

УДК 549.28:553.461(234.851)

СУЛЬФИДНАЯ И БЛАГОРОДНОМЕТАЛЛЬНАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ В ХРОМОВЫХ РУДАХ ЛАГОРТИНСКО-КЕРШОРСКОЙ ПЛОЩАДИ ВОЙКАРО-СЫНЬИНСКОГО МАССИВА (ПОЛЯРНЫЙ УРАЛ)

© 2014 г. Р. И. Шайбеков*, С. К. Кузнецов*, М. М. Гайкович**, С. С. Шевчук*

*Институт геологии Коми НЦ УрО РАН
167982, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, 54
E-mail: shaybekov@geo.komisc.ru

**ЗАО "МИРЕКО"
167983, г. Сыктывкар, ул. Громова, 75
E-mail: mikeroro@mail.ru

Поступила в редакцию 16.04.2014 г.

Приводятся результаты изучения сульфидной и благороднометалльной минерализации в хромовых рудах Лагортинско-Кершорской площади Войкаро-Сыньинского ультрабазитового массива. Выявлены и охарактеризованы миллерит, пентландит, хизлевудит, галенит, арсенипирит, сульфиды меди, минеральные фазы осмия, рутения, иридия и палладия, самородные золото, серебро, цинк, медь, железо, никель. Формирование сульфидной и благороднометалльной (золото-палладиевой) минерализации происходило в основном в позднепалеозойское время в связи с проявлением гидротермально-метасоматических (метаморфических) процессов. Золото-палладиевая минерализация может быть наложена не только на хромовые руды, но и на вмещающие породы в зонах разрывных нарушений. Войкаро-Сыньинский и другие ультрабазитовые массивы Полярного Урала заслуживают внимания и дальнейшего изучения в отношении платиноидной и золото-платиноидной минерализации.

Ключевые слова: *Полярный Урал, Войкаро-Сыньинский массив, Лагортинско-Кершорская площадь, дуниты, гарцбургиты, хромовая руда, сульфиды, платиноиды.*

ВВЕДЕНИЕ

На Полярном Урале, в зоне Главного Уральского надвига, находятся крупные ультрабазитовые массивы: Войкаро-Сыньинский, Рай-Изский и Сыум-Кеуский, с которыми связаны многочисленные проявления и месторождения хромовых руд. В изучении геологического строения и хромитовосности ультрабазитовых массивов в разные годы принимали участие А.К. Афанасьев, Н.В. Вахрушева, А.А. Ефимов, В.В. Кениг, В.Г. Котельников, А.Б. Макеев, Ю.Е. Молдаванцев, А.М. Овечкин, Б.В. Перевозчиков, А.А. Савельев, Г.Н. Савельева, Г.П. Софронов, Е.В. Шарков, В.Р. Шмелев и многие другие геологи. В настоящее время разрабатывается месторождение Центральное, находящееся на восточном склоне Полярного Урала. На ряде перспективных площадей продолжаются геологоразведочные работы.

В ультрабазитах и хромовых рудах Полярного Урала давно известны сульфиды никеля, железа и меди, минеральные фазы платиноидов в основном Pt-Os-Ir-Ru состава (Аникина, 1995; Волченко, 1986, 1990; Волченко и др., 2009; Ефимов, 1984; Макеев, 1992; и др.). Обстоятельная работа по платиноносности разных ультрабазитовых мас-

сивов выполнена Л.И. Гурской с соавторами (Гурская, Смелова, 2003; Гурская и др., 2004). Дана характеристика и отмечены особенности платинометалльной минерализации Войкаро-Сыньинского, Рай-Изского и Сыум-Кеуского массивов, рассмотрены закономерности рудообразования. На основе минералогических и геохимических данных выделены четыре наиболее распространенные ассоциации платиновых металлов: Ru-Os, (Ru-Os)-Ir-Pt, Pt-Fe, Pt-Pd-(Au). Сделан вывод о высоком платинометаллогеническом потенциале Полярного Урала, выделены наиболее перспективные районы и проявления. В ультрабазитах и хромовых рудах Войкаро-Сыньинского массива описаны лаурит, эрликманит, сперрилит, сульфидарсениды ряда ирарсит–холлингвортит.

В последние годы в северной части Войкаро-Сыньинского массива в клинопироксенитах обнаружено медно-золото-платино-палладиевое проявление Озерное (Кузнецов и др., 2007; Пыстин и др., 2011). На этом проявлении проведены поисковые работы и диагностирован целый ряд новых для региона минеральных фаз платиноидов. В настоящей работе изложены полученные нами результаты изучения сульфидной и золото-платиноидной минерализации, связанной с хромовыми рудами Лагортинско-

Кершорской площади Войкаро-Сыньинского массива, находящейся южнее проявления Озерного в приводораздельной части Полярного Урала, в верховьях р. Лагорта-Ю. Эта площадь рассматривается как одна из наиболее перспективных, и в ее пределах в настоящее время ведутся поисковые работы (Лагортинской ГПП ЗАО “МИРЕКО”, г. Сыктывкар). Первые сведения о находках минералов платиновых металлов в хромовых рудах Лагортинско-Кершорской площади были опубликованы нами ранее (Кузнецов и др., 2013). В данной статье представлена более полная характеристика сульфидной и золото-платиноидной минерализации.

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА И ОСНОВНЫЕ ХРОМИТОНОСНЫЕ УЧАСТКИ

Войкаро-Сыньинский 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 около 2000 км². Данный массив обычно рассматривается как часть офиолитового аллохтона, надвинутого с востока на край Восточно-Европейской платформы (Пучков, 2010; и др.). С ним связано более 200 хромитовых проявлений и точек минерализации.

В геологическом строении Лагортинско-Кершорской площади участвуют магматические образования, среди которых доминируют породы ультраосновного состава, представленные хромитовыми ультрабазитами райизско-войкарского дунит-гарцбургитового мегакомплекса (рис. 1). Значительно меньшим распространением на площади пользуются метаморфизованные габброиды кэршорского дунит-верлит-клинопироксенит-габбрового комплекса и долериты лагортаюского комплекса “параллельных даек”. В современной структуре региона эта группа комплексов входит в состав краевых палеоостроводужных аллохтонов (Войкарская структурно-фациальная зона), шарьированных в область миогеосинклинали сектора Урала (Лемвинская структурно-фациальная зона). В структуре офиолитов Войкарской зоны выделяются три крупных покрова (снизу вверх): Хулгинский, наиболее мощный Пайерский и Лагортинский. Все они характеризуются пологим (5–6°) юго-восточным падением и слагают сложно построенный аллохтон, сформированный до начала коллизии. Хулгинский (нижний) покров в пределах площади представлен разнообразными габброидами, долеритами, реже дунитами, верлитами и клинопироксенитами кэршорского комплекса, в том числе продуктами их метаморфизма. Пайерский (средний) покров включает в себя ультрабазиты райизско-войкарского мегакомплекса, расслоенные ультрабазиты и габброиды кэршорского, габброиды и долериты лагортаюского комплексов. Об-

разования Лагортинского (верхнего) покрова в пределах площади отсутствуют. Тектонический шов между Хулгинским и Пайерским покровами долгоживущий. Он выполнен продуктами полихронного дислокационного метаморфизма регрессивной направленности.

Природа и возраст офиолитов остаются в значительной степени дискуссионными. Геологические данные, датировки абсолютного возраста позволяют считать, что их формирование, включая собственно ультрабазиты Войкаро-Сыньинского массива, происходило в палеозойское время, в интервале от ордовика до раннего девона.

В пределах Лагортинско-Кершорской площади выделяются следующие хромитовые участки: Верхнелагортинский, Кершорский, Егартский и Лагортинский.

Участок Верхнелагортинский расположен в северо-западной части Лагортинского рудного поля, на водоразделе рек Лагортаегарт и Бол. Лагорта, в пределах восточного склона Полярного Урала, в непосредственной близости от Главного Уральского водораздела. В геологическом строении участвуют образования дунит-гарцбургитового структурно-вещественного комплекса, представленные “краевыми дунитами” и пироксенизированными в различной степени гарцбургиты (лерцолито- и вебстеритоподобные породы) нижней гарцбургитовой толщи гарцбургитового комплекса.

Хромитовая зона, получившая название Верхнелагортинской, залегает в пределах верхней части относительно мощного (300–400 м) дунитового тела, локализованного в зоне контакта гарцбургитов и их пироксенизированных разностей. Дуниты в виде жильных тел проникают и в вышележащие гарцбургиты и в подстилающие вебстериты и лерцолитоподобные породы. Тело дунитов, достаточно полого, под углом 30°, падает в восток-юго-восточном направлении. Рудная зона конформно контактам дунитов погружается на восток-юго-восток. Протяженность зоны – 1800 м, ширина выхода – 200 м. Выявлено 8 рудных тел мощностью от 0.2 до 3.0 м и протяженностью от 60 до 400 м. Форма рудных тел пластообразная, линзовидно-уплощенная. Руды убогие, реже редковкрапленные.

Участок Кершорский располагается в юго-восточной части Лагортинско-Кершорской площади, в пределах Кэршорско-Трубаюского 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 комплекса. Установлено 11 сближенных тел хромитов неправильной линзообразной гнездообразной формы размером от 1 до 40 м по простиранию при мощности 0.4–15.0 м. Руды локализируются в гарцбургитах вблизи контакта

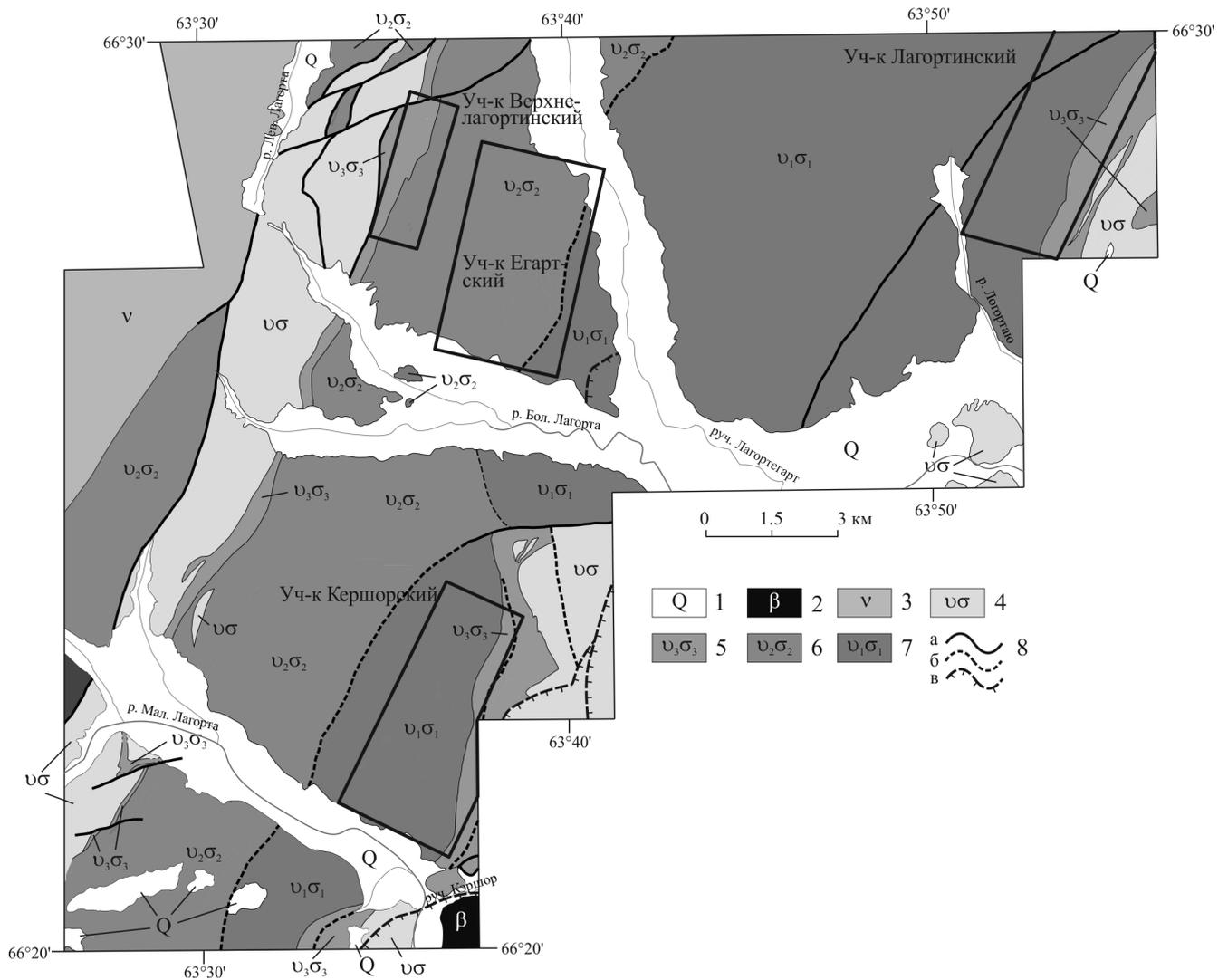


Рис. 1. Геологическая схема Лагортинского-Кершорской площади (по материалам ООО “Кратон”, 2011 г.).

1 – четвертичные отложения; 2 – лагортинский комплекс параллельных даек: долериты, габбро-долериты; 3 – хордьюнский комплекс глубокометаморфизованных габброидов: двупироксеновые гранулиты, гранатые амфиболиты, метагаббронориты; 4 – кершорский дунит-верлит-клинопироксенит-габбровый комплекс: дуниты, верлиты (в т.ч. нерасчлененные), габбро-амфиболиты; 5–7 – райизско-войкарский мегакомплекс: 5 – верлит-дунитовый комплекс: дуниты, верлиты нерасчлененные; 6 – дунит-гарцбургитовый комплекс: дуниты, гарцбургиты; 7 – гарцбургитовый комплекс: дуниты, гарцбургиты; 8 – разрывные нарушения: а – достоверные, б – предполагаемые, в – Главный Уральский надвиг.

Fig. 1. Geological scheme of Lagorta-Kershor area (data LLC “Kraton”, 2011).

1 – quaternary sediments; 2 – dolerites and gabbro-dolerite parallel dikes of Lagorta complex; 3 – deeply metamorphosed two-pyroxene granulites, garnet amphibolites, metagabbro-norites of Hord'yu complex; 4 – dunites, wehrlites (including undivided), gabbro-amphibolites of Kershor complex; 5–7 – Rayiz-Voykar ultramafic mega complex: 5 – wehrlite-dunite complex: dunites, wehrlites undivided; 6 – dunite-harzburgite complex: dunites, harzburgites; 7 – harzburgite complex: harzburgites, dunites; 8 – Faults: a – known, б – supposed, в – main Ural thrust.

с породами верлит-дунитового комплекса. Все тела находятся в дунитовой оторочке. Руды глинозёмистые магнезиальные (алюмохромит, хромшпинелид), преимущественно средне- до густовкрапленных и сплошных. Пространственно оруденение локализуется в двух зонах: западной и восточной. Обе зоны сопровождаются протяженными делювиальными развалами рудных обломков. Общая протя-

женность Западной зоны до 800 м при ширине около 100 м. Восточная рудная зона характеризуется протяженностью 500 м при ширине до 75–80 м.

Участок Егартский расположен в северо-восточной части Лагортинского рудного поля, на правом берегу р. Лагортаегарт в пределах восточного склона Полярного Урала. В строении рудопроявления участвуют образования дунит-гарцбургитового

комплекса, представленные крупным силлообразным телом дунитов, по мощности сопоставимым с дунитами Хойлинского тела. Нерасчлененные образования комплекса, сложенные парагенерациями дунитов, гарцбургитов и пироксенитов, формируют ореол в кровле материнского тела. Вмещающие образования гарцбургитового комплекса локализованы в западной части участка. Гарцбургиты восточной части принадлежат основанию крупной тектонической пластины и представлены сильно тектонизированными, антигоритизированными разностями (от войкаритов до войкаритовых сланцев). Дуниты, залегающие в лежачем крыле, сложены нацело регенерированными разностями (крупнокристаллическими и пегматоидными дунитами). В апикальной части дунитов силлообразного тела выявлены скопления высокохромистых средне- и густовкрапленных руд.

Участок Лагортинский, расположенный в северо-восточном углу Лагортинско-Кершорской площади, на водоразделе рек Лагортаю и Трубаю, в пределах Кэршорско-Трубаюского рудного поля, является наиболее детально изученным. Участок находится в поле развития пород верхней гарцбургитовой толщи гарцбургитового комплекса. Толща трассируется протяженными телами дунитов, ассоциирующими с ними хромититами и иногда вебстеритами. Гарцбургиты представлены сильно дифференцированным по содержанию ортопироксена комплексом пород (нерасчлененные дунит-гарцбургитовые образования), повсеместно содержащих в истощенных пироксеном разностях убогую вкрапленность хромшпинелидов. Мощности зон истощения варьируют от 50 до 400 м, протяженность – от первых сотен метров до 4 км и более. Рудные тела локализованы в основном в дунитах и их пироксеновых разностях, мелкие тела часто залегают непосредственно в истощенных гарцбургитах. Форма рудных тел уплощенно-линзовидная, мощность варьирует от 0.5 до 11.7 м. Руды в основном средневкрапленные, крупнокристаллические, реже – нодулярные.

СУЛЬФИДНАЯ И БЛАГОРОДНОМЕТАЛЛЬНАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ

Минеральный состав хромовых руд варьирует в зависимости от их типа, особенностей вмещающих пород, проявления эпигенетических процессов. Вкрапленные руды имеют неотчетливые контуры и характеризуются постепенными переходами с вмещающими породами. Величина вкрапленных хромшпинелидов составляет обычно 1–4 мм в поперечнике, иногда достигает нескольких сантиметров. Массивные руды имеют резкие контакты с вмещающими породами и состоят из сплошной массы хромшпинелидов, структура которой может быть крупно-, средне- и мелкозернистой. Некоторые рудные тела пересекаются более поздними

дайками основного состава. Характерны серпентиновые прожилки, а также прожилки уваровита мощностью до 2 мм, прослеживающиеся как в хромитовых телах, так и во вмещающих породах, особенно в серпентинитах. На стенках трещин, секущих рудные тела, нередко отмечаются корочки кеммерерита фиолетового цвета.

Содержание хромшпинелидов в массивных рудах составляют около 50% объема, во вкрапленных – от 30 до 40%. Наряду с ними в рудах отмечается магнетит, в том или ином количестве присутствуют силикаты: оливин, серпентин, уваровит.

Хромшпинелиды по составу отвечают в основном хромпикотиту (алюминий-магний-железистая разновидность). Величина зерен хромшпинелида варьирует в широких пределах от десятых долей миллиметра до 3–5 мм, иногда до 6–8 мм. Форма зерен изометричная, иногда округлая, границы обычно неровные, криволинейные. По трещинам в зернах хромшпинелидов часто развивается серпентин. Следует заметить, что зерна хромшпинелидов по краям и вдоль трещин часто заметно изменены, что внешне выражается в развитии мелких каверн. По химическому составу зоны изменения отличаются повышенным содержанием Cr_2O_3 , $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$ и значительно более низким содержанием Al_2O_3 . Иногда при переходе от неизмененных к измененным участкам отмечается возрастание содержания TiO_2 и V_2O_5 .

Магнетит встречается в виде мелких изометричных и неправильной формы зерен, находящихся в виде вкраплений в серпентине, оливине, пироксене. Обычно они очень мелкие (сотые доли миллиметра), но иногда величина отдельных зерен достигает 0.2–0.4 мм.

Кроме указанных минералов нами в ходе электронно-микроскопических и микрозондовых исследований была выявлена и изучена сульфидная и благороднометалльная минерализация, включающая пентландит, хизлевудит, миллерит, дигенит, галенит, сфалерит, арсенопирит, халькопирит, минеральные фазы осмия, рутения, иридия и палладия, медистое золото, самородные серебро, медь, железо, никель и др. (рис. 2). Исследования выполнены в ИГ Коми НЦ УрО РАН на сканирующем электронном микроскопе Tescan Vega3 LMN с энергодисперсионной приставкой X-Max 50 mm фирмы Oxford Instruments с напряжением 20 кВ, силой тока 15 нА, вакуумом 0.05 Па, минимально возможный размер анализируемого зерна – 0.5 мкм (при фактической области возбуждения пучка до 2 мкм), эталоны: Pt (Pt), Pd (Pd), Au (Au), Ag (Ag), PbTe (Pb, Te), Bi (Bi), Sb (Sb), Cu (Cu), Ni (Ni), FeS_2 (Fe), W (W), Hg (HgTe), Co (Co), Zn (Zn), As (InAs), Se (Se), Cd (Cd), Ti (Ti), V (V), Mn (Mn), Ca (волластонит), Si (SiO_2), O (SiO_2), Al (Al_2O_3), Sr (SrF_2).

Сульфиды Fe и Ni. Самым распространенным железом-никелевым сульфидом является *милле-*

Таблица 1. Химический состав миллерита, мас. %**Table 1.** Chemical composition of millerite, % wt

Название участка	Номер пробы	Компоненты				Σ	Кристаллохимическая формула
		Ni	Fe	Cu	S		
Лагортинский	00407	46.99	15.88	He обн.	34.16	97.03	$(\text{Ni}_{0.75}\text{Fe}_{0.26})_{1.01}\text{S}$
	00407	52.62	13.63	—	33.35	99.60	$(\text{Ni}_{0.86}\text{Fe}_{0.23})_{1.09}\text{S}$
	00416	36.55	29.55	—	35.62	101.72	$(\text{Ni}_{0.56}\text{Fe}_{0.48})_{1.04}\text{S}$
	00416	62.63	1.30	—	37.88	101.81	$(\text{Ni}_{0.90}\text{Fe}_{0.02})_{1.01}\text{S}$
	01216	66.28	He обн.	—	31.27	97.55	$\text{Ni}_{1.16}\text{S}$
Кершорский	307001	62.07	—	—	35.20	97.27	$\text{Ni}_{0.96}\text{S}$
	307001	55.25	0.53	7.79	35.65	99.22	$(\text{Ni}_{0.84}\text{Cu}_{0.11}\text{Fe}_{0.01})_{0.96}\text{S}$
	307001	59.45	2.22	He обн.	34.17	95.84	$(\text{Ni}_{0.95}\text{Fe}_{0.04})_{0.99}\text{S}$
	307001	62.97	3.67	—	35.47	102.11	$(\text{Ni}_{0.97}\text{Fe}_{0.06})_{1.03}\text{S}$
	307203	67.53	0.55	—	33.78	101.86	$(\text{Ni}_{1.09}\text{Fe}_{0.01})_{1.10}\text{S}$
	502502	40.79	20.52	3.04	33.17	97.52	$(\text{Ni}_{0.67}\text{Fe}_{0.36}\text{Cu}_{0.05})_{1.08}\text{S}$
	901501	61.63	1.08	He обн.	34.44	97.15	$(\text{Ni}_{0.98}\text{Fe}_{0.02})_{1.00}\text{S}$
	303008	64.91	0.73	—	36.17	101.81	$(\text{Ni}_{0.98}\text{Fe}_{0.01})_{0.99}\text{S}$

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

Note. Here and in the following tables analyzes were performed on an electron microscope Tescan Vega 3 with energy dispersive spectrometer X-max (Oxford instruments).

Таблица 2. Химический состав хизлеудита, мас. %**Table 2.** Chemical composition of heazlewoodite, % wt

Название участка	Номер пробы	Компоненты			Σ	Кристаллохимическая формула
		Ni	Fe	S		
Лагортинский	00407	68.64	1.70	26.68	97.02	$(\text{Ni}_{2.80}\text{Fe}_{0.08})_{2.88}\text{S}_2$
	01216	71.18	0.80	27.39	99.37	$(\text{Ni}_{2.82}\text{Fe}_{0.04})_{2.86}\text{S}_2$
Егартский	501203	72.64	1.90	27.97	102.51	$(\text{Ni}_{2.82}\text{Fe}_{0.08})_{2.90}\text{S}_2$
	501203	72.32	1.86	27.85	102.03	$(\text{Ni}_{2.84}\text{Fe}_{0.08})_{2.92}\text{S}_2$
Верхнелагортинский	303002	71.89	0.47	27.73	100.09	$(\text{Ni}_{2.82}\text{Fe}_{0.02})_{2.84}\text{S}_2$
	303008	72.06	1.11	28.78	101.95	$(\text{Ni}_{2.74}\text{Fe}_{0.04})_{2.78}\text{S}_2$
	303008	70.29	2.21	27.79	100.29	$(\text{Ni}_{2.76}\text{Fe}_{0.01})_{2.86}\text{S}_2$

рит, который наблюдается в виде мелких, нередко многочисленных зерен изометричной или неправильной формы размером от 0.1 до 30 мкм, редко до 100–120 мкм, приуроченных к участкам развития серпентина, к кавернам и трещинам в зернах хромшпинелидов, зонам контакта хромшпинелидов и породообразующих минералов. Нередко можно встретить замещение пентландита миллеритом (рис. 2г). Химический состав миллерита (табл. 1) довольно неустойчив (приведено к 100%): Ni – от 35.93 до 67.94, S – от 32.06 до 37.21 мас. %. Из примесей иногда в значительных количествах в нем устанавливаются Cu – от 3.12 до 7.85 и Fe – от 0.53 до 29.05 мас. %. Вероятнее всего, это происходило за счет частичного заимствования этих элементов из зерен хромшпинелидов и минералов меди в ходе микрозондового анализа ввиду маленького размера зерна миллерита по отношению к области возбуждения пучка электронов. Усредненная кристаллохимическая формула имеет вид $(\text{Ni}_{0.90}\text{Fe}_{0.14})_{1.04}\text{S}$.

Вторым по распространенности минералом является хизлеудит, который находится в сростках

с хромшпинелидом либо на периферийных его частях, иногда встречаясь в массе породообразующих минералов. Как правило, хизлеудит представляет собой мелкие зерна различной формы от пламевидных, удлинено-вытянутых до округлых зерен размером до 200 мкм. Иногда зерна хизлеудита усеяны серией трещин, разбивающих их на множество более мелких составляющих и характеризующихся присутствием небольших каверн-пустот. Состав минерала (табл. 2) довольно устойчив (приведено к 100%): Ni – от 70.09 до 71.83, Fe – от 0.47 до 2.20 и S – от 27.29 до 28.23 мас. %, но характеризуется пониженными содержаниями никеля и повышенными серы. Усредненная кристаллохимическая формула имеет вид $(\text{Ni}_{2.80}\text{Fe}_{0.05})_{2.85}\text{S}_2$.

Реже всего встречается пентландит, преимущественно его кобальтовая разновидность. Минерал был установлен нами в хромовых рудах двух участков – Кершорском и Егартском. Встречается в виде мелких зерен удлиненной или неправильной формы размером от 1 до 30 мкм, редко до 200 мкм, обычно находящиеся на участках серпентинизации

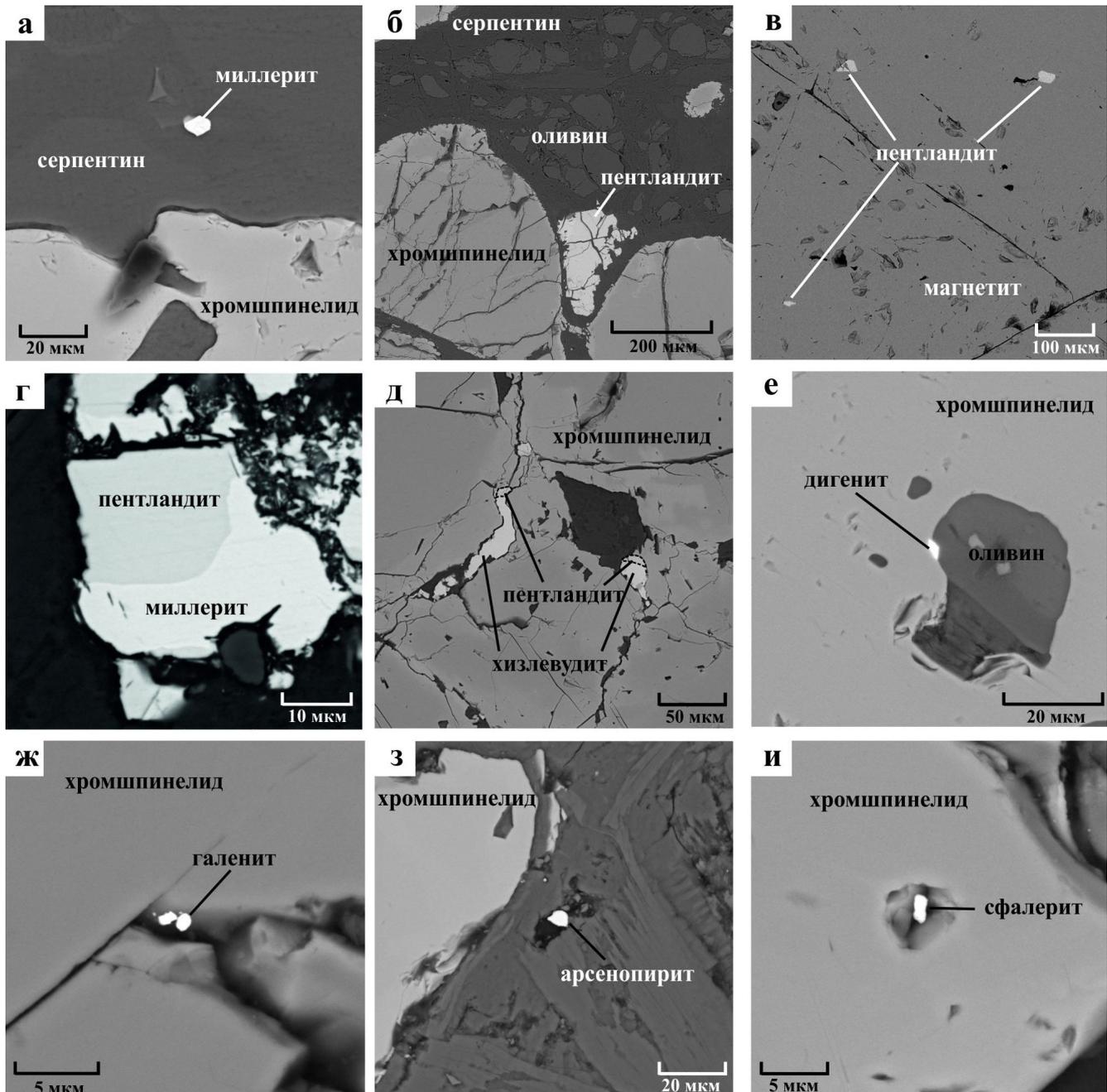


Рис. 2. Растровые электронно-микроскопические снимки сульфидной минерализации в хромовых рудах Лагортинско-Кершорской площади.

а – миллерит в серпентине; б – пентландит в оливин-серпентиновой массе; в – пентландит в магнетите; г – замещение пентландита миллеритом; д – замещение хизлевудита пентландитом в хромпикотите; е – дигенит в хромпикотите; ж – галенит в хромпикотите; з – арсенопирит в массе породообразующих минералов; и – сфалерит в хромпикотите.

Fig. 2. Scanning electron microscopic images of noble metal mineralization in chrome ores Lagorta-Kershor area.

а – millerite in serpentine, б – pentlandite in olivine-serpentinized mass, в – pentlandite in magnetite, г – millerite is replacing pentlandite, д – pentlandite is replacing heazlewoodite in chromspinelite, е – digenite in chromspinelite, ж – galena in chromspinelite, з – arsenopyrite in source minerals, и – sphalerite in chromspinelite.

оливина и их форма во многом определяется формой пространства между зернами хромпикотита и оливина. Лишь в одном случае пентландит наблю-

дался нами в виде мельчайших частиц в трещинах и кавернах магнетита (рис. 2в), также нередко можно отметить замещение хизлевудита пентландитом

Таблица 3. Химический состав пентландита, мас. %**Table 3.** Chemical composition of pentlandite, % wt

Название участка	Номер пробы	Компоненты				Σ	Кристаллохимическая формула
		Fe	Ni	Co	S		
Кершорский	901501	25.93	38.77	1.24	33.07	99.01	$(\text{Fe}_{3.6}\text{Ni}_{5.12}\text{Co}_{0.16})_{8.88}\text{S}_8$
	901501	29.74	37.73	1.15	32.39	101.01	$(\text{Fe}_{4.24}\text{Ni}_{5.04}\text{Co}_{0.16})_{9.44}\text{S}_8$
Егартский	302501	34.09	30.78	3.25	34.13	102.27	$(\text{Fe}_{4.56}\text{Ni}_{3.92}\text{Co}_{0.40})_{8.88}\text{S}_8$
	501203	30.87	33.19	3.81	34.82	102.69	$(\text{Fe}_{4.08}\text{Ni}_{4.16}\text{Co}_{0.48})_{8.72}\text{S}_8$
	501203	29.04	31.27	6.70	34.25	101.26	$(\text{Fe}_{3.92}\text{Ni}_{4.00}\text{Co}_{0.88})_{8.80}\text{S}_8$

(рис. 2д). Химический состав пентландита (табл. 3) колеблется в следующих пределах (приведено к 100%): Fe – от 26.19 до 33.33, Ni – от 30.10 до 39.16, Co – от 1.14 до 6.62 и S – от 32.07 до 33.91 мас. %. Усредненная кристаллохимическая формула имеет вид $(\text{Fe}_{4.08}\text{Ni}_{4.45}\text{Co}_{0.42})_{8.95}\text{S}_8$.

Сульфиды Cu наиболее часто встречаются в виде многочисленных мелких зерен различной формы размером от 0.1 до 10 мкм, приуроченных к трещинам, кавернам в хромшпинелидах, а также к их контактам с породообразующими минералами (рис. 2е). Из 7 проанализированных нами зерен с уверенностью можно диагностировать лишь дигенит (2 зерна), стабильная форма которого образуется при условии присутствия железа около 1% при температуре 83°C (Morimoto N., Koto K., 1970). Химический состав дигенита следующий (приведено к 100%): Cu – от 76.53 до 76.99, Fe – от 1.31 до 1.33, S – от 21.74 до 22.14 мас. %. Усредненная кристаллохимическая формула имеет вид $(\text{Cu}_{1.77}\text{Fe}_{0.03})_{1.80}\text{S}$. Другие 5 зерен по своему составу близки к ярровиту, спионкопиту, анилиту, джириту и джурлиту.

Халькопирит – редкий минерал, встречающийся в виде единичных мелких выделений в серпентин-оливиновой массе, реже – в трещинах и кавернах хромшпинелидов. Величина зерен халькопирита колеблется от 0.001 до 0.01 мм, отдельные зерна достигают размера 0.05–0.1 мм.

Сульфиды Pb и Zn. Наиболее часто встречающимся минералом этой группы является *галенит*. Он обнаруживается в виде ксеноморфных, неправильной формы зерен размером от 0.5 до 10 мкм в трещинах и кавернах, расположенных в катаклазированных областях хромшпинелидов, нередко образуя небольшие скопления из нескольких зерен в областях трещиноватости. Состав галенита довольно устойчив, иногда с присутствием небольшой примеси железа (приведено к 100%): Pb – от 83.26 до 87.48, Fe – от 1.04 до 5.50, S – от 10.20 до 13.32 мас. %. Усредненная кристаллохимическая формула имеет вид $(\text{Pb}_{1.06}\text{Fe}_{0.01})_{1.07}\text{S}$.

Сфалерит встречается очень редко и установлен только на Верхнелагортинском участке в виде единичных зерен неправильной формы размером от 1 до 2–3 мкм, локализованных в кавернах и трещинах, реже на периферии зерен хромшпинели-

дов. Сфалерит характеризуется устойчивым составом (приведено к 100%): Zn – от 58.25 до 65.54, Fe – от 7.96 до 9.06, S – от 31.22 до 33.79 мас. % и имеет следующую кристаллохимическую формулу – $(\text{Zn}_{0.93}\text{Fe}_{0.15})_{1.08}\text{S}$. В единичном случае была отмечена примесь Cd (0.93%).

Минералы благородных металлов. *Лаурит* $(\text{Ru}_{0.65}\text{Os}_{0.20}\text{Ir}_{0.12})_{0.97}\text{S}_2$ является самым распространенным платиноидом в хромовых рудах и встречается в виде включений изометричной формы величиной до 10 мкм (рис. 3). Состав лаурита приведен в табл. 4. Наряду с Ru в нем всегда присутствуют Os и Ir. В отдельных случаях отмечается приуроченность зерен лаурита к трещинам в хромшпинелидах. При этом в составе лаурита устанавливаются примеси Sb до 1.10 и As до 5.94 мас. %. Вместе с лауритом нами обнаружены мельчайшие зерна приблизительно того же состава, но с преобладанием Os (до 47.5 мас. %), близкие к *эрликманиту* (OsS_2) . Как известно, сульфиды Ru и Os, образующие ряд лаурит–эрликманит, являются наиболее распространенными из минералов платиновых металлов в хромитовых рудах (Аникина, 1995; Вахрушева, 1996 и др.). Наряду с лауритом, иногда в сростаниях с ним, обнаруживаются мелкие зерна величиной до 5 мкм, отвечающие по составу ирарситу $(\text{Ir}_{0.79}\text{Ru}_{0.09}\text{Rh}_{0.04})_{0.92}\text{As}_{0.74}\text{S}_{1.00}$ и невьянскиту $(\text{Os}_{0.71}\text{Ir}_{0.24}\text{Ru}_{0.05})$, (табл. 4).

Минералы палладия обнаружены нами в хромовых рудах Кершорского участка и представлены мельчайшими включениями в миллерите. Их размер составляет 0.2–5.0 мкм. По составу они отвечают *соболевскиту* и *потариту*, расчетные кристаллохимические формулы которых имеют вид: $\text{Pd}_{1.26}(\text{Bi}_{0.99}\text{As}_{0.01})_{1.00}$ и $\text{Pd}_{1.22}\text{Hg}_{1.00}$ (табл. 5). В составе потарита обычно обнаруживается небольшой дефицит Hg, что, вероятнее всего, обусловлено понижением содержания этого элемента в ходе микронного анализа. В некоторых субмикронных зернах в качестве основных компонентов фиксируются Pd, Pb и Hg. Анализы пересчитываются на формулы, которые приблизительно соответствуют *звягинцевиту* – $\text{Pd}_{3.65}\text{Pb}_{1.00}$ и $(\text{Pd}_{2.99}\text{Hg}_{0.34})_{3.33}\text{Pb}_{1.00}$ или, в меньшей степени, *плюмбопалладиниту* – Pd_3Pb_2 .

Кроме вышеописанных минералов в хромовых рудах отмечаются арсенипирит и самородные ме-

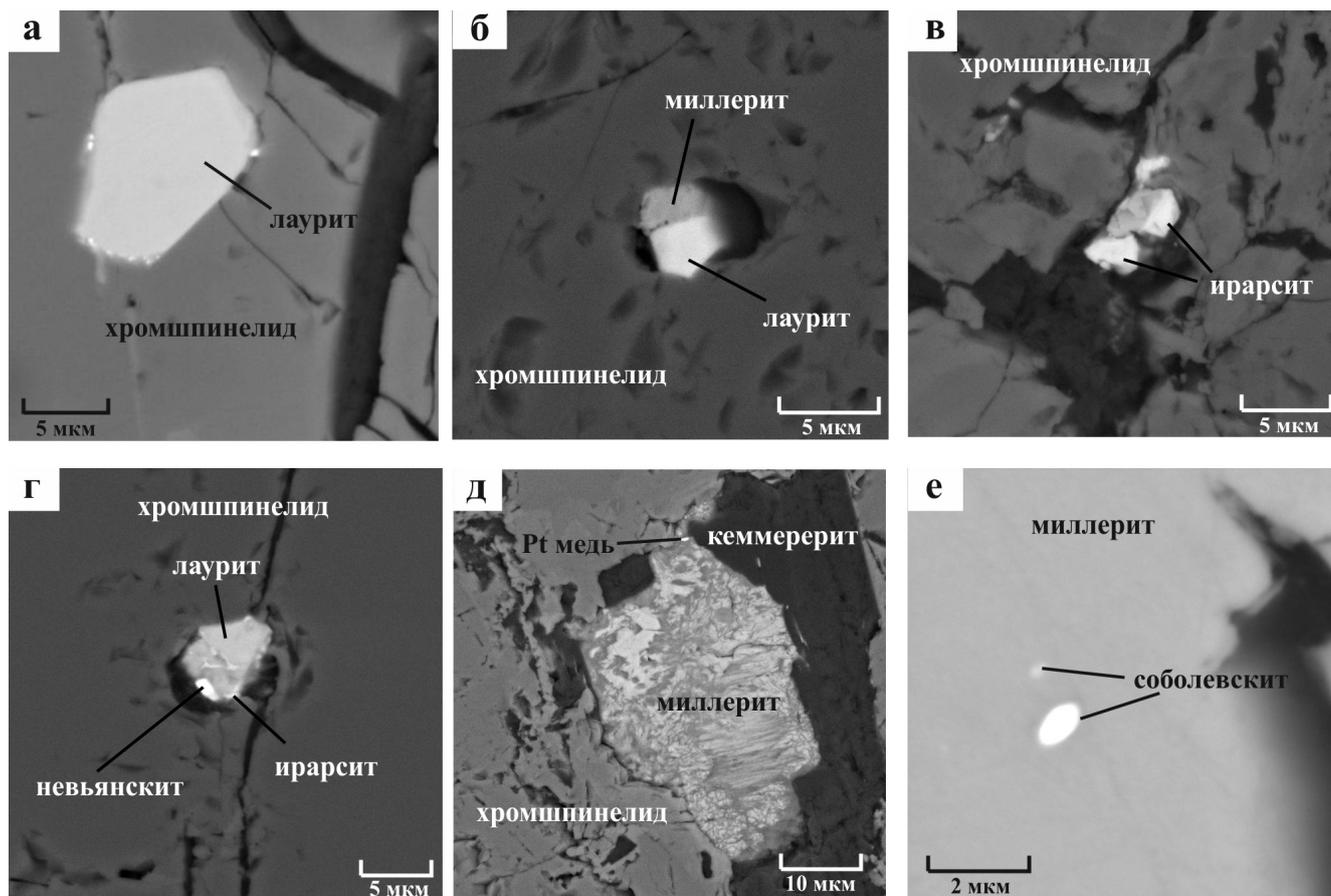


Рис. 3. Растровые электронно-микроскопические снимки благороднометалльной минерализации в хромовых рудах Лагортинско-Кершорской площади.

а – включение лаурита в хромшпинелиде, б – замещение лаурита миллеритом в хромшпинелиде, в – ирарсит в хромшпинелиде, г – Os-Ir-Ru фазы в хромшпинелиде, д – миллерит и Pt медь на границах хромшпинелида и кеммерерита, е – включения соболевакита в миллерите.

Fig. 3. Scanning electron microscopic images of noble metals mineralization in chrome ores Lagorta-Kershor area.

а – laurite in chromspinelide, б – millerite is replacing laurite in chromspinelide, в – irarsite in chromspinelide, г – Os-Ir-Ru phase in chromspinelide, д – millerite and Pt cooper at the borders of chromspinelide and chromian clinoclone, е – sobolevskite in millerite.

таллы. *Арсенопирит* отмечен нами в единичном случае на участке Верхнелагортинский и представляет собой зерно сложной формы размером до 4 мкм, находящееся в серпентин-оливиновой массе в непосредственной близости от хромшпинелида. *Медистое золото* установлено в единичных зернах на участках Лагортинский и Кершорский. Присутствует в виде мелких включений размером от 0.5 до 20 мкм в кавернах хромшпинелидов. Содержание Cu достигает 37.24 мас. %, присутствует Ag – до 9.47 мас. %. *Серебро* установлено также в виде мельчайших зерен до 3 мкм в поперечнике в серпентинитовой массе и в кавернах в хромшпинелидах. *Медь* встречается в виде мелких неправильной формы зерен размером до 2 мкм, находящихся в кавернах хромпикотита. В единичном случае отмечена медь с высоким содержанием Pt – до 35.24 мас. %

и присутствием Sn – до 2.54 мас. %. *Железо* отмечается в виде изометричных зерен в хромшпинелиде размерами до 1 мкм. *Никель* присутствует в виде мелких неправильной формы включений размером до 2 мкм в краевых частях хромшпинелидов.

Следует отметить, что в пределах Лагортинско-Кершорской площади, в ее восточной тектонически активной зоне (характеризующейся, в отличие от западной зоны, преобладанием сульфидов меди), отмечается наибольшая концентрация минералов платины и палладия, золота и других самородных металлов.

Полученные нами данные позволяют сделать ряд предположений об особенностях формирования хромовых руд, отложении сульфидной и благороднометалльной минерализации. Прежде всего, следует отметить, что процесс минералообразования был многоэтапным, стадийным и протек-

Таблица 4. Химический состав лаурита, ирарсита и невьянскита, мас. %**Table 4.** Chemical composition of laurite, irarsite and nevyanskite, % wt

Номер пробы	Компоненты					Σ	Примечание	Кристаллохимическая формула
	Ru	Os	Ir	As	S			
Лаурит								
ВМ-199	34.10	23.06	11.68	He обн.	34.50	103.34		$(\text{Ru}_{0.63}\text{Os}_{0.23}\text{Ir}_{0.11})_{0.97}\text{S}_{2.00}$
ВМ-199	39.38	19.71	8.06	—	35.09	102.24		$(\text{Ru}_{0.70}\text{Os}_{0.19}\text{Ir}_{0.08})_{0.97}\text{S}_{2.00}$
к-2-4	32.13	17.08	6.90	—	29.90	86.01		$(\text{Ru}_{0.68}\text{Os}_{0.19}\text{Ir}_{0.08})_{0.95}\text{S}_{2.00}$
к-1-4	31.02	16.99	13.25	0.77	30.23	93.37	Sb-1.10	$(\text{Ru}_{0.65}\text{Os}_{0.19}\text{Ir}_{0.15}\text{Sb}_{0.02})_{1.01}\text{As}_{0.02}\text{S}_{2.00}$
к-1-5	27.20	15.35	12.81	He обн.	28.89	84.25		$(\text{Ru}_{0.60}\text{Os}_{0.18}\text{Ir}_{0.15})_{0.93}\text{S}_{2.00}$
к-1-5	24.59	19.38	8.62	—	26.82	80.34	Ni-0.93	$(\text{Ru}_{0.58}\text{Os}_{0.24}\text{Ir}_{0.11}\text{Ni}_{0.04})_{0.97}\text{S}_{2.00}$
к-1-5	29.05	15.01	12.42	1.35	28.23	86.06		$(\text{Ru}_{0.65}\text{Os}_{0.18}\text{Ir}_{0.15})_{0.98}\text{As}_{0.04}\text{S}_{2.00}$
к-1-5	30.89	10.04	17.44	5.94	28.05	92.36		$(\text{Ru}_{0.70}\text{Ir}_{0.21}\text{Os}_{0.12})_{1.03}\text{As}_{0.18}\text{S}_{2.00}$
к-1-5	29.23	17.03	7.57	He обн.	29.39	83.22		$(\text{Ru}_{0.63}\text{Os}_{0.20}\text{Ir}_{0.09})_{0.92}\text{S}_{2.00}$
Ирарсит								
к-1-4	3.69	He обн.	51.47	18.80	11.37	56.59	Rh-1.26	$(\text{Ir}_{0.76}\text{Ru}_{0.10}\text{Rh}_{0.03})_{0.89}\text{As}_{0.70}\text{S}$
к-1-4	2.26	—	49.67	18.16	10.10	81.79	Rh-1.60	$(\text{Ir}_{0.82}\text{Ru}_{0.07}\text{Rh}_{0.05})_{0.94}\text{As}_{0.77}\text{S}$
к-1-5	12.32	5.31	31.63	8.23	15.80	73.28		$(\text{Ir}_{0.33}\text{Ru}_{0.25}\text{Os}_{0.06})_{0.64}\text{As}_{0.22}\text{S}$
Невьянскит								
к-1-5	1.82	74.11	18.19	He обн.	He обн.	94.12		$\text{Os}_{0.71}\text{Ir}_{0.24}\text{Ru}_{0.05}$

Примечание. ВМ-199 – участок Верхнелагортинский; к-2-4, к-1-4, к-1-5 – участок Кершорский.

Note. ВМ-199 – Verhnyaya Lagorta district; к-2-4, к-1-4, к-1-5 – Kershor district.

Таблица 5. Химический состав соболевскита, потарита и звягинцевита, мас. %**Table 5.** Chemical composition of sobolevskite, potarite and zvyagintsevite, % wt

Название участка (пробы)	Компоненты					Σ	Кристаллохимическая формула
	Pd	Pb	Hg	Bi	As		
Верхнелагортинский (ВМ-199)	Соболевскит						
	36.91	He обн.	He обн.	57.38	0.17	94.46	$\text{Pd}_{1.26}(\text{Bi}_{0.99}\text{As}_{0.01})_{1.00}$
	Потарит						
	40.04	He обн.	62.63	He обн.	He обн.	102.67	$\text{Pd}_{1.21}\text{Hg}$
	40.05	—	60.91	—	—	100.96	$\text{Pd}_{1.24}\text{Hg}$
	Звягинцевит						
	63.99	34.14	He обн.	He обн.	He обн.	98.13	$\text{Pd}_{3.65}\text{Pb}$
55.80	37.70	12.22	—	—	105.72	$(\text{Pd}_{2.88}\text{Hg}_{0.34})_{3.22}\text{Pb}$	
60.18	37.74	12.93	—	—	110.85	$(\text{Pd}_{3.11}\text{Hg}_{0.35})_{3.46}\text{Pb}$	

кал в широком интервале изменения температур и давлений. В частности, рядом авторов (Макеев, 1992; Макеев, Брянчанинова, 1999; Макеев и др., 1985; Метаморфизм и тектоника, 2001) выделяются три основных этапа кристаллизации хромшпинелидов: ранний с образованием глиноземистого хромшпинелида ($T = 1100\text{--}620^\circ\text{C}$, $P = 25\text{--}10$ кбар), поздний с образованием высокохромистого хромшпинелида ($T = 900\text{--}520^\circ\text{C}$, $P = 25$ кбар), и наиболее поздний с образованием железистого хромшпинелида ($T \leq 700^\circ\text{C}$, $P = 10$ кбар). Методом окситермометрии (с постоянным давлением 10 кбар) И.С. Чашухиным с соавторами (1996) были получены данные о кристаллизации хромитов Войкаро-Сыньинского массива в интервале температур $650\text{--}1230^\circ\text{C}$ (в целом для Войкаро-Сыньинского, Южного Крака, Нурали, Кемпирсайского массивов $640\text{--}1250^\circ\text{C}$, редко – до 1480°C), которые квалифици-

руются Б.В. Перевозчиковым (2009) как “температуры образования ультрабазитов в процессе деплетирования или кристаллизации из расплава”. В работе С.А. Щербакова (1990) в связи с выделенными им этапами тектонических деформаций альпинотипных ультрабазитов Урала диапазон температур и давлений (при сопоставлении с вышеуказанными этапами формирования хромитов) равен $700\text{--}1200^\circ\text{C}$ и $5\text{--}7$ кбар соответственно. Таким образом, температуру кристаллизации разнотипных хромшпинелидов, исходя из вышеуказанных фактов, можно определить в пределах $520\text{--}1230^\circ\text{C}$ при давлении $5\text{--}25$ кбар.

Отложение минералов осмия, иридия и рутения (сульфидов Ru-Os-Ir, ирарсита, невьянскита), вероятно, началось на ранних стадиях формирования хромовых руд приблизительно одновременно с глиноземистыми хромшпинелидами. По мере даль-

нейшего снижения температуры происходила кристаллизация высокотемпературного хизлевудита (до 806°C), хотя основная его масса сформировалась при более низких температурах – не более 556°C (Craig et al., 1974). Большой интерес вызывают парагенетические ассоциации, представленные сростками сульфидов Rh-Pt-Ir, Ir-Os лаурита, Pt потарита и Rh пентландита (Шайбеков, 2013; Shaybekov et al., 2014). Температуру образования можно оценить косвенно, основываясь на экспериментальных данных и по характеру взаимоотношений между минералами. Так, по одним данным, температура кристаллизации пентландита ограничена 615°C (Sugaki, Kitakaze, 1998), по другим данным – 610°C (Kullerud, 1963), потарита не превышает 650°C (Arai et al., 1999), Ir-Os лаурит, по данным D. Andrews и J. Brenan (2002), стабилен при температуре от 1200–1250°C до 1300°C (Fonseca et al., 2012), а сульфиды Rh-Pt-Ir устойчивы при 1000–1200°C (Дистлер и др., 1988). То есть сначала кристаллизовались сульфиды Ru-Os-Ir, затем Rh пентландит (вероятно, его высокотемпературная гексагональная модификация, ~ 750–850°C) и лишь затем потарит.

Сульфидная и золото-платиноидная (палладиевая) минерализация является более поздней, наложенной на хромовые руды, что согласуется с результатами изучения сходных объектов, полученных другими авторами (Молошаг, Смирнов, 1996). Об этом убедительно свидетельствуют наблюдаемые нами взаимоотношения минералов: локализация зерен халькопирита и других минералов меди, арсенопирита, сфалерита, галенита, замещение пентландита и лаурита миллеритом, а также пентландита хизлевудитом, включения зерен пентландита в магнетите, микровключения минералов палладия (соболевскита, звягинцевита, плюмбопалладинита) в миллерите, а также присутствие самородных золота, серебра, никеля, меди в кавернах и трещинах в хромшпинелидах.

ВЫВОДЫ

В хромовых рудах Лагортинско-Кершорской площади достаточно широко развита акцессорная сульфидная минерализация. Наряду с ней отмечаются минералы платиновых металлов, в том числе минералы палладия, медистое золото, самородные серебро, никель, медь, железо. Формирование сульфидной и благороднометалльной (золото-палладиевой) минерализации происходило в основном в позднепалеозойское время, на заключительных этапах гидротермально-метасоматических (метаморфических) процессов. Золото-палладиевая минерализация может быть наложена не только на хромовые руды, но и на ультрабазиты в зонах разрывных нарушений вне связи с рудами.

Войкаро-Сыньинский и другие массивы ультрабазитов Полярного Урала заслуживают внимания и

дальнейшего изучения в отношении платиноидной и золото-платиноидной минерализации.

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

Работа выполнена при поддержке, гранта РФФИ и Правительства Республики Коми р_север_а № 13-05-98819, гранта ведущих научных школ НШ-4795.2014.5, программы Президиума РАН “Поисковые фундаментальные научные исследования в интересах развития Арктической зоны Российской Федерации”.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Аникина Е.В. (1995) Платиноиды в хромитовых рудах Полярного Урала. Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 27 с.
- Вахрушева Н.В. (1996) Метаморфизм хромитоносных гипербазитов Полярного Урала. Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 24 с.
- Волченко Ю.А. (1986) Парагенезисы платиноидов в хромитовых рудах Урала. *Петрология и рудообразование*. Свердловск: УНЦ АН СССР, 56-63.
- Волченко Ю.А. (1990) Геохимия и минералогия платиноидов и золота в гипербазитах и хромитовых рудах массива Рай-Из. *Строение, эволюция и минерализация гипербазитового массива Рай-Из*. Свердловск: УНЦ АН СССР, 195-206.
- Волченко Ю.А., Коротеев В.А., Неустроева И.И. (2009) Платиноносность ультрамафитов и хромовых руд альпинотипных массивов главного офиолитового пояса Урала. *Геология рудных месторождений*. **51(2)**, 182-200.
- Гурская Л.И., Смелова Л.В. (2003) Платинометальное минералообразование и строение массива Сыум-Кеу (Полярный Урал). *Геология рудных месторождений*. **45(4)**, 353-371.
- Гурская Л.И., Смелова Л.В., Колбанцев Л.Р. и др. Платиноиды хромитоносных массивов Полярного Урала. СПб.: ВСЕГЕИ, 2004, 306 с.
- Дистлер В.В., Гроховская Т.Л., Евстигнеева Т.Л. и др. (1988) Петрология сульфидного магматического рудообразования. М.: Наука, 230 с.
- Ефимов А.А. (1984) Габбро-гипербазитовые комплексы Урала и проблемы офиолитов. М.: Наука, 340 с.
- Кузнецов С.К., Онищенко С.А., Котельников В.Г., Филиппов В.Н. (2007) Медно-золото-палладиевая минерализация в ультрабазитах Полярного Урала. *Докл. АН*. **414(1)**, 67-70.
- Кузнецов С.К., Шайбеков Р.И., Гайкович М.М., Ковалевич Р.А., Вокуев М.В., Шевчук С.С. (2013) Минералогические особенности хромовых руд Лагортинско-Кершорской площади на Полярном Урале. *Изв. Коми НЦ УрО РАН*. (2), 73-82.
- Макеев А.Б. (1992) Минералогия альпинотипных ультрабазитов Урала. СПб.: Наука, 197 с.
- Макеев А.Б., Брянчининова Н.И. (1999) Топоминералогия ультрабазитов Полярного Урала. СПб.: Наука,

- 252 с.
- Макеев А.Б., Перевозчиков Б.В., Афанасьев А.К. (1985) Хромитоносность Полярного Урала. Сыктывкар: ИГ Коми ФАН СССР, 152 с.
- Метаморфизм и тектоника. (Е.В. Скляров и др.) (2001) М.: ИнтерметИнжиниринг, 216 с.
- Молошаг В.П., Смирнов С.В. (1996) Платиноидная минерализация Нуралинского гипербазит-габбрового массива (Южный Урал). *Записки ВМО*. (1), 48-54.
- Перевозчиков Б.В. (2009) Проблемы оценки физических условий формирования офиолитовых ультрабазитов. *Литосфера*. (1), 81-85.
- Пучков В.Н. (2010) Геология Урала и Приуралья. Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 280 с.
- Пыстин А.М., Потапов И.Л., Пыстина Ю.И. и др. (2011) Малосульфидное платинометалльное оруденение на Полярном Урале. Екатеринбург: УрО РАН, 152 с.
- Чашухин И.С., Вотяков С.Л., Уймин С.Г. и др. (1996) ЯГР-спектроскопия хромшпинелидов и проблемы окситермобарометрии хромитоносных ультрамафитов Урала. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 140 с.
- Шайбеков Р.И. (2013) Перераспределение ЭПГ с образованием халькогенидных соединений в хромитах севера Полярного Урала (на примере одного зерна). *Структура, вещество, история литосферы Тимано-Североуральского сегмента: мат-лы 22-й науч. конф.* Сыктывкар: Геопринт, 206-210.
- Щербаков С.А. (1990) Пластические деформации ультрабазитов офиолитовой ассоциации Урала. М.: Наука, 120 с.
- Andrews D.R.A., Brenan J.M. (2002) Phase-equilibrium constraints on the magmatic origin of laurite and Os-Ir alloy. *Can. Min.* **40**, 1705-1716.
- Arai S., Prichard H.M., Matsumoto I., Fisher P.C. (1999) Potarite (PdHg) in thermally metamorphosed dunite from the Inazumi-yama ultramafic complex, Japan: an implication for the behaviour of mercury in PGE mineralisation in peridotite. *Min. Mag.* **63**, 369-377.
- Craig J.R., Skinner B.J., Francis C.A., Luce F.D., Makovicky E. (1974) Phase Relations in the As-Sb-S System. *Trans. Am. Geophys. Union.* **55**, 483 p.
- Fonseca R., Laurenz V., Mallmann G. et al. (2012) New constraints on the genesis and long-term stability of Os-rich alloys in the Earth's mantle. *Geochim. Cosmochim. Acta.* **87**(6), Supl. 1, Pt 3, 227-242.
- Kullerud G. (1963) The Fe-Ni-S System. *Carnegie Inst. Wash. Year Book.* **6**, 175-189.
- Morimoto N., Koto K. (1970) Phase relations of the Cu-S system at low temperature: Stability of anilite. *Am. Min.* **5**, 106-117.
- Shaybekov R.I., Kuznetsov S.K., Shevchuk S.S. (2014.) Noble metals in the chrome ores of Lagortinsko-Kershorsky area (Polar Urals). *12th International Platinum Symposium*. Yekaterinburg: Institute of Geology and Geochemistry Urals Branch of RAS, Russia, 277-278.
- Sugaki A., Kitakaze A. (1998) High form of pentlandite thermal stability. *Am. Min.* **83**, 133-140.

Рецензент В.П. Молошаг

Sulfide and noble metals mineralization in chromium ores of Lagorta-Kershor area, Voikar-Synya massif (Polar Urals)

R. I. Shaybekov*, S. K. Kuznetsov*, M. M. Gaykovich**, S. S. Shevchuk*

*Institute of Geology, Komi Science Centre of RAS

**JSC "MIREKO"

The results of study sulfide and noble metal mineralization in chrome ores of Lagortia-Kershor area, Voikar-Synya ultrabasic massif are given. Millerite, pentlandite, heazlewoodite, galena, arsenopyrite, cooper sulfides, mineral phases of osmium, ruthenium, iridium and palladium, native metals: gold, silver, zinc, copper, iron, nickel are identified and characterized. Formation of sulphide and noble metal mineralization (Au-Pd) occurred mainly in the Late Paleozoic time in connection with hydrothermal-metasomatic (metamorphic) processes. Gold-palladium mineralization superimposed not only on chrome ore, but also on host rocks in faults zones. Voikar-Synya and other ultrabasic massifs of Polar Urals deserve attention and further study of PGE and gold-PGE mineralization.

Key words: *Polar Urals, Voikar-Synya massif, Lagorta-Kershor area, dunites, harzburgites, chrome ore, sulphides, platinum group metals.*