

Геотехнологии. Безопасность жизнедеятельности



DOI 10.52209/1609-1825_2024_4_72

УДК 550.83, +553.434

Геофизические исследования на разных этапах освоения месторождений медистых песчаников в Казахстане

¹ИСТЕКОВА Сара Аманжоловна, д.г.-м.н., профессор, s.istekova@satbayev.university,

¹ТОЛЫБАЕВА Дина Нурпейсовна, докторант, d.tolybayeva@satbayev.university,

¹*ТОГИЗОВ Куаныш Серикханович, PhD, профессор, k.togizov@satbayev.university,

¹СИРАЖЕВ Арман Нурланович, докторант, a.sirazhev@satbayev.university,

¹ЕСЕНГЕЛДИНА Айзере Еділбекқызы, магистрант, a.yessengeldina@su.edu.kz,

¹НАО «Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева», ул. Сатпаева, 22а, Алматы, Казахстан,

*автор-корреспондент.

Аннотация. На примере месторождения Жаман-Айбат показаны возможности геофизических методов на этапах прогнозирования и решения поисково-разведочных геологических задач месторождений медистых песчаников в Казахстане. Положение и размеры Жаман-Айбатской структуры, глубины залегания продуктивных отложений надежно определяются сейсморазведкой. По локальным положительным аномалиям гравитационного поля выделены отдельные блоки пород, а по данным ВЗЗ определены глубина залегания высокоомного горизонта, отождествляемого с кровлей пород жезказганской свиты. Методом ЗСБ в интервале глубин 500-800 м прослежены локальные аномалии, приуроченные к продуктивным отложениям таскудукской свиты. Геофизические исследования скважин и результаты опробования повысили достоверность определения параметров, необходимых для пересчета запасов медных руд. Глубокое бурение подтвердило высокую точность геофизических работ.

Ключевые слова: медистые песчаники, геофизика, аномалии, интерпретация, геологическое строение, рудные залежи.

Введение. Сегодня в рудной геологии многочисленными исследованиями доказано наличие продуктивных залежей на больших глубинах, как правило, характеризующихся большим скоплением рудных тел и повышенным содержанием полезного компонента [1-3]. Решение вопросов изучения сложно построенных геологических сред и рудных объектов на больших глубинах (1000-1500 м), минимизация рисков их освоения являются важной задачей при поисках месторождений твердых полезных ископаемых [4]. Возрастает роль применения передовых технологий, позволяющих увеличить коэффициент достоверности прогнозирования рудных залежей. В первую очередь это современная геофизика как основной метод решения поисково-разведочных задач [5-6].

Методика исследования. Жезказганский рудный район относится к уникальным по своим запасам, типам орудения и условиям локализации месторождений медистых песчаников [7]. Месторождение Жаман-Айбат медистых песчаников приурочено к восточному крылу Жезказган-Сарысульской впадины, сложенной лагунами, прибрежно-дельтовыми и озерно-аллювиальными осадками верхнего девона, каменноугольной системы и перми [8]. Для них характерна брахиформная складчатость, соляная тектоника, общий структурный план и непрерыв-

ный разрез [3, 9]. Геология месторождения Жаман-Айбат во многом аналогична Жезказгану [10]. Характерна приуроченность главных рудных узлов к зонам крупных разрывных нарушений, к мелким складкам, осложненными на крыльях ступенчатыми флексурами и сбросами [11]. Наблюдается строгая приуроченность оруденения к горизонтам серых песчаников в составе жезказганской (C3dz) и таскудукской (C2ts) свит (рисунок 1).

Начиная с конца 80-х годов прошлого столетия район Жаман-Айбатской горст-антиклинали, в пределах которой расположены месторождения Жаман-Айбат и Таскура, охвачен кондиционными наземными геофизическими и геохимическими исследованиями м-ба 1:50000. На поисковом этапе выполнен практически весь комплекс наземных геофизических исследований, включающий: гравиразведку, магниторазведку, сейсморазведку МОГТ, электроразведку ЗСБ и ВЭЗ. Результаты интерпретации геофизических и геохимических методов использовались для решения структурно-картировочных задач и установления косвенных предпосылок при поисках рудных залежей. Для решения разведочных задач геофизические исследования включали электроразведку (ВЭЗ-ВП), ЧИМ, ядерно-геофизические методы, геофизические исследования скважин (ГИС),

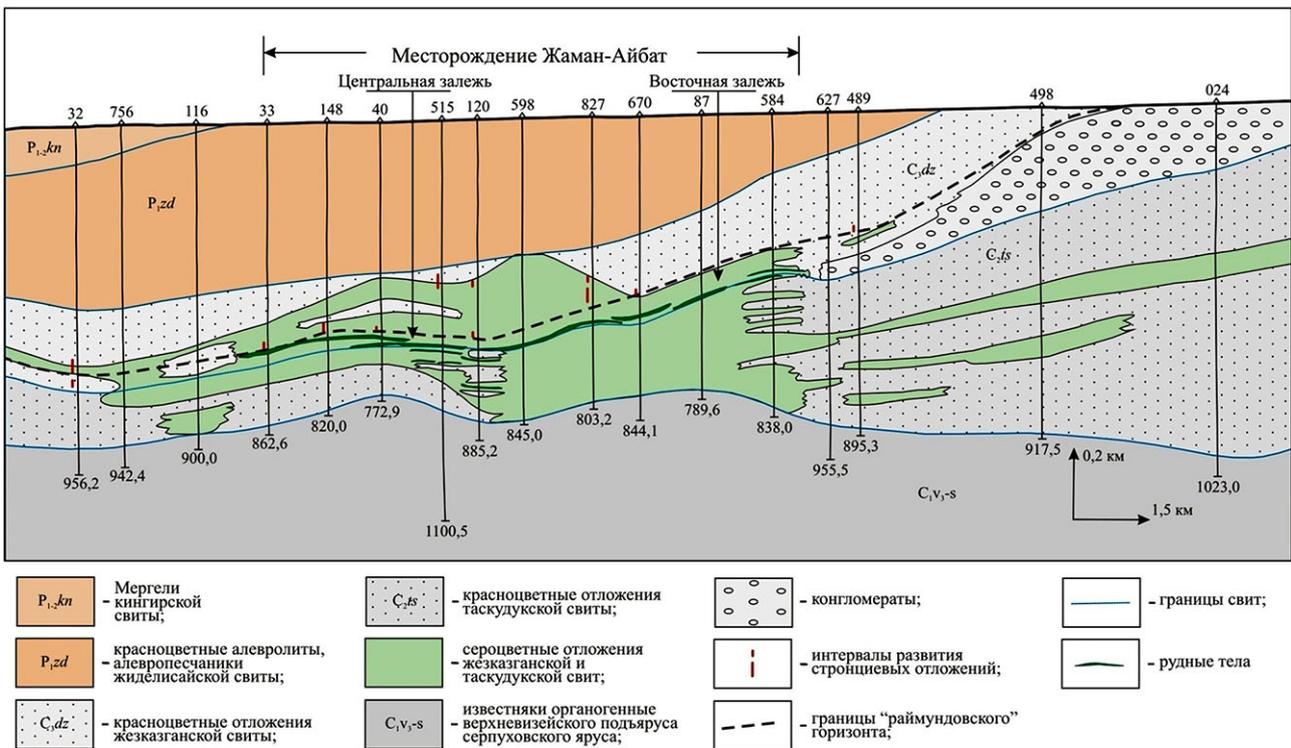


Рисунок 1 – Схематический геологический разрез Жаман-Айбатского рудного поля (по данным АО «Жезказгангеология»)

включающие каротаж и специальные скважинные исследования, в комплексе с биохимической и литохимической съемкой.

При изучении геологического строения геофизическими методами большое внимание уделялось анализу магнитных, плотностных, электрических и упругих свойств пород, их систематизации на уровне стратиграфических комплексов [5, 8, 12]. Этим обеспечивались надежность и точность интерпретации геофизических аномалий, во многом зависящие от знания физических свойств пород. Установлено, что образования продуктивных свит верхневизейского подъяруса – серпуховского яруса характеризуются близкими значениями плотности ($2,61-2,68 \text{ г/см}^3$), магнитной восприимчивости ($9-19 \times 10^{-6}$ СГС) и кажущейся поляризуемости (2-3%). Более дифференцированы породы этих стратиграфических подразделений по кажущемуся удельному электрическому сопротивлению (10-800 Ом и более) и естественной радиоактивности (10-23 мкр/час). Для рудных залежей отмечается уменьшение удельного электрического сопротивления (до 45-65 Ом) и увеличение кажущейся поляризуемости (до 23%). Эти особенности предопределили применение для литологического расчленения разрезов скважин гамма-каротажа (ГК), электрокаротажа (КС, ПС) и скважинных исследований методом вызванной поляризации (ВП) для выявления сульфидных рудных тел в стенках скважин и в околоскважинном пространстве [6].

На региональном этапе регион систематически изучался сейсморазведкой с целью поисков структур, перспективных на нефть и газ. Вся восточная часть Жезказганской впадины изучена сейсморазведкой по сети профилей 4-6 км (до 1-2 км), методами МОВ и МОГТ. По результатам работ составлены структурные схемы по опорным отражающим горизонтам RII RIII (жезказганской и таскудукской свит), выявлен ряд антиклинальных структур и тектонических зон. Глубокое бурение подтвердило высокую точность сейсморазведочных работ и позволило стратиграфически привязать опорные горизонты.

На поисково-разведочном этапе в пределах Жаман-Айбатской структуры с целью детальной расшифровки ее строения, особенностей структуры рудного поля и уточнения направления разведочного бурения, проведены сейсморазведочные работы методом отраженных волн в модификации общей глубинной точки (МОГТ), автомагнитная съемка (шагом 50 м) и электроразведка методом ЗСБ (шагом 480 м) по профилям через 0.86 и 1.25 км, совмещенным с сейсморазведочными профилями.

По результатам геофизических работ масштаба 1:50000 (гравиразведка, магниторазведка и электроразведка), в комплексе с поисковыми геологическими маршрутами, были получены новые представления о геологическом строении площади, расположенной восточнее известного месторождения Таскура, приуроченного к сероцветным породам кингирской свиты нижней перми. По локальным положительным аномалиям гравитационного поля выделены отдельные блоки пород, осложняющие Жаман-Айбатскую горст – антиклиналь, а по данным ВЗЗ определены глубины залегания высокоомного горизонта, отождествляемого с кровлей пород жезказганской свиты.

Результаты исследований. По данным сейсморазведочных работ МОГТ, выделены антиклинальные структуры (брахиантиклинали) второго порядка, уточнены положение и амплитуда смещения пород по Азатскому сбросу, выявлены Агейское и Жаман-Айбатское разрывные нарушения. В целом по сейсмическим данным Жаман-Айбатская горст-антиклиналь представляет собой линейную складку субширотного простирания, ограниченную на севере и западе Азатской флексурной зоной. Ее тектоническое строение четко видно на карте изоглубин по опорному отражающему горизонту RII (подошва таскудукской свиты C2ts). В восточной приобортовой части изолинии глубин залегания разворачиваются в субмеридиональном направлении и характеризуют субмеридиональный прогиб, расположенный на востоке рассматриваемой структуры (рисунок 2).

На карте локальных аномалий Δg , Жаман-Айбатская горст-антиклиналь отмечается зоной положительных локальных аномалий интенсивностью до 3.5 мГал. Зона прослеживается в субширотном направлении и по изоаномале 1 мГал имеет размеры $6 \times 10 \times 40$ км. Аномальная зона прослеживается ограничено, тогда как Жаман-Айбатская горст-антиклинальная структура по геологическим данным на дневной поверхности протягивается далее на восток, образуя в целом так называемый Жаман-Айбатский структурный нос. С севера зона положительных аномалий ограничивается полосой высоких градиентов, приуроченной к зоне потери корреляции сейсмических волн, и отождествляется с Азатским разломом. К югу от оси структуры интенсивность гравитационного поля уменьшается, что свидетельствует о более пологом, по сравнению с северной частью, падении пород (рисунок 3).

В магнитном поле Жаман-Айбатская структура не находит отражения. Наблюдаемое магнитное поле в районе месторождения представлено положительной и отрицатель-

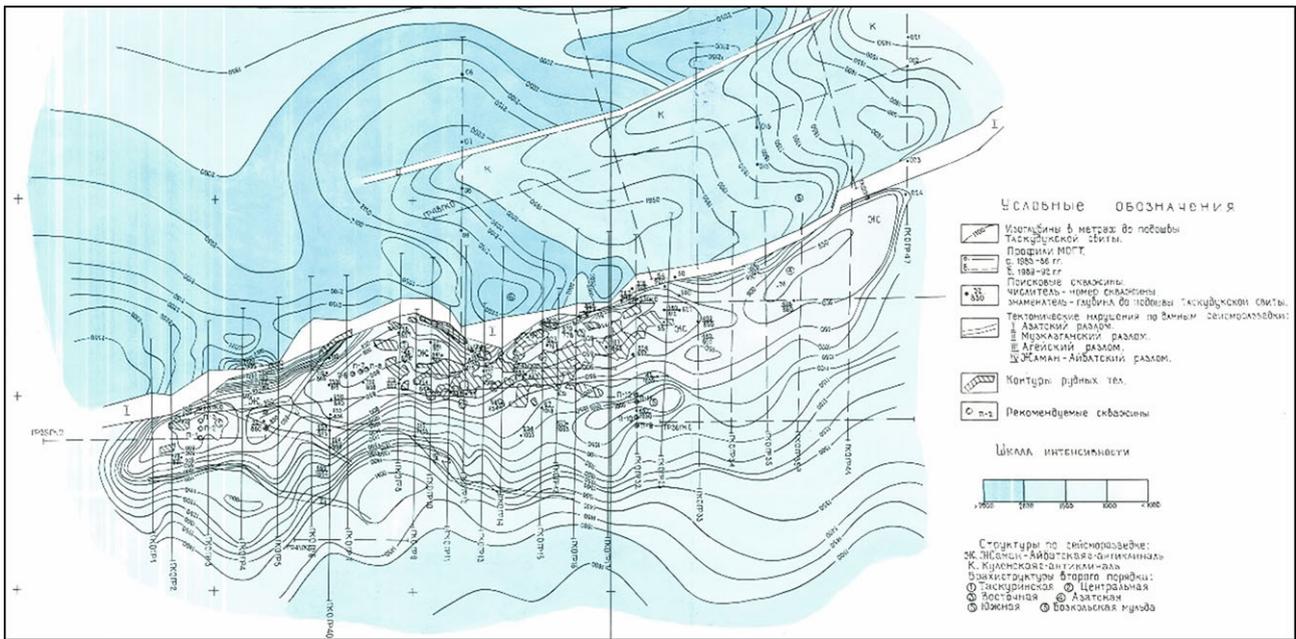


Рисунок 2 – Карта изоглубин подошвы Таскудукской свиты (опорный горизонт R11) (по данным «АО «Жезказгангеология»)

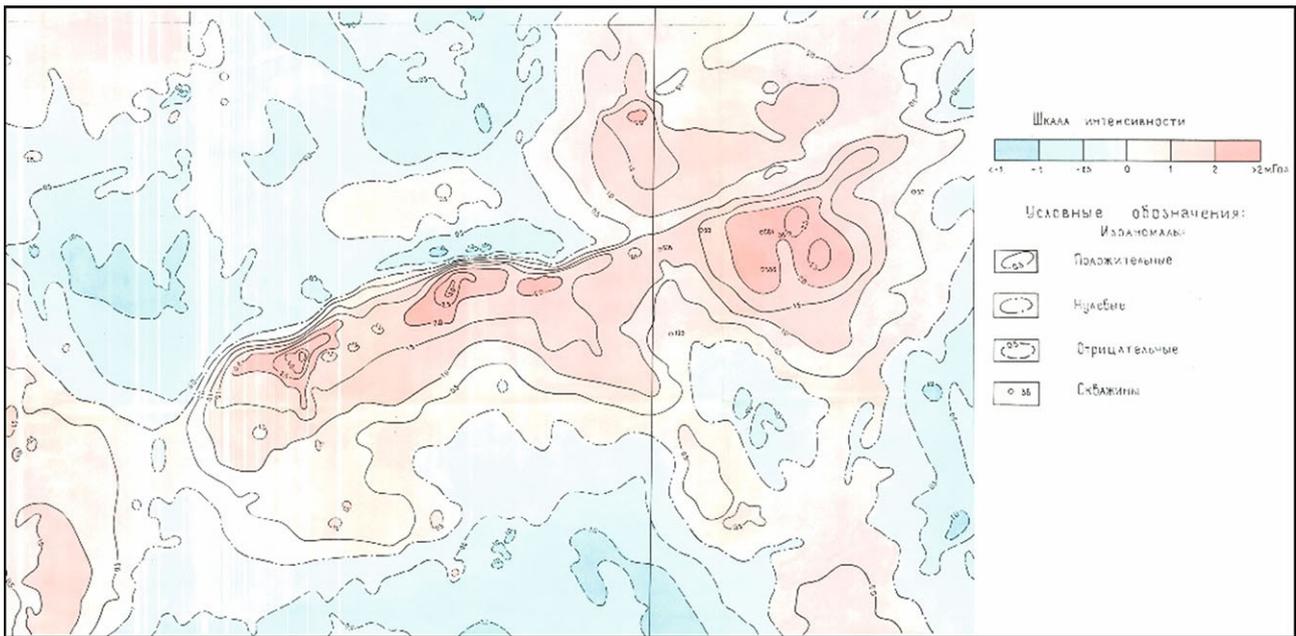


Рисунок 3 – Карта локальных аномалий Δg района месторождения Жаман-Айбат (по данным «АО «Жезказгангеология»)

ной аномалиями ΔTа северо-северо-западного простирания и обусловлены породами каледонского фундамента.

В целом, Жаман-Айбатская горст-антиклиналь по сейсмическим и геологическим данным (бурение, геологическая съёмка) осложнена четырьмя структурами более высокого порядка (Таскуринская, Централь-

ная, Восточная и Азатская), имеющими по отложениям карбона-перми брахиантиклинальную форму размерами 1.2x4.9 км по изоглубинам 800-900 м. В гравитационном поле им соответствуют 4 локальных максимума второго порядка с относительной интенсивностью 1-1,5 мГал.

На этапе разведочных работ на место-

рождении Жаман-Айбат с целью выявления рудных и безрудных интервалов проведены электроразведочные работы методом ЗСБ.

На вертикальных разрезах рт в рассматриваемом интервале глубин 500-800 м прослеживаются локальные повышения сопротивлений интенсивностью до 2-3 Ом и более, приуроченные к сероцветным породам в продуктивных отложениях жезказганской и таскудукской свит. В западной части участка сопротивления пород гораздо ниже (менее 10.0 Ом). Однако здесь выявлены зоны незначительного повышения значений рт, также имеющие поисковое значение, как показали результаты бурения скважин. Локальные повышения рт, выделенные на вертикальных разрезах, в плане образуют 4 аномальные области: Таскуринскую, Центральную, Восточную и Южную, что увязывается с данными сейсмогравиразведки (рисунк 4).

Геофизические исследования в скважинах проводились для выявления в разрезе зон оруденения и определения их параметров, уточнения литологических границ по разрезам скважин, измерения радиоактивности и поляризуемости пород, слагающих разрез скважин. Для решения задач выполнялись комплексы, включая: гамма-картаж (ГК), метод электродных потенциалов (МЭП), скважинный вариант ВП с трехэлектродной установкой (ВПк), скважинный вариант ВП с установкой «вертикальный профиль», инклинометрия, термометрия; кавернометрия. В итоге подтверждено положение большинства рудных интервалов, установленных геологическим опробованием, а селективным каротажем выявлены горизонты стронциевой минерализации, являющиеся дополнительным маркирующим стратиграфическим репером на месторожде-

нии.

Количественное определение содержания меди, свинца и цинка, осуществлено рентгено-радиометрическим каротажем (РРК) и рентгено-радиометрическим опробованием (РРО). Эти методы позволили оперативно, непосредственно на месте производства работ, определить концентрации меди, свинца и цинка, с целью выделения интервалов для kernового опробования. Оценка объемной массы пород и руд в естественном залегании был проведен с помощью спектрометрического гамма-гамма-каротажа плотностного (СГГК-П), который решал задачи увязки литологических разностей и рудных тел; выделения рудных пересечений по керну и в стенках скважин; определение концентраций компонентов; оценки контрастности оруденения и представительности опробования, необходимые для подсчета запасов меди. Увязка рудных тел и стратиграфических комплексов в межскважинном пространстве проведена методом электрической корреляции (МЭК) и радиоволновое просвечивание (РВП).

В целом результаты ГИС подтверждают данные опробования и определение мощностей рудных пересечений, положенных в основу подсчета запасов. Мощности пересечений по данным каротажа на 2-3% меньше, чем по опробованию. Малые величины расхождений глубин рудных залежей свидетельствуют о высокой достоверности геологических и геофизических построений.

Выводы. Обзор проведенных геофизических исследований на месторождении Жаман-Айбат показывает высокую эффективность изучения особенностей геологического строения, выявления продуктивных горизонтов, определения параметров руд-

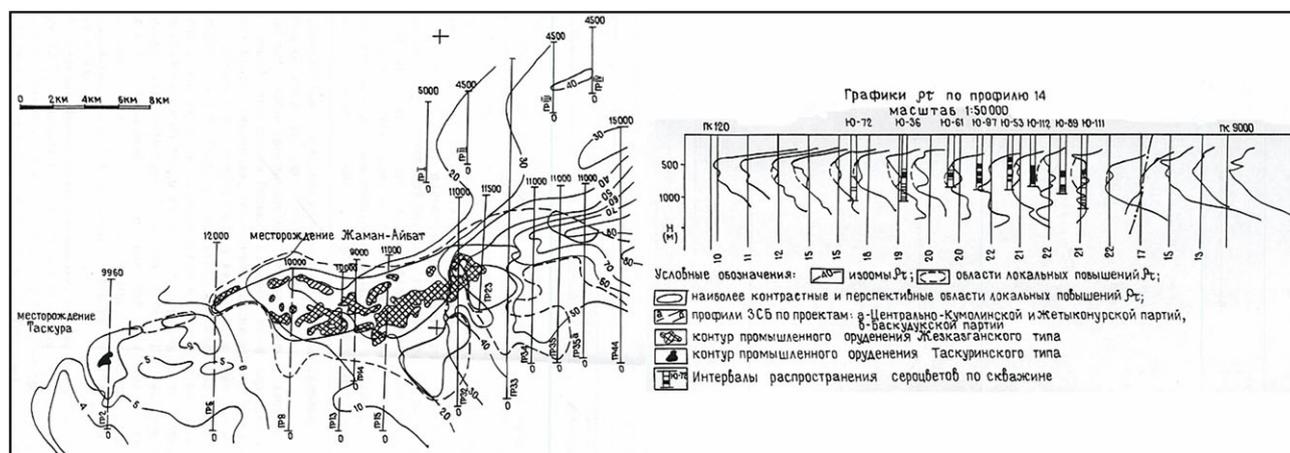


Рисунок 4 – Результаты электроразведочных работ ЗСБ

ных тел и, в комплексе с результатами опробования, оценки подсчетных параметров месторождений медистых песчаников. Учитывая, что запасы месторождения Жаман-Айбат находятся на стадии истощения, применение инновационных технологий полевых и скважинных исследований, обработки и интерпретации физических полей в среде современных геоинформационных систем позволит повысить точность и достоверность геологической информации для

выявления новых рудных объектов.

Данные исследования финансируются Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант № AP19680360) «Моделирование напряженно-деформированного состояния горных массивов при разработке рудных месторождений на основе комплексных геомеханических и геофизических исследований».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Трубачев А.И. Генетические модели формирования руд медистых песчаников и сланцев // Вестник ЧитГУ. № 7 (64). 2010.
2. Харитонов Т.В. Медистые песчаники Пермского края. Сборник статей 1831-1928 гг. / ЕНИ ПГНИУ. Пермь, 2016. 173 с. ISBN: 978-5-7944-2711-0.
3. Bekzhanov, G.R., Koshkin, Ja., Nikitenko, I.I. Geologicheskoe stroenie Kazahstana. Almaty: Akademija Mineral'nyh resursov RK. 2000.
4. Akyzbekov S.A., Uzhkenov B.S. (2022) Prospects for the development of mineral resources of the largest mining enterprises in the short and long term periods of their activity. Copper, iron. Engineering Journal of Satbayev University, 144(5), 26-35.
5. Aidarbekov Zh.K., Istekova C.A., Glass H. Complex of geophysical research for studying geological structure of Zhezkazgan ore region in Kazakhstan 17th Conference and Exhibition Engineering and Mining Geophysics 2021. Pp. 1-9, doi.org/10.3997/2214-4609.202152070.
6. Истекова С.А. Современные методы анализа и интерпретации геофизических данных // Известия НАН РК. Серия геологическая. – 2006. – № 4.
7. Akyzbekov, S.A., Vocalevskij, Je.S. & Miroshnichenko, L.A. Mineragenicheskaja karta Kazahstana mashtaba 1:1000000. Almaty: Institut geologicheskikh nauk. 2007.
8. Сюсюра Б.Б. Меденосные осадочные формации Казахстана // Закономерности размещения и прогнозирования стратиформных месторождений цветных металлов. – Алма-Ата, 1983. – С. 17-32.
9. Сатпаева М.К. Медный пояс Жезказган-Айнак // Известия НАН РК, серия геологическая. – 2005. – № 6. – С. 15-31.
10. Жезказганское месторождение // Казахстан. Национальная энциклопедия – Алматы: Қазақ энциклопедиясы, 2005. – Т. II.
11. Сатпаева М.К. Минералогия рудных залежей месторождения Жаман-Айбат // Известия НАН РК. Серия геологическая. 2006. № 5. С. 29-41.
12. Uzhkenov, B.S., Akyzbekov, S.A. & Mazurov, A.K. (2004). Karta anomalnogo magnitnogo polja Kazahstana mashtaba 1:1000000. Kokshetau.

Қазақстандағы мысты құмтас кенорындарын игерудің әртүрлі кезеңдеріндегі геофизикалық зерттеулер

¹**ИСТЕКОВА Сара Аманжоловна**, г.-м.ғ.д., профессор, s.istekova@satbayev.university,
¹**ТОЛЫБАЕВА Дина Нурпейсовна**, докторант, d.tolybayeva@satbayev.university,
¹***ТОҒЫЗОВ Қуаныш Серікханұлы**, PhD, профессор, k.togizov@satbayev.university,
¹**СИРАЖЕВ Арман Нурланович**, докторант, a.sirazhev@satbayev.university,
¹**ЕСЕНГЕЛДИНА Айзере Еділбекқызы**, магистрант, a.yessengeldina@su.edu.kz,
¹«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» КеАҚ, Сәтбаев көшесі, 22а, Алматы, Қазақстан,
*автор-корреспондент.

Аңдатпа. Жаман-Айбат кенорнының мысалында Қазақстандағы мысты құмтас кенорындарының іздеу-барлаудың геологиялық міндеттерін шешу және болжау кезеңдерінде геофизикалық әдістердің мүмкіндіктері көрсетілген. Жаман-Айбат құрылымының орны мен өлшемдері, өнімді түзілімдердің жатыс тереңдігі сейсмикалық барлау көмегімен сенімді анықталады. Гравитациялық өрістің жергілікті оң аномалиялары бойынша жекелеген тау жыныстары блоктары оқшауланып, ал ТДЗ деректері бойынша Жезқазған свитасының тау жыныстары жабынымен сәйкестендірілген жоғары оМ-ды қабаттың жатыс тереңдігі анықталды. ҚӨЗ әдісімен 500-800 м тереңдік аралығында тасқұдық свитасының өнімді түзілімдеріне шоғырланған жергілікті ауытқулар байқалады. Ұңғымаларды геофизикалық зерттеу және сынама нәтижелері мыс кендерінің қорларын қайта есептеу үшін қажетті параметрлерді анықтаудың нақтылығын арттырды. Терең бұрғылау геофизикалық жұмыстардың жоғары дәлдігін растады.

Кілт сөздер: мысты құмтастар, геофизика, өрістер, интерпретация, геологиялық құрылым, кенорын.

Geophysical Research at Different Stages of Development of Deposits of Copper Sandstones in Kazakhstan

¹**ISTEKOVA Sara**, Dr. of Geol. and Min. Sci., Professor, s.istekova@satbayev.university,
¹**TOLYBAYEVA Dina**, Doctoral Student, d.tolybayeva@satbayev.university,
¹***TOGIZOV Kuanysh**, PhD, Professor, k.togizov@satbayev.university,
¹**SIRAZHEV Arman**, Doctoral Student, a.sirazhev@satbayev.university,
¹**YESSENGELDINA Aizere**, Master's Student, a.yessengeldina@su.edu.kz,
¹NCJSC «Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satpayev»,
Satpayev Street, 22a, Almaty, Kazakhstan,
*corresponding author.

Abstract. Using the example of the Zhaman-Aybat deposit, the possibilities of geophysical methods at the stages of forecasting and solving prospecting and exploration geological problems of deposits of copper sandstones in Kazakhstan are shown. The position and dimensions of the Zhaman-Aybat structure and the depth of productive deposits are reliably determined by seismic exploration. According to the local positive anomalies of the gravitational field, separate blocks of rocks were identified, and according to the data of vertical dipole sounding, the depth of the high-resistance horizon identified with the roof of the rocks of the Zhezkazgan formation was determined. By probing the formation of the field in the depth range of 500-800 m, local anomalies associated with productive deposits of the Taskuduk formation were traced. Geophysical studies of wells and the results of testing have increased the reliability of determining the parameters necessary for recalculation of copper ore reserves. Deep drilling has confirmed the high accuracy of geophysical work.

Keywords: copper sandstones, geophysics, anomalies, interpretation, geological structure, ore deposits.

REFERENCES

1. Trubachev A.I., Geneticheskie modeli formirovaniya rud medistyh peschanikov i slancev // Vestnik CHitGU. No. 7 (64). 2010.
2. Haritonov T.V. Medistye peschaniki Permskogo kraja. Sbornik statej 1831-1928 gg. / ENI PGNIU. Perm', 2016. 173 p. ISBN: 978-5-7944-2711-0.
3. Bekzhanov, G.R., Koshkin, Ja., Nikitenko, I.I. Geologicheskoe stroenie Kazahstana. Almaty: Akademija Mineral'nyh resursov RK. 2000.
4. Akylbekov S.A., Uzhkenov B.S. (2022) Prospects for the development of mineral resources of the largest mining enterprises in the short and long term periods of their activity. Copper, iron. Engineering Journal of Satbayev University, 144(5), 26-35.
5. Aidarbekov Zh.K., Istekova C.A., Glass H. Complex of geophysical research for studying geological structure of Zhezkazgan ore region in Kazakhstan 17th Conference and Exhibition Engineering and Mining Geophysics 2021. Pp. 1-9, doi.org/10.3997/2214-4609.202152070.
6. Istekova S.A. Sovremennye metody analiza i interpretacii geofizicheskikh dannyh // Izvestiya NAN RK. Seriya geologicheskaya. – 2006. – No. 4.
7. Akylbekov, S.A., Vocalevskij, Je.S. & Miroshnichenko, L.A. Mineragenicheskaja karta Kazahstana mashtaba 1:1000000. Almaty: Institut geologicheskikh nauk. 2007.
8. Syusyura B.B. Medenosnye osadochnye formacii Kazahstana // Zakonomernosti razmeshcheniya i prognozirovaniya stratiformnyh mestorozhdenij cvetnyh metallov. – Alma-Ata, 1983. – Pp. 17-32.
9. Satpaeva M.K. Mednyj poyas ZHezkazgan-Ajnak // Izvestiya NAN RK, seriya geologicheskaya. – 2005. – No. 6. – Pp. 15-31.
10. ZHezkazganskoe mestorozhdenie // Kazahstan. Nacional'naya enciklopediya – Almaty: Qazaq enciklopediyasy, 2005. – T. II. – ISBN 9965-9746-3-2.
11. Satpaeva M.K. Mineralogiya rudnyh zalezhej mestorozhdeniya ZHaman-Ajbat // Izvestiya NAN RK. Seriya geologicheskaya. 2006. No. 5. Pp. 29-41.
12. Uzhkenov, B.S., Akylbekov, S.A. & Mazurov, A.K. (2004). Karta anomal'nogo magnitnogo polja Kazahstana mashtaba 1:1000000. Kokshetau.