

Г. Мейрамбек<sup>1\*</sup> , К.Б. Рысбеков<sup>1</sup> , М.Б. Нурпеисова<sup>1</sup> ,  
С.Т. Солтабаева<sup>1</sup> , Е. Тлеубекұлы<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>Казахский национальный исследовательский технический университет  
имени К.И. Сатпаева, Алматы, Казахстан

<sup>2</sup>Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан  
\*e-mail: g.meirambek@satbayev.university

## МОНИТОРИГ ГЕОДИНАМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЖИЛАНДИНСКИХ ГРУП МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Рассмотрены особенности проявления геомеханических процессов и пути их решения на Жиландинских группах месторождений Улутауской области Казахстана. Для надежного прогнозирования и предотвращения опасных геомеханических явлений в районе Жиландинского рудного поля создан геодинамический полигон, в состав которого входят современные измерительные комплексы. С применением современных средств геодинамического полигона выявлены важные закономерности поведения удароопасного массива горных пород и обоснован показатель оценки его состояния. В результате проведенных НИР созданы и внедрены в производство: геодинамический полигон (ГДП) района; разработанные конструкции постоянных (наземных и подземных) пунктов принудительного центрирования (ППЦ), позволяющие повысить производительность и точность наблюдений; способ укрепления стационарных карьерных откосов прогнозирования напряженно-деформированного состояния (НДС) массива; состав укрепляющего раствора из отходов горного производства для повышения устойчивости нарушенных участков уступов карьера.

Новизна разработанных способов и средств подтверждены Патентами РК на изобретение. В условиях проявления сложных геодинамических процессов, требуется дальнейшее развитие методов и средств геодинамического полигона Жиландинского рудного поля, разработки инновационных методов и средств мониторинга на участках, в которых прогнозируются опасные геодинамические проявления и обоснование их надежных предвестников.

**Ключевые слова:** техногенная сейсмичность, геодинамика, тектоническая структура, напряженно-деформированное состояние, массив горных пород, геомеханический мониторинг, геодинамический полигон.

G. Meirambek<sup>1\*</sup>, K. Rysbekov<sup>1</sup>, M. Nurpeissova<sup>1</sup>,  
S.T. Soltabayeva<sup>1</sup>, E. Tleubekuly<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satpayev, Almaty, Kazakhstan

<sup>2</sup>Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

\*e-mail: g.meirambek@satbayev.university

### Monitoring of the geodynamic state of the zhylandy group of deposits

The features of the manifestation of geomechanical processes and ways to solve them at the mines of the Zhilandinsky ore field in the Ulatau region of Kazakhstan are considered. For reliable forecasting and prevention of dangerous geomechanical phenomena in the Zhilandinsk ore field area, a geodynamic polygon has been created, which includes modern measuring complexes. Using the means of a geodynamic polygon, important patterns of behavior of an impact-prone rock mass have been identified and an indicator for assessing its condition has been substantiated. As a result of conducted research, following were created and introduced into production: geodynamic polygon (GDP) of the region; developed designs of permanent (above-ground and underground) forced centering points (FCP), allowing to increase productivity and accuracy of observations; method for strengthening stationary quarry slopes for predicting the stress-strain state (SSS) of the mass; composition of strengthening solution from mining waste to increase stability of disturbed sections of quarry benches. Novelty of developed methods and means is confirmed by the Patents of the Republic of Kazakhstan for invention. In the context of complex geodynamic processes, further development of methods and tools for the geodynamic testing area of the Zhilandinsky ore field is required, as well as the development of innovative methods and tools for monitoring areas where dangerous geodynamic manifestations are predicted and the substantiation of their reliable precursors.

In conditions of man-made seismicity with increasing complexity of geomechanical and hydrological conditions for mining deposits, further development of methods and tools for the geodynamic landfill of the Zhilandinsky ore field, development of innovative methods and monitoring tools in areas where dangerous geodynamic manifestations are predicted and substantiation of their reliable precursors is required.

**Keywords:** technogenic seismicity, geodynamics, tectonic structure, stress-strain state, rock mass, geomechanical monitoring, geodynamic polygon.

Г. Мейрамбек<sup>1\*</sup>, Қ.Б. Рысбеков<sup>1</sup>, М.Б. Нұрпейісова<sup>1</sup>,  
С.Т. Солтабаева<sup>1</sup>, Е. Тлеубекұлы<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті, Алматы, Қазақстан

<sup>2</sup>Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

\*e-mail: g.meiramбек@satbayev.university

### **Жыланды кен орындары тобының геодинамикалық жай-күйін мониторингтеу**

Қазақстанның Ұлытау облысындағы Жыланды кен орнының кеніштерінде геомеханикалық процестердің көріну ерекшеліктері және оларды шешу жолдары қарастырылған. Жыланды кен орны аумағында қауіпті геомеханикалық құбылыстарды сенімді болжау және алдын алу үшін геодинамикалық полигон құрылды, оның құрамына заманауи өлшеу кешендері кіреді.

Геодинамикалық полигонның заманауи жабдықтарының көмегімен кен соққыға бейім тау жыныстарының массивінің маңызды сипаттамаларының заңдылықтары анықталды және оның жай-күйін бағалау көрсеткіші негізделді. Жүргізілген ҒЗЖ нәтижесінде мыналар құрылды және өндіріске енгізілді: ауданның геодинамикалық полигоны (ГДП); бақылаулардың өнімділігі мен дәлдігін арттыруға мүмкіндік беретін мәжбүрлеп орталықтандырудың (ППЦ) тұрақты (жер үсті және жерасты) пункттерінің әзірленген конструкциялары; массивтің кернеулі-деформацияланған жай-күйін (ҚҚС) болжаудың стационарлық карьерлік беткейлерін нығайту тәсілі; қалдықтардан қатайтатын ерітіндінің құрамы карьердің бұзылған учаскелерінің тұрақтылығын арттыру үшін тау-кен өндірісі. Әзірленген тәсілдер мен құралдардың жаңалығы өнертабысқа ҚР патенттерімен расталды.

Тау-кен жұмыстарының геодинамикалық жағдайы күрделене түскен. Жыланды кен орнының геодинамикалық полигонының әдістері мен құралдарын одан әрі дамыту, қауіпті геодинамикалық көріністер болжанатын жерлерде инновациялық әдістер мен бақылау құралдарын жасау, олардың сенімді болжамдарын негіздеу қажет.

**Түйін сөздер:** техногендік сейсмика, геодинамика, тектоникалық құрылым, кернеулі-деформациялық күй, тау жыныстарының массиві, геомеханикалық мониторинг, геодинамикалық полигон.

## **Введение**

Геодинамические процессы – это актуальная проблема, имеющая место при ведении крупномасштабных горных работ в сложноструктурном массиве горных пород, которая может повлечь за собой не только катастрофические технико-экономические последствия, в том числе техногенные землетрясения, горные удары, оползни, но иногда приводит к человеческим жертвам, на что указывают материалы Международного симпозиума по горным ударам и шахтной сейсмичности в рудниках (John, 2012; Мельников, 2010)] и управлению этими процессами повсеместно уделяется большое внимание, о чем свидетельствует возросшее число публикаций на эту тему (Трубецкой, 2020; Mikhailova, Uzbekov, 2018).

Геодинамическое обеспечение, сопровождающее разработку месторождений твердых полезных ископаемых, как правило, базируется на инженерных подходах, адаптированных к конкретным горно-геологическим условиям. Однако при этом не учитываются особенности строения подработанных толщ, физико-механических свойств пород и геологической среды, что сказывается на достоверности геомеханических оценок реальных горнотехнических ситуаций. Учет перечисленные факторы в расчетах возможно за счет введения и анализа результатов мониторинга недр.

Крупномасштабная и интенсивная техногенная деятельность, к которой относится выемка и перемещение больших объемов горных пород при разработке месторождений твердых полезных ископаемых, оказывает значительное влия-

яние на естественное напряженно-деформированное состояние верхней части земной коры и часто приводит к активизации геодинамических процессов в этих районах. Проявлением геодинамической активизации являются горные удары, техногенная сейсмичность, а также другие опасные геодинамические явления, прогнозирование которых представляет собой актуальную и одновременно весьма сложную проблему.

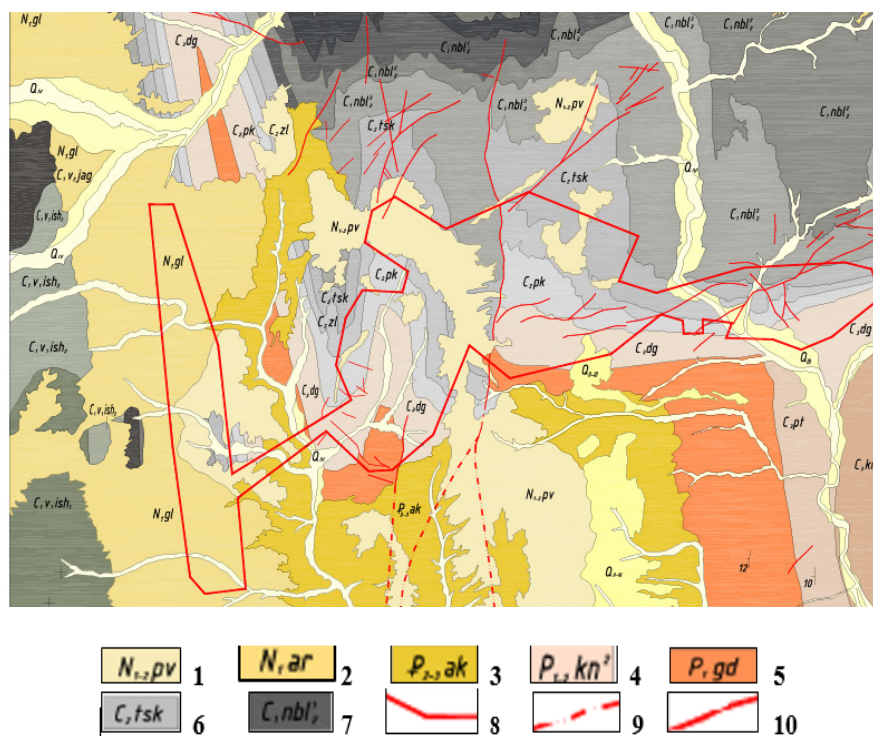
Объектом исследования является международные месторождения Жиландинского рудого поля в Центральном Казахстане. Поскольку разведанные запасы медной руды Жезказганского месторождения постепенно дорабатываются, на современном этапе сложилась необходимость выявления запасов руды для продления жизни этого месторождения еще на 40-50 лет, а также разработки новых месторождений вблизи горо-

дов Жезказгана и Сатпаева. В настоящее время создаются условия для расширения минерально-сырьевой базы Центрального Казахстана. Это месторождения: Восточная и Западная Сарыюба, Кипшакпай, Карашошак, Итауз, разрабатываемые Жиландинским рудником.

Мощность промышленных руд для всех месторождений Жиландинской группы колеблется от 0,1 до 20м. Размеры рудных тел колеблются в пределах от 200x100м до 3200x1400м (месторождение Западная Сарыюба) и 3000x750м (месторождение Итауз). 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 до 17 м, размер по падению до 1400 м (рис.1).

**Рисунок 1**

*Геолого-структурная карта Жиландинских групп месторождений*



Условные обозначения: 1 – галечники, суглинки, глины; 2 – серые и бурые гипосные глины; 3 – слабоцементированные песчаники, железистые конгломераты, 4 – серые известняки, мергели, 5 – яркокрасные бурые известняки, мергели, 6 – бурые аргилиты, алевролиты, мелкозернистые песчаники, 7 – серые и буровато-серые песчаники, алевролиты и аргилиты, 8 – граница горного отвода Жиландинской группы месторождений, 9 – тектонические разломы, установленные по геофизическим данным, 10 – зона мелких разрывных нарушений.

Примечание: составлено автором.

Массив горных пород осложнены тектоническими нарушениями, породными контактами, и содержащего горные выработки различных форм и размеров, которые в значительной степени затрудняет их разработку (Nurpeissova и др., 2020; Bazaluk и др., 2022).

На этой основе поставлена цель, обоснована идея и сформулирована структура создания геодинамического полигона, в состав которого входят современные измерительные комплексы для ведения многоуровневой системы мониторинга и моделирования напряженно-деформированного состояния массива горных пород в Центральном Казахстане.

**Методы и средства мониторинга.** Сложные горно-геологические условия разработки Жиландинских групп месторождений обусловили необходимость решения проблем предотвращения сложных геодинамических процессов. В связи с этим кафедрой Маркшейдерского дела и геодезии Satbayev Universiy проводились и проводятся в настоящее время комплексные исследования геодинамических процессов, учет которой позволяет точнее оценивать характер и параметры поля тектонических напряжений, особенно в районе интенсивного ведения горных работ с применением современных приборов, а также разработанных авторами средств наблюдений.

Однако этот тектонически-активный район Центрального Казахстана до сих пор является недостаточно изученным. Для этой территории необходимы комплексные исследования по изучению геодинамической и сейсмической обстановки, учет которой позволяет точнее оценивать характер и параметры поля тектонических напряжений, особенно в районе интенсивного ведения горных работ и принятия обоснованных мер по снижению геодинамического риска. Эффективными инструментами для понимания разномасштабных природных и техногенных процессов и последующего построения адекватных моделей долгосрочного прогнозирования состояния геологической среды являются геодинамические полигоны, представляющие собой специальным образом выбранные территории, в пределах которых проводится комплекс регулярных геодезических, спутниковых, сейсмических, геофизических, геологических и целый ряд других наблюдений, нацеленных на отслеживание деформационных процессов в верхней части земной коры.

## Результаты

Выполняемые на Жиландинских месторождения, геомеханические исследования с применением средств геодинамического полигона показали свою эффективность.

Результаты исследования физико-механических свойств (ФМС) пород массива позволили установить графоаналитические зависимости прочностных свойств пород массива с глубиной их залегания и оперативно вносить изменения в погоризонтные расчеты устойчивости горных выработок [7]. На основе проведенных исследований получены количественные и качественные характеристик свойств пород месторождений Центрального Казахстана. Эти характеристики будут использованы при решении ряда технических задач на карьерах и подземных рудниках: при оценке устойчивости уступов и бортов карьеров: расчетных целиков и предельных потолочин, для обобщения результатов инструментальных наблюдений и уяснения физической стороны процесса сдвижения.

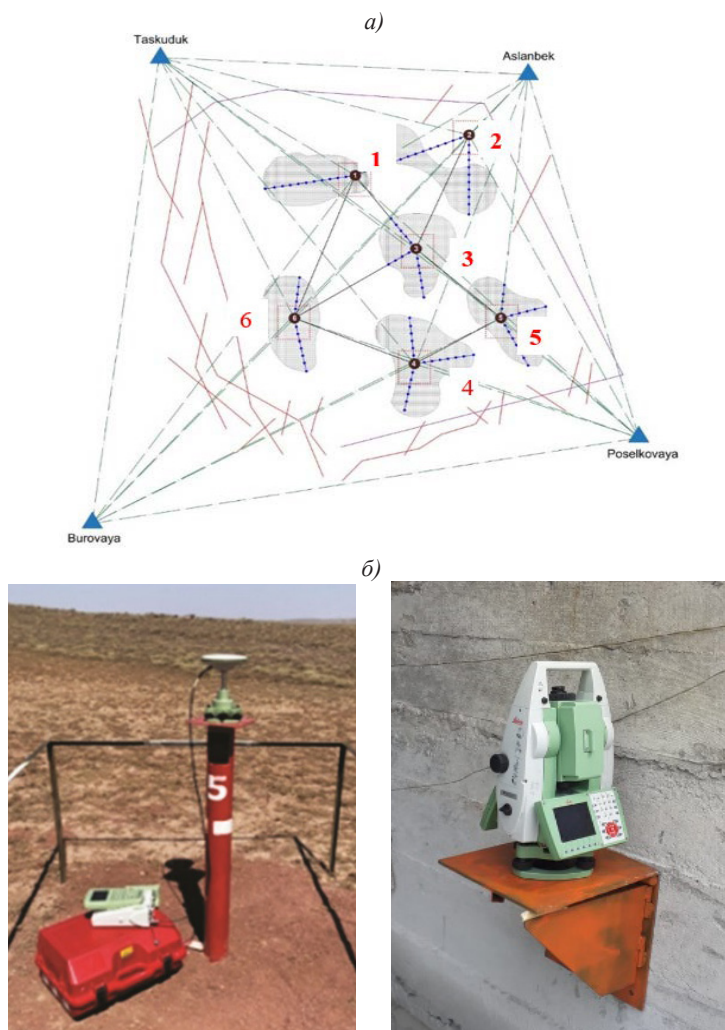
Важнейшей геомеханической характеристикой массива горных пород является его напряженно-деформационное состояние (НДС). К настоящему времени выработаны различные методы и способы контроля НДС породного массива. Для изучения НДС массива горных пород Satbayev Universiy разработан «Сейсмоакустический метод прогнозирования НДС массива горных пород и внедрен в производство (Патент RZ35898-Б, 2024; Saik и др., 2023).

Ведение мониторинга за состоянием массива горных пород при разработке месторождений, занимающих большую площадь, состоящих из нескольких залежей и залегающих в различных глубоких горизонтах, требует создания *геодинамического полигона* (ГДП). Для более детального, а с экономической точки зрения выгодного изучения геодинамических процессов при разработке месторождений в Центральном Казахстане, рудные жилы которых залегают на значительных глубинах и разбросаны по полю, геомеханической школой Satbayev University предложен и осуществлен новый подход к созданию ГДП. Созданы «узловые» ветви, состоящие из *опорных пунктов и деформационных нивелирных* реперов (Новый подход. 2021; Nurpeissova и др., 2023). Все узловые пункты ГДП расположены в соответствии рудным жилам и привязаны к пунктам триангуляции Государственной гео-

дезической сети (рис.2,а). Усовершенствована конструкция опорных пунктов ГДП и подземных наблюдательных станций (рис.2,б). Техническим результатом изобретения постоянного геодезического пункта принудительного цент-

рирования (ППЦ) является повышение точности и оперативности измерения при отсутствии штативов в пунктах стояния для наблюдения (Патент RZ35798. 2022; Патент KZ35900-В., 2024).

**Рисунок 2**  
Триангуляции Государственной геодезической сети



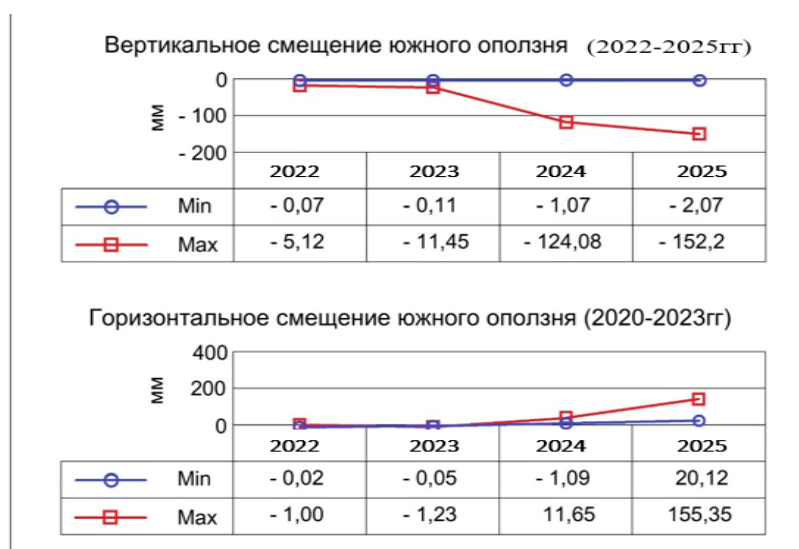
*а – схема расположения опорных пунктов на геодинамическом полигоне  
б – конструкции наземных и подземных пунктов принудительного центрирования  
Примечание: составлено автором.*

Масштабы влияния карьеров, их отвалов, подземной добычи таковы, что их воздействие накладывает друг на друга, создавая сложные закономерности формирования вторичного поля напряжений. Один из аспектов этого явления – вертикальные перемещения массива горных пород (рис.3, а). Поэтому сложившиеся в данном районе масштабы производства

требуют углубленного изучения и контроля за происходящими процессами во избежание неконтролируемых катастрофических проявлений геомеханических процессов. Результаты мониторинга оползневых участков карьера с 2022 по 2025 годы и установленные величины смещения в пространстве времени приведены на рис.3,б

**Рисунок 3**

Оползни на южном борту карьера Восточная Сарыюба (а) и диаграммы смещения южного оползня с 2022 по 2025 гг(б)



Примечание: составлено автором.

Выполняемые на месторождениях геомеханические исследования с применением средств геодинамического полигона АРЗ показали свою эффективность. По результатам комплексного геодинамического мониторинга в рудничной зоне за благоприятно выделяются потенциально опасные участки, в пределах которых после дополнительной оценки методами многоканального контроля состояния массива горных пород выполняют необходимые мероприятия по укреплению массива. Поскольку конечной целью для всех геомеханических исследований является обеспечение промышленной безопасности, то для предотвращения дальнейшего оползня борта месторождения «Карьерное» нами был разработан способ укрепления карьерных откосов, техническая новизна которого подтвержден патентом РК (Патент К336246-Б. 2024; Патент РК № 840, 2023).

#### **Перспективы развития комплексного геодинамического мониторинга**

Мировая горная практика свидетельствует, что увеличение водопритока в отработанное пространство приводит к снижению трения по границам тектонических блоков, способствуя внезапным подвижкам с выделением значительной энергии и проявлению техногенной сейс-

мичности (рис. 4). В таких условиях требуется дальнейшее развитие методов и средств геодинамического полигона, установка дополнительных элементов многоуровневой системы геотехнического мониторинга на участках, на которых прогнозируются опасные геодинамические проявления и обоснование их надежных предвестников

**Рисунок 4.**

Комплексный мониторинг на территории Жиландинских групп месторождений и интерпретация его результатов



Примечание: составлено автором.

Для этого необходимо проведение специальных исследований по совершенствованию методической и технической базы ГДП, с целью определения областей первоочередного контроля и обоснования региональных мер по управлению горным давлением (Rysbekov и др. 2024; Saik и др., 2024).

### Выводы

Комплексный мониторинг на территории Жиландинских групп месторождений и интерпретация его результатов, полученных за период 2021-2025 гг., позволил сформулировать следующие выводы:

1. Для обеспечения промышленной и экологической безопасности освоения недр проводится комплексный мониторинг состояния месторождения АРЗ и внедрены в производство:

- многоуровневая система комплексного геодинамического полигона: в состав которой входит ряд взаимодополняемых методов и технических средств, обеспечивающих эффективную регистрацию и углубленный анализ широкого спектра изменяющихся в пространстве и во времени параметров геопроцессов

- база геопространственных данных о месторождениях АРЗ, изучены ФМС и НДС массива горных пород нижних горизонтов рудника для создания трехмерных моделей горно-геологических объектов с учетом изменения их в процессе освоения недр;

- созданный для региона «локальный» метод геодинамического полигона;

- разработанные конструкции постоянного наземного и подземного пунктов принудительного центрирования (НППЦ и ППЦП), позволяющие повысить производительность и точность наблюдений;

- состав укрепляющего раствора из отходов горного производства для повышения устойчивости нарушенных участков уступов карьера.

Новизна разработанных способов и средств подтверждены Патентами РК на изобретение,

входящими в международную базу патентов Derwent.

2. Результаты мониторинга позволили сделать вывод, что в настоящее время разработка месторождения различными способами существенно не изменяет сложившееся природно-техногенное и геодинамическое состояние недр. Зарегистрированные незначительные смещения приурочены к тектоническим нарушениям. В таких условиях требуется дальнейшее развитие методов и средств геодинамического полигона, установка дополнительных средств системы геомониторинга ослабленных участках карьеров и обоснование их надежных предвестников. Для этого необходимо проведение специальных исследований по совершенствованию методической и технической базы геодинамического полигона.

### Финансирование

Настоящее исследование выполнено в рамках грантового финансирования Комитетом науки Министерства науки и высшего образования РК АР23489269 «Геотехническое мониторинг геодинамического состояния геологической среды массива горных пород при освоении

### Вклад авторов:

Концептуализация – Г.Мейрамбек и К.Б. Рысбеков; Методология – М.Б.Нурпеисова; Программное обеспечение – Е.Тлеубекұлы; Валидация – Г.Мейрамбек и К.Б.Рысбеков; Формальный анализ – Ормамбекова А.Е.; Исследование – С.Т.Солтабаева; Ресурсы – С.Т.Солтабаева; Курирование данных – Г.Мейрамбек; Написание – подготовка первоначального варианта – С.Т.Солтабаева; Написание – рецензирование и редактирование – Нурпеисова Т.Б.; Визуализация – Е.Тлеубекұлы; Научное руководство – К.Б.Рысбеков; Администрирование проекта – К.Б.Рысбеков; Привлечение финансирования – Г.Мейрамбек

### Литература

Bazaluk, O., Rysbekov, K., Nurpeissova, M., Lozynski, V., Kyrgisbayeva, G., & Turumbetov, T. (2022). Integrated monitoring for the rock mass state during large-scale subsoil development. *Frontiers in Environmental Science*. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fenvs.2022.852591/full>

Simmons, J. V. (2012). Geotechnical risk management in open pit coal mines. *Australian Centre for Geomechanics Newsletter*, (22), 1–4.

- Нурпеисова, М. Б., Кыргызбаева, Г. М., & Нукарбекова, Ж. М. (2025). Инновационные способы диагностики трещиноватости горных пород (Свидетельство о регистрации авторского права № 62699).
- Мельников, Н. Н. (2010). Экологические проблемы XXI века и освоение недр. В *Освоение недр и экологические проблемы: взгляд в XXI век* (с. 26–45). ИПКОН РАН.
- Mikhailova, N. N., & Uzbekov, A. N. (2018). Tectonic and man-made earthquakes in Central Kazakhstan. *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technical Sciences*, (3), 137–145.
- Кыргызбаева, Г. М., Нурпеисова, М. Б., Исагазы, М. Д., & Турумбетов, Т. А. (2021). Новый подход к созданию ГДП (Свидетельство о регистрации авторского права № 203602).
- Nurpeissova, M. B., Bitimbayev, M. Zh., Rysbekov, K. B., & Schultz, R. (2020). 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*, 6, 194–202. <https://doi.org/10.32014/2020.2518-170X.147>
- Nurpeissova, M. B., Rysbekov, K. B., Kasymkhanova, Kh. M., Kyrgyzbayeva, G. M., & Soltabayeva, S. T. (2023). Comprehensive monitoring of geodynamic polygon of deposits in Central Kazakhstan. В *Proceedings of the 18th International Congress for Mine Surveying* (pp. 11–19).
- Нурпеисова, М. Б., Битимбаев, М. Ж., Рысбеков, К. Б., & Кыргызбаева, Г. М. (2024). Сейсмоакустический способ прогнозирования НДС массива (Патент RZ35898-B).
- Нурпеисова, М. Б., Рысбеков, К. Б., Айтказинова, Ш. К., Доненбаева, Н. С., Нукарбекова, Ж. М., & Дербисов, К. Н. (2022). Наземный постоянный геодезический пункт принудительного центрирования приборов (Патент RZ35798).
- Айтказинова, Ш. К., Нурпеисова, М. Б., Нукарбекова, Ж. М., & Дербисов, К. Н. (2024). Подземный пункт принудительного центрирования приборов (Патент KZ35900-B).
- Бек, А. А., Доненбаева, Н. С., Нурпеисова, М. Б., Айтказинова, Ш. К., Нукарбекова, Ж. М., & Дербисов, К. Н. (2024). Способ укрепления откосов карьера (Патент KZ36246-B).
- Рысбеков, К. Б., Нурпеисова, М. Б., Касымканова, Х. М., Кыргызбаева, Г. М., & Солтабаева, С. Т. (2023). Способ укрепления стационарных карьерных откосов (Патент РК № 840).
- Rysbekov, K. B., Kyrgyzbayeva, D. M., Miletenko, N. A., & Kuandykov, T. A. (2024). Comprehensive monitoring of the Zhilandi fields group territory. *Eurasian Mining*, 1, 3–7.
- Saik, P., Cherniaiev, O., Anisimov, O., & Rysbekov, K. (2023). Substantiation of the direction for mining operations under shear processes caused by hydrostatic pressure. *Sustainability*, 15(22), 15690. <https://doi.org/10.3390/su152215690>
- Saik, P., Rysbekov, K., Kassymkanova, K., Lozynskiy, V., Kyrgyzbayeva, G., Moldabayev, S., Babets, D., & Salkynov, A. (2024). Investigation of the rock mass state in the near-wall part of the quarry and its stability management. *Frontiers in Earth Science*, 12, 1395418. <https://doi.org/10.3389/feart.2024.1395418>
- Сашурин, А. Д., & Панжин, А. А. (2005). Диагностика геомеханического состояния массива горных пород геодезическими методами. В *Проблемы геотехнологии и недроведения* (с. 170–178).
- Трубецкой, К. Н. (2020). Состояние и основные направления комплексного освоения и сохранения ресурсов недр. В *Проблемы и перспективы комплексного освоения и сохранения недр* (с. 5–11). ИПКОН РАН.

## References

- 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*. 2022. Accepted paper [electronic resource]. Available at: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fenvs.2022.852591/full>
- Simmons J.V. Geotechnical risk management in open pit coal mines. *Australian Centre for Geomechanics Newsletter*. 2012, No. 22, pp. 1–4.
- Nurpeisova M.B., Kyrgyzbayeva G.M., Nukarbekova Zh.M. Innovative methods for diagnosing rock fracturing. Certificate of entry into the State Register of Copyright Objects No. 62699 dated 06.12.2025.
- Melnikov N.N. Environmental problems of the 21st century and subsoil development. In: *Subsoil Development and Environmental Problems: A View into the 21st Century*. Moscow: IPKON RAS, 2010, pp. 26–45.
- Mikhailova N.N., Uzbekov A.N. Tectonic and man-made earthquakes in Central Kazakhstan. *News of NAS RK. Series of Geology and Technical Sciences*. 2018, No. 3, pp. 137–145.
- Kyrgyzbayeva G.M., Nurpeisova M.B., Isagazy M.D., Turumbetov T.A. A new approach to the creation of a geodynamic polygon. Certificate of entry into the State Register of Copyright Objects No. 203602 dated 17.09.2021.
- Nurpeissova M.B., Bitimbayev M.Zh., Rysbekov K.V., 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, pp. 194–202. <https://doi.org/10.32014/2020.2518-170X.147>
- Nurpeissova M.B., Rysbekov K.B., Kasymkhanova Kh.M., Kirgizbayeva G.M., Soltabayeva S.T. Comprehensive monitoring of the geodynamic polygon of deposits in Central Kazakhstan. In: *Proceedings of the 18th International Congress for Mine Surveying*, Xuzhou, China, October 24–29, 2023, pp. 11–19.
- Patent RZ35898-B. Seismoacoustic method for forecasting the stress-strain state of rock mass. Inventors: Nurpeisova M.B. et al. Assignee: Univ. Kaza Nat Res Tech. Derwent Reg. No. 2024-B08861.
- Patent RZ35798. Surface permanent geodetic forced-centering station. Inventors: Nurpeisova M.B. et al. Assignee: Univ. Kaza Nat Res Tech. Derwent Reg. No. 2022-C4343S.

Patent KZ35900-B. Underground forced-centering station. Inventors: Aitkazinova Sh.K. et al. Assignee: Univ. Kaza Nat Res Tech. Derwent Reg. No. 2024-B08862.

Patent KZ36246-B. Method for strengthening quarry slopes. Inventors: Bek A.A. et al. Assignee: Univ. Kaza Nat Res Tech. Derwent Reg. No. 2024-C48648.

Patent of the Republic of Kazakhstan No. 840 dated 08.09.2023. Method for strengthening stationary quarry slopes. Authors: Rysbekov K.B. et al.

Rysbekov K.B., Kyrgyzbayeva D.M., Miletchenko N.A., Kuandykov T.A. Comprehensive monitoring of the territory of the Zhilandi field groups. *Eurasian Mining*. 2024, Vol. 1, pp. 3–7.

Saik P., Cherniaev O., Anisimov O., Rysbekov K. Substantiation of the direction for mining operations developing under conditions of shear processes caused by hydrostatic pressure. *Sustainability*. 2023, 15(22), 15690. doi:10.3390/su152215690.

Saik P., Rysbekov K., Kassymkanova K., Lozynskiy V., Kyrgyzbayeva G., Moldabayev S., Babets D., Salkynov A. Investigation of the rock mass state in the near-wall part of the quarry and its stability management. *Frontiers in Earth Science*. 2024, 12:1395418. doi:10.3389/feart.2024.1395418.

Sashurin A.D., Panzhin A.A. Diagnostics of the geomechanical state of rock mass by geodetic methods. In: *Problems of Geotechnology and Subsoil Use*. Ekaterinburg: IGD UB RAS, 2005, pp. 170-178.

Trubetskoy K.N. State and main directions of integrated development and conservation of subsoil resources. In: *Proceedings of the IV Conference of the International Scientific School of Acad. RAS K.N. Trubetskoy*. Moscow: IPKON RAS, 2020, pp. 5-11.

#### **Сведения об авторах:**

Г. Мейрамбек – к. т. н., профессор, зав. кафедрой маркшейдерского дела и геодезии Казахского национального технического университета им. К.И. Сатпаева (Алматы, Казахстан, e-mail: g.meirambek@satbayev.university).

К.Б. Рысбеков – к. т. н., профессор, директор горно-металлургического института Казахского национального технического университета им. К.И. Сатпаева (Алматы, Казахстан).

М.Б. Нурпейсова – д. т. н., проф. кафедры маркшейдерского дела и геодезии Казахского национального технического университета им. К.И. Сатпаева (Алматы, Казахстан, e-mail: marzhan-nurpeissova@ramdler.ru).

С.Т. Солтабаева – к. т. н., профессор кафедры маркшейдерского дела и геодезии Казахского национального технического университета имени К.И. Сатпаева (Алматы, Казахстан).

Тлеубекұлы Еркебулан – докторант 2 курса ОП кадастр, КазНУ им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан).

#### **Information about authors:**

G. Meirambek – PhD, Professor, Head of the Department of Mine Surveying and Geodesy, Kazakh National Technical University named after K.I. Satpayev (Almaty, Kazakhstan, e-mail: g.meirambek@satbayev.university).

K. Rysbekov – PhD, Professor, Director of the Mining and Metallurgical Institute of the Kazakh National Technical University named after K.I. Satpayev (Almaty, Kazakhstan).

M. Nurpeissova – doctor of technical sciences, professor of the Department of of Mine Surveying and Geodesy, Satbayev University (Almaty, Kazakhstan, e-mail: marzhan-nurpeissova@ramdler.ru).

S. Soltabayeva – Candidate of Technical Sciences., Professor of the Department of Surveying and Geodesy, Satbayev University, Almaty, Republic of Kazakhstan (<https://orcid.org/0000-0003-1330-2174>, saule\_soltabaeva@mai.ru).

E. Tleubekuly – 2nd year doctoral student Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, <https://orcid.org/0009-0005-9845-1727>).

#### **Авторлар туралы мәлімет:**

Г. Мейрамбек – PhD, профессор, Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық университетінің «Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасының меңгерушісі. (Алматы, Қазақстан, e-mail: g.meirambek@satbayev.university).

Қ.Б. Рысбеков – PhD докторы, профессор, Қ.И. атындағы Қазақ ұлттық техникалық университетінің Тау-кен металлургия институтының директоры. Сәтбаев (Алматы, Қазақстан),

М.Б. Нурпейісова – т. г. д., Маркшейдерия және геодезия кафедрасының профессоры, Қ.И.Сәтбаев атынд М.Бұағы Қазақ ұлттық техникалық университеті (Алматы, Қазақстан, e-mail: marzhan-nurpeissova@ramdler.ru).

С.Т. Солтабаева – техника ғылымдарының кандидаты, «Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасының профессоры, Satbayev University (Алматы қ., Қазақстан Республикасы, <https://orcid.org/0000-0003-1330-2174>, saule\_soltabaeva@mai.ru).

Е. Тлеубекұлы – 2-курс докторанты әл-Фараби атындағы ҚазҰУ (Алматы қ., Қазақстан Республикасы, <https://orcid.org/0009-0005-9845-1727>).

Поступила: 15 января 2026 года

Принята: 10 марта 2026 года