

УДК: 553.461+549+069.5:552/DOI 10.31343/1029-7812-17-S1-25-33

Азарова Ю.В.

К.Г.–М.Н.

Государственный геологический музей

им. В.И. Вернадского РАН

E-mail: azarova_yu@mail.ru

О ГОЛОГОРСКОМ ХРОМИТОВОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ И ОБРАЗЦАХ ЕГО РУД В ФОНДАХ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО МУЗЕЯ ИМ. В.И. ВЕРНАДСКОГО РАН

АННОТАЦИЯ

На территории России и, в частности, на Урале, немало месторождений и рудников ныне практически недоступных для изучения. Одним из таких является Гологорское хромитовое месторождение, и одноименный рудник, созданный для разработки месторождения в конце XIX в. (1864 г.) и затопленный в 1941 г. Гологорский рудник в начале XX в. являлся наиболее крупным и самым оборудованным из всех хромовых рудников Урала. На долю рудника приходилось около половины всей добычи хромитовой руды в России, именно в тот момент, когда в химической промышленности была очень высока потребность в хромите. В фондах Геологического музея им. В.И. Вернадского сохранилось два образца из этого рудника. Это – практически сплошная хромитовая руда, состав рудной фазы варьирует от алюмохромита до магнезиохромита. Результаты изучения образцов, а также краткая история открытия и работы этого рудника представлена в данной статье.

Ключевые слова: Гологорский рудник, Гологорское месторождение, хромит, магнезиохромит, алюмохромит, хромитовые руды, Урал, г. Первоуральск.

ABSTRACT

On the territory of Russia and, in particular, in the Urals, there are many deposits and mines that are now practically inaccessible for study. One of these is the Gologorsk chromite deposit, and the mine of the same name, created for the development of the deposit at the end of the 19th century (1864) and sunk in 1941. Gologorsk mine at the beginning of the 20th century

was the largest and most equipped of all the chrome mines in the Urals. The mine accounted for about half of all chromite ore production in Russia, precisely at a time when the demand for chromite in the chemical industry was very high. In the collections of the Vernadsky State Geological Museum preserved two samples from this mine. This is almost solid chromite ore; the composition of the ore phase varies from aluminochromite to magnesiochromite. The results of studying the samples, as well as a brief history of the discovery and operation of this mine are presented in this article.

Keywords: Gologorsk mine, Gologorsk deposit, chromite, aluminochromite, magnesiochromite, chromite ores, Ural, Pervouralsk.

ИСТОРИЯ ГОЛОГОРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ И ЕГО РУДНИКА

В районе г. Первоуральска между долинами рек Ельничной и Талицы находятся четыре горы – три безымянных и самая большая Пильная (около 477 м) – это Кронские горы. Здесь и добывали хромистый железняк (хромит) в Гологорском и Пахотском рудниках, а также в Земских ямах.

Осваиваться эта местность стала с 9 июля 1730 г. по инициативе Никиты Никитовича Демидова. Здесь работали железодельные Шайтанские заводы на реке Шайтанке (Трусов, 2004).

История Гологорского месторождения начинается во второй половине XIX в. В августе 1864 г., при строительстве железной дороги «Пермь–Екатеринбург», уполномоченным поверенным в делах Шайтанских горных заводов в Екатеринбурге, представителем старинного рода шайтанских старообрядцев, Николаем Панфиловичем Сосуновым (Акифьева, 2014а) были обнаружены поверхностные залежи хромитовой руды на одной из безлесных уральских возвышенностей. Месторождение лежало на западном склоне Уральского хребта, в цепи небольших гор: Гребни, Пильная, Мокрая, Известная – в узкой, сравнительно высоко расположенной долине, дно которой прорезала небольшая речка Талица, протекающая прямо по месторождению. По некоторым отрывочным и противоречивым данным: «рудное тело, или

выходило непосредственно на поверхность, или залегало неглубоко от поверхности (от двух до десяти метров) и имело округлую форму диаметром около 20 метров» (документальных сведений, подтверждающих эти данные, не сохранилось). Месторождение было названо Гологорским – от «лысой», покрытой кустарником и редкими деревьями, горы Гологорки (435 метров), одного из южных отрогов горы Пильной (Акифьева, 2014а). По более современным данным рудовмещающим для Гологорского месторождения является дунитовый моноклиальный массив, характеризующийся высокой насыщенностью хромитовыми проявлениями, залегающими исключительно в дунитах палеозойского возраста (преимущественно серпентинизированных). Гологорское месторождение было уникальным и одним из наиболее крупных на Урале. Длина рудного тела в нем 120 м, средней мощностью около 10 м. Уникальным месторождение являлось и по форме залегания руд, представляя собою огромную жилообразную горизонтально залегающую линзу. Руды преимущественно вкрапленные, различной густоты. Гологорское месторождение и в этом отношении необычно для характеризуемой группы: оно сложено сплошными и весьма густовкрапленными рудами (Соколов, 1948).

Разрабатывалось месторождение Акционерным обществом Шайтанских горных заводов, открытыми работами в большом карьере. Руда месторождения поступала на Кокшанский химический (хромпиковый) завод, основанный в поселке Новый Кокшан Вятской губернии, район Елабуги (ныне Менделеевский район Республики Татарстан) в 1850 г. К.Я. Ушаковым. Хромпиковый железняк поступал для переработки на Богословский хромпиковый завод (Средний Урал, ныне Свердловская обл.), построенный в 1887 г. (ныне г. Карпинск). Наличие в составе цементирующей массы руды карбонатов стало положительным фактором при ее обогащении. В 1887 г. образцы Гологорской хромовой руды экспонировались на Сибирско–Уральской научно–промышленной выставке в Екатеринбурге и получили высокую оценку. В 1905 г. между Шайтанским заводоуправлением и Уральским горным управлением был заключен расширенный договор по разработке Гологорских руд (Трусов, 2004).

В 1910 г. на Гологорском месторождении были проведены детальные геологоразведочные работы (бурение) Шайтанским Акционерным Обществом. На этот момент Гологорское месторождение уже было самым крупным уральским месторождением хромита (<https://uralmines.ru/gologorskij–rudnik/>).

В 1911 г. в Екатеринбургском горном округе разрабатывалось 25 хромовых рудников. Добыча велась открытыми работами, за исключением одного рудника Шайтанской дачи, разрабатывавшегося шахтами. Всего здесь было добыто 1021031 пудов (~16725 тонн). Гологорский рудник Шайтанской дачи дал 480961 пудов (~7878 тонн) хромистой руды за год, являясь не только наиболее крупным, но и самым оборудованным из всех хромовых рудников Урала (Лаврова, 2018; Барсков, 1923).

Гологорский хромистый рудник находился около деревни Талицы. Оборудованный для эксплуатации одноименного месторождения, он, за 1901–1915 гг. в среднем, давал около половины всего количества хромита, добывавшегося на Урале. Если принять во внимание, что добыча хромистого железняка в России, составлявшая в мирное время около 25000 т в год, производилась исключительно на рудниках Урала, то можно сказать, что на долю Гологорского хромистого рудника приходилось около половины всей добычи хромита в России. Хромистый железняк большей частью отправлялся на экспорт, основным его покупателем была Германия.

За 50 лет работы этого рудника на нем накопились громадные отвалы бедных руд, которые могли быть подвергнуты обогащению и переработке на заводе. В 1912 г. на Гологорском руднике была введена в эксплуатацию обогатительная фабрика для переработки старых отвалов и обогащения бедных руд. Спроектировал и построил фабрику Николай Николаевич Барабошкин. Это – первый декан металлургического факультета Екатеринбургского горного института, основатель кафедры металлургии цветных и благородных металлов Уральского политехнического института, профессор и почетный член многих научных обществ (Акифьева, 2014а).

В 1914–1915 гг. гологорскую руду стали перерабатывать на Шайтанском химическом хромпиковом

заводе, расположенном в трех км от рудника, построенном при железнодорожной станции Ревда (сейчас г. Первоуральск) акционерным обществом Шайтанских горных заводов (руководил строительством прекрасный инженер–химик, Алексей Васильевич Иливицкий) (Акифьева, 2014б).

С момента открытия и по 1920 г. наибольшая добыча приходилась на 1890–1915 гг., когда в химической промышленности была очень высока потребность в хромите. До 1901 года наша страна занимала 1–е место в мире по добыче хромовой руды (47% мировой добычи). В 1865–1920 гг. было добыто 118625 тонн хромита (<https://uralmines.ru/gologorskij-rudnik/>). По данным геолога В.А. Вознесенского, с 1881 г. по 1916 г. добыто на месторождении примерно 100 тысяч тонн руды (Акифьева, 2014б).

В связи с удаленностью от сырьевой базы и транспортными путями (в связи с переводом производства в Первоуральск) в 1925 г. прекратил свое существование Кокшанский завод. Еще ранее, в 1922 г., перестал работать Богословский хромпиковый завод, по причине тяжелых производственных, продовольственных и транспортных условий (Трусов, 2004).

С 1920 по 1931 гг. добыча руды на Гологорском руднике не велась, он был разрушен и затоплен. В 1930 г. начались восстановительные работы и, с целью планомерного обеспечения добычи хромита и разведки месторождения, был создан трест «Уралхромит» (позднее «Союзхромит»). За неполные четыре года рудник несколько раз переходил из «рук в руки» – «Северохимтрест», «Уралхимруда», «Минералруда», «Уралхромит» («Союзхромит») (Акифьева, 2014б). Были организованы буровые работы и планомерная разведка залежей. С 1932 года обогатительная фабрика Гологорки переключилась на выработку концентрата для ферросплавов и экспорта. Основным потребителем Гологорского месторождения был Челябинский завод ферросплавов, ставший первенцем нашей ферросплавной промышленности (Акифьева, 2014 б). С 1933 г. на руднике велись подземные работы, шахтным способом. Работы шли на нескольких

горизонтах, достигая глубины 135 м от поверхности (<https://uralmines.ru/gologorskij-rudnik/>). В 1930–е гг. рядом с рудником действовала и обогатительная фабрика для переработки и обогащения огромных отвалов и бедных руд, накопившихся за 50 лет работы. Рудник действовал до 1941 г., когда иссякли запасы хромита. Кроме того, на открытом, на тот момент, Кемпирсайском месторождении содержание хрома в руде оказалось выше, и эксплуатация Гологорского месторождения стала нерентабельной. Сыграл определенную роль и тот факт, что руды Гологорского месторождения относятся к металлургическому типу, как и руды месторождений Кемпирсайской группы, перед которыми они оказались неконкурентоспособными. «Перепрофилировать» и использовать получаемое сырье для прикладных нужд оказалось невозможным, в отличие от, например, Сарановского месторождения (Пермский край), чьи руды, являются бедными (~42 % Cr₂O₃, а не 50–54 %, как в Гологорских рудах), для получения металла непригодны, но до сих пор используются в огнеупорном и химическом производстве.

В 1941 г. в помещениях Гологорского рудника расположился завод «Металлист», а в 1957 г. завод по ремонту горного оборудования. Необходимость высвобождения богатых хромитов на нужды металлургии и экспорт заставила Уральский хромпиковый химический завод – «Русский хром 1915» перейти на работу с бедными рудами Карасьевского, Ключевского и Сарановского месторождений (Акифьева, 2014б). Сейчас химическому производству Первоуральска (ныне АО «Русский хром 1915») более 110 лет. Гологорский карьер ныне затоплен, там пруд, формально он относится к территории завода. На склоне горы Пильная действует горнолыжная трасса и база отдыха (Трусов, 2004).

ХРОМИТ ГОЛОГОРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ И ЕГО ОБРАЗЦЫ В МУЗЕЕ

Хромит Гологорского месторождения залегал в виде крупной горизонтально залегающей линзы с несколькими апофизами во вмещающих породах (серпентините), что позволяло первые 50 лет разрабатывать руду открытым способом. Работы по добыче велись практически без выемки пустой

породы, исключительно в массе хромита. В южном борту штока уходил в толщу змеевиков (серпентинита) (<https://uralmines.ru/gologorskij-rudnik/>). Анализ образца руды хромита, сделанный в 1909 г. Уральской лабораторией показал ее состав: Cr_2O_3 – 46.05%, FeO – 12.56%, Al_2O_3 – 29.81%, SiO_2 – 4.59%, CaO – 1.52%, MgO – 2.10% (<https://uralmines.ru/gologorskij-rudnik/>). Добываемая руда характеризовалась хорошей обогащаемостью – содержание окиси хрома в концентрате достигало 45–48 %.

Хранящиеся в фондах Музея образцы хромита из Гологорского рудника представляют собой крупные штуфы неправильной вытянутой формы (ГР–15484, ГГМ–1958–7 и ГР–15485, ГГМ–1958–8) (рис. 1 и 2). Образцы были отобраны в главной залежи месторождения, в северной его части, из глубоких горизонтов (горизонт 288; 46 м от дневной поверхности), в тот период, когда добыча руды уже шла шахтным методом – трестом «Союзхромит» (ранее «Уралхромит»). На оригинальной этикетке сохранился год отбора этих образцов – 1937 (рис. 3). Оба образца характеризуются практически одинаковым минеральным составом.

1–ый образец – это хромит густо–вкрапленный, до сплошного, цементируется белым кальцитом с доломитом и магнезитом, местами с крупными вытянутыми его гнездами, а также светлым лейхтенбергитом, вероятно, заместившим серпентин. Отмечаются также редкие выделения мелких



Рис. 1. Хромит густо–вкрапленный, до сплошного (1–ый образец, ГГМ, ГР–15484, размер 21.5*13*7см). На вставке полированный срез образца.

реликтовых зерен лейхтенбергита (безжелезистого клинохлора) (рис. 1, 4–2). Достаточно часто встречаются микровключения никелина и миллерита (рис. 4–2).

2–ой – образец – практически сплошная хромитовая руда (рис. 2). Местами хромит "пропитан" белым мелкорассеянным кальцитом, доломитом и магнезитом (рис. 5). Отмечается гнездо (на одном из боковых сколов) и тонкие прожилки белого плагиоклаза(?). Развита и безжелезистый клинохлор (лейхтенбергит). По трещинкам также распространены мелкие выделения (до 1–1.5 мм) никелина и миллерита (рис. 6–1 и 6–2).

Собственно хромитовая руда в обоих образцах представлена магнезиохромитом и близкой к алюмохромиту. Как видно из описания, хромит из Гологорского месторождения «сопровождается» достаточно «скромной» ассоциацией минералов (рис. 5). Ее особенностью является повсеместное присутствие минералов никеля – сульфида (миллерит – NiS) и арсенида (никелин – NiAs), правда, преимущественно, очень мелких их выделений – 20–40 мкм. Минералы никеля локализованы в лейхтенбергите, иногда на стыке выделений лейхтенбергита и карбонатов – цементирующих зерна хромита в руде. Основные характеристики сопутствующих хромиту минералов приведены в



Рис. 2. Образец практически сплошной хромитовой руды (2–ой образец, ГГМ, ГР–15485, размер 22*19*6.5 см). На вставке полированный срез образца.

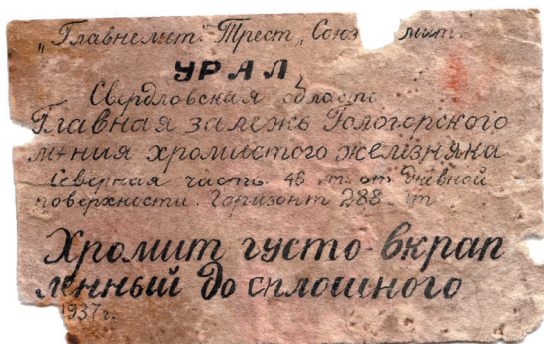


Рис. 3. Оригинальная авторская этикетка к хромиту Гологорского месторождения.

Таблица 1. Минералы, ассоциирующие с хромитом, в рудах Гологорского месторождения (состав всех минералов определен с использованием СЭМ – Geol Superprobe-733).

Минерал	Формула	Химический состав (средний)	Форма нахождения
Лейхтенбергит (безжелезистая разновидность клинохлора)	$Mg_5Al(AlSi_3O_{10})(OH)_8$	MgO-29,11%; FeO-1,05; Al_2O_3 -15,90; SiO_2 -33,40%	Цементирует зерна хромита, реликтовые выделения в зернах
Доломит	$CaCO_3$	MgO-16,22; CaO-30,36	Цементирует зерна хромита
Кальцит	$CaCO_3$	CaO-48,85	Цементирует зерна хромита
Магнезит	$MgCO_3$	MgO-49,57	Цементирует зерна хромита
Никелин	$NiAs$	Ni-42,38; As-56,41	Микровыделения неправильной формы среди лейхтенбергита и карбонатов
Миллерит	NiS	Ni-65,16; S-32,67	то же самое

АНАЛИТИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ОБРАЗЦОВ

На основании полученных данных по изучению состава хромита из образцов Гологорского массива (изучение проводилось с использованием сканирующего электронного микроскопа – Geol Superprobe-733, с системой энергодисперсионного анализа INCA Energy SEM 300, ток пучка $2 \cdot 10^{-8}$ мА, ускоряющее напряжение ~25–30 кВ, диаметр пучка 3 мк, ошибка измерения 0,2–0,3 мас. %), его можно отнести, в соответствии с современной классификацией (Bosi et al., 2019), к магнезиохромиту – $MgCr_2O_4$ (расчет формул на сумму катионов показал, что для всех полученных анализов преобладающим катионом R2+ является магний (табл. 2)). Однако, состав зерен хромита достаточно

неоднороден. Наиболее сильно варьируют содержания Al_2O_3 – от 5,5 % (ан. 10 в табл. 2) до 19–21 % (ан. 8, 9 в табл. 2) и FeO – от ~13% (ан.1, табл. 2) до почти 19 % (ан.10, табл. 2). В целом, все полученные составы можно разделить на две группы: высокоалюминистые – 17–21% Al_2O_3 , с умеренным содержанием железа (ан. 1, 3, 4, 8, 9 в табл. 2), что близко к алюмохромиту, и низкоалюминистые (5,5–11,4 % Al_2O_3) – собственно магнезиохромит. В нем отмечено более высокое содержание железа (до 25–28 %, при необычно высоком содержании Fe_2O_3 – до 9,4 %! (расчетное, ориентировочное количество)) – ан. 2, 5, 6, 10 в табл. 2. Такие фазы характерны для кайм, и по трещинам зерен хромита (рис. 4–1, 4–2, 6–1). Такая морфология зерен хромита указывает на участие в формировании руд

метасоматического процесса с замещением ранней рудной фазы вторичной, обогащенной железом, возможно, с выделением мелкодисперсного магнетита. На последний указывает аномально высокое количество Fe_2O_3 . Общей характеристикой рудных фаз являются высокая магнизиальность и весьма значительное содержание Cr_2O_3 – порядка 50–54%, что вполне характерно для хромитовых руд месторождений, локализованных в ультраосновных породах Урала. В единичных случаях отмечаются и достаточно редкие высокие содержания – до 65% Cr_2O_3 ! (ан. 7, табл. 2), характерные, преимущественно, для хромитов Кемпирсайского массива.

Интересно отметить, что данные одного из первых химических анализов хромита Гологорского месторождения («Историч. анализ» в табл. 2) оказались не вполне точными – они не рассчитываются на корректную формулу хромита, характеризуются заниженными содержаниями MgO и Cr_2O_3 и завышенным содержанием Al_2O_3 . Кроме того, в анализе значительное содержание посторонних примесей – CaO и SiO_2 . Вероятно, это обусловлено примесью фельдшпатоидов в навеске хромита при проведении анализа методом «мокрой химии».

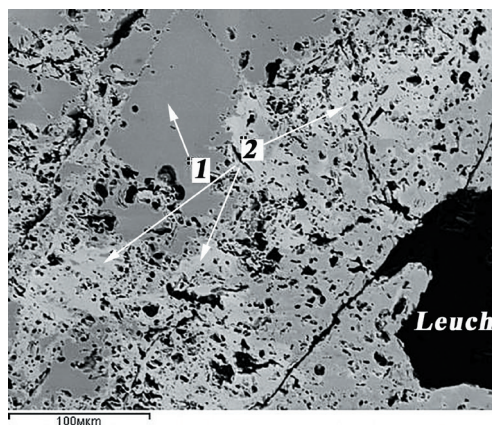
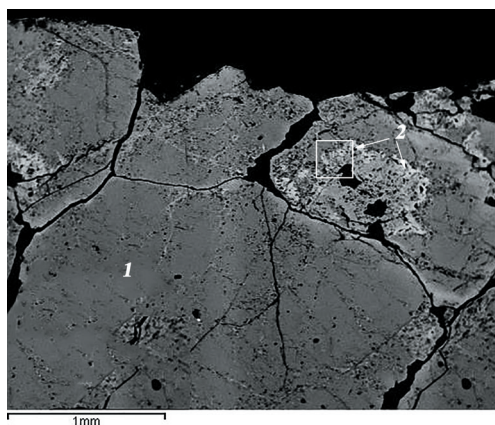


Рис. 4–1. Фрагмент хромитовой руды (снимок в BSE, СЭМ – Geol Superprobe–733). Выделен увеличенный фрагмент. 4–1а – Увеличенный фрагмент хромитита 1– магнезиохромит, 2 – высокожелезистый магнезиохромит, Leuch – лейхтенбергит (безжелезистый клинохлор).

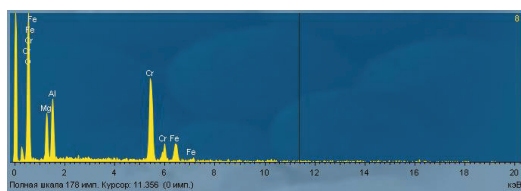


Рис. 4–1б. Спектр химического состава магнезиохромита, полученного с помощью СЭМ – Geol Superprobe–733.

Рис. 4–2. Фрагмент хромитовой руды с сопутствующими минералами (снимок в BSE, СЭМ – Geol Superprobe–733).

1– магнезиохромит, 2 – высокожелезистый магнезиохромит, 3 – лейхтенбергит (безжелезистый клинохлор), 4 – миллерит.

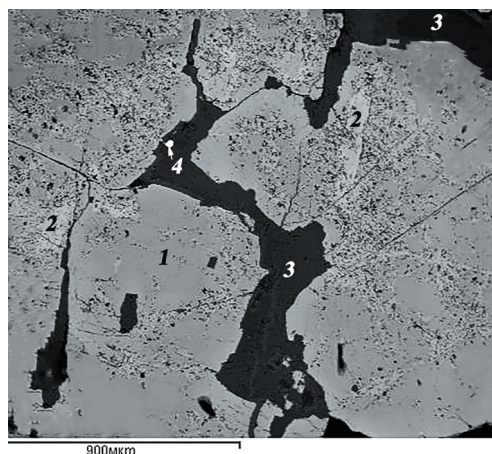


Таблица 2. Химический состав магнезиохромита из Гологорского месторождения (состав определен с использованием СЭМ – Geol Superprobe-733).

Компоненты	Историч. анализ ¹	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
MgO	2,10	13,70	10,04	14,13	14,39	11,75	14,25	11,77	14,97	13,81	12,97
FeO	12,56	13,21	17,14	13,34	13,05	14,79	15,11	15,77	14,71	13,54	18,88
Al ₂ O ₃	29,81	18,80	10,77	17,44	18,64	11,41	10,33	9,09	19,08	21,00	5,56
Cr ₂ O ₃	46,05	51,13	51,12	53,59	51,09	50,31	51,61	64,98	53,01	49,34	53,48
Fe ₂ O ₃ *	0,00	0,00	7,82	0,00	0,00	8,68	7,07	0,00	0,00	0,00	9,64
MnO	0,00	0,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TiO ₂	0,00	0,49	0,78	0,00	0,00	0,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Сумма	96,63**	97,55	97,67	98,50	97,17	97,90	98,37	101,61	101,77	97,69	100,53
Формульные единицы											
Mg	0,11	0,65	0,51	0,66	0,68	0,58	0,73	0,57	0,68	0,65	0,69
Fe ²⁺	0,37	0,35	0,49	0,35	0,35	0,41	0,25	0,43	0,37	0,36	0,31
Al	1,24	0,70	0,43	0,65	0,70	0,45	0,42	0,35	0,68	0,78	0,23
Cr	1,28	1,28	1,38	1,34	1,28	1,32	1,41	1,66	1,27	1,22	1,51
Fe ³⁺	-	-	0,16	-	-	0,22	0,18	-	-	-	0,26
Mn	-	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ti	-	0,01	0,02	-	-	0,02	-	-	-	-	-
Основные характеризующие параметры											
Хромистость, %	61	73	73	75	73	71	75	88	74	70	78
Железистость***	77	35	49	35	34	41	26	43	36	35	31

1 – по (<https://uralmines.ru/gologorskij-rudnik/>), * – Количество Fe₂O₃ рассчитано, исходя из стехиометрической формулы хромита и требования баланса зарядов. ** – в сумму входят: SiO₂ – 4,59%, CaO – 1,52%, *** – Железистость (%) рассчитывалась по общему (суммарному количеству железа).

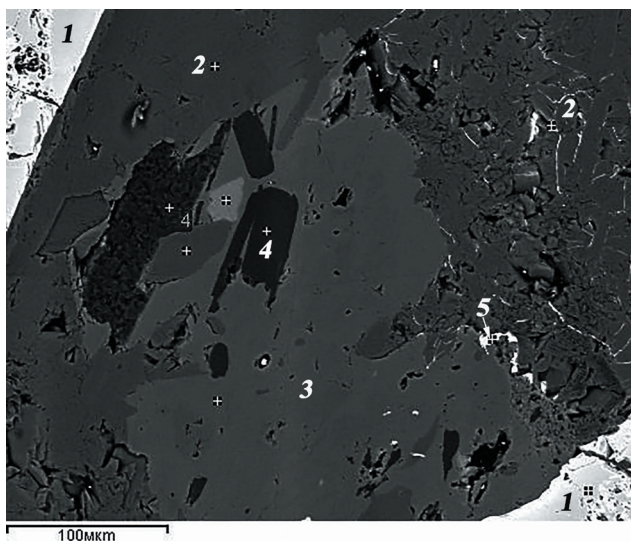


Рис. 5. Сопутствующие хромиту минералы (снимок в BSE, СЭМ – Geol Superprobe-733).

1 – магнезиохромит, 2 – лейхтенбергит (безжелезистый клинохлор),
3 – доломит и кальцит, 4 – магнетит, 5 – миллерит.

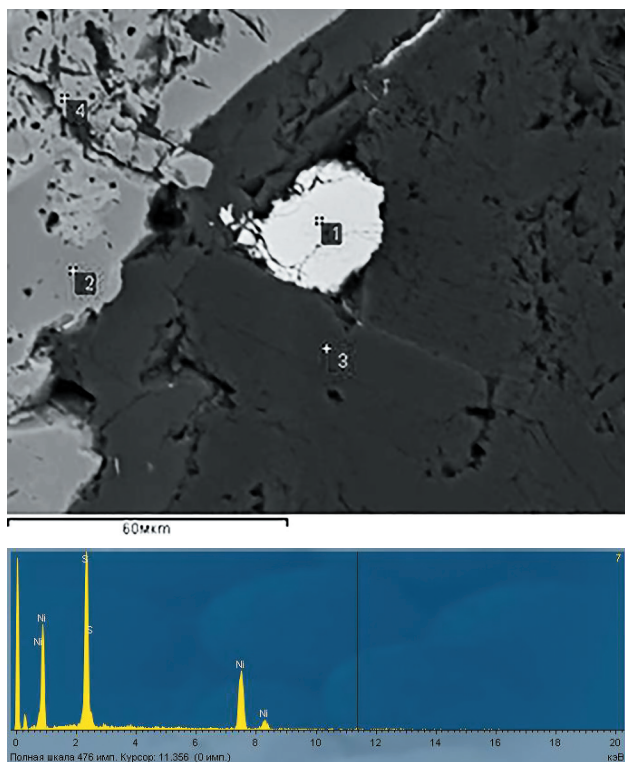


Рис. 6–1. Акцессорный миллерит в хромитовой руде (снимок в BSE, СЭМ – Geol Superprobe–733). 1 – миллерит, 2 – магнезиохромит, 3 – лейхтенбергит (безжелезистый клинохлор), 4 – высокожелезистый магнезиохромит.

Рис. 6–1а. Спектр химического состава миллерита, полученного с помощью СЭМ – Geol Superprobe–73.

Рис. 6–2. Акцессорный никелин в хромитовой руде (снимок в BSE, СЭМ – Geol Superprobe–733). 1 – никелин, 2 – лейхтенбергит (безжелезистый клинохлор).

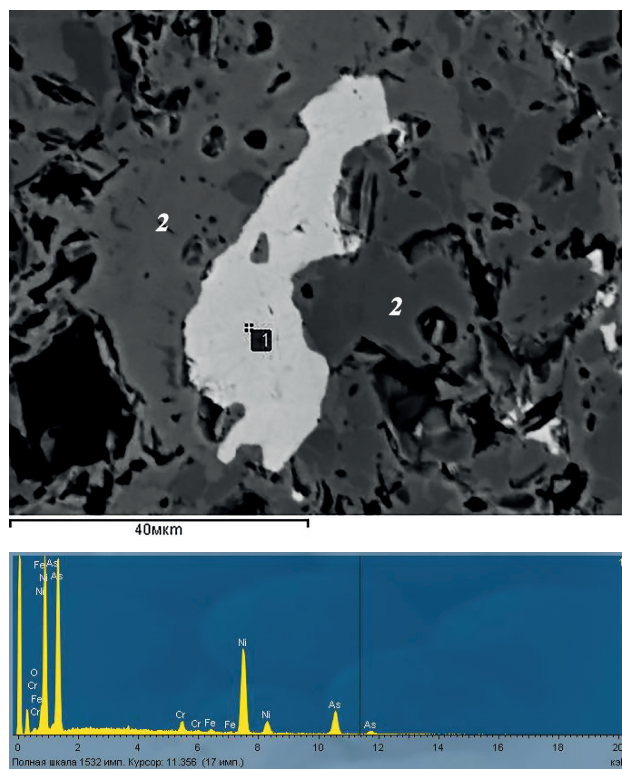


Рис. 6–2а. Спектр химического состава никелина, полученного с помощью СЭМ – Geol Superprobe–73.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Хромит из Гологорского месторождения – один из представителей особенной группы образцов руд, пород и минералов, хранящихся в фондах Государственного геологического музея им. В.И. Вернадского РАН. Они наиболее ценны своей «невоспроизводимостью», так как объекты, из которых они были отобраны, или утрачены для изучения полностью, или трудно доступны. На территории России и, в частности, на Урале, такие объекты весьма многочисленны. И сохранившиеся образцы такого рода – это единственный источник материала для всестороннего геологического, минералогического, генетического, а также исторического изучения подобных объектов.

Автор искренне благодарна А.А. Агаханову, выполнившему аналитические исследования образцов хромита.

ЛИТЕРАТУРА

Акифьева Н.В. Гологорка // Новая еженедельная газета № 25. 3 июля. 2014а.

Акифьева Н.В. Гологорка // Новая еженедельная газета № 26. 10 июля. 2014б.

Барсков С. Материалы по районированию Урала. Т. 3. Предварительное описание округов. – Екатеринбург: Гранит, 1923. 495 с.

Лаврова Е.А. Создание Шайтанского хромпикового завода // Материалы XVIII Всероссийской научно–практической конференции молодых ученых. Екатеринбург. 2018. С. 124–125.

Соколов Г.А. Хромиты Урала, их состав, условия кристаллизации и закономерности распространения // Труды Института геологических наук. Сер. рудных месторождений. 1948. Вып. 97. № 12. С. 1–128.

Трусов В.А. Старые рудники Кронских гор // Уральский следопыт. 2004. №6. С. 36–39.

Bosi F., Biagioni C., Pasero M. Nomenclature and classification of the spinel supergroup // Eur. J. Mineral. 2019. V. 31. N 1. P. 183–192.

URL: <https://uralmines.ru/gologorskij-rudnik/> (Дата обращения: 05.06.2023).