

Код МРНТИ 52.13.04

К.Б. Рысбеков, М.Б. Нурпеисова, \*Х.М. Касымканова, Г.М. Кыргызбаева

Satbayev University (г. Алматы, Казахстан)

## МОНИТОРИНГ МЕДЛЕННЫХ ДВИЖЕНИЙ ЗЕМНОЙ КОРЫ В РУДОНОСНЫХ РЕГИОНАХ КАЗАХСТАНА

**Аннотация.** В статье приведена информация о меднорудных месторождениях, освоение которых осуществляется в Центральном Казахстане, его роли в развитии горнодобывающей промышленности. Приведены результаты мониторинга геодинамических процессов, возникающих при крупномасштабном и длительном освоении недр. Проблема управления геодинамическими процессами может быть решена на основе рассмотренной в данной статье методике ведения геомониторинга состояния массива горных пород, предусматривающей комплексный учет и анализ всех природных и техногенных факторов. Разработана новая схема создания геодинамических процессов, методы и средства контроля за деформациями массива горных пород, которые позволяют получить информацию о недрах земли с высокой степенью точности.

**Ключевые слова:** меднорудные месторождения, геология, структура, тектоника, методика, геодезическая сеть, геодезические съемки, спутниковые системы, электронный тахеометр, геомониторинг, геодинамические процессы.

### Жер қыртысының баяу қозғалысын бақылау Қазақстанның кенді өңірлерінде

**Аннотация.** Мақалада игерілуі Орталық Қазақстанда жүзеге асырылатын мыс кен орындары, оның тау-кен өнеркәсібін дамытудағы рөлі туралы ақпарат қарастырылады. Жер қойнауын ауқымды және ұзақ уақыт игеру кезінде туындайтын геодинамикалық процестердің мониторингінің нәтижелері келтірілген. Мұндай жағдайда геодинамикалық процестерді басқару мәселесі осы мақалада қарастырылған барлық табиғи және техногендік факторларды кешенді есепке алу және талдауды көздейтін тау жыныстары массивінің күйіне геомониторинг жүргізу әдістемесінің негізінде шешілуі мүмкін. Геодинамикалық процестерді құрудың жаңа схемасы, тау массасының деформацияларын бақылау әдістері мен құралдары әзірленді, бұл жер қойнауы туралы ақпаратты жоғары дәлдікпен алуға мүмкіндік береді.

**Түйінді сөздер:** мыс кен орындары, геология, құрылым, тектоника, әдістеме, геодезиялық желі, геодезиялық түсірілім, спутниктік жүйелер, электронды тахеометрлер, геомониторинг, геодинамикалық процестер.

### Monitoring slow movements of earth's crust in the ore-bearing regions of Kazakhstan

**Abstract.** Article discusses information about copper ore deposits, development of which is carried out in Central Kazakhstan, its role in the mining industry development. Monitoring results of geodynamic processes that occur during large-scale and long-term development of subsoil are presented. In such situation, problem of managing geodynamic processes can be solved on the basis of method of conducting geomonitoring of rock mass state considered in this article, which provides for comprehensive accounting and analysis of all natural and man-made factors. A new scheme for creating geodynamic processes, methods and means of controlling the deformations of a rock mass have been developed, which allow obtaining information about the bowels of the earth with a high degree of accuracy.

**Key words:** copper ore deposits, geology, structure, tectonics, technique, geodetic network, geodetic surveys, satellite systems, electronic tacheometers, geomonitoring, geodynamic processes.

### Введение

Для разработки месторождений полезных ископаемых, залегающих обычно в сложных горно-геологических условиях, проводятся крупномасштабные горные работы. При этом горный массив подвергается изменению, т. е. выводится из своего естественного состояния. Если горный массив сложен из скальных пород, то при его интенсивной разработке наблюдаются значительные геомеханические и геодинамические процессы, так как изменяется его напряженное состояние, при этом происходят деформационные процессы, сдвигание горных пород. Перечисленные процессы наносят горнодобывающим предприятиям не только значительные технико-экономические потери, но и приводят к человеческим жертвам, чем могут создать социальное напряжение среди рабочих и ИТР горнодобывающего предприятия.

По всему миру, где ведется добыча полезного ископаемого, зафиксированы техногенные

землетрясения (Германия, США, Польша, Чехия) [1, 2]. В России эта проблема остро стоит на Североуральском бокситовом руднике, рудниках Верхнекамского месторождения калийных солей, Хибинских апатито-нефелиновых рудниках [3, 4].

Казахстан занимает заметное место в мировой торговле медью, входит в первую десятку стран мира по ее производству. Наибольший объем меди в Казахстане был произведен в 1988 г. (462 тыс. т). По подтвержденным запасам меди Казахстан занимает пятое место в мире, а по среднему содержанию меди в рудах (0,44 %) из 88 стран находится на 75-м месте<sup>1</sup> [5, 6].

Изменения геодинамического режима геологической среды в период проведения крупномасштабных горных работ подтверждают результаты научных исследований, которые проводились и проводятся на природно-технической системе «Жезказган», в которую входят рудники, обогатительные фабрики

с хвостохранилищами, медеплавильные заводы в Балхаше и Жезказгане. Соответствующая инфраструктура в Центральном Казахстане является мощным субъектом антропогенного воздействия на окружающую среду, представляющим большие возможности для исследования широкого спектра экологических проблем [5].

Ввиду истощения запасов полезных ископаемых все активнее стали разрабатывать месторождения, залегающие в сложных горно-геологических условиях и на больших глубинах, что требует специальных условий освоения этих объектов. Казахский ученый-геолог К.И. Сатпаев поднимал эту проблему в своем труде «Джезказганский меднорудный район и его минеральные ресурсы», а также при создании металлогенической прогнозной карты Казахстана [6].

В настоящее время отечественная медная индустрия представлена ТОО «Корпорация «Казахмыс», АО «Балхашский завод по обработке

<sup>1</sup>Кульдеев Е.И., Нурпеисова М.Б., Кыргызбаева Г.М. Освоение недр и экологическая безопасность. – Deutschland LAP LAMBERT, 2021. – 240 с.

цветных металлов» и несколькими малыми предприятиями, специализирующимися на переплавке лома.

В состав корпорации входят 12 рудников подземной и открытой разработки с годовым объемом добычи руды более 38 млн т, 8 обогатительных фабрик, изготавливающих медные, свинцовые и цинковые концентраты, 2 медеплавильных завода, завод по производству медной катанки производительностью около 50 тыс. т в год, производство по аффинажу благородных металлов; введено в строй предприятие по производству цинка.

Основной сырьевой базой корпорации по-прежнему является Жезказганское месторождение, где ежегодно добывается 26-28 млн т руды и обеспеченность балансовыми запасами составляет не более 20 лет.

К настоящему времени запасы меди разрабатываемого с 1929 г. уникального Жезказганского месторождения постепенно иссякают. Между тем, в данном районе имеется ряд других разведанных медных месторождений, которые разрабатываются и восполняют убывающие мощности Жезказганских рудников – это месторождения Жиландинской группы<sup>2</sup>: Кипшакпай, Карашошак, Сарыоба и другие (рис. 1).

#### Методы исследования

Научная школа кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия» Satbayev University на протяжении длительного времени проводит исследования для обеспечения промышленной безопасности на рудниках Казахстана, так как большинство техногенных ситуаций, возникающих при осуществлении горных работ по извлечению полезного ископаемого из недр Земли, напрямую связаны с управлением горным давлением. При этом основная роль отводится внедрению в практику современных технологий и средств контроля и мониторинга массива горных пород. Свидетельством этому являются проводимые нами исследования по проектам «Разработка инновационных методов прогнозирования и оценки состояния

массива горных пород для предупреждения чрезвычайных ситуаций техногенного характера» и «Комплексный мониторинг медленных деформационных процессов земной поверхности при крупномасштабном освоении рудных месторождений Центрального Казахстана»<sup>1</sup>.

Анализ проведения геодезических наблюдений на территории

разрабатываемого месторождения прежде всего связано с отсутствием эффективных способов определения величин деформаций, что обуславливает необходимость совершенствования методики наблюдений с использованием современных приборов. Геодезические наблюдения дают возможность выявить деформации массива, что существенно

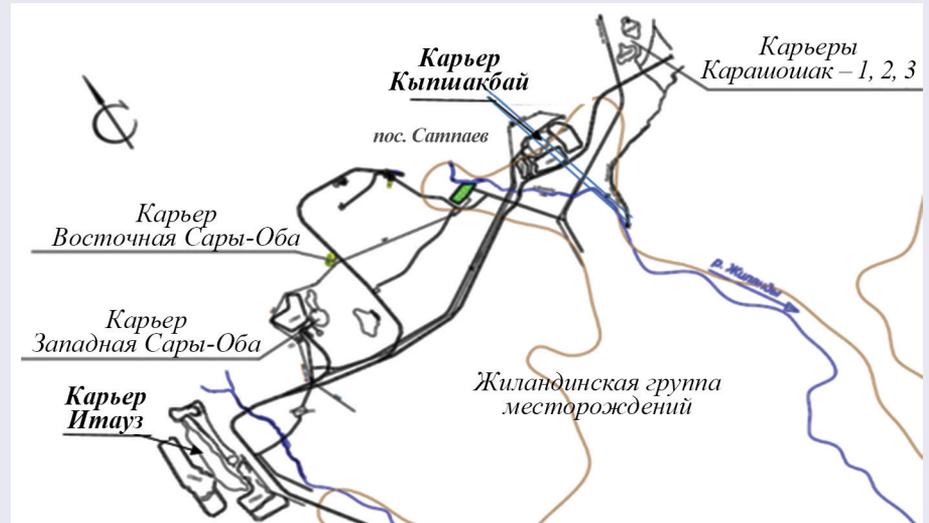


Рис. 1. Жиландинская группа месторождений.  
Сурет 1. Жиланды кен орындары тобы.  
Figure 1. Zhilandinskaya group of deposits.

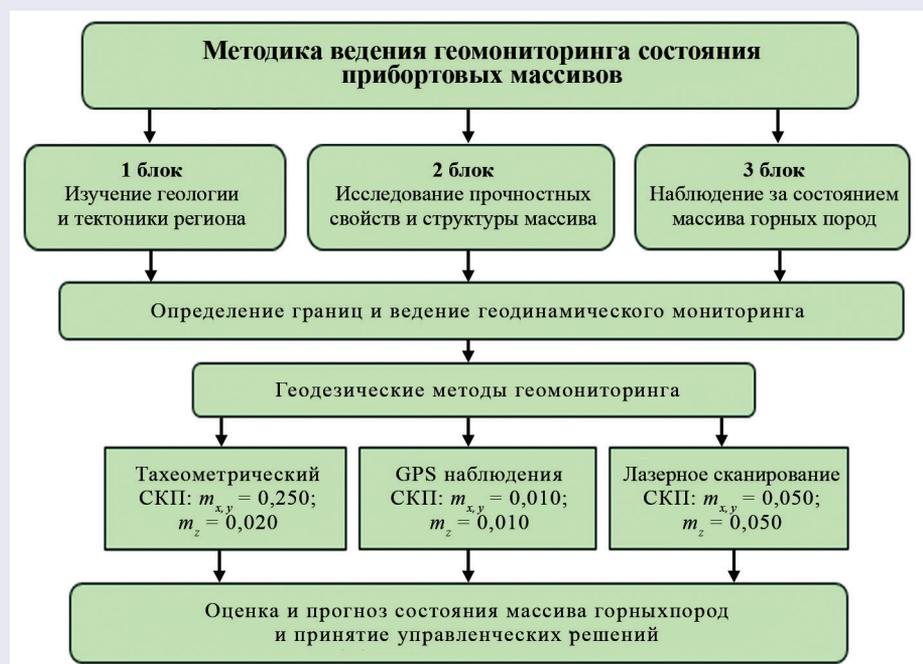


Рис. 2. Схема комплексной методики ведения геомониторинга.  
Сурет 2. Геомониторинг жүргізудің кешенді әдістемесінің схемасы.  
Figure 2. The scheme of the complex methodology of conducting geomonitoring.

<sup>2</sup>Bazaluk O., Rysbekov K., Nurpeisova M., Lozynskiy V., Kyrgyzbayeva G., Turumbetov T. Integrated monitoring for the rock mass state during large-scale subsoil development. / *Frontiers in Environmental Science*. Accepted paper [electronic resource]. – 2022. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fenvs.2022.852591/full>

для оценки геомеханической ситуации в районе разработки месторождения, но они не позволяют получить полную картину деформационных процессов во времени.

Для проведения геомониторинга состояния прибортовых массивов и получения надежных результатов предлагается комплексная методика, представленная на рис. 2.

Согласно 1 и 2 блокам рекомендуемой методики, детально изучаются инженерно-геологические и горно-технические условия разработки, структурно-тектонические особенности и физико-механические свойства горных пород месторождения.

### Результаты и их обсуждение

По рудному полю разведаны и утверждены запасы по категориям  $B + C_1 + C_2$  в количествах, позволяющих выдвинуть его в число крупных промышленных объектов. Структура рудного поля включает в себя равномерный красноцветный комплекс прослоев горных пород рудоносными отложениями горизонта Таскудук среднекаменноугольной свиты Таскудук и Серпуховского слоя нижнего карбона. В рудном поле выявлено 11 рудных залежей, в составе которых разведано 109 рудных тел. Наиболее крупные залежи приурочены к таскудукскому горизонту. Простираются их северо-восточное, протяженность до 3200 м, мощность от 0,5 м до 17 м, размер по падению до 1400 мм (рис. 3). Кроме того, они осложнены как дорудными, так и пострудными дизъюнктивными нарушениями, что в значительной степени затрудняет их разведку.

Согласно **третьему блоку рекомендуемой методики**, ведение наблюдений за состоянием массива горных пород при разработке месторождений полезных ископаемых, занимающих большую площадь, состоящих из нескольких залежей и залегающих в различных глубоких горизонтах, требует создания высокоточного геодезического обоснования. Классический вариант создания геодезических сетей на перечисленных месторождениях, является довольно трудоемким и финансово убыточным [7].

На основании проведенных исследований рекомендуем вместо построения сплошных линий нивелирования заложить локальные профильные линии и контрольные «кусты» геодезических и нивелирных пунктов для комплексного применения наземных и космических геодезических методов, тем самым повысится оперативность наблюдений, а капитальные затраты на их производство существенно снизятся.

Контрольные «кусты» или «узловые» ветви состоят из базовых (референционных), опорных

(исходных) и деформационных геодезических и нивелирных пунктов. Все узловые пункты расположены в соответствии с рудными жилами и привязаны к пунктам государственной геодезической сети.

**Сеть базовых (референционных)** пунктов предназначена для оценки геодинамического состояния территории месторождения в региональном масштабе и служит исходной геодезической основой для развития сети опорных (исходных) пунктов. В связи с этим базовые (референционные) пункты должны располагаться

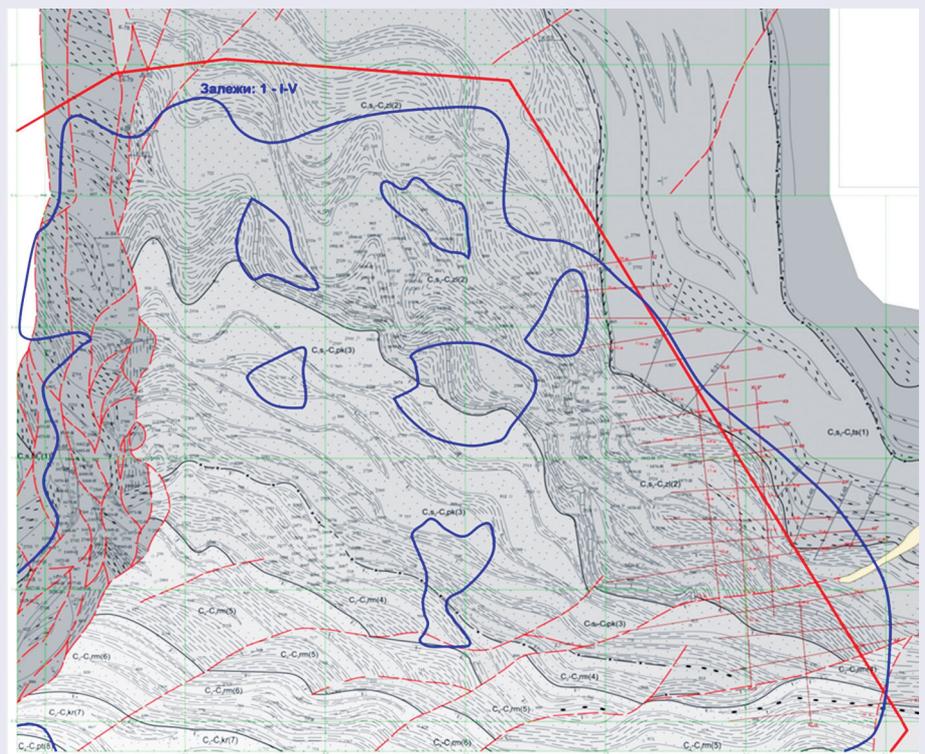


Рис. 3. Фрагмент геологической карты месторождения Восточная Сары-оба.

Сурет 3. Шығыс Сара-оба кен орнының геологиялық картасының үзіндісі.

Figure 3. Fragment of the geological map of the Vostochnaya Sary-oba deposit.



Рис. 4. Спутниковые измерения GPS-приемниками.  
Сурет 4. GPS қабылдағыштарымен спутниктік өлшеу.  
Figure 4. Satellite measurements by GPS receivers.

за границей месторождения и зоны влияния техногенных геомеханических процессов, обусловленных его разработкой, а также на удалении от зон тектонических разломов. Количество базовых пунктов определяется с учетом конфигурации контура залежей месторождения и должно быть не менее двух. Их координаты определяются относительно GNSS-станций, входящих в международную опорную геодезическую сеть [8].

**Сеть опорных (исходных) пунктов** является исходной геодезической основой для наблюдений за геомеханическими и современными геодинамическими процессами в зонах тектонических нарушений, а также для оценки геодинамического состояния территории месторождения. Авторы предлагают опорные (исходные) нивелирные пункты размещать вне контура добычи месторождения по вертикали в условиях, исключающих воздействие геомеханических процессов на их устойчивость. В качестве таких опорных (исходных) пунктов могут быть использованы существующие на месторождении разведочные скважины (ликвидированные или находящиеся в консервации), основание которых заглублено ниже отработываемых залежей.

**Сеть деформационных пунктов** предназначена для наблюдений за техногенными геомеханическими и современными геодинамическими процессами. Все эти работы осуществляются с использованием современных геодезических технологий. При этом высокая эффективность геодезических работ достигается только посредством спутниковых, электронных и лазерных технологий.

В практике мониторинга деформированного состояния земной поверхности при разработке

месторождений и подработке сооружений используются различные типы рабочих нивелирных реперов и опорных пунктов. Многолетние инструментальные наблюдения показали трудоемкость полевых работ, особенно перенос комплекта приборов (сам прибор, штатив, рейки) с одного пункта в другой. В этой связи для установки приборов и увеличения скорости измерительных операций нами разработан *постоянный пункт принудительного центрирования*, устанавливаемый в опорном пункте при ведении геомеханического мониторинга (рис. 4). Устройство относится к геодезическим центрам для установки новых приборов и сигналов.

**Цель изобретения** – повысить точность центрирования, оперативность измерений при отсутствии штативов в пунктах стояния и наблюдения; **преимущества**: простота и высокая точность установки геодезического оборудования и ориентирования (без штатива); пункт виден издалека и хорошо заметен для мониторинга больших площадей<sup>3</sup>.

При производстве полевых работ применялось три GPS-приемника швейцарской фирмы Leica GS16: 2 приемника и один приемник GPS1200. Измерения производились в 3 сеанса спутниковых наблюдений. Продолжительность каждого сеанса не менее 5 ч, при этом за начало отсчета сеанса наблюдений бралось время включения последнего GPS-приемника. После завершения полевых работ по спутниковым измерениям полученные сырые данные в камеральных условиях конвертировали в универсальный обменный формат Rinex. Камеральная пост-обработка сырых данных выполнялась в программном обеспечении Giodis фирмы Javad GNSS<sup>2</sup>.

### Заключение

1. На основе проведенного анализа отечественной и зарубежной научно-технической литературы, опыта работы в области изучения геомеханических и геодинамических процессов, а также средств наблюдений за деформациями разработана методика комплексного ведения геомониторинга с использованием современных высокоточных геодезических приборов.

2. Проанализирован современный подход к постановке и выполнению наблюдений за геодинамическими и геомеханическими процессами на месторождениях твердых полезных ископаемых. Обоснован новый «кустовой» метод построения систем геодезических наблюдений на геодинамическом полигоне, позволяющий расширить охват мониторинговым контролем проводимых сейсморазведочных работ, а также повысить оперативность наблюдений и снизить капитальные затраты на их добычу.

3. Разработана конструкция постоянного пункта принудительного центрирования для установки высокоточных приборов, позволяющего повысить производительность и точность наблюдений.

4. Проведен анализ современных геодезических методов, используемых при сейсморазведке месторождения в глубоком горизонте. Использование современных приборов и простейших GPS-приемников при проведении сейсморазведочных работ позволяют решить многие насущные проблемы в геодезическом обеспечении геофизических исследований. Контроллер как специальный компьютер может использоваться для решения нескольких конкретных задач, в зависимости от их сложности.

<sup>3</sup>Нурпеисова М., Рысбеков К., Айтказинова Ш., Доненбаева Н., Нукарбекова Ж., Дербисов К. Наземный постоянный геодезический пункт принудительного центрирования приборов. / Патент РК №2021/0160 от 11.03.2021.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Mora S., Keipi K. Управление рисками бедствий в проектах развития: модели и чек-листы. // Вестник инженерной геологии и окружающей среды. – 2006. – Вып. 65. – №2. – С. 155-165 (на английском языке)
2. Rákay Š., Zuzik J., Weiss G., Labant S. Съёмка труднодоступных скал и расчет объема твердых тел неправильной формы с помощью роботизированного тахеометра. // Acta Montanistica Slovaca. – 2013. – №18(3). – С. 164-171 (на английском языке)

3. Мельников Н.Н. Экологические проблемы XXI века и освоение недр. // Освоение недр и экологические проблемы XXI века». – М.: ИПКОН РАН, 2010. – С. 26-45 (на русском языке)
4. Козырев А.А., Панин В.И., Семенова И.Э. О геодинамической безопасности горных работ в удароопасных условиях на примере Хибинских апатитовых месторождений. // ФТПРПИ. – 2018. – №5. – С. 33-44 (на русском языке)
5. Михайлова Н.Н., Узбеков А.Н. Тектонические и техногенные землетрясения в Центральном Казахстане. // Известия НАН РК. Серия геологии и технических наук. – 2018. – №3. – С. 137-145 (на русском языке)
6. Сампаев К.И. Основные результаты комплексного геологического изучения и вопросы генезиса Джезказгана. // Геология рудных месторождений. – 1962. – №3. – С. 4-8 (на русском языке)
7. Nurpeisova M.B., Bitimbayev M.Zh., Rysbekov K. B., Shults R. Геодезическое обоснование Сарыаркинского меднорудного района. // Известия НАН РК. Серия геологии и технических наук. – 2020. – Вып. 6. – С. 194-202 (на английском языке)
8. Kuldeev E.I., Rysbekov K.B., Donenbayeva N.S., Mietenko N.A. Современные геотехнические методы – эффективный способ обеспечения промышленной безопасности в горнодобывающей промышленности. // Евразийская добыча полезных ископаемых. – 2021. – №2. – С. 61-66 (на английском языке)

#### ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Mora S., Keipi K. Даму жобаларындағы апат тәуекелдерін басқару: үлгілер мен бақылау парақтары. // Инженерлік геология және қоршаған орта жаршысы. – 2006. – Шығ. 65. – №2. – Б. 155-165 (ағылшын тілінде)
2. Rákay Š., Zuzik J., Weiss G., Labant S. Қол жетпейтін тау жыныстарының беткі қабаттарын түсіру және роботты жалпы станцияны қолдану арқылы дұрыс емес қатты денелердің көлемін есептеу. // Acta Montanistica Slovaca. – 2013. – №18(3). – Б. 164-171 (ағылшын тілінде)
3. Мельников Н.Н. XXI ғасырдағы экологиялық проблемалар және минералдық ресурстарды игеру. // XXI ғасырдағы жер қойнауын игеру және экологиялық проблемалар. – М.: Ресей ғылым академиясының жер қойнауын кешенді игеру проблемалары институты, 2010. – Б. 26-45 (орыс тілінде)
4. Козырев А.А., Панин В.И., Семенова И.Э. Хибин апатит кен орындары мысалында шок-қауіпті жағдайда тау-кен жұмыстарының геодинамикалық қауіпсіздігі туралы. // Тау-кен өндірісінің физикалық-техникалық мәселелері. – 2018. – №5. – Б. 33-44 (орыс тілінде)
5. Михайлова Н.Н., Узбеков А.Н. Орталық Қазақстандағы тектоникалық және техногендік жер сілкіністері. // Қазақстан Республикасы Ұлттық ғылым академиясының материалдары. Геология және инженерия сериясы. – 2018. – №3. – Б. 137-145 (орыс тілінде)
6. Сампаев К.И. Кешенді геологиялық зерттеудің негізгі нәтижелері және Жезқазған генезисінің мәселелері. // Кенді кен орындарының геологиясы. – 1962. – №3. – Б. 4-8 (орыс тілінде)
7. Nurpeisova M.B., Bitimbayev M.Zh., Rysbekov K.B., Shults R. Сарыарқа мыс кенді өңірінің геодезиялық негіздемесі. // Қазақстан Республикасы Ұлттық ғылым академиясының материалдары. Геология және инженерия сериясы. – 2020. – Шығ. 6. – Б. 194-202 (ағылшын тілінде)
8. Kuldeev E.I., Rysbekov K.B., Donenbayeva N.S., Mietenko N.A. Қазіргі геотехникалық әдістер – шахтадағы өнеркәсіптік қауіпсіздікті қамтамасыз етудің тиімді жолы. // Еуразиялық тау-кен. – 2021. – №2. – Б. 61-66 (ағылшын тілінде)

#### REFERENCES

1. Mora S., Keipi K. Disaster risk management in development projects: models and checklists. // Bulletin of engineering geology and the environment. – 2006. – Vol. 65. – №2. – P. 155-165 (in English)
2. Rákay Š., Zuzik J., Weiss G., Labant S. Surveying of inaccessible rock faces and volume calculation of the irregular solids using robotic total station. // Acta Montanistica Slovaca. – 2013. – №18(3). – P. 164-171 (in English)

3. Mel'nikov N.N. *E'kologicheskie problemy XXI veka i osvoenie neдр [Ecological problems of the XXIst century and the development of mineral resources]. // Osvoenie neдр i ekologicheskie problemy XXI veka = Development of mineral resources and environmental problems of the XXI century. – Moscow: IPKON RAN = Institute for Problems of Comprehensive Development of the Subsoil of the Russian Academy of Sciences, 2010. – P. 26-45 (in Russian)*
4. Kozыrev A.A., Panin V.I., Semenova I.E. *O geodinamicheskoy bezopasnosti gornыx работ v udaroopasnyx usloviyax na primere Xibinskiх apatitovyх mestorozhdenij [About the geodynamic safety of mining operations in shock-hazardous conditions on the example of the Khibiny apatite deposits]. // FTPRPI = Physical and technical problems of mining. – 2018. – №5. – P. 33-44 (in Russian)*
5. Mihailova N.N., Uzbekov A.N. *Tektonicheskie i texnogennыe zemletryaseniya v Central'nom Kazaxstane [Tectonic and technogenic earthquakes in Central Kazakhstan]. // Seriya geologii i texnicheskix nauk = News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technical Sciences. – 2018. – №3. – P. 137-145 (in Russian)*
6. Satpaev K.I. *Osnovnyе rezul'taty kompleksnogo geologicheskogo izucheniya i voprosy genezisa Dzhezkazgana [The main results of a comprehensive geological study and questions of the genesis of Dzhezkazgan]. // Geologiya rudnyх mestorozhdenij = Geology of ore deposits. – 1962. – №3. – P. 4-8 (in Russian)*
7. Nurpeisova M.B., Bitimbayev M.Zh., Rysbekov K. B., Shults R. *Geodetic substantiation of the Saryarka copper ore region. // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technical Sciences. – 2020. – Vol. 6. – P. 194-202 (in English)*
8. Kuldeev E.I., Rysbekov K.B., Donenbayeva N.S., Mietenko N.A. *Modern methods of geotechnic – effective way of providing industrial safety in mine. // Eurasian mining. – 2021. – №2. – P. 61-66 (in English)*

#### Сведения об авторах:

**Рысбеков К.Б.**, канд. техн. наук, директор Горно-металлургического института им. О.А. Байконурова Satbayev University (г. Алматы, Казахстан), [k.rysbekov@satbayev.university](mailto:k.rysbekov@satbayev.university); <https://orcid.org/0000-0003-3959-550X>

**Нурпейсова М.Б.**, д-р техн. наук, профессор кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия» Горно-металлургического института им. О.А. Байконурова Satbayev University (г. Алматы, Казахстан), [m.nurpeissova@satbayev.university](mailto:m.nurpeissova@satbayev.university); <https://orcid.org/0000-0002-3956-5442>

**Касымканова Х.-К.М.**, д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия» Горно-металлургического института им. О.А. Байконурова Satbayev University (г. Алматы, Казахстан), [k.kassymkanova@satbayev.university](mailto:k.kassymkanova@satbayev.university); <https://orcid.org/0000-0002-9590-2079>

**Кыргызбаева Г.М.**, канд. техн. наук, ассоциированный профессор, доцент кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия» Горно-металлургического института им. О.А. Байконурова Satbayev University (г. Алматы, Казахстан), [g.kyrgyzbayeva@satbayev.university](mailto:g.kyrgyzbayeva@satbayev.university); <https://orcid.org/0000-0002-4869-0587>

#### Авторлар туралы мәлімет:

**Рысбеков Қ.Б.**, техника ғылымдарының кандидаты, Satbayev University, О.А. Байқоңыров атындағы Тау-кен металлургия институтының директоры (Алматы қ., Қазақстан)

**Нұрпейісова М.Б.**, техника ғылымдарының докторы, Satbayev University, О.А. Байқоңыров атындағы Тау-кен металлургия институты, «Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасының профессоры (Алматы қ., Қазақстан)

**Қасымқанова Х.-К.М.**, техника ғылымдарының докторы, Satbayev University, О.А. Байқоңыров атындағы Тау-кен металлургия институты, «Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасының профессоры (Алматы қ., Қазақстан)

**Қырғызбаева Гүлдана Мейрамбекқызы**, техника ғылымдарының кандидаты, Satbayev University, О.А. Байқоңыров атындағы Тау-кен металлургия институты, «Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасының доценті (Алматы қ., Қазақстан)

#### Information about the authors:

**Rysbekov K.B.**, Candidate of Technical Sciences, Director of the Mining and Metallurgical Institute named after O.A. Baikonurov of the Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

**Nurpeisova M.B.**, Doctor of Technical Sciences, Professor at the Department of Mine Surveying and Geodesy of the Mining and Metallurgical Institute named after O.A. Baikonurov of the Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

**Kassymkanova Kh.-K.M.**, Doctor of Technical Sciences, Docent, Professor at the Department of Mine Surveying and Geodesy of the Mining and Metallurgical Institute named after O.A. Baikonurov of the Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

**Kyrgyzbayeva G.M.**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Mine Surveying and Geodesy of the Mining and Metallurgical Institute named after O.A. Baikonurov of the Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

*Исследование выполнено при финансовой поддержке Комитета науки МОН РК (Грант №АР14871828).*