рудные тела нередко группируются в рудные субширотные зоны, в которых количество хромшпинелидов существенно возрастает и может значительно варьироваться от 10 до 50–90 %, с образованием от убоговкрапленных до густовкрапленных и сплошных рудопроявлений [12].

Ультрамафиты массива претерпели интенсивные пластические деформации и постоянно обнаруживают признаки метаморфических пород в виде уплощённости зёрен оливина, а также кливажа пластического течения, представленного очень тонкой плитчатой отдельностью.

Методика исследования. Использовался традиционный подход минераграфического изучения рудных минералов с определением химического состава фаз рентгеноспектральным микроанализом с применением метода растровой электронной микроскопии [15]. Последний метод включал изучение отдельных зёрен аксессуарных сульфидов и их агрегатов на сканирующем электронном микроскопе с последующим энергодисперсионным и волнодисперсионным микроанализом. Использо-

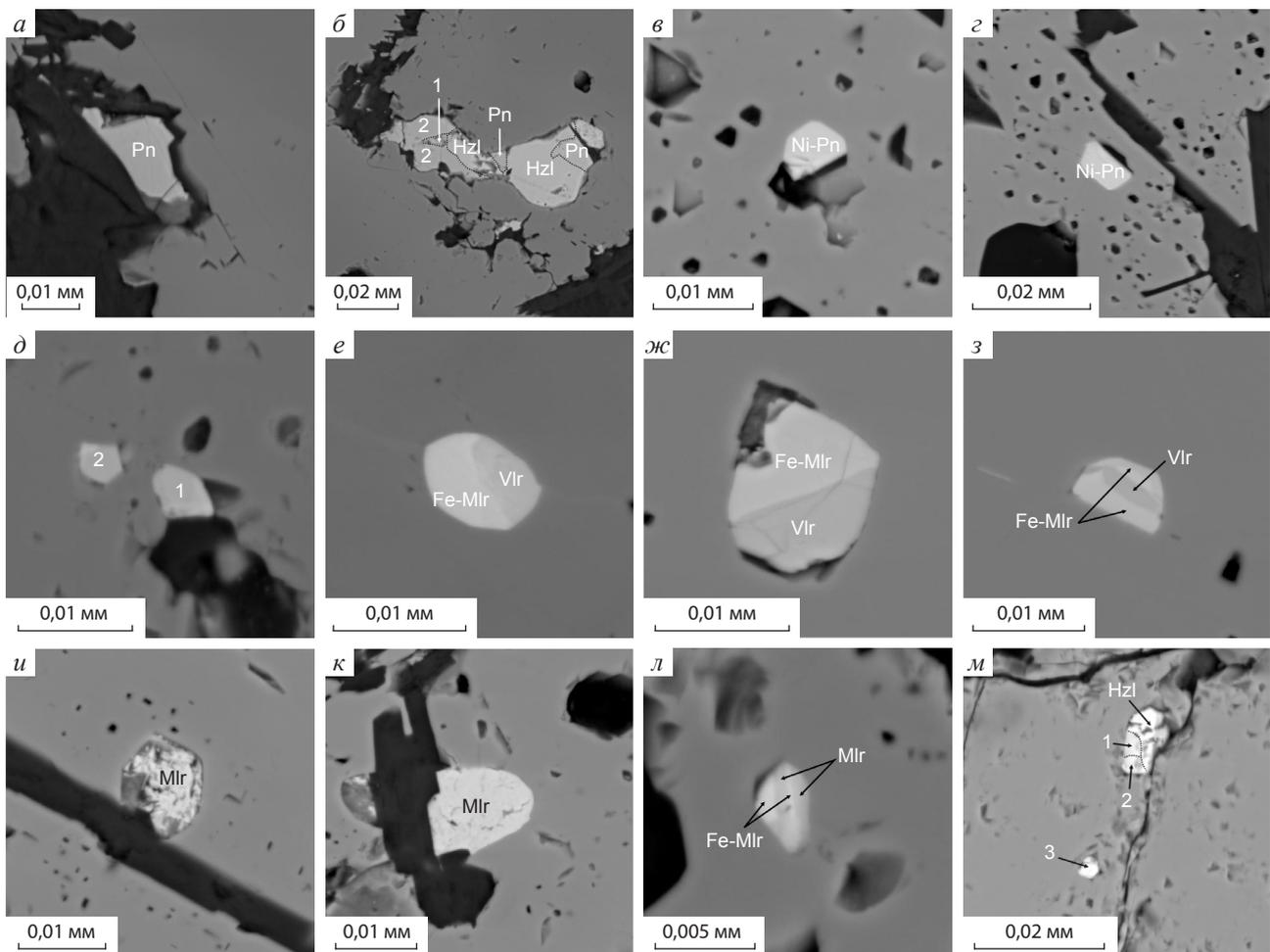


Рис. 2. АКЦЕССОРНАЯ СУЛЬФИДНАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ ИЗ ХРОМИТИТОВ ХАРЧЕРУЗСКОГО УЛЬТРАМАФИТОВОГО МАССИВА (режим BSE):

Pn (Ni-Pn) – пентландит (никелистый пентландит); Vlr – виоларит; Mlr (Fe-Mlr) – миллерит (железистый миллерит); Hzl – хизлевудит. Незазванные сульфидные минеральные фазы: 1 – $(\text{Ni,Fe})_6\text{S}_5$, 2 – $(\text{Ni,Fe})_5\text{S}_4$, 3 – Ni_7S_4

вались электронные микроскопы Tescan Mira 3 LMU с энергодисперсионным детектором UltimMax100 (Oxford Instruments), Tescan Vega II LMU с энергодисперсионной (с детектором Si(Li) Standard) INCA Energy 350 и волнодисперсионной INCA Wave 700 приставками. Перед исследованием из отобранных образцов дунитов и хромититов были изготовлены плоскопараллельные аншлифы толщиной 3–4 мм с последующим напылением на изучаемые поверхности слоя углерода (~ 25–30 нм). Измерения проводились на вольфрамовом катоде при ускоряющем напряжении 20 кВ, текущем токе 15 нА и времени набора спектра 120 с. Диаметр пучка зонда ~ 2 мкм. В качестве эталонов сравнения

применялись стандарты MAC (55 standard Universal Block Layout+F/Cup № 6835).

Все анализы выполнены в ЦКП «Аналитический центр геохимии природных систем» ТГУ (г. Томск, аналитик Е. В. Корбовяк). Расчёты химических составов проводились по программе INCA-Issue 18b и дополнительным авторским программам.

Анализ полученных результатов. Исследование акцессорной минерализации выполнено в средне-густовкрапленных хромититах Харчерузского массива, состоящих в основном из мелко-среднезернистого (0,5–3,0 мм) агрегата зёрен хромшпинелидов, сопровождающихся небольшим количеством силикатов, представленных серпентином и

хромсодержащим хлоритом – киммереритом с примесью талька. Хромшпинелиды по химическому составу соответствуют преимущественно хромитам и, в меньшей степени, субферрихромитам. Они умеренно высокохромисты ($Cr_2O_3 \sim 53-65\%$) при магнезиальности ($MgO \sim 5-9\%$) и глинозёмистости ($Al_2O_3 \sim 3-8\%$).

Выявление изученной аксессуарной минерализации в отобранных образцах хромитов стало возможно только путём их детального изучения под микроскопом. В ходе диагностики установлены пентландит и никелистый пентландит $(Ni,Fe)_9S_8$, не названные сульфидные минеральные фазы $(Ni,Fe)_6S_5$ и $(Ni,Fe)_5S_4$, виоларит $(Ni,Fe,Co)_3S_4$, миллерит NiS , железистый миллерит $(Ni,Fe)S$, хизлевудит Ni_3S_2 , не названная сульфидная минеральная фаза Ni_3S_4 , галенит PbS , акантит Ag_2S , халькозин Cu_2S , халькопирит $CuFeS_2$, джирит Cu_8S_5 , борнит Cu_5FeS_4 , ковеллин CuS и сфалерит ZnS .

Пентландит распространён ограниченно, выявлен преимущественно в виде единичных обособленных мелких (до 20 мкм) зёрен в силикатных

интерстициях, нередко на контакте рудных зёрен хромшпинелида с цементом; крайне редко – в виде реликтов в неоднородных агрегативных выделениях внутри зёрен хромшпинелида. В последнем случае наряду с пентландитом здесь постоянно отмечаются хизлевудит и не названные минеральные фазы $(Ni,Fe)_6S_5$ и $(Ni,Fe)_5S_4$ (рис. 2, а, б).

Никелистый пентландит (содержание Ni возрастает до 42 %) представлен в изученных хромитах широко. Однако, в отличие от собственно пентландита, он отмечен только внутри хромшпинелидов в виде самостоятельных мелких (~ 5–10 мкм) зёрен гипидиоморфного облика, нередко с повышенной степенью идиоморфизма (проявление чётких линейных граней) (см. рис. 2, в, г).

Как пентландит, так и его никелистая разновидность являются стерильными в отношении кобальта (табл. 1).

Выявлены ещё две малоизученные не названные сульфидные минеральные фазы – малосульфидные фазы железа и никеля, которые пересчитываются на формулы $(Ni,Fe)_6S_5$ и $(Ni,Fe)_5S_4$. При этом

1. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ АКЦЕССОРНЫХ СУЛЬФИДОВ ПЕРВОЙ И ВТОРОЙ ПАРАГЕНЕТИЧЕСКИХ АССОЦИАЦИЙ ИЗ МАССИВНЫХ ХРОМИТОВ ХАРЧЕРУЗСКОГО МАССИВА, ВЕС. %

Образец	S	Fe	Ni	Co	Сумма	Формула
Пентландит $(Ni,Fe)_9S_8$						
Хз 15/1-11-269	32,91	30,45	35,29	–	98,65	$(Ni_{4,69}Fe_{4,25})_{8,94}S_{8,06}$
Никелистый пентландит $(Ni,Fe)_9S_8$						
1201/1-1-6	33,13	25,18	41,42	–	99,72	$(Ni_{5,46}Fe_{3,49})_{8,95}S_{8,05}$
Хз 15/4-89	32,90	25,91	40,56	–	99,38	$(Ni_{5,38}Fe_{3,62})_{9,00}S_{8,00}$
Хз 15/4-90	32,86	26,32	40,56	–	99,73	$(Ni_{5,39}Fe_{3,67})_{9,06}S_{7,94}$
1201/1-1-5	32,96	26,19	40,90	–	100,05	$(Ni_{5,42}Fe_{3,65})_{9,07}S_{7,93}$
1201/1-15-86	32,51	24,66	40,81	–	98,97	$(Ni_{5,49}Fe_{3,48})_{8,97}S_{8,03}$
1201/1-1-7	32,51	23,82	42,11	–	98,43	$(Ni_{5,66}Fe_{3,36})_{9,02}S_{7,98}$
Хз 15/1-11-268	32,74	26,56	40,20	–	99,50	$(Ni_{5,36}Fe_{3,72})_{9,08}S_{7,92}$
Фаза $(Ni,Fe)_6S_5$						
К-26/2-6-134	31,24	31,40	36,05	–	98,68	$(Ni_{3,15}Fe_{2,88})_{6,03}S_{4,97}$
К-26/1-4-59	31,56	30,58	37,95	–	100,10	$(Ni_{3,28}Fe_{2,78})_{6,06}S_{4,94}$
К-26/1-1-22	32,01	29,82	38,36	–	100,19	$(Ni_{3,27}Fe_{2,68})_{5,95}S_{5,05}$
К-25-2-310	31,88	21,58	41,22	5,37	100,05	$(Ni_{3,53}Fe_{1,94}Co_{0,46})_{5,93}S_{5,07}$
К-26/2-3-117	31,09	21,45	46,41	–	98,95	$(Ni_{4,07}Fe_{1,98})_{6,05}S_{4,95}$
К-26/2-1-106	31,49	20,54	47,20	–	99,24	$(Ni_{4,09}Fe_{1,88})_{5,97}S_{5,03}$
К-26/2-8-139	31,28	22,38	46,02	–	99,68	$(Ni_{4,02}Fe_{2,05})_{6,07}S_{4,93}$
Фаза $(Ni,Fe)_5S_4$						
К-26/2-2-116	30,68	32,43	36,71	–	99,81	$(Ni_{2,61}Fe_{2,42})_{5,03}S_{3,97}$
К-26/2-4-121	30,81	32,65	36,00	–	99,46	$(Ni_{2,55}Fe_{2,44})_{4,99}S_{4,01}$
К-26/2-5-125	31,07	32,56	36,28	–	99,92	$(Ni_{2,55}Fe_{2,41})_{4,96}S_{4,04}$
К-26/2-5-126	30,42	33,26	35,75	–	99,43	$(Ni_{2,56}Fe_{2,51})_{5,07}S_{3,93}$
К-26/2-6-131	30,69	32,45	36,76	–	99,90	$(Ni_{2,61}Fe_{2,42})_{5,03}S_{3,97}$
К-26/2-6-132	30,64	33,00	36,43	–	100,07	$(Ni_{2,59}Fe_{2,47})_{5,06}S_{3,94}$
К-26/2-6-133	30,87	32,50	36,72	–	100,09	$(Ni_{2,60}Fe_{2,42})_{5,02}S_{3,98}$
К-26/1-1-21	30,56	28,59	38,03	2,75	99,93	$(Ni_{2,71}Fe_{2,15}Co_{0,19})_{5,05}S_{3,95}$

Продолжение таблицы 1

Образец	S	Fe	Ni	Co	Сумма	Формула
K-26/1-4-57	30,49	22,87	46,82	–	100,18	(Ni _{3,35} Fe _{1,72}) _{5,07} S _{3,93}
K-26/2-1-107	30,97	23,37	45,20	–	99,54	(Ni _{3,19} Fe _{1,73}) _{4,92} S _{4,08}
Виоларит (Ni,Fe) ₃ S ₄						
7-7/1-17	42,86	14,01	39,51	2,87	99,25	(Ni _{2,02} Fe _{0,75} Co _{0,15}) _{2,92} S _{4,08}
7-7/1-29	41,79	12,46	42,45	2,86	99,56	(Ni _{2,22} Fe _{0,68} Co _{0,15}) _{3,05} S _{3,95}
7-7/1-30	41,63	12,06	43,11	2,89	99,69	(Ni _{2,26} Fe _{0,66} Co _{0,15}) _{3,07} S _{3,93}
1201/1-16-105	42,29	14,26	43,00	–	99,54	(Ni _{2,22} Fe _{0,78}) _{3,00} S _{4,00}
1201/1-16-106	42,94	14,41	42,93	–	100,28	(Ni _{2,19} Fe _{0,77}) _{2,96} S _{4,04}
Миллерит NiS						
1201/1-3-22	34,38	2,42	63,38	–	100,17	(Ni _{1,00} Fe _{0,04}) _{1,04} S _{0,96}
1201/1-4-26	35,68	0,62	63,08	–	99,39	(Ni _{0,97} Fe _{0,01}) _{0,98} S _{1,02}
1201/1-4-27	35,64	0,75	63,27	–	99,66	(Ni _{0,97} Fe _{0,01}) _{0,98} S _{1,02}
1201/1-4-28	34,97	0,64	64,67	–	100,29	(Ni _{1,01} Fe _{0,01}) _{1,02} S _{0,98}
1201/1-10-49	35,59	–	64,39	–	99,98	Ni _{0,99} S _{1,01}
1201/1-10-50	35,94	–	64,21	–	100,15	Ni _{0,98} S _{1,02}
1201/1-10-51	35,36	–	64,44	–	99,80	Ni _{1,00} S _{1,00}
1201/1-10-52	35,45	–	64,32	–	99,77	Ni _{0,99} S _{1,01}
1201/1-10-53	35,77	0,69	63,44	–	99,89	(Ni _{0,97} Fe _{0,01}) _{0,98} S _{1,02}
1201/1-10-54	35,27	0,08	64,82	–	100,17	Ni _{1,00} S _{1,00}
1201/1-10-55	35,45	–	64,44	–	99,89	Ni _{0,99} S _{1,01}
1201/1-13-74	35,05	0,10	64,17	–	99,32	Ni _{1,00} S _{1,00}
1201/1-13-77	35,47	0,15	63,74	–	99,36	Ni _{0,98} S _{1,02}
7-7/1-1	36,13	1,70	62,18	–	100,01	(Ni _{0,94} Fe _{0,03}) _{0,97} S _{1,03}
7-7/1-2	35,58	0,86	63,13	–	99,58	(Ni _{0,97} Fe _{0,01}) _{0,98} S _{1,02}
7-7/1-3	36,47	2,64	60,74	–	99,84	(Ni _{0,91} Fe _{0,04}) _{0,95} S _{1,05}
Хз 15/1-13-273	33,93	1,76	63,06	–	98,75	(Ni _{1,01} Fe _{0,03}) _{1,04} S _{0,96}
K-15-1-223	34,49	2,55	62,95	–	100,00	(Ni _{1,00} Fe _{0,04}) _{1,04} S _{0,96}
Хз 15/1-2-219	34,07	0,47	63,56	–	98,10	(Ni _{1,02} Fe _{0,01}) _{1,03} S _{0,97}
Хз 15/1-2-220	34,50	1,37	63,27	0,68	99,83	(Ni _{1,00} Fe _{0,02} Co _{0,01}) _{1,03} S _{0,97}
Хз 15/1-3-226	33,85	0,10	65,54	–	99,50	Ni _{1,05} S _{0,95}
Хз 15/1-6-249	34,52	0,92	63,87	–	99,30	(Ni _{1,01} Fe _{0,01}) _{1,02} S _{0,98}
Хз 15/1-6-250	35,08	1,79	63,26	–	100,13	(Ni _{0,98} Fe _{0,03}) _{1,01} S _{0,99}
Хз 15/1-8-262	34,58	1,29	63,98	–	99,85	(Ni _{1,01} Fe _{0,02}) _{1,03} S _{0,97}
Железистый миллерит (Ni,Fe)S						
1201/1-9-47	37,25	5,42	57,45	–	100,13	(Ni _{0,84} Fe _{0,09}) _{0,93} S _{1,07}
1201/1-2-14	35,36	5,55	58,75	–	99,67	(Ni _{0,91} Fe _{0,09}) _{1,00} S _{1,00}
1201/1-2-15	34,87	8,59	55,98	–	99,44	(Ni _{0,88} Fe _{0,14}) _{1,02} S _{0,98}
7-7/1-31	36,32	4,98	57,48	–	98,77	(Ni _{0,86} Fe _{0,08}) _{0,94} S _{1,06}
7-7/1-32	36,69	4,63	58,20	–	99,53	(Ni _{0,87} Fe _{0,07}) _{0,94} S _{1,06}
1201/1-5-29	34,66	12,54	51,72	–	98,92	(Ni _{0,81} Fe _{0,21}) _{1,02} S _{0,98}
Хз 15/1-4-243	35,52	14,80	50,29	–	100,61	(Ni _{0,77} Fe _{0,24}) _{1,01} S _{0,99}
1201/1-13-75	37,34	9,55	52,86	–	99,75	(Ni _{0,77} Fe _{0,15}) _{0,92} S _{1,08}
1201/1-3-21	34,61	15,68	46,51	–	96,80	(Ni _{0,74} Fe _{0,26}) _{1,00} S _{1,00}
Хизлевудит Ni ₃ S ₂						
K-25-2-307	27,29	0,07	71,79	–	99,15	Ni _{2,88} S _{2,12}
K-25-2-308	26,68	0,72	70,66	–	98,06	(Ni _{2,89} Fe _{0,03}) _{2,92} S _{2,08}
Хз 15/1-12-271	27,09	0,46	72,58	–	100,14	(Ni _{2,93} Fe _{0,02}) _{2,95} S _{2,05}
Хз 15/1-9-264	27,12	1,07	71,96	–	100,16	(Ni _{2,90} Fe _{0,05}) _{2,95} S _{2,05}
K-26/2-6-129	27,23	0,26	72,24	–	99,73	(Ni _{2,90} Fe _{0,01}) _{2,91} S _{2,09}
Фаза Ni ₇ S ₄						
K-26/1-1-23	23,76	0,14	75,91	–	99,81	(Ni _{6,98} Fe _{0,02}) _{7,00} S _{4,00}
K-26/1-4-55	23,67	0,26	76,36	–	100,29	(Ni _{7,04} Fe _{0,03}) _{7,07} S _{3,93}
K-26/1-4-58	23,93	0,14	75,80	–	99,87	(Ni _{6,92} Fe _{0,02}) _{6,94} S _{4,06}
K-26/2-6-127	23,71	0,04	75,47	–	99,22	(Ni _{6,96} Fe _{0,01}) _{6,97} S _{4,03}
K-26/2-16-200	23,66	–	76,23	–	99,89	Ni _{7,04} S _{3,96}

оба минерала были отмечены как в виде самостоятельных обособленных мелких (~ 5–7 мкм) зёрен в основном хромитовом цементе, так и в совместных агрегативных выделениях с хизлевудитом и пентландитом (см. рис. 2, б, д, м). Редко в химическом составе обеих минеральных фаз обнаруживается кобальт (см. табл. 1).

Виоларит отмечен ограниченно внутри зёрен хромшпинелидов только в двухфазных зональных зёрнах в ассоциации с железистым миллеритом (см. рис. 2, е–з). Размеры таких зёрен не превышают 15 мкм. В химическом составе минерала нередко диагностируются значимые содержания кобальта (до 2,9 %) (см. табл. 1).

Миллерит и его железистая разновидность (содержание железа до 16 %, см. табл. 1) являются самыми распространёнными сульфидами в исследуемых хромититах и отмечаются повсеместно. Они наблюдаются преимущественно внутри хромшпинелидов в виде самостоятельных единичных мелких (до 10 мкм) зёрен либо (реже) двухфазных (миллерит – железистый миллерит) зональных зёрен. Также миллерит отмечается в виде кайм замещения по агрегативным выделениям хизлевудита, а железистый миллерит формирует двухфазные зональные зёрна в ассоциации с виоларитом (см. рис. 2, е–л; рис. 3, а).

Хизлевудит встречается в виде мелких (до 0,03 мм) зернистых агрегативных выделений неправильной формы в хромитовом цементе, нередко в тесной ассоциации с пентландитом и неназванными минеральными фазами $(\text{Ni,Fe})_6\text{S}_5$ и $(\text{Ni,Fe})_5\text{S}_4$. Отдельные зёрна частично замещены миллеритом (см. рис. 2, б, м; см. рис. 3, а). В его химическом составе постоянно диагностируется примесь железа (до 1,1 %) (см. табл. 1).

Неназванная минеральная фаза Ni_7S_4 представлена ограниченно и отмечена в виде гипидиоморфных кристаллических мелких (до 10 мкм) зёрен исключительно в хромшпинелидах. Нередко внутри таких зёрен наблюдаются микроскопические включения никелина NiAs (см. рис. 2, м; см. рис. 3, б). В химическом составе минерала постоянно диагностируется незначительная примесь железа (до 0,26 %).

Галенит распространён достаточно широко и отмечается в виде мелких (до 4 мкм) обособленных зёрен округлой, неправильной формы в неоднородностях зёрен хромшпинелидов (см. рис. 3, в, г). Его химический состав близок стехиометриче-

скому и практически стерилен. Исключение – редкое присутствие незначительной изоморфной к свинцу примеси железа (табл. 2).

Акантит близок по распространению к галениту и также в основном связан с неоднородностями в хромитовом цементе. Минерал отмечается в виде мельчайших (до 4 мкм) агрегативных выделений неправильной формы, часто в тесной ассоциации с самородным серебром (см. рис. 3, д, е). Последнее обстоятельство наряду с малыми размерами акантита нередко усложняет диагностику его собственного химического состава из-за «защажения» серебром (см. табл. 2).

Халькозин представлен ограниченно обособленными проявлениями неправильной формы, локализованными преимущественно в зонах трещиноватости хромитовых зёрен (см. рис. 3, ж). Химический состав минерала близок стехиометрическому, в нём часто отмечается незначительная примесь железа (до 0,3 %) (см. табл. 2).

Остальные выявленные сульфиды (джирит, борнит, ковеллин, халькопирит и сфалерит) крайне редко распространены. Они обнаружены и изучены всего на примере нескольких мелких (до ~ 5–6 мкм) самостоятельных проявлений (за исключением ковеллина, который формирует каймы замещения по халькозину), в основном тяготеющих к зонам кавернозности и трещиноватости хромитовых зёрен (см. рис. 3, з–м). Данная группа сульфидов преимущественно характеризуется беспримесными «чистыми» составами, близкими стехиометрическим (см. табл. 2).

В составе зёрен борнита отмечены реликтовые обособления никелистого пентландита и самостоятельные микроскопические включения Bi-Pb сульфида, детальный расчёт химического состава которого не выполнен по причине его малых размеров (см. рис. 3, к).

Выводы. Акцессорная сульфидная минерализация в реститовых ультрамафитах Харчерузского ультрамафитового массива Хадатинского офиолитового пояса Полярного Урала до настоящего времени оставалась неизученной. Ранее при проведении тематических исследований данного массива на хромитовое оруденение ей не уделялось должного внимания, несмотря на то что входящие в её состав рудные минералы являются источником уникальной информации об условиях формирования вмещающих их ультрамафитов и сопутствующей благороднометалльной минерализации, что

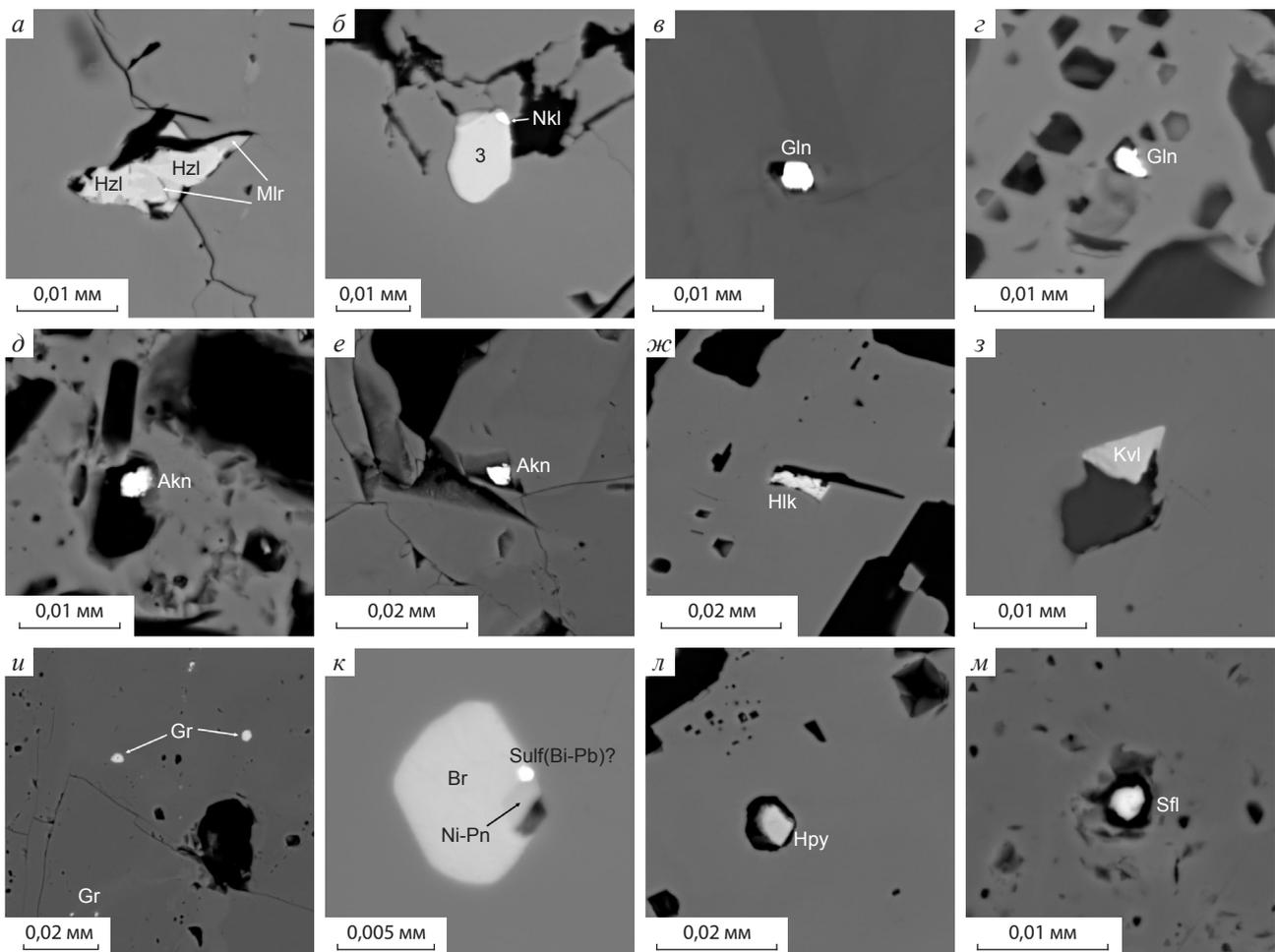


Рис. 3. АКЦЕССОРНАЯ СУЛЬФИДНАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ ИЗ ХРОМИТИТОВ ХАРЧЕРУЗСКОГО УЛЬТРАМАФИТОВОГО МАССИВА (режим BSE):

Gln – галенит; Akn – акантит; Hlk – халькозин; Kvl – ковеллин; Gr – джирит; Br – борнит; Hpy – халькопирит; Sfl – сфалерит; Nkl – никелин; Sulf(Bi-Pb) – неинтерпретированный Bi-Pb сульфид, остальные усл. обозн. см. рис. 2

неоднократно отмечалось ранее в работах других авторов [4, 5, 8–11, 14]. В настоящем исследовании представлены новые данные по минералогии и распределению акцессорной сульфидной минерализации в массивных хромититах Харчерузского ультрамафитового массива.

Полученные результаты позволили диагностировать следующие акцессорные сульфиды: пентландит и никелистый пентландит $(Ni,Fe)_9S_8$, названные сульфидные минеральные фазы $(Ni,Fe)_6S_5$ и $(Ni,Fe)_5S_4$, виоларит $(Ni,Fe,Co)_3S_4$, миллерит NiS, железистый миллерит $(Ni,Fe)S$, хизлевудит Ni_3S_2 , названную сульфидную минеральную фазу Ni_7S_4 , галенит PbS, акантит Ag_2S , халькозин Cu_2S , халькопирит $CuFeS_2$, джирит Cu_8S_5 , борнит Cu_5FeS_4 , ковеллин CuS

и сфалерит ZnS. По химическому составу, типоморфным особенностям и взаимоотношению друг с другом данную минерализацию можно разделить на три парагенетические ассоциации, связанные с различными процессами становления и преобразования вмещающих их хромититов.

К первой генетической группе, очевидно, относятся «первично мантийные» рудные минералы. Из хромититов Харчерузского ультрамафитового массива автором сюда причислены пентландит и халькопирит, отмечаемые в виде мелких обособленных включений в зёрнах хромшпинелидов. Они характеризуются стерильными составами, близкими стехиометрическим. Последнее обстоятельство наряду с кристаллической, а не агрегативной фор-

2. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ АКЦЕССОРНЫХ СУЛЬФИДОВ ПЕРВОЙ–ТРЕТЬЕЙ ПАРАГЕНЕТИЧЕСКИХ АССОЦИАЦИЙ, ОТМЕЧАЕМЫХ В ВИДЕ ВКЛЮЧЕНИЙ В ЗЁРНАХ ХРОМШПИНЕЛИДОВ ИЗ МАССИВНЫХ ХРОМИТИТОВ ХАРЧЕРУЗСКОГО МАССИВА, ВЕС. %

Образец	S	Fe	Cu	Pb	Ag	Zn	Mn	Сумма	Формула
Халькопирит CuFeS ₂									
1201/1-18-139	35,68	29,12	34,57	–	–	–	–	99,36	Cu _{0,98} Fe _{0,94} S _{2,08}
1201/1-18-140	35,42	29,26	34,83	–	–	–	–	99,51	Cu _{0,99} Fe _{0,95} S _{2,06}
Халькозин Cu ₂ S									
1201/1-19-147	20,96	–	78,88	–	–	–	–	99,84	Cu _{1,90} S _{1,10}
1201/1-19-148	21,30	0,32	78,47	–	–	–	–	100,08	(Cu _{1,86} Fe _{0,01}) _{1,87} S _{1,13}
К-26/2-10-152	20,34	0,10	79,85	–	–	–	–	100,28	Cu _{1,98} S _{1,02}
К-26/2-10-153	20,01	0,06	79,82	–	–	–	–	99,88	Cu _{2,01} S _{0,99}
Джирит Cu ₈ S ₅									
Хз 15/1-14-274	23,80	4,94	70,74	–	–	–	–	99,48	(Cu _{7,49} Fe _{0,59}) _{8,08} S _{4,92}
Хз 15/1-14-275	23,81	4,02	71,56	–	–	–	–	99,39	(Cu _{7,58} Fe _{0,48}) _{8,06} S _{4,94}
Хз 15/1-14-276	23,66	5,23	70,19	–	–	–	–	99,08	(Cu _{7,48} Fe _{0,63}) _{8,11} S _{4,89}
Борнит Cu ₅ FeS ₄									
7-7/1-43	25,69	11,95	61,70	–	–	–	–	99,34	Cu _{4,85} Fe _{1,07} S _{4,08}
7-7/1-44	25,53	12,14	61,64	–	–	–	–	99,31	Cu _{4,87} Fe _{1,09} S _{4,04}
Ковеллин CuS									
К-26/2-10-154	33,62	–	66,28	–	–	–	–	99,90	Cu _{1,00} S _{1,00}
К-26/2-10-156	32,73	–	67,03	–	–	–	–	99,76	Cu _{1,03} S _{0,97}
Акантит Ag ₂ S									
К-15-7-269	12,34	–	–	–	87,22	–	–	99,56	Ag _{2,10} S _{0,90}
К-15-10-321	12,95	–	–	–	86,73	–	–	99,68	Ag _{1,99} S _{1,01}
К-15-10-322	13,34	–	–	–	86,22	–	–	99,56	Ag _{1,92} S _{1,08}
К-15-11-324	13,75	1,30	–	–	84,97	–	–	100,03	(Ag _{1,84} Fe _{0,05}) _{1,89} S _{1,11}
К-15-11-325	13,69	1,43	–	–	85,64	–	–	100,76	(Ag _{1,86} Fe _{0,06}) _{1,92} S _{1,08}
К-26/2-14-193	12,41	0,18	–	–	86,97	–	–	99,57	(Ag _{2,08} Fe _{0,01}) _{2,09} S _{0,91}
К-26/2-18-213	13,01	0,87	–	–	86,38	–	–	100,26	(Ag _{1,97} Fe _{0,04}) _{2,01} S _{0,99}
К-26/2-18-214	12,76	–	–	–	86,51	–	–	99,27	Ag _{2,01} S _{0,99}
К-26/2-18-215	12,32	0,75	–	–	86,18	–	–	99,25	(Ag _{2,08} Fe _{0,03}) _{2,11} S _{0,89}
Галенит PbS									
Хз 15/1-5-245	12,68	–	–	87,50	–	–	–	100,18	Pb _{1,06} S _{0,94}
Хз 15/1-5-246	12,66	0,04	–	86,43	–	–	–	99,13	Pb _{1,05} S _{0,95}
К-15-3-234	13,12	–	–	86,51	–	–	–	99,63	Pb _{1,02} S _{0,98}
К-15-3-236	12,99	–	–	86,54	–	–	–	99,53	Pb _{1,03} S _{0,97}
К-26/1-2-31	12,91	–	–	86,65	–	–	–	99,56	Pb _{1,03} S _{0,97}
К-26/2-7-138	12,85	–	–	86,75	–	–	–	99,60	Pb _{1,04} S _{0,96}
Сфалерит ZnS									
Хз 15/1-1-216	33,98	–	–	–	–	63,97	0,52	98,47	(Zn _{0,92} Mn _{0,01}) _{0,93} S _{1,07}

мой выделений халькопирита даёт возможность отнести его к эндогенным образованиям.

Присутствие халькопирита в составе первой парагенетической ассоциации наряду с ранее полученными выводами по минерализации ЭПГ (не выявлено ни одного включения металлического твёрдого раствора системы Os–Ir–Ru при постоянном присутствии дисульфидов ряда лаурит–эрликманит) [13], очевидно, может указывать на высокое парциальное давление серы на момент формирования харчерузских хромититов. Подобная законо-

мерность ранее отмечена для акцессорной сульфидной минерализации из хромититов Эргакского ультрамафитового массива Куртушибинского офиолитового пояса Западного Саяна [2, 3, 11].

Акцессорные рудные минералы второй парагенетической ассоциации являются доминирующими по своему распространению в изученных хромититах. К данной группе отнесены никелистый пентландит, незазванные малосульфидные минеральные фазы (Ni,Fe)₆S₅ и (Ni,Fe)₅S₄, виоларит, миллерит и его железистая разновидность, хизлевудит, незазван-

ная сульфидная минеральная фаза Ni_7S_4 , халькозин, джирит, борнит и ковеллин. Формирование данной ассоциации автор склонен связывать с процессами массовой лизардитизации хромититов и включающих их дунитов во время регрессивного регионального метаморфизма [9, 14]. Характерной особенностью данной минеральной ассоциации является то, что в ней присутствуют в основном сульфиды системы $Ni-Cu-Fe-S$ и развиты процессы взаимодиффузии компонентов, что приводит к образованию редких разновидностей вторичных сульфидных минералов. Прослеженные взаимодействия позволяют предположить следующие ряды преобразования сульфидов: пентландит \rightarrow никелистый пентландит $\rightarrow (Ni,Fe)_6S_5 \rightarrow (Ni,Fe)_5S_4 \rightarrow$ хизлевудит $\rightarrow Ni_7S_4$; пентландит \rightarrow виоларит \rightarrow железистый миллерит; хизлевудит \rightarrow миллерит \rightarrow железистый миллерит; халькопирит \rightarrow борнит \rightarrow джирит \rightarrow халькозин \rightarrow ковеллин. При этом автор не исключает возможности и более прямых переходов с пропуском отдельных промежуточных членов ряда.

Первичная диагностика борнита, джирита, халькозина и ковеллина с учётом того, что последние являются типичными минералами зон вторичного сульфидного обогащения, навела автора на мысль об их вторичной гипергенной природе. Однако детальное изучение литературных источников показывает, что аналогичные сульфиды могут возникать и на поздних стадиях гипогенного (гидротермального) процесса.

Отмеченный ряд признаков (отсутствие проявлений кор выветривания по изученным канавам, «свежесть» изученных образцов хромититов, отсутствие даже единичных акцессорных проявлений сульфатов и других гипергенных несulfидных минералов, отсутствие признаков гипергенного преобразования химического состава хромшпинелидов (увеличение, в первую очередь, железистого минала), отсутствие характерных для гипергенных сульфидов каёмчатых, цементационных, колломорфных и прожилковых форм выделений, наблюдаемый гексаоктаэдрический облик кристаллов борнита) позволяет предположить гипогенную низкотемпературную флюидно-гидротермальную природу выделенного в хромититах ряда акцессорных сульфидов меди в процессе массовой лизардитизации хромититов и включающих их дунитов.

Выделение слабоизученных неназванных минеральных фаз $(Ni,Fe)_6S_5$, $(Ni,Fe)_5S_4$ и Ni_7S_4 , по мнению

автора, считается оправданным и находит подтверждение в ранних работах других исследователей [4, 16].

Как было отмечено ранее, для реститовых ультрамафитов Урала [1, 4, 13] нередко в химическом составе сульфидов второй парагенетической ассоциации из массивных хромититов отмечаются примеси тугоплавких ЭПГ, которые, очевидно, в процессе регрессивного регионального метаморфизма высвобождались гидротермальными растворами из «первично мантийных» высокотемпературных твёрдых растворов $Os-Ir-Ru$ и находящихся с ними в равновесии дисульфидов ряда лаурит-эрликманит (RuS_2-OsS_2) с последующим вхождением в состав вновь кристаллизующихся сульфидов. Так, в изученных никелистых пентландитах из харчерузских хромититов автором отмечены содержания рутения (до 7,1 %), иридия (до 2,0 %), осмия (до 0,56 %) и родия (до 1,1 %), а в борнитах – иридия (до 4,7 %) и палладия (до 0,6 %). Подобная тенденция наряду с частой ассоциацией сульфидов второй парагенетической группы с сульфидами и сульфоарсенидами ЭПГ существенно повышает практический интерес к их изучению. А широкое развитие сульфидов данной парагенетической группы в хромититах с высокой степенью уверенности позволяет прогнозировать обнаружение в их составе платинометалльной минерализации.

В качестве отдельной особенности акцессорной сульфидной минерализации первой и второй парагенетических ассоциаций харчерузских хромититов является практически полная стерильность (за исключением виоларита) в отношении кобальта, что, очевидно, обусловлено спецификой исходного рестита.

Третья парагенетическая ассоциация представлена галенитом, акантитом и сфалеритом. Она характеризуется накоплением редких, «нетипичных» для реститовых ультрамафитов элементов (Pb, Ag, Zn), которые выступают не в качестве примесей, а становятся минералообразующими. Появление данной ассоциации автор предположительно связывает с процессом ремобилизации элементов под воздействием просачивающихся более поздних наложенных флюидов, богатых летучими (S, As) и цветными элементами. Формирование таких флюидов, очевидно, связано с процессами более позднего внедрения в реститовые ультрамафиты Харчерузского массива габброидных интрузивных тел.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дистлер В. В., Крячко В. В., Юдовская М. А. Условия образования оруденения платиновых металлов в хромитовых рудах Кемпирсайского рудного поля // Геология рудных месторождений. – 2003. – Т. 45, № 1. – С. 44–74.
2. Кривенко А. П., Подлипский М. Ю., Кубышев А. И., Катанов С. Г. Перспективы хромитоносности и платиноносности гипербазитов Верхнеамыльского района в Западном Саяне // Минеральные ресурсы Красноярского края. – Красноярск : РИЦ КНИИГиМС, 2002. – С. 314–324.
3. Кривенко А. П., Подлипский М. Ю., Агафонов Л. В. Рудная минерализация гипербазитов Эргакского массива и перспективы его хромитоносности // Состояние и освоение природных ресурсов Тувы и сопредельных регионов Центральной Азии. Геоэкология природной среды и общества. – Кызыл : ТувИКОПР СО РАН, 2005. – Вып. 8. – С. 32–44.
4. Макеев А. Б. Минералогия альпинотипных ультрабазитов Урала. – СПб. : Наука, 1992. – 197 с.
5. Пучков В. Н., Штейнберг Д. С. Строение, эволюция и минерагения гипербазитового массива Рай-Из. – Свердловск [Екатеринбург] : УрО АН СССР, 1990. – 228 с.
6. Соболев В. С., Добрецов Н. Л., Молдаванцев Ю. Е., Казак А. П., Пономарева Л. Г., Савельева Г. Н., Савельев А. А. Петрология и метаморфизм древних офиолитов (на примере Полярного Урала и Западного Саяна). – Новосибирск : Наука, 1977. – 222 с.
7. Чернышов А. И., Юричев А. Н. Структурная эволюция дунитов и хромитов Харчерузского массива (Полярный Урал) // Геотектоника. – 2016. – № 2. – С. 62–77.
8. Шайбеков Р. И., Кузнецов С. К., Гайкович М. М., Шевчук С. С. Сульфидная и благороднометалльная минерализация в хромовых рудах Лагортинско-Кершорской площади Войкаро-Сыньинского массива (Полярный Урал) // Литосфера. – 2015. – № 1. – С. 75–85.
9. Юричев А. Н. Акцессорные сульфиды из реститовых ультрамафитов // Руды и металлы. – 2015. – № 2. – С. 29–35.
10. Юричев А. Н. Акцессорные сульфиды Кемпирсайского ультрамафитового массива, Южный Урал // Руды и металлы. – 2018. – № 4. – С. 67–75.
11. Юричев А. Н. Акцессорные сульфиды и арсениды из хромититов Эргакского ультрамафитового массива, Западный Саян // Руды и металлы. – 2019. – № 3. – С. 71–79.
12. Юричев А. Н., Чернышов А. И. Хромититы Харчерузского блока массива Сыум-Кей: вещественный состав и генезис руд (Полярный Урал) // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2016. – Т. 327, № 8. – С. 6–16.
13. Юричев А. Н., Чернышов А. И., Корбовяк Е. В. Платиноносность хромититов Харчерузского ультрамафитового массива (Полярный Урал): новые данные // Записки Российского минералогического общества. – 2020. – № 3. – С. 38–53.
14. Economou M. I., Naldrett A. J. Sulfides associated with podiform bodies of chromite at Tsangli, Ermetria, Greece // Mineralium Deposita. – 1984. – V. 19. – № 4. – P. 289–297.
15. Reed S. J. B. Electron microprobe analysis and scanning electron microscopy in geology. – New-York : Cambridge University Press, 2005. – 189 p.
16. Smith R. C., Barnes J. H. Geochemistry and mineralogy of platinum group elements in some chromite occurrences in the State Line District, Chester and Lancaster Counties, Pennsylvania // Pennsylvania Geology. – 2012. – V. 41, № 3/4. – P. 3–13.

REFERENCES

1. Distler V. V., Kryachko V. V., Yudovskaya M. A. Usloviya obrazovaniya orudneniya platinovykh metallov v khromitovykh rudakh Kempirsaiskogo rudnogo polya [Formation conditions of mineralization of platinum metals in chromite ores of the Kempirsay ore field], *Geologiya rudnykh mestorozhdenii* [Geology of Ore Deposits], 2003, V. 45, No 1, pp. 44–74. (In Russ.).
2. Krivenko A. P., Podlipskii M. Yu., Kubyshev A. I., Katanov S. G. Perspektivy khromitonosnosti i platinonosnosti giperbazitov Verkhneamyl'skogo raiona v Zapadnom Sayane [Prospects for chromite and platinum content of hyperbasites of the Verkhneamyl region in the Western Sayan], *Mineral'nye resursy Krasnoyarskogo kraya* [Mineral resources of the Krasnoyarsk Territory], Krasnoyarsk, RITs KNIIGiMS Publ., 2002, pp. 314–324. (In Russ.).
3. Krivenko A. P., Podlipskii M. Yu., Agafonov L. V. Rudnaya mineralizatsiya giperbazitov Ergakskogo massiva i perspektivy ego khromitonosnosti [Ore mineralization of the Ergak massif hyperbasites and the prospects for its chromite content], *Sostoyanie i osvoenie prirodnykh resursov Tuvy i sopredel'nykh regionov Tsentral'noi Azii. Geoekologiya prirodnoi sredy i obshchestva* [State and development of natural resources of Tuva and adjacent regions of Central Asia. Geoecology of the natural en-

- vironment and society*], Kyzyl, TuvIKOPR SO RAN Publ., 2005, V. 8, pp. 32–44. (In Russ.).
4. Makeev A. B. Mineralogiya al'pinotipnykh ul'trabazitov Urala [Mineralogy of alpine-type ultramafic rocks of the Urals], St. Petersburg, Nauka Publ., 1992, 197 p.
 5. Puchkov V. N., Shteinberg D. S. Stroenie, evolyutsiya i minerageniya giperbazitovogo massiva Rai-Iz [Structure, evolution and minerageny of the Rai-Iz hyperbasite massif], Sverdlovsk, UrO AN SSSR Publ., 1990, 228 p.
 6. Sobolev V. S., Dobretsov N. L., Moldavantsev Yu. E., Kazak A. P., Ponomareva L. G., Savel'eva G. N., Savel'ev A. A. Petrologiya i metamorfizm drevnikh ofiolitov (na primere Polyarnogo Urala i Zapadnogo Sayana) [Petrology and metamorphism of ancient ophiolites (on the example of the Polar Urals and Western Sayan)], Novosibirsk, Nauka Publ., 1977, 222 p.
 7. Chernyshov A. I., Yurichev A. N. Strukturnaya evolyutsiya dunitov i khromitov Kharcheruzskogo massiva (Polyarnyi Ural) [Structural evolution of dunites and chromites of the Kharcheruz massif (Polar Urals)], *Geotektonika* [Geotectonics], 2016, No 2, pp. 62–77. (In Russ.).
 8. Shaibekov R. I., Kuznetsov S. K., Gaikovich M. M., Shevchuk S. S. Sul'fidnaya i blagorodnometall'naya mineralizatsiya v khromovykh rudakh Lagortinsko-Kershorskoi ploschadi Voikaro-Syn'inskogo massiva (Polyarnyi Ural) [Sulfide and noble metal mineralization in chromium ores of the Lagortinsko-Kershorskaya area of the Voikaro-Synynsky massif (Polar Urals)], *Litosfera* [Lithosphere], 2015, No 1, pp. 75–85. (In Russ.).
 9. Yurichev A. N. Aktsessornye sul'fidy iz restitovykh ul'tramafitov [Accessory sulfides from restite ultramafic rocks], *Rudy i metally* [Ores and Metals], 2015, No 2, pp. 29–35. (In Russ.).
 10. Yurichev A. N. Aktsessornye sul'fidy Kempirsaiskogo ul'tramafitovogo massiva, Yuzhnyi Ural [Accessory sulfides of the Kempirsay ultramafic massif, South Urals], *Rudy i metally* [Ores and Metals], 2018, No 4, pp. 67–75. (In Russ.).
 11. Yurichev A. N. Aktsessornye sul'fidy i arsenidy iz khromitov Ergakskogo ul'tramafitovogo massiva, Zapadnyi Sayan [Accessory sulfides and arsenides from chromitites of the Ergak ultramafic massif, Western Sayan], *Rudy i metally* [Ores and Metals], 2019, No 3, pp. 71–79. (In Russ.).
 12. Yurichev A. N., Chernyshov A. I. Khromitity Kharcheruzskogo bloka massiva Syum-Keu: veshchestvennyi sostav i genesis rud (Polyarnyi Ural) [Chromitites of the Kharcheruz block of the Syum-Keu massif: material composition and genesis of ores (Polar Urals)], *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring geosursov* [Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering], 2016, V. 327, No 8, pp. 6–16. (In Russ.).
 13. Yurichev A. N., Chernyshov A. I., Korbovyak E. V. Platinosnost' khromitov Kharcheruzskogo ul'tramafitovogo massiva (Polyarnyi Ural): novye dannye [Platinum-bearing chromitites of the Kharcheruz ultramafic massif (Polar Urals): new data], *Zapiski Rossiiskogo mineralogicheskogo obshchestva* [Notes of the Russian Mineralogical Society], 2020, No 3, pp. 38–53. (In Russ.).
 14. Economou M. I., Naldrett A. J. Sulfides associated with podiform bodies of chromite at Tsangli, Ermetria, Greece, *Mineralium Deposita*, 1984, V. 19, No 4, pp. 289–297.
 15. Reed S. J. B. Electron microprobe analysis and scanning electron microscopy in geology, New-York, Cambridge University Press Publ., 2005, 189 p.
 16. Smith R. C., Barnes J. H. Geochemistry and mineralogy of platinum group elements in some chromite occurrences in the State Line District, Chester and Lancaster Counties, Pennsylvania, *Pennsylvania Geology*, 2012, V. 41, No 3/4, pp. 3–13.

ACCESSORY SULPHIDES AND ARSENIDES FROM CHROMYTITES OF KHARCHERUZ ULTRAMAFIC MASSIF, THE POLAR URALS

A. N. Yurichev (PhD, associate professor of Petrography department)

Tomsk State University, Tomsk

The study is focused on accessory sulfide mineralization revealed in massive chromitites of Kharcheruz ultramafic massif, which is part of the Khadatinsky ophiolite belt closing ophiolite complexes of the Polar Urals in the north. Three paragenetic associations of accessory sulfides associated with various processes of host chromitites formation and transformation are identified. Typomorphic and chemical features of ore minerals are characterized.

Keywords: The Polar Urals, ophiolites, Kharcheruz massif, ultramafic rocks, chromitites, accessory sulfides, chemistry, genesis.

