

МРНТИ 52.35.29:38.57.23

Р.А. Мусин, Ф.Е. Муртазина, \*Ж.М. Асанова, Э.Р. Халикова

Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова (г. Караганда, Казахстан)

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКИ МЕТОДОМ СОПРОТИВЛЕНИЙ ПО МЕТОДИКЕ ЭЛЕКТРОТОМОГРАФИИ

**Аннотация.** Настоящая статья посвящена разработке методики дифференциации и ранжирования угольных блоков по степени структурного ослабления и повышенной трещиноватости в природных и технологических условиях разрезов АО «Шубарколь Комир». Предлагается исследование электроразведкой методом сопротивлений по методике электротомографии, которые дают возможность определять пространственные параметры зон структурного ослабления и повышенной трещиноватости угля. В данной статье представлены результаты электротомографии, проведенные установками Шлюмберже и дипольной осевой на экспериментальном блоке №1, 2В чистый «Запад», разрезы УЭС по профилю 06, 05, 04 по пласту 2В с прослоями на участке центрального карьера, разрезы УЭС по профилю 07, 08, 09 участка №3 1В2 с «Центр», разрезы УЭС по профилю 03 по пласту 2В Берма на участке центрального карьера.

**Ключевые слова:** трещиноватость, структурное ослабление, электротомография, Шлюмберже, дипольная осевая установка, удельное электрическое сопротивление.

### Электротомография әдістемесі бойынша қарсылық әдісімен электрбарлауды зерттеу нәтижелері

**Андатпа.** Осы мақала «Шубарколь Көмір» АҚ кималарының табиғи және технологиялық жағдайларында құрылымдық әлсіреу және жарықтың жоғарылау дәрежесі бойынша көмір блоктарын саралау және саралау әдістемесін әзірлеуге арналған. Зерттеу электротомография әдістемесі бойынша кедергілер әдісімен электро барлау арқылы ұсынылады, бұл құрылымдық әлсіреу аймақтарының кеністіктік параметрлерін және көмірдің жарылуының жоғарылауын анықтауға мүмкіндік береді. Бұл мақалада №1, 2в таза «Батыс» эксперименттік блогында Шлюмберже және дипольдік осьтік қондырғылармен жүргізілген электротомография нәтижелері, орталық Карьер учаскесінде қабаттары бар 2В қабаты бойынша МЭК кималары, «Орталық» с №3 1В2 учаскесінің 07, 08, 09 бейіні бойынша МЭК кималары ұсынылған, орталық Карьер учаскесіндегі 2В берма қабаты бойынша 03-профиль бойынша УЭС кесінділері.

**Түйінді сөздер:** жарықтар, құрылымдық әлсіреу, электротомография, Шлюмберже, диполь осьтік қондырғы, меншікті электр кедергісі.

### The results of the study of electroplating by the method of resistance according to the methodology of electrotomography

**Abstract.** This article is devoted to the development of a methodology for differentiating and ranking coal blocks according to the degree of structural weakening and increased fracturing in the natural and technological conditions of the sections of JSC «Shubarkol Komir». The study is proposed by electrical exploration, by the method of resistances according to the method of electrotomography, which make it possible to determine the spatial parameters of zones of structural weakening and increased fracturing of coal. This article presents the results of electrotomography carried out by Schlumberger and dipole axial installations on the experimental block №1, 2V pure «West», sections of the UES along the profile 06, 05, 04 along the 2V formation with interlayers on the site of the central quarry, sections of the UES along the profile 07, 08, 09 of the site №3 1V2 with «Center», sections of the UES according to profile 03 along the 2V Berm formation at the site of the central quarry.

**Key words:** fracturing, structural weakening, electrotomography, Schlumberger, dipole axial installation, electrical resistivity.

### Введение

Шубаркольское месторождение угля расположено в Карагандинской области Республики Казахстан. Ближайшими к месторождению населенными пунктами являются: г. Жезказган – 150 км, пос. Жайрем – 150 км, пос. Баршино – 120 км, г. Караганда – 350 км. Основной отраслью экономики района месторождения является животноводство.

В настоящее время экономическое значение района возрастает за счет эксплуатации Шубаркольского угольного месторождения и отработки карьеров на железомарганцевых месторождениях Тур и Богач. Ближайшая железнодорожная станция Кызылжар находится в 100 км от месторождения, построена новая железная дорога на г. Аркалык.

Площадь месторождения представляет собой Казахский мелкосопочник с абсолютными отметками 450-556 м, относительные превышения достигают 10-15 м. Мелкосопочник представляет собой остаточный рельеф, который находится в тесной связи с литологическим составом пород и характером тектонических структур палеозойского фундамента. Слабо развита гидрографическая сеть. Западнее месторождения находится пересыхающая речка Кызылжар, восточнее – безымянные водотоки, русла которых заполняются водой ливней в период снеготаяния и обильных дождей.

Почвы района маломощные суглинисто-песчанистые и суглинисто-щебнистые, малоплодородные и в пониженных участках рельефа засоляются. Климат района резко

континентальный с сухим жарким летом и холодной малоснежной зимой. В летний период средняя температура воздуха +23 °С, в зимний –22 °С, абсолютный максимум +41 °С летом и –37,8 °С зимой. Промерзание грунтов доходит до 2,5-3,0 м. Среднегодовое количество осадков составляет 170-203 мм при возможном максимуме 272-324 мм.

Месячный максимум осадков приходится на май, минимум – на сентябрь. Для района характерны сильные ветры, дующие в течение всего года. Максимальная скорость ветра достигает 26-37 м/сек. Преобладающее направление ветров: зимой – северо-восточное, летом – юго-западное.

### Геологические условия месторождения

В геологическом строении месторождения принимают участие терригенно-карбонатные отложения верхнего девона и нижнего карбона, терригенные породы средне-верхнекаменноугольного возраста, угленосные терригенные отложения нижнеюрского возраста (мезозойские отложения), а также рыхлые продукты выветривания мезозоя и рыхлые отложения кайнозоя.

Мезозойские отложения несогласно налегают на палеозойские образования и развиты в центральной части Шубаркольской грабен-синклинали, образуя небольшую мульду того же названия. Отложения представлены мелко- и грубозернистыми песчаниками, алевролитами, аргиллитами, суглинистыми породами и углями. Из всех пород преобладают аргиллиты, алевролиты и угли. Мощность отложений 250-280 м. Слоистость пород горизонтальная.

Доминирующей окраской является серая и темно-серая. Маркирующее значение имеют три угольных горизонта (Верхний, Средний и Нижний) в комплексе с литологическими особенностями вмещающих пород. Над Верхним угольным горизонтом расположены в основном аргиллиты, Средний и Нижний угольные горизонты залегают в алевролитах; слои песчаников встречаются чаще в нижней части разреза.

Породы кайнозойского возраста, состоящие из неогеновых и четвертичных отложений, встречаются на всей площади месторождения. Неогеновые отложения аральской свиты мощностью от 0 до 30 м представлены монтмориллонитовыми пластичными глинами с включением гипса и каолина. Четвертичные отложения представлены делювиальными (щебень, галька, суглинки) и аллювиальными (пески, галечники, супеси, глины) образованиями мощностью 5-8 м. Шубаркольское месторождение имеет форму вытянутой чаши – мульды длиной до 13 и шириной до 5,5 км.

Угленосность представлена тремя угольными горизонтами (Верхний, Средний и Нижний), приуроченными к юрским отложениям, из которых Верхний горизонт принят для открытой разработки. Его общая мощность составляет 25-30 м. Глубина залегания от 10-30 до 150 м (в центре мульды).

Угольный горизонт включает в себя породные прослои мощностью от 0,05 до нескольких метров. Породные прослои в основном представлены аргиллитами, алевролитами, реже песчаниками и углистыми аргиллитами. В 10-12 м от почвы Верхнего угольного горизонта залегает пласт В0.

### Материалы и методы

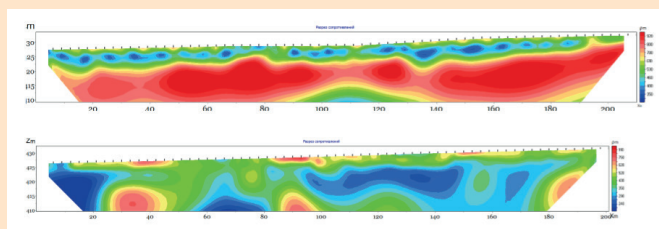
С целью разработки методики дифференциации и ранжирования угольных блоков по степени структурного ослабления и повышенной трещиноватости в природных и технологических условиях разрезов АО «Шубарколь Комир» были исследованы возможности геофизических методов:

- электроразведка методом сопротивлений по методике электротомографии [1];
- электроразведка методом сопротивлений установкой срединного градиента (СГ);
- сейсморазведка МПВ;
- сейсмопрофилирование (ССП);
- георадарное зондирование;
- радонометрия (эманационная съемка) [2].

Факторы, влияющие на крупность добываемого угля, и разработка системы по управлению ее крупностью малой мощностью, преимущественно однопачечный, распространены почти на всей площади мульды.

Результаты электротомографии на экспериментальном блоке №1, 2В чистый «Запад» (рисунок 1).

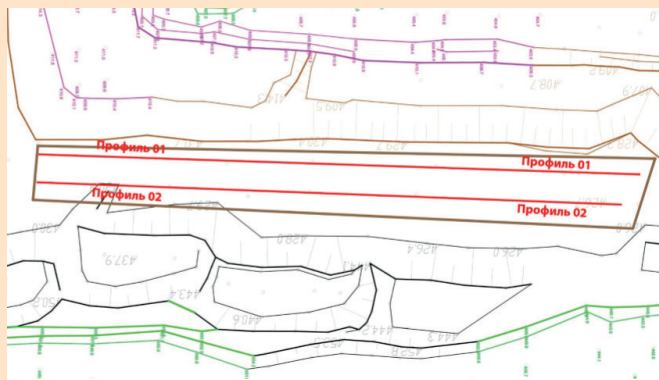
Всего на данном участке выполнены измерения по 2 параллельным профильным линиям (рисунок 2). На профильной линии 01 значение УЭС по разрезу, по результатам инверсии, изменяется в пределах 300-1000 Ом\*м. На профиле 02 УЭС по разрезу, по результатам инверсии, изменяется в пределах 200-880 Ом\*м.



**Рис. 1. Разрезы УЭС по профилю 01 (вверху) и профилю 02 (внизу) участка №1 2В чистый «Запад» по результатам электротомографии установками Шлюмберже и дипольной осевой.**

**Сурет 1. Schlumberger және дипольдық осьтік қондырғыларды қолдану арқылы электрлік томография нәтижелері бойынша 2В таза «Батыс» қимасының 01 профілі (жоғары) және 02 профілі (төменгі) профілі бойынша меншікті №1 кедергі қималары.**

**Figure 1. Resistivity sections along profile 01 (above) and profile 02 (bottom) of section №1 2V pure «West» according to the results of electrical tomography using Schlumberger and dipole axial installations.**



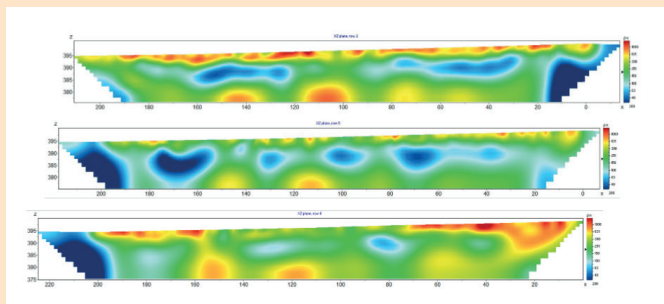
**Рис. 2. План участка №1 2В чистый «Запад» с положением профилей электротомографии. Масштаб 1:1000.**

**Сурет 2. №1 учаскенің жоспары 2В таза «Батыс» электр томографиялық профільдердің орналасуымен. Масштаб 1:1000.**

**Figure 2. Plan of site №1 2V pure «West» with the position of electrical tomography profiles. Scale 1:1000.**

В целом, результаты профильной линии 01 отличаются от профильной линии 02 более высокими значениями УЭС среды, что является признаком структурно разуплотненных углей по 01 линии, расположенной ближе к борту уступа (рисунок 2). Уверенно прослеживается горизонтальная граница по переходу значений УЭС от 300 Ом\*м к 800 Ом\*м на глубине от 5 до 8 метров по профильной линии 01. По профильной линии 02 данная граница выделяется менее уверенно и расположена глубже на 2 метра, чем по профильной линии 01. Данная граница может свидетельствовать о некотором различии в составе углей, что может влиять и на прочностные характеристики [3].

Результаты электротомографии на экспериментальном блоке №2 2В с прослоями «Центр» (рисунок 3).



**Рис. 3. Разрезы УЭС по профилю 06 (вверху), профилю 05 (в центре), профилю 04 (внизу) по пласту 2В с прослоями на участке центрального карьера по результатам электротомографии установками Шлюмберже и дипольной осевой.**

**Сурет 3. Профиль 06 (жоғарыда), профиль бойынша электр кедергісінің қималары 05 (орталықта), профиль 04 (төменгі жағында) Schlumberger және дипольдық осьтік қондырғыларды қолдану арқылы электр томографиясының нәтижелері бойынша орталық карьер учаскесінде аралық қабаттары бар 2В қабаты бойымен.**

**Figure 3. Sections of electrical resistivity along profile 06 (above), profile 05 (in the center), profile 04 (bottom) along layer 2V with interlayers in the central quarry section according to the results of electrical tomography using Schlumberger and dipole axial installations.**

Всего на данном участке выполнены измерения по 3 параллельным профильным линиям (рисунок 4). На профильной линии 04 значение УЭС по разрезу, по результатам инверсии, изменяется в пределах 60-1800 Ом\*м. На профильной линии 05 УЭС по разрезу, по результатам инверсии [4], изменяется в пределах 35-1700 Ом\*м. На профильной линии 06 УЭС по разрезу, по результатам инверсии, изменяется в пределах 45-1800 Ом\*м.

Аномалии низких значений УЭС, в пределах 20-10 метров по профильной линии 06, 190-215 метров по профильной линии 05 и 193-223 метра по профильной линии 04 связаны с особенностями построения блочной модели в программе трехмерной инверсии данных электротомографии.

На всех профильных линиях данного участка в интервале глубин 3-12 метров (в зависимости от места) по результатам инверсии наблюдаются пониженные значения УЭС (35-130 Ом\*м), что вызвано влиянием прослоев аргиллитов [5]. При условии выдержанности прослоев аргиллитов, по повышению значений УЭС в интервале глубин 3-12 метров можно выделить зоны повышенной трещиноватости. Также на профильных линиях в нижнем слое в интервале глубин 14-20 метров, в интервалах 160-135 метров, 138-116 метров, 98-86 метров наблюдаются три аномалии повышенных значений УЭС (500-1000 Ом\*м), которые смещаются при переходе от профильной линии 04 к профильной линии 06 в восточном направлении, что указывает на наличие зоны повышенной трещиноватости с азимутом простирания 10-15°. В верхнем слое трещиноватость углей по крайним профильным линиям несколько выше, чем на средней профильной линии [6].

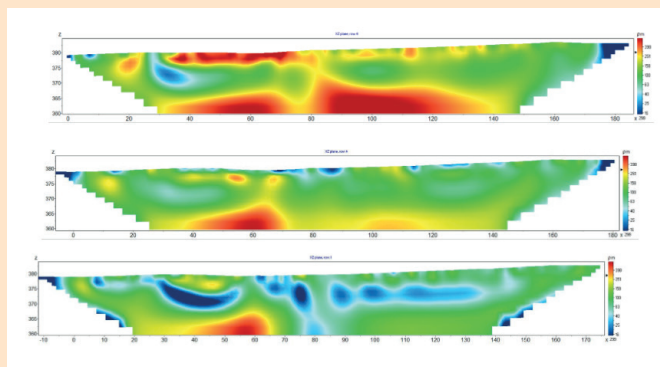


**Рис. 4. План участков №2 2В с прослоями и №3 1В2 «Центр» с положением профилей электротомографии. Масштаб 1:100.**

**Сурет 4. Бөлімдердің жоспары №2 2В аралық қабаттарымен және №3 1В2 «Орталық» электр томографиялық профильдердің орналасуымен. Масштаб 1:100.**

**Figure 4. Plan of sections №2 2V with interlayers and №3 1B2 «Center» with the position of electrical tomography profiles. Scale 1:100.**

Результаты электротомографии на экспериментальном блоке №3 1В2 «Центр» обводненный (рисунок 5).



**Рис. 5. Разрезы УЭС по профилю 07 (вверху), профилю 08 (в центре), профилю 09 (внизу) участка №3 1В2 с «Центр» обводненный по результатам электротомографии установками Шлюмберже и дипольной осевой.**

**Сурет 5. Шлюмберже және дипольдық осьтік қондырғыларды қолдану арқылы электр томографиясының нәтижелері бойынша су басқан «Орталық» №3 1В2 қимасының 07 профілі (жоғарыда), 08 профілі (ортасында), профілі 09 (төменгі жағында) профілі бойынша меншікті кедергі қималары.**

**Figure 5. Resistivity sections along profile 07 (above), profile 08 (in the center), profile 09 (bottom) of section №3 1V2 with «Center», flooded according to the results of electrical tomography using Schlumberger and dipole axial installations.**



Всего на данном участке выполнены измерения по 3 параллельным профильным линиям (рисунок 5). На профильной линии 07 значение УЭС по разрезу, по результатам инверсии, изменяется в пределах 12-500 Ом\*м. На профильной линии 08 УЭС по разрезу, по результатам инверсии, изменяется в пределах 12-500 Ом\*м. На профильной линии 09 УЭС по разрезу, по результатам инверсии, изменяется в пределах 12-500 Ом\*м.

При интерпретации результатов электротомографии на обводненных участках следует помнить, что в данном случае понижение значений УЭС свидетельствует о повышении трещиноватости [7] (в связи с тем, что поровое пространство породы, состоящее из естественной пористости и трещинной пористости, заполнено водой, а минерализованная вода хорошо проводит электрический ток) [8], а повышение значений УЭС свидетельствует об уменьшении трещиноватости (в связи с уменьшением трещинной пористости в менее трещиноватой породе) [9].

Диапазон значений УЭС (15-500 Ом\*м) для данного участка значительно отличается в сторону меньших зна-

чений от диапазона УЭС (45-1800 Ом\*м) ближайшего опытного участка, что свидетельствует о высокой минерализации воды в данном месте (соответствует архивным данным) [10].

#### Заключение

Результаты исследований электроразведкой методом сопротивлений по методике электротомографии на разрезах АО «Шубарколь Комир» подтвердили возможность данного метода определять пространственные параметры зон структурного ослабления и повышенной трещиноватости угля. Таким образом, данный метод может быть рекомендован для внедрения на предприятии в составе методики изучения зон структурного ослабления угольных уступов с помощью геофизических методов. По этой причине результаты исследований электротомографии далее использовались при комплексировании геофизических методов для разработки методики зон структурного ослабления и повышенной трещиноватости на угольных уступах предприятия.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Многоэлектродные электрические зондирования в условиях горизонтально-неоднородных сред. Разведочная геофизика. Обзор. АОЗТ «Геонформмарк». / А.А. Бобачев, И.Н. Модин, Е.В. Перваго, В.А. Шевнин. М.: 1996, Вып. 2, 50 с. (на русском языке)
2. Исабек Т.К. Некоторые вопросы по переходу на комбинированную геотехнологию при добыче месторождения. / Т.К. Исабек, Ш.Б. Зейтинова. // Новости науки Казахстана. 2018. Вып. 4 (138). С. 100-107 (на казахском языке)
3. Извлечения метана из угольных пластов для обеспечения безопасного проведения горных работ в угольных шахтах Карагандинского бассейна. Монография. / Е.С. Филимонов, В.С. Портнов, А.А. Кенетаева, М.Р. Рабатулы. // Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова. Караганда: Издательство КарТУ, 2022, 145 с. (на английском языке)
4. Grant Allen. Разработка и испытание беспилотной авиационной системы для измерения потока метана со свалок и горячих точек выбросов парниковых газов. / Grant Allen, Peter Hollingsworth, Khristopher Kabbabe, Joseph R. Pitt, Mohammed I. Mead, Samuel Illingworth, Gareth Roberts, Mark Bourn, Dudey E. Shallcross, Carl J. Percival. // Управление отходами. 2019. Т. 87. С. 883-892 (на английском языке)
5. Tremain Priscilla, Maddocks Andrew, Moghtaderi Behdad. Пилотное исследование окисления метана вентиляционного воздуха (VAM) с использованием ильменита. // 11-я Азиатско-Тихоокеанская конференция по сжиганию, ASPACC, 2017. – С. 68 (на английском языке)
6. Tianwei Lan, Hongwei Zhang, Sheng Li, Irina Batugina, Andrian Batugin. Применение и развитие метода геодинамического районирования по данным прогноза геодинамической опасности на угольных шахтах Китая. // Серия конференций IOP: Науки о Земле и окружающей среде, 2019. – Т. 221. – С. 1-8 (на английском языке)
7. Соколов С.Я., Климовский А.В., Кузьминых В.Е. Возможности геофизических методов при эксплуатационной разведке месторождений блочного камня на примере месторождения граносиенитов Балтийское: Петрозаводск, КарНЦ РАН, 2015, С. 70-77 (на русском языке)
8. Цели и результаты проекта «Эффективное использование природного камня в Ленинградской области и Юго-Восточной Финляндии» в программе Европейского Союза «Приграничное сотрудничество и партнерство». Строительный камень: от геологии до архитектуры. / Нартта Р., Luodes N., Pirinen H. & Selonen O. Петрозаводск, 2015, 35-41 с. (на русском языке)
9. Першин Г.Д. Методика расчета рациональных параметров отделяемых монолитов камня при разработке месторождений со сложным залеганием природных трещин в массиве. / Г.Д. Першин, М.С. Уляков. // Журнал Сибирского федерального университета. Техника технологии. 2015. №8. С. 1032-1039 (на русском языке)
10. Бондур В.Г. Космический мониторинг геодинамических предвестников крупных землетрясений. / В.Г. Бондур, А.Т. Зверев, Л.В. Кузнецова. // Исследование Земли из космоса. 2006. №2. С. 184-189 (на русском языке)

## ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Көлденең біртекті емес ортада мультителектродты электрлік зондау. Барлау геофизикасы. Қарау. «Геоақпаратмарк» АҚ. / А.А. Бобачев, И.Н. Модин, Е.В. Перваго, В.А. Шевнин. М.: 1996, 2-шығарылым, 50 б. (орыс тілінде)
2. Исабек Т.К. Кен орнын өндіруде аралас геотехнологияға ауысу жөніндегі кейбір мәселелер. / Т.К. Исабек, Ш.Б. Зейтинова. // Қазақстан ғылымының жаңалықтары. 2018. №4 (138). Б. 100-107 (қазақ тілінде)
3. Қарағанды бассейнінің көмір шахталарында тау-кен жұмыстарын қауіпсіз жүргізуді қамтамасыз ету үшін көмір қабаттарынан метан алу. Монография. / Е.С. Филимонов, В.С. Портнов, А.А. Кенетаева, М. Рабатұлы. // Қарағанды: Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті коммерциялық емес акционерлік қоғамы, 2022. 145 б. (орыс тілінде)
4. Grant Allen. Полигондар мен парниктік газдар шығарындыларының ыстық нүктелерінен метан ағынын өлшеуге арналған ұшқышсыз авиациялық жүйені әзірлеу және сынау. / Grant Allen, Peter Hollingsworth, Christopher Kabbabe, Joseph R. Pitt, Mohammed I. Mead, Samuel Illingworth, Gareth Roberts, Mark Bourn, Dudev E. Shallcross, Carl J. Percival. // Қалдықтарды басқару. 2019. Т. 87. Б. 883-892 (ағылшын тілінде)
5. Tremain Priscilla, Maddocks Andrew, Moghtaderi Behdad. Ильменитті қолдана отырып, желдету ауасының метан тотығуын (VAM) пилоттық зерттеу. // 11-ші Азия-Тынық мұхиты өртеу конференциясы, ASPACC, 2017. – Б. 68 (ағылшын тілінде)
6. Tianwei Lan, Hongwei Zhang, Sheng Li, Irina Batugina, Andrian Batugin. Қытай көмір шахталарында геодинамикалық қауіптілік болжамының деректері бойынша геодинамикалық аудандастыру әдісін қолдану және дамыту. // ИОР конференциялар сериясы: Жер және қоршаған орта туралы ғылымдар, 2019. – Т. 221. – Б. 1-8 (ағылшын тілінде)
7. Соколов С.Я., Климовский А.В., Кузьминых В.Е. Балтийское граносиенитінің туған жеріндегі блоктастың туған жерін жедел барлау кезінде геофизикалық әдістердің мүмкіндіктері: Петрозаводск, КарНЦ РАН, 2015, Б. 70-77 (орыс тілінде)
8. Еуропалық Одақтың «Крест» бағдарламасындағы «Ленинград облысында және Оңтүстік-Шығыс Финляндияда табиғи тасты тиімді пайдалану» жобасының мақсаттары мен нәтижелері. -шекаралық ынтымақтастық және серіктестік». Құрылыс тасы: геологиядан сәулетке дейін. / Harma P., Luodes N., Pirinen H. & Selonen O. Петрозаводск, 2015, 35-41 б. (орыс тілінде)
9. Першин Г.Д. Массивте табиғи жарықтар күрделі пайда болған кен орындарын игеру кезінде алынатын тастан жасалған монолиттердің ұтымды параметрлерін есептеу әдістемесі. / Г.Д. Першин, М.С. Уляков. // Сібір федералды университетінің журналы. Техникалық технология. 2015. №8. Б. 1032-1039 (орыс тілінде)
10. Бондур В.Г. Ірі жер сілкіністерінің геодинамикалық прекурсорларының ғарыштық мониторингі. / В.Г. Бондур, А.Т. Зверев, Л.В. Кузнецова. // Ғарыштан Жерді зерттеу. 2006. №2. Б. 184-189 (орыс тілінде)

## REFERENCES

1. Mnogoelektrodnye elektricheskie zondirovaniya v usloviyah gorizontol'no-neodnorodnyh sred. Razvedochnaya geofizika. Obzor. AOZT «Geoinformmark». / A.A. Bobachev, I.N. Modin, E.V. Pervago, V.A. Shevnin. M.: 1996, Vypusk 2, 50 s. [Multielectrode electrical sensing in horizontally inhomogeneous media. Exploration geophysics. Review. JSC «Geoinformmark». / A.A. Bobachev, I.N. Modin, E.V. Pervago, V.A. Shevnin. M.: 1996, Vol. 2, 50 p.] (in Russian)
2. Isabek T.K. Ken ornyn endirude aralas geotehnologijaға ауысу zhөnindegі кейbir мәseleler. / T.K. Isabek, Sh.B. Zejtinova. // Қазақстан ғылымунуң жаңалықтары. 2018. Мәsele 4 (138). Б. 100-107 [Isabek T.K. Study of the influence of edge protective anchors on the heaving of the mining soil. / T.K. Isabek, Sh.B. Zejtinova. // Kazakhstan Science News. 2018. Issue 4 (138). P. 100-107] (in Kazakh)
3. Izvlechenija metana iz ugol'nyh plastov dlja obespechenija bezopasnogo provedeniya gornyh rabot v ugol'nyh shahtah Karagandinskogo bassejna. Monografija. / E.S. Filimonov, V.S. Portnov, A.A. Kenetaeva, M. Rabatuly. // Karaganda: NAO KarTU imeni Abylkasa Saginova, 2022, 145 s. [Extraction of methane from coal seams to ensure safe mining operations in the coal mines of the Karaganda basin. Monograph. / E.S. Filimonov, V.S. Portnov, A.A. Kenetaeva, M. Rabatuly. // Karaganda: Non-Profit Joint Stock Company KarTU named after Abylkas Saginov, 2022. 145 p.] (in Russian)
4. Grant Allen. The development and trial of an unmanned aerial system for the measurement of methane flux from landfill and greenhouse gas emission hotspots. / Grant Allen, Peter Hollingsworth,

- Khristopher Kabbabe, Joseph R. Pitt, Mohammed I. Mead, Samuel Illingworth, Gareth Roberts, Mark Bourn, Dudev E. Shallcoss, Carl J. Percival. // Waste Management. 2019. Vol. 87.- P. 883-892 (in English)*
5. *Tremain Priscilla, Maddocks Andrew, Moghtaderi Behdad. A pilot-scale study on the oxidation of ventilation air methane (VAM) using ilmenite. // 11th Asia-Pacific Conference on Combustion, ASPACC, 2017. – P. 68 (in English)*
  6. *Tianwei Lan, Hongwei Zhang, Sheng Li, Irina Batugina, Andrian Batugin. Application and Development of the Method of Geodynamic Zoning According to Geodynamic Hazard Forecasting at Coal Mines in China. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2019. – Vol. 221. – P.1-8 (in English)*
  7. *Sokolov S.Ya., Klimovsky A.V., Kuzminykh E.N. Vozmozhnosti geofizicheskikh metodov pri ekspluatatsionnoy razvedke mestorozhdenij blochnogo kamnya na primere mestorozhdeniya granosienitov Baltijskoe: Petrozavodsk. KarNTs RAN, 2015, S. 70-77 [Potential of geophysical methods for the quarrying survey of dimension stone deposits case study of Baltiyskoye granosyenite deposit. Building stone: from geology to architecture: Petrozavodsk. KarRC, RAS, 2015, P. 70-77] (in Russian)*
  8. *Celi i rezul'taty proekta «Effektivnoe ispol'zovanie prirodnoy kamnya v Leningradskoj oblasti i Yugo-Vostochnoj Finlyandii» v programme Evropejskogo Soyuzha «Prigranichnoe sotrudnichestvo i partnerstvo». / Harma P., Luodes N., Pirinen H. & Selonen O. Petrozavodsk, 2015, 35-41 s. [Goals and results of the Project «Efficient use of dimension stone in the Leningrad Region and Southeastern Finland» in the EU Programme «Trans-border cooperation and partnership». Building stone: from geology to architecture. / Harma P., Luodes N., Pirinen H. & Selonen O. Petrozavodsk, 2015, 35-41 p.] (in Russian)*
  9. *Pershin G.D. Metodika rascheta rasionäl'nykh parametrov otdeläemykh monolitov kamnä pri razrabotke mestorozhdenij so slojnym zaleganiem prirodnykh tresin v massive. / G.D. Pershin, M.S. Ulyakov. // Zhurnal Sibirskogo federal'nogo universiteta. Tekhnika i tekhnologii. 2015. №8. S. 1032-1039 [A method for calculating the rational parameters of cutoff stone monoliths upon quarrying deposits with the complex mode of occurrence of natural fractures in a massif. / G.D. Pershin, M.S. Ulyakov. // Journal of the Siberian Federal University. Technics and technology. 2015. №8. P. 1032-1039] (in Russian)*
  10. *Bondur V.G. Kosmicheski monitoring geodinamicheskikh predvestnikov krupnykh zemletraseniy. / V.G. Bondur, A.T. Zverev, L.V. Kuznetsova. // Issledovanie Zemli iz kosmosa. 2006. №2. S. 184-189 [Space monitoring of geodynamic precursors of large earthquakes. / V.G. Bondur, A.T. Zverev, L.V. Kuznetsova. // Exploration of the Earth from space. 2006. №2. P.184-189] (in Russian)*

**Сведения об авторах:**

**Мусин Р.А.**, PhD, и.о. доцента Карагандинского технического университета имени Абылкаса Сагинова (г. Караганда, Казахстан), [r.a.mussin@mail.ru](mailto:r.a.mussin@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0002-1206-6889>

**Муртазина Ф.Е.**, докторант 2 курса Карагандинского технического университета имени Абылкаса Сагинова (г. Караганда, Казахстан), [arizakhy@gmail.com](mailto:arizakhy@gmail.com); <https://orcid.org/0009-0001-2302-4465>

**Асанова Ж.М.**, PhD, и.о. доцента Карагандинского технического университета имени Абылкаса Сагинова (г. Караганда, Казахстан), [zhanar-a@bk.ru](mailto:zhanar-a@bk.ru); <https://orcid.org/0000-0002-1169-8729>

**Халикова Э.Р.**, PhD, ст. преподаватель кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан), [Salyahova\\_e@mail.ru](mailto:Salyahova_e@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0003-1501-8492>

**Авторалар туралы мәліметтер:**

**Мусин Р.А.**, PhD, Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті доцентінің м.а. (Қарағанды қ., Қазақстан)

**Муртазина Ф.Е.**, Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университетінің 2 курсының докторанты (Қарағанды қ., Қазақстан)

**Асанова Ж.М.**, PhD, Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті доцентінің м.а. (Қарағанды қ., Қазақстан)

**Халикова Э.Р.**, PhD, «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамы, «Пайдалы қазбалар кенорындарын өңдеу» кафедрасының аға оқытушысы (Қарағанды қ., Қазақстан)

**Information about the authors:**

**Mussin R.A.**, PhD, acting associate professor of Abylkas Saginov Karaganda Technical University (Karaganda, Kazakhstan)

**Murtazina F.E.**, 2nd year doctorate of Abylkas Saginov Karaganda Technical University (Karaganda, Kazakhstan)

**Asanova Zh.M.**, PhD, acting associate professor of Abylkas Saginov Karaganda Technical University (Karaganda, Kazakhstan)

**Khalikova E.R.**, PhD, Senior lecturer of the Department of «Development of Mineral Deposits» of Non-profit joint-stock company «Abylkas Saginov Karaganda Technical University» (Karaganda, Kazakhstan)