СУЛЬФИДНАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ В ХРОМОВЫХ РУДАХ ЛАГОРТИНСКО-КЕРШОРСКОЙ ПЛОЩАДИ (ПОЛЯРНЫЙ УРАЛ)

Р. И. Шайбеков¹, М. М. Гайкович², С. С. Шевчук¹

¹ Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар

² ООО «Кратон» (ЗАО «Миреко»), Сыктывкар

Приводятся результаты изучения сульфидной минерализации в хромовых рудах Лагортинско-Кершорской площади (Полярный Урал). В ходе исследования выявлены как ранее известные [2 и др.], так и ряд новых минеральных фаз для каждого из участков исследуемой площади.

Ключевые слова: дунит, гарцбургит, миллерит, пентландит, хизлевудит, джирит, Лагортинско-Кершорская площадь.

SULPHIDE MINERALIZATION IN THE CHROMIUM ORES OF LAGORTINSKO-KERSHORSKOY AREA (POLAR URALS)

R. I. Shaybekov, M. M. Gaikovich, S. S. Shevchuk

The results of the study of sulphide mineralization in the chromium ores of Lagortinsko-Kershorskoy area (Polar Urals). The study revealed a number of new mineral phases as well as previously known [2 and other] at each section of the studied area.

Keywords: *dunite, harzburgite, millerite, pentlandite, heazlewoodite, geerite, Lagortinsko-Kershorskaya area.*

Войкаро-Сынинский массив является самым крупным на Полярном Урале и протягивается с севера на юг на 200 км; при ширине от 2 до 18 км его площадь составляет 2000 км² [1]. В строении Войкаро-Сынинского массива традиционно выделяют пять крупных тектонических блоков (с юга на север): Сынинский, Лаптапайский, Погурейский, Хойлинский, Пайерский, и два блока небольшого размера: Косшорский и Харотский. Лагортинско-Кершорская площадь располагается в юго-восточной части Хойлинского тектонического блока, представляющего собой серию крупных пластин, сложенных ультрабазиитами и надвинутых совместно с габ-

броидами кэршорского и метаморфитами дзеляюского комплексов на дислоцированные образования ивтышшорской свиты рифейского возраста (R_3 iv).

Образования, слагающие аллохтон в пределах Лагортинско-Кершорской площади, в основном представлены фрагментами ультрабазитовой и габброидной частей офиолитового разреза. Ультрабазитовая часть представлена мантийными тектонитами, объединяемыми в райизско-войкарский дунит-гарцбургитовый мегакомплекс. Габброидная составляющая сложена габброидами, пироксенитами, редко дунитами и долеритами, объединяемыми в кэршорский дунит-

верлит-клинопироксенит-габбровый комплекс. С запада к ультрабазитовой и габброидной ассоциациям примыкают образования дзеляюского (хордьюсского) ультрамафит-метагабброноритового комплекса. Среди пород кэршорского комплекса располагается узкая полоса, сложенная долеритами и габбродолеритами лагортаюуского комплекса параллельных даек [3].

Характеристика участков Лагортинско-Кершорской площади

В пределах Лагортинско-Кершорской площади выделяются следующие участки: Верхнелагортинский, Кершорский, Егарт и Лагортинский [3].

Участок Верхнелагортинский расположен на водоразделе рр. Бол. Лагорта, Лев. Лагорта и руч. Лагортаегарт, в непосредственной близости от Главного уральского водораздела. В геологическом строении участвуют образования дунит-гарцбургитового и верлит-дунитового структурно-вещественных комплексов (СВК). В пределах верлит-дунитового СВК выделена одноименная хромитоносная зона, к которой приурочено Верхнелагортинское рудопроявление.

Участок Кершорский, располагается в юго-восточной части Лагортинско-Кершорской площади, в пределах Кершорского рудного поля. Его контуры охватывают водоразделы р. Мал. Лагорта, руч. Кэршор и руч. Изшор. Площадь участка в основном сложена образованиями гарцбургитового структурно-вещественного комплекса, с востока, по зоне надвига, к ним примыкают дуниты верлит-дунитового структурно-вещественного комплекса (СВК). В пределах участка, в поле развития образований гарцбургитового СВК, выделены две (западная и восточная) перспективные хромитоносные зоны.

Участок Егарт площадью 11.25 км² выделен на водоразделе рр. Большая Лагорта и Лагортаегарт в поле развития пород дунит-гарцбургитового комплекса. В центральной части участка расположено относительно крупное тело дунита с инъекциями дунитового материала в гарцбургитах экзоконтактной зоны. Залегание пород осложнено дизъюнктивными северо-восточного простирания, сопровождающимися зонами рассланцевания мощностью 10–50 м, оперяющей трещинной тектоникой и приразломной складчатостью. В восточной рудоносной зоне горными работами (К-042) в дунитах вскрыто рудное тело высокохромистого хромшпинелида мощностью 6.0 м и протяженностью >150 м. В центральной части в теле дунитов выделена западная рудная зона протяженностью 630 м при ширине 100–200 м.

Участок Лагортинский расположен в северо-восточном углу Лагортинско-Кершорской площади, на водоразделе рек Лагортаю и Трубаю, в зоне Лагортинского рудного поля, и является наиболее детально изученным.

В пределах участка развиты породы гарцбургитового СВК с юго-восточным обрамлением дунитов дунит-верлитового СВК. В пределах

участка предшественниками выявлено 20 мелких линзовидных тел. Тела локализованы в пределах хромитоносной зоны (зона пластично-сколовых деформаций) протяженностью 3.5 км и шириной 1.0–1.8 км. Наиболее крупные рудные тела локализуются в небольших телах дунитов среди пород гарцбургитового комплекса, ориентированных вдоль контакта с краевыми дунитами. Средняя мощность рудных тел изменяется от 0.5 до 11.7 м, установленная протяженность 15–320 м.

Петрография вмещающих пород

Основными петрографическими разновидностями Лагортинско-Кершорской площади, содержащими хромовую руду, являются дуниты и гарцбургиты райизско-войкарского комплекса. Ниже мы приводим их характеристику.

Дунит состоит из разнозернистого мелко-средне-крупнозернистого преимущественно панидиоморфно-зернистого агрегата петельчато-серпентинизированного оливина, небольшого, но заметного количества зерен нацело измененного ортопироксена, единичных зерен клинопироксена, а также большого количества хромшпинелида и единичных зерен сульфида.

Гарцбургит состоит из мелко-среднезернистого гипидиоморфно-зернистого агрегата петельчато-серпентинизированного и в различной степени антигоритизированного оливина, ортопироксена, в основном псевдоморфно измененного, присутствующего в заметном количестве клинопироксена, а также зерен акцессорного хромшпинелида.

Сульфидная минерализация хромовых руд

Нами изучена сульфидная минерализация в аншлифах, приуроченная к хромовым рудам, с использованием высокоразрешающей микроскопии.

Миллерит (рис. 1, а, б; 2, д; табл. 1) наблюдается в виде мелких, нередко многочисленных зерен изометричной, каплевидной, неправильной формы, размером от 0.1 до 30 мкм, редко до 100–120 мкм, приуроченных, как правило, к хромпикотиту, к краевым его частям, кавернам, областям трещиноватости, а также к границам хромпикотита и серпентинизированного оливина; встречается в массе породообразующих минералов. Иногда

можно встретить зоны окисления по миллериту с характерными для него формами, характеризующимися выносом элементов. Редко бывает усеян серией тонких трещин.

Пентландит (рис. 1б, е; табл. 2) отмечается в виде мелких удлинённых, неправильной формы зерен, размером от 5 до 30 мкм, приуроченных к краевым частям хромпикотита, а также к его трещинам и кавернам. Нередко они присутствуют в массе породообразующих минералов, магнетите, также отмечаются пентландитовые каемки в хизлевудите (рис. 1, в). Из примесей практически во всех исследуемых образцах присутствует кобальт — от 1.3 до 6.6 масс. %.

Хизлевудит (рис. 1, в; табл. 3) встречается в виде мелких каплевидных, удлинённых, неправильной, реже овальной формы зерен размером от 5–10 до 10–120 мкм в массе хромпикотита и породообразующих минералов. Нередко приурочен к их граничным зонам, а также к трещинам в рудном минерале. Как правило, его поверхность усеяна мелкими трещинами, разбивающими зерно на множество более мелких составляющих, и характеризуется присутствием небольших каверн-пустот, а также (редко) вторичными изменениями периферийных частей. В ассоциации с ним в виде тонких каемок наблюдается пентландит, мощность которого составляет от 1 до 5 мкм (рис.).

Ковеллин (рис. 1, г; табл. 4) представляет собой включения неправильной формы, размером от 0.1 до 10 мкм, приуроченные к границам хромпикотита, а также кавернам, и может являться продуктом распада халькопирита (?) либо имеет самостоятельные выделения.

Купроаурид (рис. 1, д; табл. 5) присутствует в виде мелких включений размером от 0.5 до 20 мкм в хромпикотите, в его краевых частях и кавернах.

Джирит (рис. 1, а; табл. 6) встречается в виде многочисленных мелких включений удлинённой, каплевидной, неправильной формы зерен размером от 1 до 5 мкм, в хромпикотите — в его каемках и кавернах, а также на контакте с породообразующими минералами. Нередко усеян мелкой сеточкой трещин и небольшими по размерам и довольно редкими кавернами.

Магнетит (рис. 1, е) встречен нами только в одном аншлифе и представлен массивным, занимающим

Рис. 1. Растровые электронно-микроскопические снимки аншлифов с сульфидной минерализацией в хромовых рудах Лагортинско-Кершорской площади: а — формы распределения хромпикотита, миллерита, джирита и самородной меди; б — миллерит и пентландит в хромпикотите; в — хизлевудит с каемками пентландита в хромпикотите; г — образование ковеллина в результате распада твердого раствора; д — фаза купроаурида в области понижения рельефа в хромпикотите; е — кристаллы пентландита в магнетите

Таблица 1

Химический состав миллерита

Название участка	№ пробы	Компоненты, масс. %					Кристаллохимическая формула
		S	Cu	Fe	Ni	Сумма	
Лагортинский	00407	35.20	—	16.37	48.43	100	$(\text{Ni}_{0.75}\text{Fe}_{0.26})_{1.01}\text{S}$
	00409	33.48	—	13.69	52.83	100	$(\text{Ni}_{0.86}\text{Fe}_{0.23})_{1.09}\text{S}$
	00416	31.94	—	21.40	46.66	100	$(\text{Ni}_{0.8}\text{Fe}_{0.38})_{1.18}\text{S}$
	00416	28.29	28.97	—	42.74	100	$(\text{Ni}_{0.82}\text{Cu}_{0.51})_{1.33}\text{S}$
	00416	35.02	—	29.05	35.93	100	$(\text{Ni}_{0.56}\text{Fe}_{0.8})_{1.04}\text{S}$
	00416	30.18	27.65	—	42.17	100	$(\text{Ni}_{0.76}\text{Cu}_{0.46})_{1.22}\text{S}$
	00416	37.20	—	1.28	61.52	100	$(\text{Ni}_{0.9}\text{Fe}_{0.02})_{1.01}\text{S}$
Кершорский	01216	32.06	—	—	67.94	100	$\text{Ni}_{1.16}\text{S}$
	307001	36.19	—	—	63.81	100	$\text{Ni}_{0.96}\text{S}$
	307001	36.18	18.31	0.69	44.82	100	$(\text{Ni}_{0.68}\text{Cu}_{0.26}\text{Fe}_{0.02})_{0.96}\text{S}$
	307001	35.93	7.85	0.53	55.68	100	$(\text{Ni}_{0.84}\text{Cu}_{0.11}\text{Fe}_{0.01})_{0.96}\text{S}$
	307001	35.66	—	2.32	62.02	100	$(\text{Ni}_{0.95}\text{Fe}_{0.04})_{0.99}\text{S}$
	307001	34.74	—	3.60	61.66	100	$(\text{Ni}_{0.97}\text{Fe}_{0.06})_{1.03}\text{S}$
	307203	33.17	—	0.54	66.29	100	$(\text{Ni}_{1.09}\text{Fe}_{0.01})_{1.1}\text{S}$
Верхнелагортинский	502502	34.01	3.11	21.04	41.83	100	$(\text{Ni}_{0.67}\text{Fe}_{0.36}\text{Cu}_{0.05})_{1.08}\text{S}$
	901501	35.45	—	1.12	63.43	100	$(\text{Ni}_{0.98}\text{Fe}_{0.02})_{1.00}\text{S}$
	901501	35.57	—	2.50	61.93	100	$(\text{Ni}_{0.95}\text{Fe}_{0.04})_{0.99}\text{S}$
Верхнелагортинский	303008	35.52	—	0.72	63.75	100	$(\text{Ni}_{0.98}\text{Fe}_{0.01})_{0.99}\text{S}$

Примечание. Здесь и в последующих таблицах анализы выполнены на электронном микроскопе Tescan Vega 3 с энергодисперсионным спектрометром X-max (Oxford instruments). Сумма приведена к 100%.

всю видимую площадь зерном неправильной угловатой формы размером до 10 мкм. Его поверхность усеяна множеством разнонаправленных трещин, нередко с кавернами-пустотами, и включает в себя множество мелких неправильной формы зерен пентландита размером от 5 до 30 мкм.

Спионкопит (рис. 2, а; табл. 6) представляет собой угловатые, неправильной формы зерна размером 2–4 мкм, локализованные на границе хромпикотита и породообразующих минералов.

Галенит (рис. 2, б; табл. 6) обнаруживается в виде ксеноморфных, неправильной формы зерен размером от 0.5 до 2 мкм в массе хромпикотита, в областях понижения рельефа, в трещинах и кавернах. Из примесей присутствует сурьма — до 34.3 масс. %.

Анилит (рис. 2, в; табл. 6) отмечается в виде неправильной формы зерен в хромпикотите размером от 1–2 до 3–7 мкм и приурочен к его трещинам.

Рис. 2. Растровые электронно-микроскопические снимки аншлифов с сульфидной минерализацией в хромовых рудах Лагортинско-Кершорской площади: а — спионкопит на границе серпентинизированного оливина и хромпикотита; б — галенит в области понижения рельефа в хромпикотите; в — анилит в трещинах в хромпикотите; г — сфалерит в области понижения рельефа в хромпикотите; д — дигенит в трещинах в хромпикотите; е — арсенопирит в массе породообразующих минералов

Таблица 2

Химический состав пентландита							
Название участка	№ пробы	Компоненты, масс. %					Кристаллохимическая формула
		S	Co	Fe	Ni	Сумма	
Лагортинский	00416	35.02	—	29.05	35.93	100	$(\text{Fe}_{3.84}\text{Ni}_{4.48})_{8.32}\text{S}_8$
Кершорский	901501	33.40	1.26	26.19	39.16	100	$(\text{Fe}_{3.6}\text{Ni}_{5.12}\text{Co}_{0.16})_{8.88}\text{S}_8$
		32.07	1.14	29.44	37.35	100	$(\text{Fe}_{4.24}\text{Ni}_{5.04}\text{Co}_{0.16})_{9.44}\text{S}_8$
Егарт	302501	33.38	3.19	33.34	30.10	100	$(\text{Fe}_{4.56}\text{Ni}_{3.92}\text{Co}_{0.4})_{8.88}\text{S}_8$
	501203	33.91	3.71	30.06	32.32	100	$(\text{Fe}_{4.08}\text{Ni}_{4.16}\text{Co}_{0.48})_{8.72}\text{S}_8$
		33.83	6.61	28.68	30.88	100	$(\text{Fe}_{3.92}\text{Ni}_{4.0}\text{Co}_{0.88})_{8.8}\text{S}_8$

Таблица 3

Химический состав хизлевудита							
Название участка	№ пробы	Компоненты, масс. %				Сумма	Кристаллохимическая формула
		S	Fe	Ni			
Лагортинский	00407	27.50	1.75	70.75		100	$(\text{Ni}_{2.8}\text{Fe}_{0.08})_{2.88}\text{S}_2$
	0216	27.57	0.80	71.63		100	$(\text{Ni}_{2.82}\text{Fe}_{0.04})_{2.86}\text{S}_2$
Егарт	501203	27.29	1.86	70.85		100	$(\text{Ni}_{2.82}\text{Fe}_{0.08})_{2.9}\text{S}_2$
		27.29	1.83	70.88		100	$(\text{Ni}_{2.84}\text{Fe}_{0.08})_{2.92}\text{S}_2$
Верхнелагортинский	303002	27.71	0.47	71.83		100	$(\text{Ni}_{2.82}\text{Fe}_{0.02})_{2.84}\text{S}_2$
	303008	28.23	1.09	70.68		100	$(\text{Ni}_{2.74}\text{Fe}_{0.04})_{2.78}\text{S}_2$
		27.71	2.21	70.08		100	$(\text{Ni}_{2.76}\text{Fe}_{0.01})_{2.86}\text{S}_2$

Таблица 4

Химический состав ковеллина							
Название участка	№ пробы	Компоненты, масс. %					Кристаллохимическая формула
		S	Cu	Fe	Ni	Сумма	
Лагортинский	00409	31.21	50.87	11.46	6.46	100	$(\text{Cu}_{0.82}\text{Fe}_{0.21}\text{Ni}_{0.11})_{1.13}\text{S}$
Кершорский	901501	27.88	47.31	12.06	12.75	100	$(\text{Cu}_{0.86}\text{Fe}_{0.25}\text{Ni}_{0.25})_{1.36}\text{S}$

Сфалерит (рис. 2, г; табл. 6) присутствует в виде изометричных, удлиненных, неправильной формы зерен размером от 1 до 2–3 мкм и концентрируется в кавернах и трещинах хромпикотита. Из примесей в нем отмечается кадмий — до 1 масс. %.

Дигенит (рис. 2, д; табл. 6) встречается нами в единичном зерне неправильной формы размером 2×6 мкм, в области трещиноватости хромпикотита, заполненной вторичными минералами.

Арсенопирит (рис. 2, е; табл. 6) встречается в виде каплевидных, неправильной формы выделений размером до 4 мкм, в массе породообразующих минералов, в непосредственной близости от хромпикотита.

Серебро присутствует в серпентинитовых прожилках и в кавернах хромпикотита в виде мелких изометричных и неправильной формы зерен, размером до 3 мкм.

Цинк обнаружен в виде зерен неправильной формы размером от 1 до 20 мкм и располагается на границе

Таблица 5

Химический состав купроаурида

Название участка	№ пробы	Компоненты, масс. %				Кристаллохимическая формула
		Cu	Au	Ag	Сумма	
Лагортинский	01216	34.28	62.09	3.62	100	$\text{Cu}_{1.71}(\text{Au}_{0.89}\text{Ag}_{0.11})$
Кершорский	502502	30.51	61.73	7.76	100	$\text{Cu}_{1.53}(\text{Au}_{0.77}\text{Ag}_{0.23})$

ребро — на участках Лагортинский и Верхнелагортинский.

Кристаллизация рудных минералов на Лагортинско-Кершорской площади, вероятнее всего, происходила в три этапа: раннемагматический — образование хромпикотита, позднемагматический — минералы никеля и меди и

Таблица 6

Химический состав минералов Pb, Ni, Cu и Zn

Название участка	№ пробы	Компоненты, масс. %										Формула	Название
		S	Ni	Cu	Fe	Pb	As	Sb	Zn	Cd	Сумма		
Лагортинский	00409 01216	25.73	—	68.07	6.20	—	—	—	—	—	100	$(\text{Cu}_{1.33}\text{Fe}_{0.14})_{1.47}\text{S}$	спионкопит
		13.32	—	—	—	86.68	—	—	—	—	100	$\text{Pb}_{1.01}\text{S}$	галенит
Кершорский	307001	22.44	—	77.56	—	—	—	—	—	—	100	$\text{Cu}_{1.74}\text{S}$	анилит
	—	21.99	—	78.01	—	—	—	—	—	—	100	$\text{Cu}_{1.79}\text{S}$	дигенит
	307203	23.66	—	76.34	—	—	—	—	—	—	100	$\text{Cu}_{1.62}\text{S}$	джирит
	901501	24.61	1.42	73.97	—	—	—	—	—	—	100	$(\text{Cu}_{1.52}\text{Ni}_{0.03})_{1.55}\text{S}$	джирит
Егарт	501203	12.90	—	—	—	87.10	—	—	—	—	100	$\text{Pb}_{1.04}\text{S}$	галенит
Верхнелагортинский	303002	23.40	—	—	—	42.30	—	34.30	—	—	100	$(\text{Pb}_{0.28}\text{Sb}_{0.39})_{0.67}\text{S}$	сурьмянистый галенит
	—	21.91	—	—	32.20	—	45.89	—	—	—	100	$\text{Fe}_{0.84}\text{As}_{0.9}\text{S}$	арсенопирит
	303008	12.52	—	—	—	87.48	—	—	—	—	100	$\text{Pb}_{1.08}\text{S}$	галенит
	—	33.53	—	—	—	—	—	—	65.54	0.93	100	$(\text{Zn}_{0.96}\text{Cd}_{0.01})_{0.97}\text{S}$	сфалерит

хромпикотита и серпентинизированного оливина, а также в кавернах хромпикотита.

Медь встречается в виде мелких неправильной формы зёрен в основной массе и в кавернах хромпикотита и имеет размеры до 2 мкм.

Железо отмечается в хромпикотите в виде изометричных зерен размерами до 1 мкм.

Никель присутствует в виде мелких включений неправильной формы в краевых частях хромпикотита и имеет размеры до 2 мкм.

В результате исследования сульфидной минерализации в хромовых рудах установлено, что в целом для участков характерен следующий набор минералов, в том числе впервые выявленных:

для Лагортинского — миллерит (в т. ч. медистая разновидность), пентландит, ковеллин, хизлевудит, купроаурид, спионкопит, галенит и самородные медь, железо, серебро и цинк;

для Кершорского — миллерит, пентландит, ковеллин, купроаурид, анилит, дигенит, джирит и медь;

для Егарта — пентландит, магнетит, хизлевудит, галенит;

для Верхнелагортинского — миллерит, хизлевудит, галенит, сурьмянистый галенит, арсенопирит, сфалерит, серебро и никель.

Из всего вышеописанного можно сделать вывод о том, что для участка Лагортинский характерны никелевые минералы с присутствием медистой составляющей (медистый миллерит, спионкопит, ковеллин, купроаурид); на участке Кершорский сосредоточены в основном никелевые и большое разнообразие медистых минералов (анилит, дегенит, джирит); для участков Егарт и Верхнелагортинский характерно присутствие никелевых минералов — пентландита и хизлевудита. Следует отметить, что купроаурид установлен только на участках Лагортинский и Кершорский, се-

гидротермальный — галенит, сфалерит, арсенопирит, самородные фазы.

Авторы благодарны С.К. Кузнецову, В.Г. Котельникову, Е.А. Котельниковой, И.Г. Сенчукову за помощь в подготовке работы.

Работа выполнена при поддержке программы фундаментальных исследований УрО РАН, проект №12-С-5-1006, проекта 12-5-6-016-АРКТИ-КА, гранта РФФИ 11-05-00620а.

Литература

1. Гурская Л. И., Смелова Л. В., Колбанцев Л. Р. и др. Платиноиды хромитовых массивов Полярного Урала. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2004. 306 с.
 2. Макеев А. Б. Минералогия альпийских ультрабазитов Урала. СПб.: Наука, 1992. 197 с.
 3. Овечкин А. М. Поисковые работы на хромиты в северной части Войкаро-Сынынского гипербазитового массива. Отчет за 1985—1999 гг. Комигеолфонд, 1999. № 11113
- Рецензент д. г.-м. н. С. К. Кузнецов