

Код МРНТИ 38.17.17

*А.А. Рагданова¹, И.Е. Матайбаева¹, Г.Б. Оразбекова², А. Долгополова³¹Восточно-Казахстанский технический университет им. Д. Серикбаева (г. Усть-Каменогорск, Казахстан),²Shakarim University (г. Семей, Казахстан),³Центр Российских и Среднеазиатских минеральных исследований (CERCAMS) Музея естественной истории (г. Лондон, Великобритания)

УТОЧНЕНИЕ ГЕОЛОГО-СТРУКТУРНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ И ПЕРСПЕКТИВЫ ОБНАРУЖЕНИЯ МЕДНО-МОЛИБДЕНОВОГО ОРУДЕНЕНИЯ ЮГО-ВОСТОЧНОГО УЧАСТКА КАРГОБА

Аннотация. В статье рассмотрены геолого-структурные особенности и перспективы выявления медно-молибденового оруденения на Юго-Восточном участке Каргоба (Абайская область, Казахстан). Представлены результаты аэромагнитной съемки и электроразведки методом вызванной поляризации («диполь-диполь»), обработанных с использованием Octopus Pro, ZONDRES2D, Surfer и Voxler. По данным аномалий магнитного поля, сопротивления и поляризуемости выделены локальные рудоносные зоны, связанные с гранодиоритовыми интрузиями и зонами гидротермальных изменений. Установлена зональность оруденения и перспективные участки для бурения. Полученные результаты позволяют уточнить структуру рудной системы и обосновать рекомендации для дальнейших поисково-оценочных и разведочных работ.

Ключевые слова: медно-молибденовое оруденение, аэромагнитная съемка, вызванная поляризация, гранодиоритовые интрузии, геофизическая интерпретация, прогноз рудных зон, минеральные ресурсы Каргоба.

Каргоба оңтүстік-шығыс учаскесінің мыс-молибденді кенденуін анықтаудың геологиялық-құрылымдық ерекшеліктері мен перспективаларын нақтылау

Андатпа. Мақалада Қазақстанның Абай облысындағы Каргоба учаскесінің Оңтүстік-Шығыс бөлігіндегі мыс-молибден кен орындарын анықтаудың геологиялық-құрылымдық ерекшеліктері мен келешегі қарастырылады. Аэромагниттік түсіру және «диполь-диполь» нұсқасындағы индукцияланған поляризация әдісімен жүргізілген электрбарлау нәтижелері ұсынылған. Octopus Pro, ZONDRES2D, Surfer және Voxler бағдарламалық кешендері арқылы деректер өңделіп, магнит өрісі, электрлік кедергі және поляризуемдік аномалиялары бойынша гранодиорит интрузияларымен және гидротермальды өзгерістер аймақтарымен байланысты кенді аймақтар анықталды. Кенденудің аумақтық таралу заңдылықтары айқындалды және бұрғылауға қолайлы перспективалық учаскелер ұсынылды. Алынған нәтижелер кен жүйесінің құрылымын нақтылауға және одан әрі іздеу-бағалау және барлау жұмыстарына арналған ұсыныстарды негіздеуге мүмкіндік береді.

Түйінді сөздер: мыс-молибден кентасты аймағы, аэромагниттік түсіру, индукцияланған поляризация, гранодиорит интрузиялары, геофизикалық түсіндіру, рудалық зоналарды болжау, Каргоба минералдық ресурстары.

Clarification of geological and structural features and prospects for the discovery of copper-molybdenum mineralization in the southeastern Kargoba area

Abstract. The article examines the geological and structural features and the prospects for identifying copper-molybdenum mineralization in the Southeastern part of the Kargoba area (Abai Region, Kazakhstan). It presents the results of aeromagnetic surveying and electrical prospecting using the induced polarization method in the «dipole-dipole» configuration. The data were processed using Octopus Pro, ZONDRES2D, Surfer, and Voxler software. Based on anomalies in the magnetic field, resistivity, and chargeability, ore-bearing zones associated with granodiorite intrusions and hydrothermal alteration zones were identified. The spatial distribution patterns of mineralization were determined, and prospective sites for drilling were proposed. The results obtained make it possible to clarify the structure of the ore system and justify recommendations for further exploration and evaluation work.

Key words: copper-molybdenum mineralization, aeromagnetic survey, induced polarization, granodiorite intrusions, geophysical interpretation, ore zone prediction, Kargoba mineral resources.

Введение

В административно-территориальном отношении участок рудопоявления Каргоба относится к Аксуатскому району области Абай Республики Казахстан [1].

Участок рудопоявления Каргоба находится в пределах листа масштаба 1:25 000 L-44-22-A-а и занимает площадь 25,5 кв. км (8,5 x 3 км). Участок расположен на обоих берегах реки Каргоба у выхода ее из гор Жарма в долину озера Зайсан. Участок характеризуется сильно расчлененным горным рельефом с абсолютными отметками от 800 м до 1013,1 м (г. Сандыктас) над уровнем моря и относительными превышениями гор над долинами 50–120 м [2, 3].

Климатические условия в целом соответствуют резко континентальному климату с холодной и морозной зимой, жарким летом. Количество осадков в год возрастает с повышением рельефа. В равнинной части снеговой покров появляется в конце октября, в горной – в конце сентября; снег сходит в равнинных областях – в начале апреля и в горных – в конце мая – июне. Величина снежного покрова на равнинных частях составляет 0,5–0,7 м, в горных достигает 0,5–2 м.

Ландшафтные условия проведения работ на участке рудопоявления Каргоба иллюстрирует фотография местности, представленная на рис. 1.

Материал и методы

Методика работ ВП ДП-ДП

При проведении электроразведочных работ методом ВП по схеме ДП-ДП (диполь-диполь) применялась следующая схема наблюдений (рис. 2).

Расстояние между питающими электродами АВ – 200 м; ВМ – 100 м; расстояние между приемными электродами MN – 50 м; M1N1 – 50 м; M2N2 – 50 м; M3N3 – 50 м; M4N4 – 100 м; M5N5 – 100 м; M6N6 – 100 м; M7N7 – 100 м. Шаг наблюдений по профилям 50 м.

Измерительная аппаратура метода ВП ДП-ДП

В качестве регистратора сигнала применялся многоканальный электроразведочный измеритель «ИМВП-8», предназначенный для проведения работ методом вызванной поляризации (ВП) в частотной и/или временной области. Также он может применяться при проведении работ методами постоянного тока (сопротивлений) и частотного



Рис. 1. Рельеф юго-восточной части участка.
Сурет 1. Учаскенің оңтүстік-шығыс бөлігінің рельефі.
Figure 1. Relief of the southeastern part of the site.

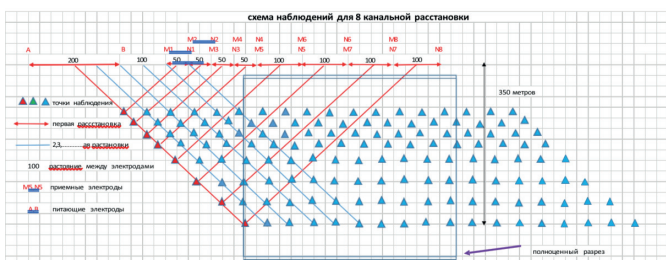


Рис. 2. Схема наблюдений для 8-канальной расстановки.
Сурет 2. 8 арнаны орналастыруға арналған бақылау сұлбасы.
Figure 2. The observation scheme for the 8-channel arrangement.

зондирования (ЧЗ). Измеритель «ИМВП» одновременно регистрирует сигнал с 8-ми приемных линий. Оптимально использование ИМВП в установках «срединный градиент» и «диполь-диполь».

В качестве генератора применялся электроразведочный генератор «ВП-1000». Электроразведочный генератор ВП-1000 транспортировался по профилю вручную. Регистрация полевой записи производилась на полевом компьютере с помощью программы Octopus Registrar. Метрологические характеристики используемой аппаратуры соответствуют требованиям геофизических исследований. Измеритель «ИМВП-8» обеспечивает регистрацию сигналов в диапазоне от микровольтов до вольтов при относительной погрешности не более $\pm 2-3\%$. Генератор «ВП-1000» стабильно работает в диапазоне токов до 5 А с погрешностью выходного сигнала менее $\pm 1\%$. Указанные параметры гарантируют достаточную точность и воспроизводимость результатов полевых наблюдений.

Обработка данных ВП ДП-ДП

При обработке полевых данных на начальном этапе использовалась программа Octopus Pro [4], разработанная ООО «Северо-Запад» (Россия). При интерпретации материалов применялась программа ZONDRES2D [5] (г. Санкт-Петербург, Россия). Программа ZONDRES2D предназначена для 2,5-мерной интерпретации профильных данных путем электротомографии разреза сопротивления и поляризуемости. Удобный интерфейс и широкие возможности представления данных позволяют макси-

мально эффективно решить поставленную геологическую задачу. С помощью этой программы была произведена двумерная инверсия сопротивления и поляризуемости. В результате чего, с помощью программы Surfer были построены геоэлектрические модели сопротивления и поляризуемости.

Путем использования программы VoxlerSYkarg была построена трехмерная модель полученных результатов (рис. 3), а также срезы параметров сопротивления (рис. 4а) и поляризуемости (рис. 4б) [6].

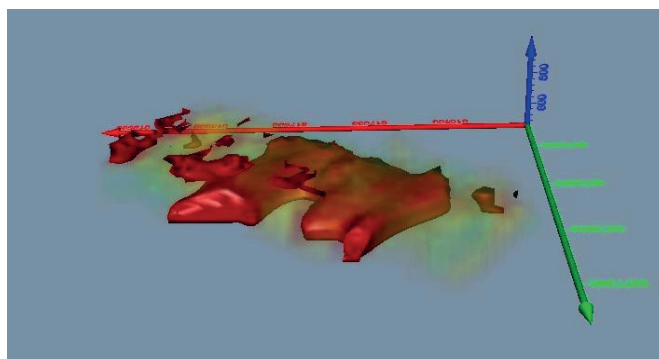


Рис. 3. Трехмерная модель Log Rho.
Сурет 3. Log Rho үш өлшемді моделі.
Figure 3. Log Rho three-dimensional model.

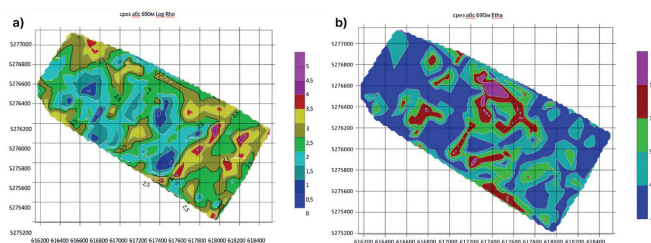


Рис. 4. а) срез Log Rho по H = 690 м; б) срез Ehta по H = 690 м.
Сурет 4. а) Log Rho кесіндісі H = 690 м; б) Ehta кесіндісі H = 690 м.
Figure 4. а) Log Rho section at H = 690 m; б) Ehta section at H = 690 m.

Результаты

Аэромагнитная съемка

При истолковании результатов съемки АМС, нами использованы полученные растровые изображения горизонтальных срезов геомагнитной модели на глубинах 50 м, 100 м, 200 м и 400 м, иллюстрирующие изменение размеров аномалиеобразующих объектов, их интенсивность и затухание (выклинивание) с глубиной.

На рис. 5 показан горизонтальный срез геомагнитной модели по глубине H = 50 м, который, на наш взгляд, наиболее полно отражает характер рудно-геологической среды в магнитном поле. В качестве ориентира привязки для всех последующих карт использовано положение рудопроявления Восточная Каргоба по координатам, снятым с геологической карты [7].

Сравнение среза геомагнитной модели на глубине H = 50 м с геологической картой показывает классическую

модель магнитного поля медно-порфировой системы, выделенную нами окружностью черного цвета. Положительные линейные аномалии красного цвета, обрамляющие интрузивный центр медно-порфировой системы, отбивают эффузивные породы силурийского возраста, затронутые гидротермальным метасоматозом в районе рудопроявления, что вызвало повышение амплитуды магнитного поля [8, 9].

Рудообразующая диоритовая интрузия нижнего карбона отделилась отрицательными и положительными локальными аномалиями магнитного поля, отражая зональность, характерную для месторождений медно-порфировой системы при выходе рудной интрузии на дневную поверхность. На этой модели магнитного поля локальными отрицательными аномалиями фиксируются предполагаемые рудные зоны, а положительными аномалиями – места проявления пиритизации пород. Согласно такой интерпретации, нами выделены три аномальных зоны (1, 2, 3) в пределах выделенной окружности рудной системы, отмеченные на схеме цифрами белого цвета, которые представляют поисковый интерес. Аномалии № 1 и № 2 проявлены в экзоконтакте интрузии, а аномалия № 3 развита в зоне глубинного разлома, проявленного в теле интрузии.

Известное рудопроявление Восточная Каргоба отмечается в аномальной области отбивающая околорудные метасоматические породы (зона пиритизации) и с глубиной постепенно проявляется в аномальных зонах, интерпретируемых нами как рудные зоны (рис. 6 и 7).

Юго-западнее отмеченной системы наблюдается линейная аномалия № 4 северо-западного направления, которая, возможно, связана с более глубинным характером действия рудной системы, о чем свидетельствуют данные магнитного поля на срезах $H = 100$ м и $H = 200$ м [10], где эта аномальная зона соединяется с основными зонами в пределах интрузии (рис. 6 и 7). На рис. 6 и 7 отмечается постепенное затухание аномальной зоны 2 и соединение аномальных зон 3 и 4 в единую аномальную зону на срезе 200 м, что расширяет поисковые перспективы Юго-Восточного участка.

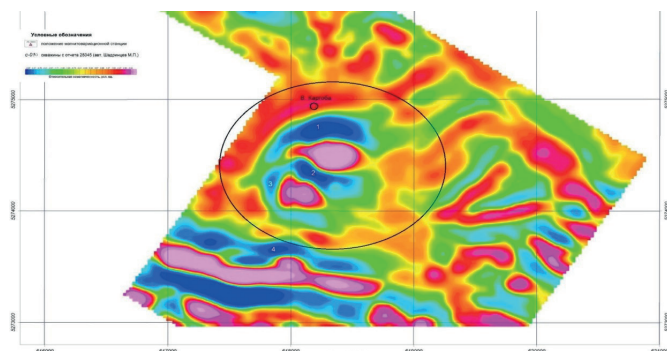


Рис. 5. Горизонтальный срез геомагнитной модели, $H = 50$ м.

Сурет 5. Геомагниттік модельдің көлденең қимасы, $H = 50$ м.

Figure 5. Horizontal section of the geomagnetic model, $H = 50$ м.

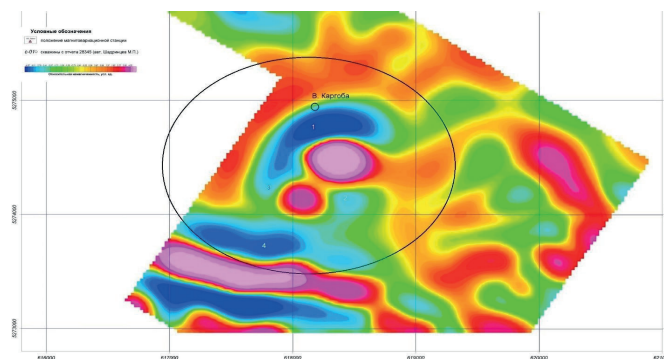


Рис. 6. Горизонтальный срез геомагнитной модели, $H = 100$ м.

Сурет 6. Геомагниттік модельдің көлденең қимасы, $H = 100$ м.

Figure 6. Horizontal section of the geomagnetic model, $H = 100$ м.

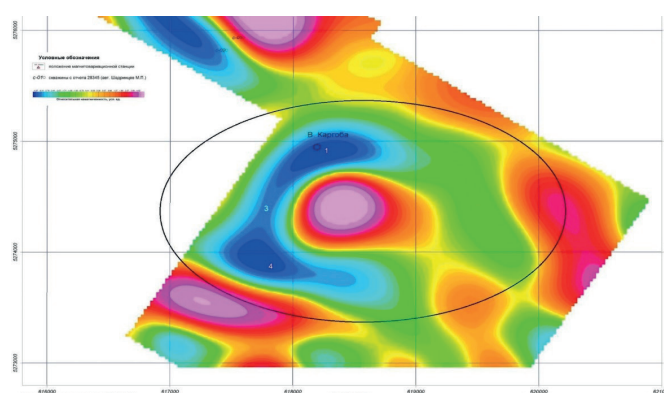


Рис. 7. Горизонтальный срез геомагнитной модели, $H = 200$ м.

Сурет 7. Геомагниттік модельдің көлденең қимасы, $H = 200$ м.

Figure 7. Horizontal section of the geomagnetic model, $H = 200$ м.

Таким образом, результаты АМС позволили выделить морфологию и направление рудной зоны, оценить элементы падения и выявить возможность наличия рудной зоны в пределах действия интрузивной системы.

Проведенные на участке электроразведочные работы методом ВП по схеме «диполь-диполь» позволили усилить однозначность результатов АМС.

Метод ВП ДП-ДП

На рис. 8 приведены срезы сопротивления пород и кажущейся поляризуемости по абсолютному уровню 790 м, что, в общем, соответствует усредненной глубине 50 м исходя из рельефа участка (рис. 9).

Карты среза метода ВП на этом уровне отличаются большей мозаичностью, что может указывать на интенсивное изменение верхней части разреза рудной зоны процессами окисления. Поэтому, для однозначности интерпретации данных метода ВП ДП-ДП на карту среза был перенесен контур предполагаемой медно-порфировой системы с карты АМС в виде окружности.

На карте сопротивления отмечаются зоны пониженного сопротивления и слабой поляризуемости внутри выделен-

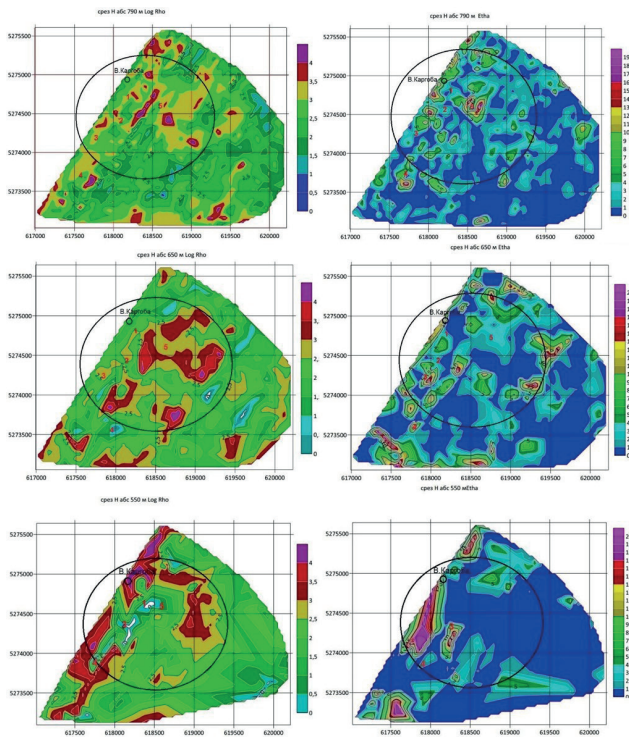


Рис. 8. Срезы поля ВП на абсолютном уровне 790 м, 650 м и 550 м.

Сурет 8. 790 м, 650 м және 550 м абсолютті деңгейдегі ЖП өрісінің кесінділері.

Figure 8. The sections of the VP field are at an absolute level of 790 m, 650 m and 550 m.

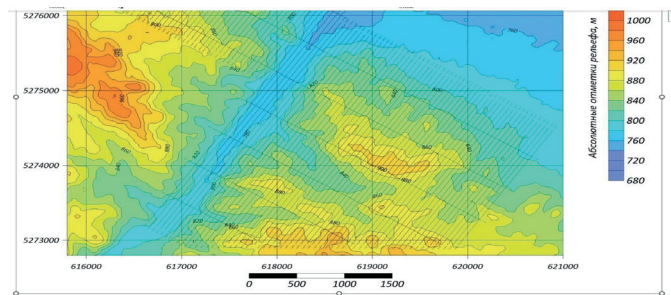
ного контура в районе рудопроявления Восточная Каргоба (рис. 8), которые можно увязать с рудной зоной (цифры красного цвета). В дополнение к магнитным данным по электроразведке была выделена аномальная зона № 5, которая проявляется в восточной части при контактовой зоне рудообразующей интрузии.

Более контрастная картина рудной зоны по сопротивлению и поляризуемости была получена по срезу $H = 650$ м (рис. 8). По положению слабоконтрастных аномалий пониженного сопротивления и поляризуемости отмечается их пространственное совпадение с локальными отрицательными аномалиями магнитного поля. Отсутствие характерной зональности обрамления рудной зоны аномалиями повышенного сопротивления в северо-западной части локальных рудных зон объясняется отсутствием съемки в указанной части площади.

По срезу на глубине 550 м (рис. 8), по значениям пониженного сопротивления выделены зоны № 1, № 2 и № 3. Зона № 5 объединилась с зоной № 1. В целом, указанные зоны проявлены в обрамлении высокоомных метасоматитов и можно отметить, что выделенная цепочка локальных аномалий, возможно, отбивает рудоподводящий канал.

По параметру поляризуемости отбиваются лишь отдельные блоки повышенной поляризуемости, увязываемые со вмещающими зонами пиритизации.

Сравнение срезов на разных уровнях (790 м, 650 м и 550 м) показывает, что наиболее контрастно аномальные зоны отбились аномалиями проводимости и



**Рис. 9. Карта рельефа участка.
Сурет 9. Участкенің жер бедері картасы.
Figure 9. Terrain map of the site.**

поляризуемости на уровне 650 м, что соответствует глубине 200 м и можно предположить, что на этой глубине находятся основные залежи медно-порфирового оруденения. Аналогично Северо-Западному участку, на Восточном участке отбиваются три зоны оруденения: верхняя – окисленная (до 50 м), средняя – основного оруденения (100–200 м) и нижняя – подстилающих околорудных метасоматитов (300 м).

Закключение

В результате проведены полевые работы методом ВП в варианте «диполь-диполь». Проведена первичная обработка полученных данных, построены вертикальные разрезы сопротивления и поляризуемости. На основе использования результатов переосмысления данных АМС, выполненных ранее, была проделана интерпретация результатов метода ВП ДП-ДП по срезам на разных глубинах. Полученные локальные аномалии пониженного сопротивления и повышенной поляризуемости представляют поисковый интерес на обнаружение рудных залежей.

Выводы

В магнитном поле рудная интрузия Юго-Восточного участка Каргоба фиксируется локальными отрицательными аномалиями, обрамляющими рудоносное тело. Всего выделено три локальные аномалии и одна линейная отрицательная аномалия, которая на глубине объединяется с остальными в единую рудоносную зону.

Вмещающие метасоматиты проявляются положительными аномалиями магнитного поля, что подтверждает их связь с околорудными изменениями пород.

Зональность магнитного поля соответствует классической модели медно-порфировых месторождений, известной на ряде объектов Казахстана.

По данным метода ВП (диполь-диполь) аномальные зоны магнитного поля подтверждаются низкоомными значениями сопротивления и повышенной поляризуемостью. Дополнительно выделена новая аномалия № 5, связанная с восточной приконтактной частью интрузии.

Зоны метасоматоза характеризуются повышенными значениями сопротивления и поляризуемости в связи с процессами окварцевания и пиритизации.

На основании геофизических данных рекомендуется проверка каждой аномальной зоны бурением 2–3 скважин глубиной до 300 м.

Юго-Восточный участок Каргоба обладает высокой перспективностью на выявление промышленного медно-молибденового оруденения. Подтверждение рудных тел позволит существенно увеличить минерально-сырьевую базу региона. Освоение участка будет иметь эконо-

мическое значение: развитие горнодобывающей промышленности в Абайской области, создание рабочих мест, рост налоговых поступлений и повышение инвестиционной привлекательности геологоразведочного сектора Казахстана.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Шадринцев М.П. и др. Отчет о результатах маршрутных геолого-геофизических работ, выполненных на участке Тарбагатайском в 1974–1975 гг. (листы L-44-9-Г; L-21-Б-б, г; L-44-22-А-а, в). Алтайская КГГЭ, пос. Опытное поле, май 1976 г. (на русском языке)
2. Алимханов Н.К., Башкирцев А.М. и др. Отчет по объекту «Поисковые работы в пределах Восточного региона на перспективных площадях» за 2005–2007 гг. ТОО «ГРК «Топаз», г. Усть-Каменогорск, декабрь 2007 г. (на русском языке)
3. Дубинкин А.В., Ахматолла А.К., Ниязов А.В., Подковыров В.В. и др. Геологическое доизучение с оценкой прогнозных ресурсов листов L-44-V, XI, XVII (казахстанская часть). ТОО «Капчагайская геолого-производственная экспедиция», г. Алматы, декабрь 2016 г. (на русском языке)
4. Телфорд У.М., Гелдарт Л.П., Шериф Р.Э. Прикладная геофизика. 4-е изд. Кембридж: Изд-во Кембриджского университета, 2019. 770 с. (на английском языке)
5. Камински В., Вьеццоли А. Моделирование эффектов вызванной поляризации в данных аэрогеофизических исследований // Геофизика. 2017. Т. 82. № 2. С. Е31–Е50 (на английском языке)
6. Кокс Л., Смит Р., Аллен М. 3D-инверсия данных вызванной поляризации в целях геологоразведки // Минералы. 2023. Т. 13. № 6. С. 779 (на английском языке)
7. Коврижных П.Н. Отчет о результатах аэромагнитной съемки с применением БПЛА, выполненной в 2024 году на участке рудопоявления Каргоба в Абайской области Республики Казахстан. ТОО «Научно-производственный центр «ГЕОКЕН», г. Алматы, май 2024 г. (на русском языке)
8. Хагеманн С.Г., Лисицын В.А., Хастон Д.Л. Анализ минеральных систем: куда движемся? // Обзор геологии рудных месторождений. 2016. Т. 76. С. 504–522 (на английском языке)
9. Кван Т. Новые методы аэрогеофизики в поисках полезных ископаемых // Журнал прикладной геофизики. 2025. Т. 212. С. 104903 (на английском языке)
10. Йоргенсен М., Лю Ю., Чжан К. Комплексная интерпретация магнитных и электромагнитных данных для оценки порфировых систем // Минералы. 2024. Т. 14. № 11. С. 1130 (на английском языке)
11. Подковыров В.В. и др. Инженерно-геофизические работы на перспективной площади Каргоба: отчет. ТОО «Геокен», г. Алматы, 2023 г. (на русском языке)

ПАЙДАЛАНҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Шадринцев М.П. және т. б. Тарбагатай учаскесінде 1974–75 жж. жүргізілген маршруттық геологиялық-геофизикалық жұмыстар нәтижелері туралы есеп (L-44-9-Г; L-21-Б-б, г; L-44-22-А-а, в парақтары). Алтай КГГЭ, Тәжірибе алаңы ауылы, 1976 ж. мамыр (орыс тілінде)
2. Алимханов Н.К., Башкирцев А.М. және т. б. «Шығыс аймағы шегіндегі перспективалық алаңдарда іздестіру жұмыстары» нысаны бойынша 2005–2007 жж. арналған есеп. «ГРК Топаз» ЖШС, Өскемен қ., 2007 ж. желтоқсан (орыс тілінде)
3. Дубинкин А.В., Ахматолла А.К., Ниязов А. В., Подковыров В.В. және т. б. L-44-V, XI, XVII парақтары бойынша болжамдық қорларды бағалай отырып, геологиялық қайта зерттеу (Қазақстан бөлігі). «Қапшагай геологиялық-өндірістік экспедициясы» ЖШС, Алматы қ., 2016 ж. желтоқсан (орыс тілінде)
4. Телфорд У.М., Гелдарт Л.П., Шериф Р.Э. Қолданбалы геофизика. 4-басылым. Кембридж: Кембридж университетінің баспасы, 2019. 770 б. (ағылшын тілінде)
5. Камински В., Вьеццоли А. Ауа арқылы жүргізілген зерттеулерде индуцирленген поляризация әсерлерін модельдеу // Геофизика. 2017. Т. 82. № 2. Б. Е31–Е50 (ағылшын тілінде)
6. Кокс Л., Смит Р., Аллен М. Индуцирленген поляризация деректерінің үшөлшемді инверсиясы – барлау мақсатында // Минералдар. 2023. Т. 13. № 6. Б. 779 (ағылшын тілінде)
7. Коврижных П.Н. 2024 жылы Абай облысындағы Қаргоба кенбелгісі учаскесінде ұшқышсыз ұшу аппараттарын пайдалану арқылы жүргізілген аэромагниттік түсіру нәтижелері туралы есеп. «ГЕОКЕН» ғылыми-өндірістік орталығы» ЖШС, Алматы қ., 2024 ж. мамыр (орыс тілінде)
8. Хагеманн С.Г., Лисицын В.А., Хастон Д.Л. Минералды жүйелерді талдау: біз қайда бара жатымыз? // Кенді кен орындарының геологиясына шолу. 2016. Т. 76. Б. 504–522 (ағылшын тілінде)
9. Кван Т. Пайдалы қазбаларды іздеудегі әуе геофизикасының жаңа әдістері // Қолданбалы геофизика журналы. 2025. Т. 212. Б. 104903 (ағылшын тілінде)
10. Йоргенсен М., Лю Ю., Чжан К. Порфирлік жүйелерді бағалау үшін магниттік және электромагниттік мәліметтерді біріктірілген интерпретация // Минералдар. 2024. Т. 14. № 11. Б. 1130 (ағылшын тілінде)

11. Подковыров В.В. және т. б. Қарғоба перспективалық алаңында орындалған инженерлік-геофизикалық жұмыстар туралы есеп. «ГЕОКЕН» ЖШС, Алматы қ., 2023 ж. (орыс тілінде)

REFERENCES

1. Shadrintsev M.P. et al. Otchet o rezul'tatakh marshrutnykh geologo-geofizicheskikh rabot, vypolnennykh na uchastke Tarbagataiskom v 1974–1975 gg. (listy L-44-9-G; L-21-B-b, g; L-44-22-A-a, v). [Report on the results of route geological and geophysical work performed at the Tarbagatayskoye site in 1974–1975 (Sheets L-44-9-G; L-21-B-b, g; L-44-22-A-a, c)]. Altai KGGE, Experimental Field settlement, May 1976 (in Russian)
2. Alimkhanov N.K., Bashkirtsev A.M. et al. Otchet po ob"ektu «Poiskovye raboty v predelakh Vostochnogo regiona na perspektivnykh ploshchadiakh» za 2005–2007 gg. [Report on the object «Prospecting within the Eastern region in promising areas»]. LLP «GRK» «Topaz», Ust-Kamenogorsk, December 2007 (in Russian)
3. Dubinkin A.V., Akhmatolla A.K., Niazov A.V., Podkovyrov V.V. et al. Geologicheskoe doizuchenie s otsenkoi prognoznykh resursov listov L-44-V, XI, XVII (Kazakhstanskaia chast') [Geological survey with assessment of forecast resources of sheets L-44-V, XI, XVII (Kazakhstan part)]. Kapchagay Geological and Production Expedition LLP, Almaty, December 2016 (in Russian)
4. Telford W.M., Geldart L.P., Sheriff R.E. Applied Geophysics. 4th ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2019. 770 p. (in English)
5. Kaminski V., Viezzoli A. Modeling of induced polarization effects in airborne survey data // Geophysics. 2017. V. 82. No. 2. E31–E50 pp. (in English)
6. Cox L., Smith R., Allen M. 3D inversion of induced polarization data for exploration purposes // Minerals. 2023. V. 13. No. 6. 779 p. (in English)
7. Kovrizhnykh P.N. tchet o rezul'tatakh aeromagnetnoi s"emki s primeneniem BPLA, vypolnennoi v 2024 godu na uchastke rudoproyavleniya Kargoba v Abaiskoi oblasti Respubliki Kazakhstan [A report on the results of an aeromagnetic survey using unmanned aerial vehicles performed in 2024 at the Kargoba ore deposit in the Abai region of the Republic of Kazakhstan]. Research and Production Center «GEOKEN» LLP, Almaty, May 2024 (in Russian)
8. Hagemann S.G., Lisitsin V.A., Huston D.L. Mineral system analysis: Quo vadi? // Ore Geology Reviews. 2016. V. 76. 504–522 pp. (in English)
9. Kwan T. New methods of airborne geophysics in mineral exploration // Journal of Applied Geophysics. 2025. V. 212. 104903 p. (in English)
10. Jorgensen M., Liu Y., Zhang K. Integrated interpretation of magnetic and EM data for porphyry system assessment // Minerals. 2024. V. 14. No. 11. 1130 p. (in English)
11. Podkovyrov V.V. et al. Inzhenerno-geofizicheskie raboty na perspektivnoi ploshchadi Kargoba: otchet [Engineering and geophysical work on the prospective Kargoba area: report]. Geoken LLP, Almaty, 2023 (in Russian)

Сведения об авторах:

Разданова А.А., Ph.D докторант, ст. преподаватель школы наук о Земле, Восточно-Казахстанский технический университет им. Д. Серикбаева (г. Усть-Каменогорск, Казахстан), altynai.2492@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-9138-2213>

Матайбаева И.Е., доктор Ph.D, ассоциированный профессор школы наук о Земле, Восточно-Казахстанский технический университет им. Д. Серикбаева (г. Усть-Каменогорск, Казахстан), indiramataibayeva@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-0550-7591>

Оразбекова Г.Б., доктор Ph.D, ассоциированный профессор, Shakarim University (г. Семей, Казахстан), orazbekova@bk.ru; <https://orcid.org/0000-0002-4503-6838>

Долгополова А., доктор Ph.D, исследователь Центра Российских и Среднеазиатских минеральных исследований (CERCAMS) Музея естественной истории (г. Лондон, Великобритания), a.dolgopolova@nhm.ac.uk; <https://orcid.org/0000-0002-8567-4631>

Авторлар туралы мәліметтер:

Разданова А.А., Ph.D докторанты, Жер туралы ғылымдар мектебінің аға оқытушысы, Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті (Өскемен қ., Қазақстан)

Матайбаева И.Е., Ph.D докторы, Жер туралы ғылымдар мектебінің қауымдастырылған профессоры, Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті (Өскемен қ., Қазақстан)

Оразбекова Г.Б., Ph.D докторы, қауымдастырылған профессоры, Shakarim University (Семей қ., Қазақстан)

Долгополова А., Ph.D докторы, Зерттеуші, Табиғи тарих музейінің Ресей және Орталық Азия минералдық зерттеулер орталығы (CERCAMS) (Лондон қ., Ұлыбритания)

Information about the authors:

Ragdanova A.A., Ph.D doctoral student, Senior Lecturer at the School of Earth Sciences, D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University (Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan)

Mataibayeva I.E., Ph.D, Associate Professor at the School of Earth Sciences, D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University (Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan)

Orazbekova G.B., Ph.D, Associate Professor, Shakarim University (Semey, Kazakhstan)

Dolgopolova A., Ph.D, Researcher at the Centre for Russian and Central Eurasian Mineral Studies (CERCAMS), Natural History Museum (London, United Kingdom)