ОРИГИНАЛЬНАЯ НАУЧНАЯ СТАТЬЯ / FULL ARTICLE

https://doi.org/10.32454/0016-7762-2022-64-2-31-38
УДК 553. 074

Check for updates

CC BY 4.0

ПРОГНОЗ МОРФОЛОГИИ И УСЛОВИЙ ЗАЛЕГАНИЯ ХРОМИТОВЫХ РУДНЫХ ТЕЛ СЛОЖНОЙ ФОРМЫ (НА ПРИМЕРЕ УЧАСТКА ЛАБОГЕЙСКОЕ-2 (ПОЛЯРНЫЙ УРАЛ))

Т.П. МОРОЗОВА[1,*], Е.В. КАРЕЛИНА[2], В.Е. МАРКОВ[2]

*[1] Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе
23, Миклухо-Маклая ул., Москва 117485, Россия*

*[2] Департамент недропользования и нефтегазового дела. Российский университет дружбы народов
3, Орджоникидзе ул., Москва 115419, Россия*

АННОТАЦИЯ

Введение. Хромовые руды приурочены к расслоенным массивам основного и ультраосновного состава. Войкаро-Сыньинский массив входит в Главный гипербазитовый пояс Урала. Внутри гипербазитов этого массива, чаще на границах тектонических чешуй, развиты ультраосновные метаморфиты, слагающие зоны резко переменной мощности. При съемочных маршрутах был обнаружен механический ореол рассеяния рудных обломков. При изучении рудного развала канавами было вскрыто рудное тело хромитов Лабогейское-2, которое относится к Погурейскому блоку Войкаро-Сыньинского массива. На участке рудопроявления преобладающе развиты гарцбургиты со шлирово-полосчатыми выделениями дунитов в небольшом объеме и маломощными отдельными телами дунитов малой мощности. Хромовые руды густовкрапленные, средне- и крупнозернистые. В составе руд количество хромшпинелидов составляет 90—95%, в интерстициях (2—5%) неправильной формы серпентин, реликты зерен оливина и зерна изумрудно-зеленого уваровита, присутствуют единичные зерна пирротина и магнетита. Руды массивные, часто катаклазированные. Опыт изучения этого рудопроявления может послужить аналогом для более эффективного изучения аналогичных рудопроявлений.

Цель: оценка рудопроявления Лабогейское-2 для применения полученной информации и методов его изучения при изучении аналогичного Левопайерского рудного тела, что поможет сэкономить время и финансы при проектировании и более эффективном проведении геологоразведочных работ.

Материалы и методы. При съемочных маршрутах обнаружен механический ореол рассеяния рудных обломков. При изучении рудного развала в 1966 году пройдены канавы КМ22-КМ25 и канавой КМ24 вскрыто рудное тело хромитов Лабогейское-2. В 2013 году в ходе геологоразведочных работ на Лабогейском-2 пройдены 3 канавы (К50—К52) и выполнены детальные гравимагнитные исследования ФГУП ИМГРЭ в 2011—2012 гг.

Результаты. Из 24 рудопроявлений, для которых по результатам горных и буровых работ составлены геологические планы и построены подсчетные разрезы, наиболее близким аналогом рудопроявления Лабогейское-2, вероятно, является Левопайерское рудное тело.

Заключение. Дальнейшее проведение геолого-разведочных работ на Лабогейском участке необходимо проводить с учетом представлений об условиях залегания его аналога — Левопайерского рудного тела.

Ключевые слова: Войкаро-Сыньинский массив, гипербазиты, хромовые руды, рудопроявление, полосчатость, по азимуту, под углом

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Для цитирования: Морозова Т.П., Карелина Е.В., Марков В.Е. Прогноз морфологии и условий залегания хромитовых рудных тел сложной формы (на примере участка Лабогейское-2 (Полярный Урал)). *Известия высших учебных заведений. Геология и разведка*. 2022;64(2):31—38. https://doi.org/10.32454/0016-7762-2022-64-2-31-38

Статья поступила в редакцию 17.03.2021
Принята к публикации 05.09.2022
Опубликована 15.09.2022

* Автор, ответственный за переписку

FORECAST OF THE MORPHOLOGY AND OCCURRENCE CONDITIONS OF COMPLEX CHROMITE ORE BODIES (ON THE EXAMPLE OF LABOGEYSKOE–2 SITE, POLAR URALS)

TATIANA P. MOROZOVA[1,*], ELENA V. KARELINA[2], VLADIMIR E. MARKOV[2]

[1] Sergo Ordzhonikidze Russian State Geological Exploration University
23, Miklukho-Maklaya str., Moscow 117485, Russia

[2] RUDN University
3, Ordzhonikidze str., Moscow 115419, Russia

ABSTRACT

Background. Chromium ores are confined to stratified massifs of basic and ultra-basic composition. The Voikaro-Sinyinsky massif is part of the main hyperbasite belt of the Urals. Inside the hyperbasites of this massif, at the boundaries of tectonic flakes in particular, ultra-basic metamorphites are developed, constituting the zones of sharply variable thickness. During survey routes, a mechanical halo of scattering of ore fragments was found. When studying the ore stockpile, ditches opened the Labogeyskoe-2 chromite ore body, which belongs to the Pogureysky block of the Voikaro-Sinyinsky massif. In the ore occurrence area, harzburgites are predominantly developed with thin striped dunite aggregates in a small volume and individual dunite bodies of low thickness. Chromium ores are densely impregnated, medium- to coarse-grained. The amount of chromospinelides in the composition of ores constitutes 90—95%, the serpentine of irregular shape as well as the relics of olivine and emerald-green uvorovite grains, along with the single grains of pyrrhotite and magnetite are found in the interstitia (2—5%). Ores are massive, often cataclazed. The experience of studying this ore occurrence can serve as an analogue for a more effective study of similar ore occurrences.

Aim. Evaluation of the Labogeyskoye-2 ore occurrence for the application of the information obtained and methods of its study in the study of a similar Levopayersk ore body, which will help save time and finances in the design and more efficient exploration.

Materials and methods. During the filming routes, a mechanical halo of scattering of ore fragments was detected. During the study of the ore collapse in 1966, the KM22—KM25 ditches were passed and the Labogeyskoye-2 chromite ore body was uncovered by the KM24 ditch. In 2013, during geological exploration at Labogeyskoye-2, 3 ditches (K50—K52) were passed and detailed gravimagnetic studies of Institute of Mineralogy, Geochemistry and Crystal Chemistry of Rare Elements in 2011—2012 were performed.

Results. The Levopayerskoe ore body is probably the closest analogue of the Labogeyskoye-2 ore occurrence among the 24 ore occurrences, for which geological plans and calculation sections were compiled based on the results of mining and drilling operations.

Conclusions. The closest analogue of the Labogeyskoye-2 ore occurrence is probably the Levopayerskoye ore body. Therefore, further geological and exploration work at the Labogeyskoe-2 site should be carried out taking into account the conditions of occurrence of the similar Levopayerskoe ore body.

Keywords: Voikaro-Sinyinsky massif, hyperbasites, chromite ores, ore occurrence, banding along azimuth, angled

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest.

Financial disclosure: no financial support was provided for this study.

For citation: Morozova T.P., Karelina E.V., Markov V.E. Forecast of the morphology and occurrence conditions of complex chromite ore bodies (on example of Labogeyskoe-2 site, Polar Urals). *Proceedings of higher educational establishments. Geology and Exploration.* 2022;64(2):31—38. https://doi.org/10.32454/0016-7762-2022-64-2-31-38

Manuscript received 17 March 2021
Accepted 5 September 2022
Published 15 September 2022

* Corresponding author

Россия входит в число десяти ведущих производителей хромитовых концентратов, хотя доля ее в мировом выпуске данной продукции составляет всего 2—4%. Количество прогнозных ресурсов хромовых руд высоких категорий (P_1), оцененных на территории страны, велико и почти в три раза больше их балансовых запасов. Все хромовые руды Полярноуральской металлогенической провинции сосредоточены в Ямало-Ненецком АО, их суммарные запасы составляют около 10% российских. Эксплуатируемые Центральное и Западное месторождения — объекты среднего масштаба с содержаниями Cr_2O_3 в рудах соответственно 35,71 и 39,07%. На территории округа локализованы также все прогнозные ресурсы высоких категорий Полярноуральской провинции, превышающие пятую часть ресурсов P_1 страны [1].

Россия не имеет разведанных запасов металлургических сортов хромитов. Геологические предпосылки развития собственной сырьевой базы хрома на территории России оцениваются достаточно высоко. Они связаны с перспективными хромитоносными объектами в новых и традиционных в прошлом хромоворудных районах: Бураковско-Аганозерском (Республика Карелия), Имандро-Варгузском (Мурманская область), Рай-Изском, Сыумкеуском и Войкаро-Сыньинском (Ямало-Ненецкий АО) [8, 10].

Поиски и разведка хромовых руд в пределах перспективного Войкаро-Сыньинского массива продолжаются не одно десятилетие, но к открытию месторождений пока не привели [11]. Наши исследования направлены на понимание морфологии и условий залегания рудных тел на примере перспективного участка Лабогейское-2.

Материалы и методы

Рудопроявление Лабогейское-2 относится к Погурейскому блоку Войкаро-Сыньинского массива. Оно расположено в приводораздельной части ручьев Лабахэй и Ыджид-Лабахэйшор, на северном склоне высоты 885,8 м [5, 13].

При съемочных маршрутах обнаружен механический ореол рассеяния рудных обломков. Полоса, обогащенная обломками хромовых руд, ориентирована по азимуту 20—25° и прослежена на 550 м вниз по склону при ширине от 25 м в вершине развала до 100—40 м в его нижней части.

При изучении рудного развала в 1966 году пройдены канавы КМ22—КМ25 и канавой КМ24 вскрыто рудное тело хромитов Лабогейское-2 (рис. 1).

Рудное тело локализовано в дунитовом теле мощностью около десяти метров, приуроченном к гарцбургитовому комплексу с количеством дунитовых обособлений более 30%. Вмещающие их серпентинизированные гарцбургиты содержат единичные маломощные выделения дунитов [7, 13].

Контакты руды с вмещающими дунитами резкие, сопровождаются маломощной (до 10—15 см) оторочкой катаклазированного серпентинита и ориентированы с азимутом падения 220—240° под углом 68—75°.

Хромовые руды густо вкрапленные, средне- и крупнозернистые. В составе руд количество хромшпинелидов составляет 90—95%, в интерстициях (2—5%) неправильной формы серпентин, реликты зерен оливина и зерна изумрудно-зеленого

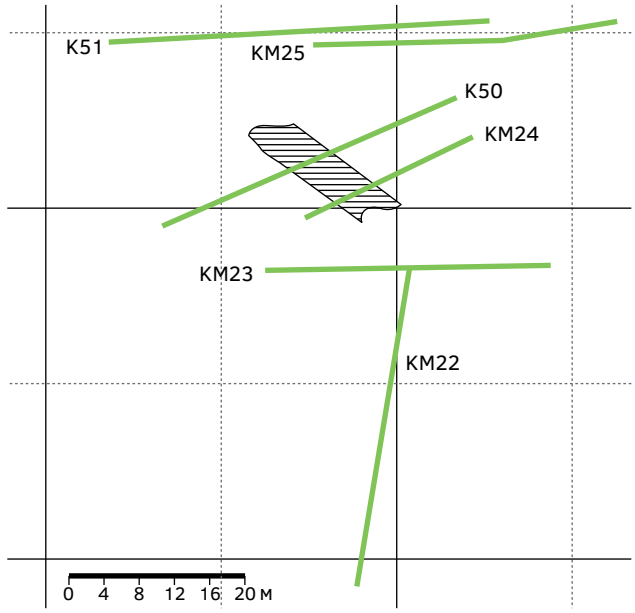

Рис. 1. *План расположения канав рудопроявлений Лабогейское-2 (штриховкой показано рудное тело, вскрытое канавами КМ24 и КМ50)*
Fig. 1. *Plan of location of ore declaration channels Labogeyskoye-2 (hatching shows an ore body opened by ditches KM24 and KM50)*

уваровита, присутствуют единичные зерна пирротина и магнетита. Руды массивные, часто катаклазированные. В 2013 году в ходе геолого-разведочных работ на Лабогейском-2 пройдены 3 канавы (К50—К52) и выполнены детальные гравимагнитные исследования [6].

С целью подтверждения и уточнения условий залегания рудного тела, вскрытого при геолого-съемочных работах 1966 года, определения расширенного состава хромовых руд в 2013 году пройдена канава К50 с местом заложения вдоль ранее пройденной канавы КМ24 (рис. 1).

Канава К50 вскрыла рудное тело хромитов пересеченной мощностью 3,6 м. Контакты руды контрастные, без видимых изменений и ориентированы с азимутом падения 42—85° и углами падения 85°. В висячем блоке на удалении 0,5 м тело — сателлит хромитов мощностью 0,4 м с азимутом падения 106° и угле 80°. Руды локализованы в дунитовом теле мощностью около десяти метров, дуниты крупно- и гигантозернистые, серпентинизированные.

При прослеживании рудного тела хромитов в северо-западном направлении (канавой К51) и поисках других рудных тел в контуре рудного шлейфа (канава К52) положительных результатов не получено.

Оценка основывается на предположениях о форме, размере и пространственной ориентировке рудного тела (падение, склонение, погружение). Предположения, в свою очередь, строятся на основании информации, полученной при разведке и изучении аналогичных рудных тел, расположенных в близлежащих районах в сходной геологической обстановке [8].

Анализ рудопроявлений и месторождений хромитовых руд в пределах цепочки Полярно-Уральских интрузий ультраосновного состава (массивы Сыум-Кеу, Рай-Из и Войкаро-Сыньинский) позволяет выделить два морфологических типа рудных тел: рудные тела уплощенной, пластинообразной формы и рудные тела линейной, трубообразной формы [2].

Первый тип характеризуется значительной протяженностью по простиранию. Как правило, пластообразные рудные тела прослеживаются с поверхности канавами, траншеями или расчистками на десятки, а то и первые сотни метров. В большинстве случаев рудные тела пластообразной формы локализуются в крыльях складок полосчатости.

Рудные тела линейного типа отличаются изометричной или линзовидной формой в плане, причем отношение длины линз к их ширине обычно не превышает 5 м. На многих рудопроявлениях вскрыть трубообразные тела с поверхности удается только одной, редко двумя канавами. Обычно линейные рудные тела приурочены к замковым частям складок полосчатости [9].

Мощность отдельных хромитовых рудных тел пластовой формы в Полярно-Уральских гипербазитах составляет в среднем 5—7 м. На месторождении Западное (массив Рай-Из) отдельные тела прослеживаются на сотню метров при мощности в 2 м. На месторождении Центральное плитообразное тело сплошных хромитовых руд достигает мощности в 15 м.

Диаметр трубообразных рудных тел колеблется от 5 до 20 м. В тех немногочисленных случаях, когда удается проследить рудное тело по погружению, его диаметр с глубиной уменьшается.

Плитообразные рудные тела приурочены к крыльям складок полосчатости и по простиранию часто совпадают с полосчатостью, однако по падению секут ее под острым углом. Другими словами, элементы залегания полосчатости не могут быть напрямую использованы в качестве индикатора пространственного положения рудных тел. Исключением являются рудные тела, сложенные вкрапленными полосчатыми рудами. Эти тела параллельны энстатитовой полосчатости, образуют конформные ей структуры и, по существу, сами являются элементом полосчатости гипербазитов [3].

Рудные тела трубообразной формы, часто локализуются в замковых частях складок полосчатости. При этом погружение рудных тел совпадает с ориентировкой шарнира складки, а при наличии линейности акцессорного хромшпинелида — и с линейностью [8].

Хорошим примером соотношения рудных тел со структурными элементами вмещающих пород является месторождение Центральное на массиве Рай-Из [12].

В пределах месторождения полосчатость образует крупную синформную складку северо-восточного простирания, прослеживающуюся вдоль оси более чем на 1,5 км. В северо-западном крыле складки полосчатость субвертикальна, с преимущественным падением на юго-восток под углом 70°. Юго-восточное крыло складки падает на север под углом 65°. В замке полосчатость имеет пологое восточное падение под углами от 35 до 50°. Шарнир складки, рассчитанный как среднестатистическая линия пересечения крыльев, погружается на северо-восток под углом 50°.

Линейность акцессорного хромшпинелида там, где удается измерить ее пространственное положение, почти везде погружается в северо-восточном направлении под углом 40—60°. Она проявляется в однонаправленной вытянутости цепочек зерен хромшпинелида либо удлинении относительно крупных зерен [7].

На структурной диаграмме точки, соответствующие линейности, образуют компактный максимум плотности, совпадающий с шарниром складки полосчатости (рис. 2).

Детальная разведка, проведенная на месторождении Центральное, показала, что погружение хромитовых тел параллельно шарниру складки полосчатости и линейности акцессорного хромшпинелида, а падение рудных тел в целом совпадает с ориентировкой уплощенности энстатита [4].

Методика исследований заключается в детальном картировании структурных элементов с последующим построением структурных карт. анализ которых позволяет выбрать направление проведения дальнейших поисково-оценочных и разведочных работ на хромитовых объектах. К таким структурным элементам на хромитовых месторождениях относятся:

- полосчатость (энстатитовая или пироксенитовая). Представляет собой более-менее регулярное чередование субпараллельных слоев («полос»), обогащенных и обедненных энстатитом и/или пироксенитом;
- уплощенность. Зерна энстатита и акцессорного хромшпинелида в породах часто имеют уплощенно-вытянутую форму и субпараллельную ориентировку;
- линейность акцессорного хромшпинелида проявляется в однонаправленной вытянутости цепочек зерен хромшпинелида (агрегатная линейность) либо в удлинении относительно крупных зерен (минеральная линейность). По ориентировке минеральная линейность не отличается от агрегатной. В обнажениях, где оба типа линейности проявлены совместно, они всегда ориентированы одинаково.

Результаты и обсуждение

К сожалению, в непосредственной близости от рудопроявления Лабогейское-2 нет коренных обнажений. Геологические границы, показанные на карте, включая контуры рудоносного дунитового тела, проведены по элювиально-делювиальным развалам и не подтверждаются пройденными канавами. Ближайшие коренные выходы гарцбургитов, в которых проявлена полосчатость, находятся на расстоянии 500—1200 м от головки рудного развала Лабогейское-2. Геометрический анализ ориентировки полосчатости в этих обнажениях показал, что рудопроявление Лабогейское-2 приурочено к замку синформной складки полосчатости северо-северо-восточного простирания. Северо-западное крыло складки падает на восток-северо-восток, южное — на север и северо-запад. Углы падения полосчатости в крыльях от 50 до 75°. Пространственное положение шарнира этой складки полосчатости рассчитано как среднестатистическая ориентировка линии пересечения крыльев — азимут погружения 30°, угол погружения — 55° (рис. 3).

Еще одним аргументом в пользу предположения о крутом северо-восточном погружении рудного тела являются результаты интерпретации гравиметрических и магниторазведочных работ, проведенных ФГУП ИМГРЭ в 2011—2012 гг. (рис. 3).

Для прогнозирования формы и размеров рудного тела Лабогейское-2 был проведен анализ хромитовых рудопроявлений, детально изученных при поисковых работах на хромитовые руды

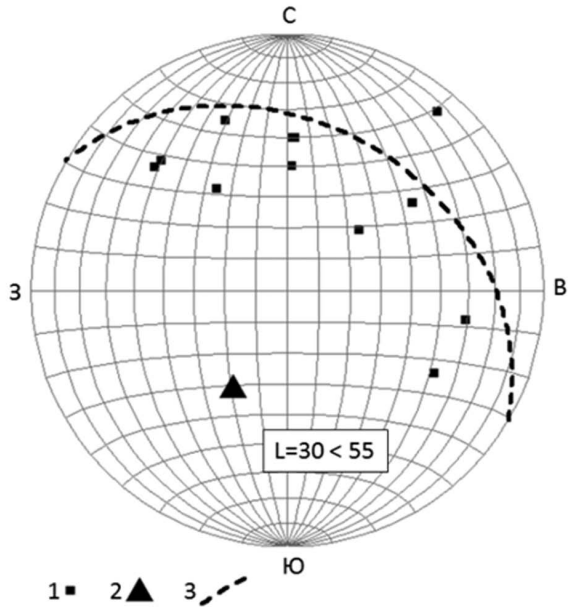

Рис. 2. *Диаграмма ориентировки полосчатости в окрестностях рудопроявления Лабогейское-2. 1 — полюса полосчатости; 2 — расчетный шарнир складки полосчатости; 3 — дуга большого круга, аппроксимирующая точки полюсов плоскостей полосчатости*
Fig. 2. *Diagram of the orientation of banding in the vicinity of the Labogeyskoye-2 ore occurrence. 1 — banding poles; 2 — calculated hinge of the banding fold; 3 — the arc of a large circle approximating the points of the poles of the banding planes*

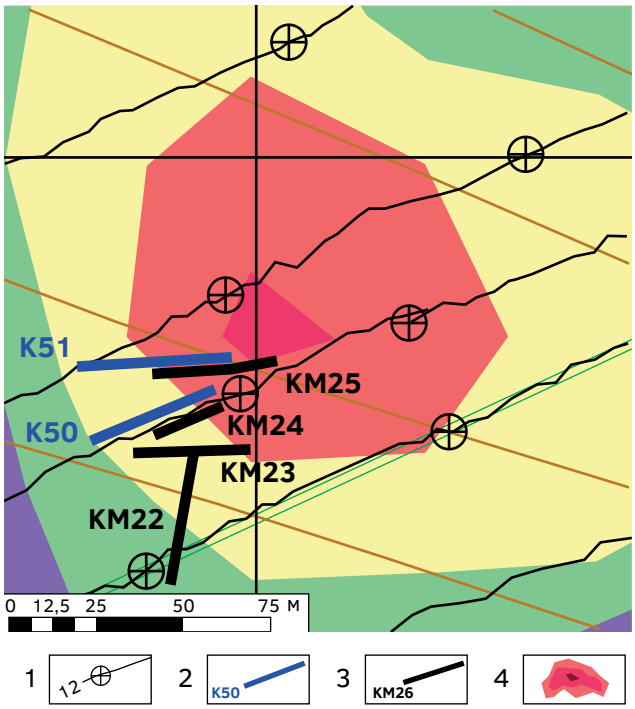

Рис. 3. *Фрагмент схемы геолого-геофизической интерпретации (Лабогейский поисковый участок). 1 — профиля выполненных гравиметрических исследований; 2 — канавы, пройденные в 2013 г.; 3 — канавы, пройденные В.А. Масловым в 1963 г.; 4 — рудоперспективные зоны по данным интерпретации геофизических полей и их трансформант*
Fig. 3. *Fragment of the scheme of geological and geophysical interpretation (Labogeysk search area). 1 — profile of the performed gravimetric studies; 2 — ditches traversed in 2013; 3 — ditches traversed by V.A. Maslov in 1963; 4 — ore-prospective zones according to the interpretation of geophysical fields and their transformants*

в северной части Войкаро-Сынинского ультраосновного массива, проведенных в 2002—2007 гг.

Из 24 рудопроявлений, для которых по результатам горных и буровых работ составлены геологические планы и построены подсчетные разрезы, наиболее близким аналогом рудопроявления Лабогейское-2, вероятно, является Левопайерское рудное тело. Оно имеет каплевидную форму в плане и полого (под углом 30°) погружается в северо-восточном направлении. С поверхности Левопайерское рудное тело вскрыто двумя канавами и прослежено вдоль линии погружения на расстояние 190 м с отметки 840 м на поверхности до горизонта 720 м на глубине [7].

Заключение

Выявлено, что на месторождениях и рудопроявлениях хромитов Полярного Урала:

1. Рудные тела располагаются в осевых частях складок (длина которых достигает 1 км, ширина — 300—400 м). Причем на крыльях и в замке этих складок рудные тела сильно отличаются друг от друга по морфологии.

2. Линейность хромшпинелидов совпадает со склонением рудных тел.

То есть дальнейшее проведение геолого-разведочных работ на Лабогейском участке необходимо проводить с учетом следующих представлений о его условиях залегания: рудное тело линейного типа, имеющее в плане линзообразную форму и размер примерно 3,5×20 м, погружающееся на северо-восток по азимуту 30° под углом 55°, протягивающееся вдоль оси погружения на ~150 м с постепенным уменьшением площади поперечного сечения до 70% от начального (на поверхности).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Алексеев А.В.* Условия формирования и состав хромитовых руд Алапаевского, Верх-Нейвинского и Верблюжьегорского альпинотипных ультраосновных массивов Урала: автореф. дис. … канд. геол.-мин. наук. Екатеринбург, 2005. 24 с.
2. *Вахрушева Н.В., Ширяев П.Б., Степанов А.Е., Богданова А.Р.* Петрология и хромитоносность ультраосновного массива Рай-Из (Полярный Урал). Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2017. 265 с.
3. *Вахрушева Н.В.* Метаморфизм хромитоносных гипербазитов Полярного Урала: дис. … канд. геол.-мин. наук. Екатеринбург, 1996. 204 с.
4. *Душин В.А.* Геодинамика, магматизм и минерагения Уральского Севера // В кн.: Геодинамика, магматизм, метаморфизм и рудообразование. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2007. С. 121—134.
5. *Иванов К.С.* Основные черты геологической истории (1,6—0,2 млрд лет) и строения Урала: дис. … д-ра геол.-мин. наук. Екатеринбург: УрО РАН, 1998. 252 с.
6. *Кашинцев Г.Л., Кузнецов И.Е., Рудник Г.Б.* Закономерности локализации и прогнозная оценка хромитовых руд в гипербазитовых массивах северной части Полярного Урала // В кн.: Хромиты Урала, Казахстана, Сибири и Дальнего Востока. М.: Недра, 1974. С. 86—100.
7. *Лычаков В.А., Марков В.Е.* Выявление структурных критериев локализации хромитового оруденения в пределах Войкаро-Сыньинского массива. Отчет Университета дружбы народов. М., 1985. 197 с.
8. *Перевозчиков Б.В.* Закономерности локализации хромитового оруденения в альпинотипных

гипербазитах (на примере Урала) // В сб.: Геология, методы поисков, разведки и оценки месторождений твердых полезных ископаемых. Обзорная информация. Вып. 7. М.: Геоинформмарк, 1995. 46 с.
9. *Савельев А.А.* Структура и условия образования офиолитовых ультрабазит-базитовых ассоциации Урала // Геотектоника. 1996. № 3. С. 25—35.
10. *Савельева Г.Н.* Габбро-ультрабазитовые комплексы офиолитов Урала и их аналоги в современной океанической коре (Тр. ГИН АН СССР). М.: Наука, 1987.
11. *Селиванов Р.А.* Особенности химического состава рудообразующих шпинелей Ямботывисского участка (Войкаро-Сынинский массив, Полярный Урал) // Уральская минералогическая школа — 2006: сб. ст. студентов, аспирантов, научных сотрудников академических институтов и преподавателей вузов геологического профиля. Екатеринбург: УГТУ, 2006. С. 114—115.
12. *Селиванов Р. А., Вахрушева Н.В.* Особенности локализации хромового оруденения Енгайского рудного поля // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. 2010. № 2. С. 91—98.
13. *Ширяев П.Б.* Отклонение от стехиометрии составов рудообразующих хромшпинелей высокохромистых и глиноземистых хромититов Войкаро-Сынинского массива // Ежегодник-2012: труды Ин-та геологии и геохимии им. акад. А.Н. Заварицкого. 2013. Вып. 160. С. 183—187.

REFERENCES

1. Alekseev A.B. Conditions of formation and composition of chromite ores of the Alapaevsky, Verkhny-Neuvinsky and Camel-mountain alpinotype ultrabasic massifs of the Urals: Abstract of the cand. of geol.-min. sciences. Yekaterinburg, 2005. 24 p.
2. Vakhrusheva N.V., Shiryaev P.B., Stepanov A.E., Bogdanova A.R. Petrology and chromitonicity of the Ray-Iz ultrabasic massif (Polar Urals). Yekaterinburg: IGG UrO RAS, 2017. 265 p.
3. Vakhrusheva N.V. Metamorphism of chromite-bearing hyperbasites of the Polar Urals: Diss. cand. of geol.-min. sciences. Yekaterinburg, 1996. 204 p.
4. Dushin V.A. Geodynamics, magmatism and minerageny of the Ural North // Geodynamics, magmatism, metamorphism and ore formation. Yekaterinburg: IGG UrO RAS, 2007. P. 121—134.
5. Ivanov K.S. The main features of the geological history (1.6—0.2 billion years) and the structure of the Urals: Diss. doctor of geol.-min. sciences. Yekaterinburg: Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 1998. 252 p.
6. Kashintsev G.L., Kuznetsov I.E., Rudnik G.B. Regularities of localization and predictive assessment of chromite ores in hyperbasite massifs of the northern part of the Polar Urals // Chromites of the Urals, Kazakhstan, Siberia and the Far East. Moscow: Nedra, 1974. P. 86—100.
7. Lychakov V.A., Markov V.E. Identification of structural criteria for localization of chromite mineralization within the Voikaro-Synyinsky massif. Report of the Peoples' Friendship University. Moscow: 1985. 197 p.
8. Perevozchikov B.V. Regularities of localization of chromite mineralization in alpine-type hyperbasites (on the example of the Urals) / Geology, methods of prospecting, exploration and evaluation of deposits of solid minerals. Overview information. Issue 7. Moscow: Geoinformmark, 1995. 46 p.
9. Savelyev A.A. Structure and conditions of formation of ophiolite ultrabasite-basite associations of the Urals // Geotectonics. 1996. No. 3. P. 25—35.
10. Savelyeva G.N. Gabbro-ultrabasite complexes of ophiolites of the Urals and their analogues in the modern oceanic crust (Tr. GIN of the USSR Academy of Sciences). Moscow: Nauka, 1987.
11. Selivanov P.A. Features of the chemical composition of ore-forming spinels of the Yambotyvissky site (Voikaro-Syninsky massif, Polar Urals) // Ural Mineralogical school — 2006: collection of articles by students, postgraduates, scientific collaborators of academic institutes and university teachers of geological profile. Yekaterinburg: USTU, 2006. P. 114—115
12. Selivanov P.A., Vakhrusheva N.V. Features of localization of chrome mineralization of the Engai ore field // News of higher educational institutions. Mining magazine. 2010. No. 2. P. 91—98.
13. Shiryaev P.B. Deviation from stoichiometry of the compositions of ore-forming chrome spinels of high-chromium and alumina chromitites of the Voikaro-Syninsky massif // Yearbook-2012: Proceedings of the Institute of Geology and Geochemistry named after. akad. A. N. Zavaritsky. 2013. Iss. 160. P. 183—187.

ВКЛАД АВТОРОВ / AUTHOR CONTRIBUTIONS

Морозова Т.П. — выдвинула идею и разработала концепцию статьи, подготовила текст статьи, подготовила версию статьи и согласна принять на себя ответственность за все аспекты работы.

Карелина Е.В. — собрала материал по данным документации геолого-разведочных работ, утвердила публикуемую версию статьи и согласна принять на себя ответственность за все аспекты работы.

Марков В.Е. — собрал материал по данным документации геолого-разведочных работ, утвердил публикуемую версию статьи и согласен принять на себя ответственность за все аспекты работы.

Tatiana P. Morozova — put forward the idea and developed the concept of the article, prepared the text of the article, prepared the version of the article and agreed to take responsibility for all aspects of the work.

Elena V. Karelina — collected material according to the documentation of geological exploration, approved the published version of the article and agrees to take responsibility for all aspects of the work.

Vladimir E. Markov — collected material according to the documentation of geological exploration, approved the published version of the article and agrees to take responsibility for all aspects of the work.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Морозова Татьяна Петровна* — кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры методики поисков и разведки месторождений полезных ископаемых Российского государственного геологоразведочного университета имени Серго Орджоникидзе.
23. ул. Миклухо-Маклая, г. Москва 117485, Россия
тел.: +7 (915) 324-65-79
e-mail: morozovatp@mgri.ru
SPIN-код: 9947-0610
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7541-8258

Tatiana P. Morozova* — Cand. of Sci. (Geol.-Min.), Assoc. Prof. of the Department of Methods of Prospecting and Exploration of Mineral Deposits of the Sergo Ordzhonikidze Russian State Geological Exploration University.
23. Miklukho-Maklaya str., Moscow 117485, Russia
tel.: +7 (915) 324-65-79
e-mail: morozovatp@mgri.ru
SPIN-code: 9947-0610
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7541-8258

Карелина Елена Викторовна — кандидат геолого-минералогических наук, доцент Департамента недропользования и нефтегазового дела Инженерной академии Российского университета дружбы народов.
3, ул. Орджоникидзе, Москва 115419, Россия
тел.: +7 (910) 492-73-27
e-mail: karelina_ev@pfur.ru
SPIN-код: 4919-8300
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0929-4290

Elena V. Karelina — Cand. of Sci. (Geol.-Min.), Assoc. Prof. of the Department of Subsoil Use and Oil and Gas Engineering Academy of RUDN University.
3, Ordzhonikidze str., Moscow 115419, Russia
tel.: +7 (910) 492-73-27
e-mail: karelina_ev@pfur.ru
SPIN-code: 4919-8300
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0929-4290

Марков Владимир Евгеньевич — старший преподаватель Департамента недропользования и нефтегазового дела Инженерной академии Российского университета дружбы народов.
3, ул. Орджоникидзе, Москва 115419, Россия
тел.: +7 (905) 517-58-72
e-mail: markov_ve@pfur.ru
SPIN-код: 5882-5663
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6594-0763

Vladimir E. Markov — senior lecturer at the Department of Subsoil Use and Oil and Gas Engineering of the Engineering Academy of RUDN University.
3, Ordzhonikidze str., Moscow 115419, Russia
tel.: +7 (905) 517-58-72
e-mail: markov_ve@pfur.ru
SPIN-code: 5882-5663
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6594-0763

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author