



ПРИКЛАДНАЯ МЕТАЛЛОГЕНИЯ

УДК 553.637:553.31.2 (575.11)

Бор-скарново-магнетитовое оруденение Мингбулакского рудного поля (Восточный Узбекистан)

Ежков Ю. Б., Холиёров А. Т., Рахимов Р. Р., Тошметов У. Х.

ГУ «Институт минеральных ресурсов» Мингеологии РУз, г. Ташкент, Узбекистан

Аннотация. Размещение скарново-магнетитовых месторождений региона Тянь-Шаня тесно связано с проявлением габброидного магматизма, сопровождающего мощные зоны разломов, которые ограничивают Южно-Тяньшаньскую складчатую систему с севера и юга и широтной полосой протягиваются в сторону Срединного и Юго-Западного Тянь-Шаня.

Исследованиями последних десятилетий для района хребта Каржантау достаточно чётко устанавливается золото-медно-висмутовая металлогеническая специализация с ведущей ролью золота. Наиболее перспективна позиция Акташской группы проявлений – Актам-I, Актам-II, Южное.

На изученной Мингбулакской площади Каржантау наиболее развиты железорудные, свинцово-цинковые, золоторудные, медные проявления, в меньшей степени – борносные, вольфрамовые и флюоритовые. Большинство проявлений полезных ископаемых на площади образовалось в результате магматогенно-гидротермальной деятельности и приурочено к зонам разломов, которые характеризуются длительностью и сложностью формирования. Оруденение локализуется обычно в зонах дробления разломов и оперяющих трещинах. К скарновому типу относятся рудопоявления железа – остродефицитного на сегодня металла для горнорудных предприятий Приташкентского региона.

Ключевые слова: месторождения, Мингбулак, Каржантау, магнетит, руда, скарн, вулканизм, Курганташский массив, ашарит, яковсит, хромит, кулсонит, халькопирит, серебро, золото, технология.

Для цитирования: Ежков Ю. Б., Холиёров А. Т., Рахимов Р. Р., Тошметов У. Х. Бор-скарново-магнетитовое оруденение Мингбулакского рудного поля (Восточный Узбекистан). Руды и металлы. 2023. № 2. С. 6–17. DOI: 10.47765/0869-5997-2023-10006.

Boron-bearing skarn-magnetite mineralization of the Mingbulak ore field, Eastern Uzbekistan

Ezhkov Yu. B., Kholiyorov A. T., Rakhimov R. R., Toshmetov U. H.

State Institution "Institute of Mineral Resources" of the Ministry of Geology of the Republic of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan

Annotation. Spatial distribution of skarn-magnetite deposits in the Tien Shan region is closely related to gabbroid magmatism that accompanies wide fault zones bordering the South Tien Shan folded system from the north and south and extending as a latitudinal belt towards the Middle and Southwestern Tien Shan.

Studies fulfilled during recent decades in the Karzhantau Ridge area have quite clearly demonstrated its gold-copper-bismuth metallogenic specialization with the leading role of gold. The most promising position is characteristic of the Aktash group ore occurrences (Aktam-I, Aktam-II, and Yuzhnoe).

Within the studied Mingbulak area of Karzhantau, the most widely distributed are mineral occurrences of iron ore, lead and zinc, gold, and copper, and less developed boron-bearing, tungsten, and fluorite ones. Most of the mineral occurrences in the area formed as a result of magmatic-hydrothermal activity and are confined to fault zones characterized by long duration and complexity of the formation. The mineralization is usually localized in the crush zones and feathering fractures of the faults. The skarn type includes ore occurrences of iron, a metal that is currently strongly deficient for mining enterprises in the Tashkent region.

Key words: ore deposits, Mingbulak, Karzhantau, magnetite, ore, skarn, volcanism, Kurgantash massif, asharite, jacobsonite, chromite, coulsonite, chalcopyrite, silver, gold, technology.

For citation: Ezhkov Yu. B., Kholiyorov A. T., Rakhimov R. R., Toshmetov U. H. Boron-bearing skarn-magnetite mineralization of the Mingbulak ore field, Eastern Uzbekistan. Ores and metals, 2023, № 2, pp. 6–17. DOI: 10.47765/0869-5997-2023-10006.



Геологическое строение и позиция рудного поля в общей структуре региона. Мингбулакское рудное поле (МРП) расположено на южных склонах гор Каржантау, которые входят в состав Чаткальской подзоны Срединного Тянь-Шаня. В её пределах устанавливаются девять вулканоплутонических структур, в число которых входит и Каржантауская.

Каржантауская вулканоплутоническая структура, фундаментом которой являются карбонатные толщи D_2-C_1 , вулканиты и гранитоиды C_2 , охватывает территорию юго-восточной части хребта Каржантау и частично массив Ализар. Южная часть структуры перекрыта мезокайнозойскими отложениями, и о её продолжении можно судить только по отдельным обнажениям и данным аэромагнитной съёмки [3].

Мингбулакская рудоносная площадь сложена разнообразными вулканогенными и осадочными породами. Наиболее распространёнными образованиями являются верхнепалеозойские, занимающие основную часть площади и представленные каменноугольной системой.

Мезокайнозойские осадки распространены на меньшей территории и относятся к меловой и четвертичной системам.

Основные закономерности верхнепалеозойских вулканических явлений и смены определённых ассоциаций вулканогенных пород района Каржантау были рассмотрены в работах, осветивших роль вулканизма в формировании земной коры Западного Тянь-Шаня [3, 6].

Наиболее древние породы слагают восточную часть хребта Каржантау и развиты на востоке Мингбулакской площади. В комплекс пород входят мраморизованные известняки и конгломераты турнейского и визейского ярусов, песчаники, туфопесчаники, сланцы с линзовидными прослоями известняков свиты уя. Верхи свиты уя представлены туфами, туфопесчаниками, реже – порфиридами андезитового и дацит-андезитового составов.

Среднекаменноугольный вулканогенный комплекс (дацит-андезитовая формация) распространён в восточной части площади и во врезках саев на остальной его части. Сложен отложениями мингбулакской свиты, в которой

выделяются четыре пачки и субвулканическая фация. Породы представлены андезитами, андезитобазальтами и трахиандезитами, а субвулканическая фация – андезитами и андезитобазальтами. В этот же комплекс входят отложения близлежащей акчинской свиты, состоящей из шести пачек общей мощностью 2,2 км, представленной комплексом покровных образований эффузивных и пирокластических пород со слоями туфов и туфопесчаников, реже породами жерловой фации.

В комплекс пород, развитых на площади, входят также осадки мелового возраста (представлены конгломератами, гравелитами, песчаниками, имеющими ограниченное развитие), а также палеогена, неогена и антропогена. Широко распространены четвертичные отложения на водоразделах и склонах хребта, представленные в том числе аллювиальными и пролювиальными отложениями р. Чирчик и её притоков. Мощность отложений в низовьях рек достигает 50 м, разрез преимущественно лёссовый с конгломератами в основании.

Формирование интрузивных пород хребта Каржантау происходило в основном в поздний этап герцинского тектоно-магматического цикла в гипабиссальных условиях. На основе общности геологической обстановки и времени формирования интрузивных пород выделяются три интрузивных комплекса: среднекаменноугольный, который на Мингбулакской площади представлен гранодиоритами (Курганташский массив) и небольшими штокообразными телами кварцевых сиенит-порфиров в районе горы Мингбулак; верхнекаменноугольный–пермский (представлен трахидацитами P_1) и верхнепермский–нижнетриасовый (дайковые образования гранит-порфиров).

Герцинский тектоно-магматический цикл протекал в течение ряда этапов (выделены четыре), каждый из которых сопровождался присутствием только ему определённым режимом тектонических движений, особенностями осадконакопления и интрузивного магматизма.

Вначале, в среднекаменноугольное время, образовалась вулканотектоническая депрессия, ограниченная дугообразными разломами, заполненная вулканитами дацит-андезитовой

формации, мощность которых достигает 2000 м. Характерны мощные (50–180 м) и протяжённые (до 20 км) силлы трахидацитовых, трахандезит-дацитовых порфириров, а также экзотрузии андезитовых порфириров. В целом породы слагают крупный стратовулкан, центр извержения которого расположен в северо-восточной части депрессии. Породы имеют пологое залегание (5–200°) с центриклинальным падением по периферии депрессии.

Для определения главного интрузивного массива О. М. Борисовым (1967 г.) произведены подсчёты по количественному распределению площадей разновозрастных комплексов в разрезе Каржантау-Кураминских гор. В результате ведущим комплексом определён нижнебашкирский (С₂) гранодиоритовый, составляющий 7,5 % выходов интрузивных масс. Наметилась чёткая приуроченность интрузий вне зависимости от их возраста и формы к определённым литологическим толщам, а именно:

- к конгломератам, песчаникам, мергелям, известнякам и доломитам среднего девона (живетский ярус) – 30,7 %;
- к туфам и туфопесчаникам нижнего карбона (уя-мингбулакская толща) – 41,65 %;
- к известнякам, доломитам и ангидритам среднего–верхнего девона – 15,45 %;
- к песчаникам, алевролитам и аргиллитам силура – 11,8 %.

Кислые вулканы нижнего и верхнего девона, а также массивные известняки нижнего карбона оказались неблагоприятными для внедрения в них магматических масс. Тела в этих породах располагаются вдоль системы трещин, создавая звенья, связываемые с системой межпластовых залежей. Следовательно, основная масса магматических тел (98,87 %) располагается в довольно узком интервале разреза (от ордовика до верхнего карбона), в пределах 6–8 км его мощности.

В ордовик-протерозойских породах имеются лишь небольшие массивы (0,4 % суммы выходов), которые могут рассматриваться как корневые части лакколлитов. Таким образом, исследованиями выявлена система сложнопостроенных многоярусных лакколлитов с двумя-тремя крупными залежами; общее падение тел

к северу. От них кверху по зонам нарушений отходят многочисленные апофизы (штоки, дайки).

Мингбулакское рудное поле размещается в северо-восточной части Каржантауской вулканоструктуры, где на мощном карбонатном фундаменте вначале активно проявились процессы покровного вулканизма, в ходе которого образовались редкие секущие фации и характерные наложенные мульды. Позднее они были интродуцированы гранитоидной магмой, сформировавшей Курганташский массив (рис. 1).

Внедрения как вулканогенной, так и гранитоидной магмы отличались высокой динамикой, рудно-геохимической специализацией и активным флюидно-термальным преобразованием карбонатных толщ. По отношению к концентрации рудных компонентов в растворе состав рудоносных раствор-флюидов был обогащён железом, бором, медью, фосфором, стронцием и редкоземельными элементами.

Высокоокисидный потенциал исходных раствор-флюидов, превалирующий над восстановительным потенциалом, вызвал возникновение и широкое распространение железокислых руд в зоне экзоконтакта интрузивного массива.

На основе в том числе и указанных признаков МРП включается нами в комплекс редкометалльно-скарноворудных объектов, образующих зональную структуру в южной части Чаткальского хребта, данные о которых были нами опубликованы недавно [1, 2, 5].

Размещение, минералого-геохимические особенности и запасы железа скарноворудных участков месторождения Мингбулак.

Участок 1 расположен на дне сая Урустун, представлен полосой скарнов с магнетитом протяжённостью 100 м при мощности 4 м. Содержание железа по штучной пробе 55,5 %, авторские запасы 96 тыс. т.

Участок 2 находится на водоразделе между саями Урустун и Аркутсай. Представлен мелкими линзами (мощность 5–10 м) гранат-магнетитовых с гематитом скарнов, прослеживающихся с перерывами вдоль контакта на протяжении 100 м. Содержание железа по штучной пробе 44,8 %, авторские запасы 99,3 тыс. т.

Участок 3 отдалён на 500–600 м к юго-западу от Участка 2. Здесь на задернованном

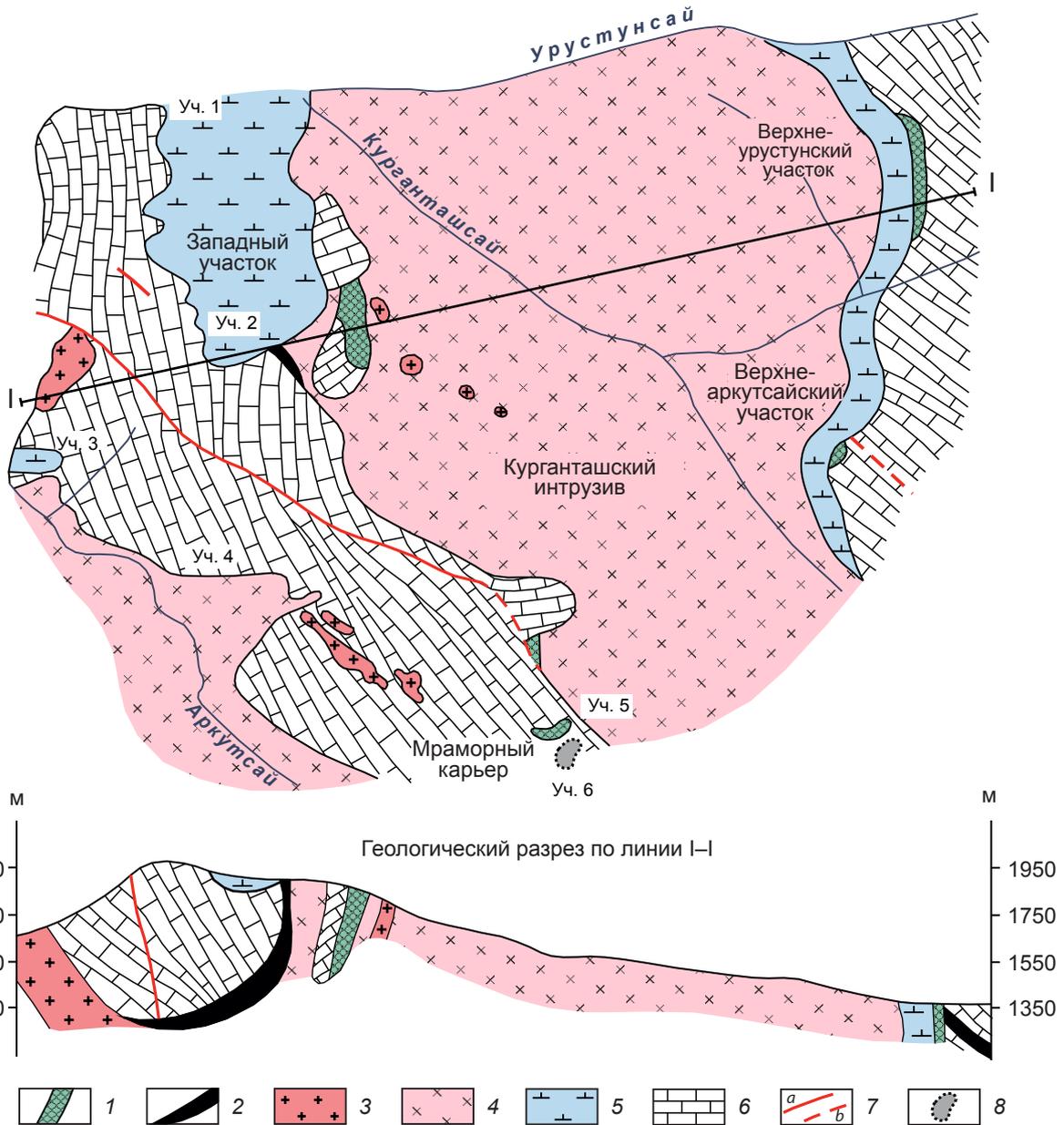


Рис. 1. Геологическая карта Мингбулакского бор-скарново-магнетитового месторождения:

1 – скарны: пироксен-гранатовые, пироксен-гранат-эпидотовые, гранат-эпидот-пироксеновые, гранат-магнетитовые с гематитом и др.; *2* – магнетитовые залежи; *3* – граниты мелко-неравнозернистые до аплитовидных (жильные породы 1-го этапа), C_2^2 ; *4* – диориты, гранодиориты-адамеллиты, C_2^1 ; *5* – вулканиты мингбулакской свиты: андезитобазальты, андезитодациты, их лавы, туфы, туфопесчаники и туфобрекчии, C_2 ; *6* – рифогенные известняки, C_1 ; *7* – разрывные нарушения: *a* – установленные, *b* – предполагаемые; *8* – мраморный карьер

Fig. 1. Geological map of the Mingbulak boron-bearing skarn-magnetite deposit:

1 – skarns: pyroxene-garnet, pyroxene-garnet-epidote, garnet-epidote-pyroxene, garnet-magnetite with hematite, etc.; *2* – magnetite deposits; *3* – uneven-grained fine-grained to aplite-like granites (1st phase vein rocks), C_2^2 ; *4* – diorites, granodiorites-adamellites, C_2^1 ; *5* – volcanics of the Minbulak Formation: basaltic andesites, andesidacites, their lavas, tuffs, tuff sandstones, and tuff breccias, C_2 ; *6* – reef limestones, C_1 ; *7* – faults: *a* – identified, *b* – assumed; *8* – marble quarry

склоне, на контакте известняков с вулканитами на 250 м протягивается цепочка карьерообразных древних выработок. Судя по отвалам, руда магнетитовая, по штуфной пробе содержание железа 64,3 %. Рудонесущие породы – гранат-эпидот-пироксеновые скарны. Встречаются вкрапления халькопирита, халькозина.

Участок 4 размещается в 200–300 м к востоку от Участка 3. Здесь на площади 100 × 300 м² встречено несколько мелких скарновых тел (кварц-пироксеновые, гранат-пироксеновые, гранат-эпидотовые) на контакте известняков с гранодиоритами. В скарнах развито железо-слюдковая минерализация в виде гнезд и прожилков, наблюдается редкая вкрапленность магнетита и окисленного халькопирита.

Участок 5 расположен на левом борту Аркутсая, у мраморного карьера, также в зоне контакта известняков с гранодиоритами. Рудное тело приурочено к крутопадающему разлому субширотного простирания и представлено окварцованной породой с гнездами гематита. Прослеженная длина 30 м при мощности 1 м. Содержания по штуфной пробе Fe₂O₃ – 43,44 %, FeO – 16,08 %.

Участок 6 находится в 500 м к югу от мраморного карьера, на левом борту Аркутсая. В зоне контакта известняки мраморизованы, серпентинизированы, гранодиориты скарнированы (эндоскарны гранатовые и гранат-эпидотовые). В скарнах отмечены гнезда и прожилки гематита, в серпентинизированных известняках – вкрапленность магнетита. По штуфной пробе содержания Fe₂O₃ – 44,75 %, FeO – 17,78 %. Одно из магнетитовых тел прослежено на 10 м при мощности 0,5–5 м.

На восточном фланге МРП гряда известняков прослежена на 7–7,5 км при ширине 0,5–1,5 км и подвержена скарново-скарноидным преобразованиям в зоне контакта гранодиоритов Курганташского интрузива, обрамлённых полосой прорванных покровных андезитобазальтовых лав и лавобрекчий мощностью до 100–120 м. Здесь детально описаны два участка. Площадь участка Верхнеаркутсая – 100 × 300 м². Рудные тела представляют собой магнетитовые линзы в мраморе, есть древние

карьеры протяжённостью 200–300 м. Участок Верхнеурустунский включает в себя мелкие скарновые тела (от 1–2 до 30–40 м) вдоль плоскостей напластования мрамора. В скарнах установлен магнетит, замещающий порообразующие силикатные минералы.

Рудные тела жило- и линзообразной формы протяжённостью от 100 до 590 м, крутого падения, преимущественно 70–80°. Распределение железорудной магнетит-гематитовой минерализации изменчиво как по содержанию, так и по мощности вскрытого оруденения. Средние мощности рудных тел колеблются в пределах от 2,33 до 17,2 м, средние содержания Fe₂O₃ изменяются от 17,12 до 56,49 %.

Данные о морфологии и параметрах рудных зон подтверждены сечениями по горным выработкам. Все рудные зоны изучены с поверхности канавами, врезам. В рудных зонах, оценённых по кат. Р₁, оруденение прослежено на глубину скважинами.

Таким образом, по Мингбулакскому месторождению ресурсы железной руды кат. Р₁ составляют 17,3 млн т с содержанием железа от 10 до 64 % (по штуфным пробам), а по кат. Р₂ – 30 млн т.

Вещественный состав руд. В процессе исследований помимо собственно скарновых минералов – граната, эпидота, пироксена, амфиболов – установлены выделения халькопирита, халькозина, примазки медной зелени, ашарита и других боратов, сульфидов железа, висмута и мышьяка. Руды характеризуются разнообразием состава, числа слагающих их минералов и текстурно-структурных особенностей.

Первый тип руд представлен крупнокристаллическими скоплениями светло-зелёного пироксена, часто развитого в виде веерообразных, лучистых агрегатов, замещённых тальком. Магнетит повсеместно замещает пироксен участками – гранат. Агрегаты магнетита образуют веерообразные пучки, «солнца» или сплошные скопления. Внутренняя структура таких псевдоморфоз – ячеистая каркасная, так как замещение магнетитом шло по трещинам спайности, в результате чего в лучистых выделениях отмечаются реликты вмещающих минералов. В участках, сложенных гранатом,



магнетит развивается по зонам роста, трещинам.

Количественный минеральный состав (%): магнетит 70,3–95,1; пироксен 0,5–22,0; гранат от ед. зн. до 5,0; кальцит – 3–3,5; серицит 0–0,9. Локально встречается эпидот.

Второй тип руд – это геденбергит-турмалин-магнетитовые руды, неоднородные по окраске, сложенные оталькованным, тремолитизированным геденбергитом и тёмно-коричневым, почти чёрным турмалином, развитым в виде неправильных просечек, гнёзд, иногда лучистых «солнц», длинностолбчатых кристаллов (размер от 0,3 мм до 1,5 см), замещающих геденбергит. Магнетит встречается в виде гнёзд, вкрапленности в пироксене, замещает его.

Третий тип – ашарит-магнетит-гематитовых руд – широко распространён. Представлен мелкозернистыми осветлёнными пироксеновыми скарнами с гнездово-вкрапленной гематит-магнетитовой минерализацией (размер выделений 0,1–1 мм). Пироксен тремолитизирован, оталькован, хлоритизирован, серицитизирован. Часто магнетитовые руды локализованы в мелкокристаллических карбонатных породах, серпентинизированных, частично оталькованных; по трещинам отмечен гипс. Карбонатные породы содержат брусит и бораты.

Руды густовкрапленные «сливные», гнездообразные, участками полосчатые. Кристаллы магнетита собраны в агрегаты, содержат включения кальцита, реже пироксена. Гематит в виде тонкозернистых включений, кружевоподобных агрегатов в магнетите. Встречаются графические сростки магнетита с гематитом. Размер выделений гематита 0,001–0,003 мм. Отмечаются тесные срастания магнетита с пиритом, гнёзда самородного золота.

Четвёртый тип руд – гематит-магнетитовый убоговкрапленный в кальцифирах, серпентинизированных зонах, в эндоконтактных частях интрузива. Состав руд варьирует. Проявлены эпидотизация, оталькование, хлоритизация, участками совместно с серпентином отмечаются сепиолит, гипс, брусит.

В контактовых зонах в интрузивной породе отмечается сидеронитовая текстура желез-

ного оруденения, реже встречаются гнёзда. Магнетит в виде веерообразных агрегатов развивается среди карбоната и серпентина. Обычно магнетитовые руды также сопровождаются пиритовой, иногда халькопиритовой минерализацией. Магнетит содержит включения нерудных минералов, повсеместно замещается гематитом. В трещинах, зонах изменения отмечаются сепиолит, тальк.

Пятый тип руд характеризуют массивные коричневато-жёлтые до тёмно-коричневых скарнированные карбонатные породы с гематитом, магнетитом, лимонитом, гётитом. Отмечены участки, сложенные только гематитом с реликтами карбонатных пород. Этот тип руд встречается в зонах разломов, брекчирования. Руды магнетит-гематитовые с гидроксидами железа до сплошных гематитовых. Часто промежутки между агрегатами гематита заполнены рыхлой желтоватой массой, в состав которой входят доломит, пироксен, тальк, кварц. Отмечаются участки выщелачивания с карбонатной структурой. В рудах установлены вторичные продукты – глиноподобные минералы: ковеллин, халькозин, гётит, сепиолит, гипс.

Особое место в проведённых нами исследованиях занимает выявление морфогенетических признаков магнетита как индикатора условий образования, геохимической специализации и рудоносности гранитоидов Курганташского интрузива. В этих целях в 300 м к востоку от Участка 2 была выбрана рудоносная площадь, подвергнутая геолого-петрографическому картированию и минералогическому опробованию гранитоидов, скарнов и железорудных тел (рис. 2, табл.).

В таблице приведены химический нормативный состав аксессуарной и рудной магнетитовых фракций, а также содержания в них группы сопутствующих редких элементов. Изученный минеральный комплекс включал собственно оксиды железа, ильменит, широко распространённую в рудах шпинель и минералы её группы – яkobсит, хромит, кулсонит. Редкоэлементная ассоциация состоит из природных сульфидообразователей (никель, кобальт, медь, цинк), молибдена и вольфрама.

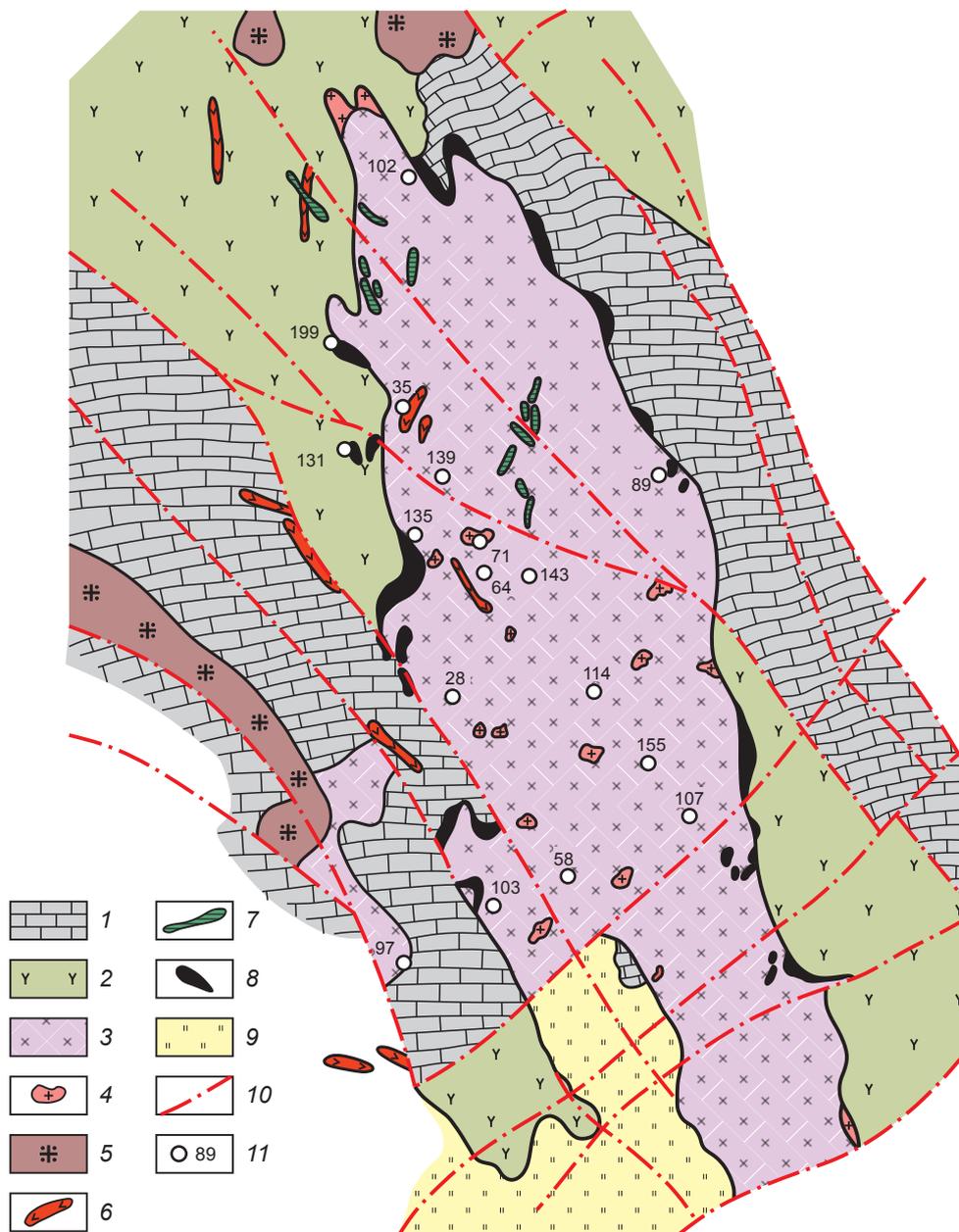


Рис. 2. Геолого-петрографическая карта участка западного фланга Минбулакского интрузива со схемой минералого-геохимического опробования:

1 – известняки, C_1 ; 2 – вулканы андезитовой формации, C_2^1 ; 3 – порфировидные биотитово-роговообманковые гранодиориты, кварцевые диориты, C_2^2 ; 4 – мелкозернистые биотитовые граниты, C_2^3 , жильные породы, C_2^4 ; 5 – гранит-порфиры, граносиенит-порфиры; 6 – фельзит-порфиры; 7 – диабазовые порфиры; 8 – скарновые тела; 9 – четвертичные отложения; 10 – разломы; 11 – минералого-геохимические пробы

Fig. 2. Geological and petrographic map of a plot in the western flank of the Mingbulak intrusion with the mineralogical-geochemical sampling scheme:

1 – limestone, C_1 ; 2 – volcanics of the andesite association, C_2^1 ; 3 – porphyritic biotite-hornblende granodiorite and quartz diorite, C_2^2 ; 4 – fine-grained biotite granites, C_2^3 , vein rocks, C_2^4 ; 5 – granite porphyry, granosyenite porphyry; 6 – felsite porphyry; 7 – diabase porphyrite; 8 – skarn bodies; 9 – quaternary deposits; 10 – faults; 11 – mineralogical-geochemical samples



Сравнительный анализ гранито-акцессорных и рудогенных магнитных фракций по уровням концентрации FeO и Fe₂O₃ позволил установить их тождественность (см. табл.).

Подобный результат позволяет сделать вывод, что в Курганташской гранитной интрузии процессы магматического расслоения (ликвации) привели к возникновению [4] очага насыщенных железом гидротермальных растворов, мигрировавших в зону экзоконтакта, где ими созданы значительные залежи комплексных скарново-магнетит-гематитовых руд.

В условиях крутопадающего контакта массива интрузии, наличия в её экзосфере даексателлитов, а также систем северо-восточных рудораспределяющих и широтных рудоконцентрирующих разломов сформировались как пластовые, так и комбинированные рудные тела.

При обратном падении интрузива оруденение уже связано с блоками выполаживания контактов, но с проявлением той же системы разломов.

Продолжая сравнение геохимических особенностей акцессорных и рудных магнитных фракций, мы получили для них ряд отношений средних содержаний элементов (акцессории/рудные тела): Cr (18,0) – V (16,8) – Ni (3,2) – Co (1,7) – Cu (2,9) – Zn (2,8) – Mo (1,1) – W (0,19). В этом ряду, за исключением вольфрама, чётко проявляется постоянное превосходство элементов акцессорных магнитных фракций над рудогенными в качестве минералов-концентраторов, что особенно остро ощущается в случае хрома и ванадия. Подобное резкое обеднение гидротерм последними, скорее всего, вызвано их неожиданной миграцией в околорудное пространство, где известны небольшие скопления хромита и кулсонита.

Подробное же сравнение редкометалльно-элементных потенциалов акцессориев гранитоидов Мингбулака и Чаткало-Кураминского региона снова показало в большинстве случаев преимущество первых, особенно для хрома (2,9), кобальта (1,9), вольфрама (1,7), ванадия (1,4) и меди (1,3). Величина отношений для никеля, цинка и молибдена – 0,8.

Необходимо отметить, что в главной рудной зоне были отобраны две технологические пробы, подвергшиеся исследованиям в техно-

логической лаборатории ГУ «ИМР». Установлено, что железосодержащие руды месторождения Мингбулак являются кондиционными, они легкообогатимы и представляют ценное сырьё для промышленного освоения.

Попутные полезные компоненты и их авторские запасы.

Бор. Первый объект в регионе, рассмотренный как боросодержащий железорудный, – месторождение Сюреньата (1959 г.). Почти в это же время проводилось активное изучение бор-железородной минерализации на восточном участке Мингбулакского месторождения, которую представляют ашарит, людвигит, турмалин, борацит, гилгардит. Практическое значение может иметь только ашарит в магнетитовой руде (ашарит-магнетитовый тип). Другие боросодержащие минералы присутствуют в незначительных количествах.

Было установлено, что в магнетитовых рудах восточного участка ашарит широко развит, составляя в среднем 1–2 % от общей массы руды. Минерал присутствовал в рудах всех трёх структурных блоков и находился в тесном прорастании с вмещающими рудными и силикатными минералами.

В ашарит-магнетитовых рудах содержания бора по данным химического анализа групповых проб установлены в пределах от 0,05 до 0,61 %. Запасы оцениваются в 200 тыс. т. Хвосты магнитной сепарации содержат 3,5 % бора, его извлечение из них ~ 70 %. После спекания хвосты могут использоваться в сельском хозяйстве как долгодействующее удобрение.

Медь. Минеральная форма проявления меди в рудах являются халькопирит, ковеллин, халькозин, которые обычно ассоциируют с пиритом в зоне окварцевания скарнов и в магнетитовых рудах в виде спорадических гнездовых скоплений. На участке Западный халькопирит с пиритом слагают разобшённое с железорудной минерализацией самостоятельное сульфидное рудное тело (скв. 11, инт. 80–91 м), которое может представлять практический интерес.

По результатам 80 химических анализов проб содержание Cu в рудах от < 0,01 до 5,62 %, в среднем 0,65 %. Согласно данным геолого-разведки в рудах содержится 35 тыс. т меди.

Табл. Химический нормативный (вес. %) и элементный (г/т) состав магнитных фракций Курганташского интрузива и месторождения Мингбулак
Table. Normative (wt %) and elemental (g/t) chemical composition of magnetic mineral fractions of the Kurgantash intrusion and the Mingbulak deposit

Порода	Номер пробы	Магнетит, вес. г/т	SiO ₂	TiO ₂ Ильм.	Al ₂ O ₃ Шп.	Fe ₂ O ₃ Гем.	FeO Мгт.	MnO Як.	MgO Мгф.	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Cr Хр.	V Кулс.	Ni	Co	Cu	Zn	Mo	W
Кварцевый диорит	28	2,85	Не опр.	1,2 2,3	Не опр.	68,14 5,7	29,1 91	0,22 0,7	1,34 0	Не опр.	Не опр.	Не опр.	400 0,1	670 0,2	68	48	200	320	8	5,4
	58	1,54	0,83	2,96 5,7	Не опр.	65,78 5	28,2 84,4	0,45 1,5	1,68 30	Не опр.	Не опр.	Не опр.	340 0,1	1160 0,3	66	68	160	90	5	4,6
Гранодиорит	64	1,65	0,12	1,9 3,7	0,08 0,1	68,12 5,2	26,4 84,3	0,4 1,3	2,87 5	Не опр.	Не опр.	Не опр.	3 0,1	1200 0,3	82	32	240	330	10	25,3
	71	0,67	Не опр.	1,5 2,8	0,7 1	69,45 11	26,7 82,3	0,4 1,3	1,25 0,9	Не опр.	Не опр.	Не опр.	90 Сл.	850 0,2	60	50	320	530	8	2,7
Сиенитодиорит	89	4,02	Не опр.	1,89 3,6	Не опр.	68,34 7,2	28,4 85,8	0,3 1	1,07 1,9	Не опр.	Не опр.	Не опр.	270 0,1	1880 0,9	80	66	320	360	8	28
	97	3,85	Не опр.	3,95 7,5	0,06 Сл.	67,6 12,8	28 78,4	0,2 0,6	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	680 0,2	1670 0,5	70	54	160	330	8	4,2
Кварцевый диорит	103	4,89	Не опр.	1,43 2,6	0,07 0,1	64,97 0	30,5 92	0,1 0,3	2,53 4,4	0,4	Не опр.	Не опр.	960 0,3	1280 0,3	68	107	240	330	7	2,9
	107	1,65	Не опр.	1,73 3,3	1,01 0,1	68,71 8,6	28,4 86,7	0,3 1	0,25 0	Не опр.	Не опр.	Не опр.	370 0,1	1100 0,2	86	80	200	510	7	4,1
Гранодиорит	114	2,75	Не опр.	1,97 3,7	0,76 1,1	68,77 10,1	28 84	0,2 0,6	0,3 0	Не опр.	Не опр.	Не опр.	710 0,2	1220 0,3	78	65	200	330	5	4,8
	139	3,2	Не опр.	2,13 4	Не опр.	66,16 6,1	28,33 87,6	0,1 0,3	1 1,4	Не опр.	Не опр.	Не опр.	820 0,3	1250 0,3	94	52	240	360	8	5
Кварцевый диорит	143	3,51	Не опр.	3,95 7,5	0,07 Сл.	65,85 6,9	29,93 84,6	0,2 0,6	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	470 0,1	1120 0,2	110	70	200	540	5	7,5
	155	1,1	Не опр.	2,6 4,9	Не опр.	67 9	28,1 84,6	0,3 1	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	380 0,1	1270 0,3	60	40	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.
Среднее по акцессорному магнетиту	Не опр.	2,31	0,08	2,27 4,3	0,23 0,2	67,42 7,3	28,34 85,5	0,26 0,9	1,03 1,4	0,4	Не опр.	Не опр.	560 0,1	1210 0,3	77	61	207	338	6,6	7,9

Акцессорный магнетит



Продолжение таблицы

Порода	Номер пробы	Магнетит, вес. г/т	SiO ₂	TiO ₂ Ильм.	Al ₂ O ₃ Шп.	Fe ₂ O ₃ Гем.	FeO Мгт.	MnO Як.	MgO Мгф.	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Cr Хр.	V Кулс.	Ni	Co	Cu	Zn	Mo	W
<i>Рудные магнетит и гематит</i>																				
Гранат-пироксен-эпидотовый скарн	35	Не опр.	1,2	Сл.	1,02 1,5	64,83 0	31,51 98,5	Сл.	Не опр.	1,12	0,2	0,12	Не опр.	10 Сл.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.
	135	Не опр.	Не опр.	0,6 1,1	0,18 0,3	68,44 5,9	25,09 82,3	0,1 0,5	5,54 9,9	Не опр.	Не опр.	Не опр.	27 Сл.	120 Сл.	76	120	80	150	9	14
Рудное тело	102	Не опр.	Не опр.	2,45 4,6	0,79 1,1	68,6 13,1	26,3 79,5	0,15 0,5	1,54 1,2	0,5	Не опр.	0,07	20 Сл.	33 Сл.	14	25	120	150	7	166,4
	131	Не опр.	Не опр.	0,6 1,1	Не опр.	71 10,7	26,91 85,7	0,3 1	0,8 1,5	Не опр.	Не опр.	0,39	Не опр.	12 Сл.	8 Сл.	6	8	80	150	8
Прожилки в породе	199	Не опр.	1,1	1,1 2,1	Не опр.	68,2 7,9	27,76 88,9	0,1 0,3	0,45 0,8	1,29	Не опр.	Не опр.	40 Сл.	190 Сл.	25	26	80	150	8	14,1
	36-гем	Не опр.	Не опр.	0,45 0,8	0,13 0,1	95,53 92,3	1,42 3,2	0,11 0,4	1,82 3,2	0,54	Не опр.	Не опр.	20 Сл.	110 Сл.	8	8	40	60	7	1,4
Среднее по рудному магнетиту	Не опр.	Не опр.	0,55	0,95 1,8	0,4 0,6	68,31 7,5	27,51 86,9	0,14 0,5	1,67 2,7	0,58	0,12	0,04	20 Сл.	72 Сл.	24	36	72	120	6	42
Среднее по С ₃ гранитоидам Курамы и Чаткала	Не опр.	1,14	Не опр.	1,94 3,7	0,89 1,4	68 2	28,52 90,4	0,32 1	0,73 1,2	Не опр.	Не опр.	Не опр.	192 0,1	865 0,2	99	70	165	403	8,2	4,7

Примечание. В числителе – содержание компонентов, в знаменателе – фазовый состав проб. Ильм. – ильменит, Шп. – шпинель, Гем. – гематит, Мгт. – магнетит, Як. – яковсит, Мгф. – магнезиоферрит, Хр. – хромит, Кулс. – кулсонит. Пробы 89, 97, 103 отобраны из эндоконтактной зоны интрузива.

Кобальт. Основными концентраторами кобальта в руде являются пирит и магнетит: в пирите (по трём анализам) – 1290, 2150 и 2450 г/т; в магнетите по двум анализам – 10 и 20 г/т. Содержание кобальта в анализируемых пробах от 30 до 70 г/т. Запасы кобальта в рудах месторождения оцениваются в 1,2 тыс. т.

Марганец. В магнетитовых рудах месторождения содержания марганца в среднем составляют 600 г/т для участка Западный и 1500 г/т для участка Восточный. Химическим анализом содержание устанавливается в пределах от 0,02 до 0,6–0,8 %, запасы в рудах – 23,7 тыс. т.

Серебро. Встречается спорадически во всех типах руд в количестве 0,0004–0,001 %. В минералах руд отмечается в гранате, магнетите, пирите, доломите, тальке, кальците, Fe-охрах. В рядовом пирите содержание серебра достигает 10–19 г/т, кобальтосодержащем – 30–40 г/т, халькопирите – 16,5 г/т. По данным химических анализов, содержание серебра в рудах в основном колеблется от 2,5 до 20–25 г/т. Повышенные содержания (50–60 г/т) часты, ураганные – редки. Запасы в рудах оценены в 168,6 т.

Висмут. Представлен висмутином и галеновисмутином, вкрапленным в магнетитовые руды. Отмечается в пирите, магнетите, пироксене, гранате, карбонатах. Содержание висмута в рудах редко достигает 0,03 %, обычно держится на уровне тысячных – сотых долей процента. Запасы оценены в 1,5 тыс. т.

Мышьяк. Отмечается спорадически в количестве, обычно не превышающем 0,05 %. В ряде проб результаты химических анализов показали содержание мышьяка 0,13–0,37 %. Минеральная форма – арсенопирит и скородит.

Селен и теллур. В кобальтсодержащих пиритах, дающих концентраты при обогащении магнетитовых руд, установлены содержания Se (15–20 г/т) и Te (5–7 г/т). Селен и теллур достигают значительной концентрации в пиритах и халькопиритах (30–70 и 195–245 г/т соответственно), слагающих уже упоминавшееся самостоятельное сульфидное рудное тело (скв. 11, инт. 80–91 м). В этих же пиритах установлено содержание серебра в 180 г/т.

Золото. На Мингбулакской площади ярко выражены проявления золота, которое ассоциируется с магнетит-гематитовыми телами.

В частности, в кварц-гематитовых породах золотоспектральным анализом установлены содержания золота (г/т): по канаве 36 – от 0,1 до 0,4 на 8 м мощности; по канаве 31 – от 0,4 до 0,8 на 4 м; по канаве 27 – от 0,02 до 0,15 на 13 м; по канаве 22 – от 0,3 до 0,5 на 3 м; по канаве 12 – от 0,02 до 1,0 на 3 м.

В процессе проведения поисковых маршрутов были отобраны штучные пробы, в которых также золотометрическим анализом установлено наличие золота до 0,2 г/т.

Выводы. Среди основных условий, определивших формирование в регионе Каржантау МРП, доминирует магматогенно-структурный фактор, определивший образование, распределение и локализацию промышленных борскарново-гематит-магнетитовых руд.

Железорудное месторождение Мингбулак отличается комплексностью, так как включает в себя дополнительно ценные руды бора, меди, кобальта, висмута, марганца, серебра, минерализацию золота.

По данным проведённых в ГУ «ИМР» технологических испытаний, железосодержащие руды в пределах Мингбулакской площади отнесены к легкообогатимым, и полученные из них различными способами концентраты соответствуют требованиям для металлургического передела. В качестве оптимальной для переработки руд предложена мокрая магнитная сепарация (полученная фракция содержит более 60 % железа при извлечении свыше 90 %).

Установленные запасы оксидов железа (47,3 млн т) со средними содержаниями 30–35 %, запасы других ценных руд и развитая инфраструктура площади месторождения Мингбулак позволяют надеяться на установление экономической целесообразности ввода его в эксплуатацию.

Список литературы

1. Ежков Ю. Б., Рахимов Р. Р., Холиёров А. Т., Тошметов У. Х. Редкометалльно-полиметаллическое оруденение Кошмансайского рудного поля (Восточный Узбекистан) // Руды и металлы. – 2021. – № 4. – С. 60–74.
2. Ежков Ю. Б., Рахимов Р. Р., Рустамжонов Р. Р., Новикова И. В., Холиёров А. Т. Особенности рудно-магматической системы и перспективы мед-



- но-олово-полиметаллического (с золотом) месторождения Ташкержан, Восточный Узбекистан // Руды и металлы. – 2019. – № 3. – С. 52–60.
3. Коржаев В. П., Арапов В. А., Котляревский Л. Н. Особенности строения Каржантауской вулканотектонической кольцевой структуры // Узбекский геологический журнал. – 1974. – № 5. – С. 21–27.
 4. Маракушев А. А., Панеях Н. А., Зотов И. А. Новые представления о происхождении месторождений благородных металлов кварцево-рудной формации // Проблемы геологии рудных месторождений, минералогии, петрологии, геохимии. – М : ИГЕМ, 2008. – С. 136–139.
 5. Рустамжонов Р. Р., Холиёров А. Т., Хамраев А. Д. Геологическая позиция и вещественный состав руд железо-бор-скарнового месторождения Мингбулак (хребет Коржантау) // Проблемы геологии и освоения недр: труды XXI Международного симпозиума им. акад. М. А. Усова студентов и молодых учёных, посвящённого 130-летию со дня рождения проф. М. И. Кучина. Том I. – Томск : Изд-во Томского политехнического ун-та, 2017. – 877 с.
 6. Шаякубов Т. Ш., Далимов Т. Н., Арапов В. А. [и др.]. Вулканизм Западного Тянь-Шаня. – Ташкент, 1988. – 328 с.

References

1. Ezhkov Yu. B., Rakhimov R. R., Kholierov A. T., Toshmetov U. Kh. Redkometall'no-polimetallichesкое orudnenie Koshmansaiskogo rudnogo polya (Vostochniy Uzbekistan) [Rare metal-polymetallic mineralization of Koshmansay ore field (Eastern Uzbekistan)], *Rudy i metally* [Ores and Metals], 2021, No 4, pp. 60–74. (In Russ.).
2. Ezhkov Yu. B., Rakhimov R. R., Rustamzhonov R. R., Novikova I. V., Kholierov A. T. Osobennosti rudno-magmaticheskoi sistemy i perspektivy medno-olovo-polymetallichesкого (s zolotom) mestorozhdeniya Tashkergan, Vostochniy Uzbekistan [Features of the ore-magmatic system and prospects of the Tashkergan polymetallic deposit, East Uzbekistan], *Rudy i metally* [Ores and Metals], 2019, No 3, pp. 52–60. (In Russ.).
3. Korzhaev V. P., Arapov V. A., Kotlyarevskii L. N. Osobennosti stroeniya Karzhantauskoi vulkanotektonicheskoi kol'tsevoi struktury [Structural features of the Karzhantau volcanotectonic ring structure], *Uzbekskii geologicheskii zhurnal* [Uzbek Geological Journal], 1974, No 5, pp. 21–27.
4. Marakushev A. A., Paneyakh N. A., Zotov I. A. Novye predstavleniya o proiskhozhdenii mestorozhdenii blagorodnykh metallov kvartsevo-rudnoi formatsii [New ideas about the origin of deposits of precious metals of the quartz-ore formation], *Problemy geologii rudnykh mestorozhdenii, mineralogii, petrologii, geokhimii* [Problems of geology of ore deposits, mineralogy, petrology, geochemistry], Moscow, IGEM Publ., 2008, pp. 136–139.
5. Rustamzhonov R. R., Kholierov A. T., Khamraev A. D. Geologicheskaya pozitsiya i veshchestvennyi sostav rud zhelezo-bor-skarnovogo mestorozhdeniya Mingbulak (khrebet Korzhantau) [Geological position and material composition of the ores of the iron-boron-skarn deposit Mingbulak (Korzantau ridge)], *Problemy geologii i osvoeniya neдр: trudy XXI Mezhdunarodnogo simpoziuma im. akad. M. A. Usova studentov i molodykh uchenykh, posvyashchennogo 130-letiyu so dnya rozhdeniya prof. M. I. Kuchina. Tom I* [Problems of geology and subsoil development: proceedings of the XXI International Symposium named after M. A. Usov of Students and Young Scientists, dedicated to the 130th anniversary of the birth of Prof. M. I. Kuchin. Tom I], Tomsk, Tomsk Polytechnic University Publ., 2017, 877 p.
6. Shayakubov T. Sh., Dalimov T. N., Arapov V. A. [et al.]. Vulkanizm Zapadnogo Tyan'-Shanya [Volcanism of the Western Tien Shan], Tashkent, 1988, 328 p.

Ежков Юрий Борисович (ejkovyuriy@gmail.com)

кандидат геол.-минерал. наук, начальник отдела

Холиёров Анвар Турсинович старший научный сотрудник

Рахимов Рахман Рахимович старший научный сотрудник

Тошметов Убайдулло Хамидуллоевич младший научный сотрудник

ГУ «Институт минеральных ресурсов» Мингеологии РУз, г. Ташкент, Узбекистан