

Код МРНТИ 52.13.05

А.Ж. Имашев¹, *А.А. Мусин¹, Г.Т. Нуршайыкова², М. Рабатұлы¹¹Каргадинский технический университет им. Абылкаса Сагинова (г. Караганда, Казахстан),²Восточно-Казахстанский технический университет им. Д. Серикбаева (г. Усть-Каменогорск, Казахстан)

ПРИМЕНЕНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ ОТКОСОВ ТЕХНОГЕННЫХ ОБРАЗОВАНИЙ

Аннотация. В статье рассмотрено обоснование устойчивости откосов техногенных образований на основе результатов кинематического анализа. Исследование направлено на выявление вероятных режимов разрушения, включая плоское и клиновидное скольжение, а также гибкое и прямое опрокидывание с использованием данных стереографических проекций и геомеханических характеристик массива. Для анализа использованы современные методы геостатистики и структурной интерпретации данных, полученных в полевых условиях. Проведен детальный анализ системы трещин и определены параметры склонов, оказывающие ключевое влияние на устойчивость. Представленные результаты могут быть использованы при проектировании и мониторинге откосов в условиях открытых горных работ.

Ключевые слова: устойчивость откосов, кинематический анализ, техногенные образования, стереографическая проекция, плоское скольжение, клиновидное скольжение, опрокидывание.

Техногендік құрылымдардың тұрақтылығын бағалау үшін кинематикалық талдауды қолдану

Аннотация. Мақалада кинематикалық талдау нәтижелері негізінде техногендік түзілімдердің еңістерінің тұрақтылығын негіздеу қарастырылған. Зерттеу жазықтық және сына тәрізді сырғу, сондай-ақ икемді және тік аударылу сияқты ықтимал қирау режимдерін анықтауға бағытталған. Талдау стереографиялық проекциялар мен далалық жағдайда алынған геомеханикалық сипаттамалар деректерін пайдалана отырып жүргізілді. Жартасты массивтің жарықшақ жүйесі мұқият зерттеліп, еңістің тұрақтылығына әсер ететін негізгі параметрлер анықталды. Жұмыс зерттеулердің бірінші кезеңінің аралық нәтижелеріне негізделген және болашақта сандық модельдеу және практикалық ұсыныстарды әзірлеу арқылы толықтыру жоспарлануда. Ұсынылған нәтижелер ашық тау-кен жұмыстарында еңістерді жобалау және мониторинг жүргізу кезінде қолдануға болады.

Түйінді сөздер: еңіс тұрақтылығы, кинематикалық талдау, техногендік түзілімдер, стереографиялық проекция, жазықтық сырғу, сына тәрізді сырғу, аударылу.

Application of kinematic analysis for slope stability assessment of man-made formations

Abstract. The article focuses on the justification of the stability of slopes of man-made formations based on the results of kinematic analysis. The study aims to identify potential failure modes, including planar and wedge sliding, as well as flexural and direct toppling, using stereographic projections and geomechanical characteristics obtained from field data. A detailed analysis of the joint system of the rock mass was conducted, and key slope parameters affecting stability were determined. The work is based on intermediate results of the first stage of research, with further extension planned through numerical modelling and the development of practical recommendations. The results presented can be applied in the design and monitoring of slopes in open-pit mining conditions.

Key words: slope stability, kinematic analysis, man-made formations, stereographic projection, planar sliding, wedge sliding, toppling.

Введение

Обеспечение устойчивости техногенных образований, таких как отвалы вскрышных пород и хвостохранилища, представляет собой одну из приоритетных задач горнодобывающей отрасли. На устойчивость этих объектов оказывают влияние как геомеханические процессы, связанные с напряженно-деформированным состоянием массива, так и геодинамические факторы, включая сейсмические воздействия, самовозгорание и фильтрацию.

В научной практике Гапонов Ю.С. [1] акцентирует внимание на влиянии характеристик разрушенной горной массы на устойчивость отвалов. Преимуществом исследования является комплексность подхода, недостатком – ограниченность в условиях моделирования. Кутепова Н.А. с коллегами [2] рассматривают инженерные меры повышения устойчивости, включая применение геомембран. Хотя исследование практически ориентировано, оно требует дополнительной валидации в полевых условиях. Немова Н.А. и Бельш Т.А. [3] представляют ценные данные по устойчивости откосов в условиях Северо-Западного региона России, однако сосредоточены преимущественно на конкретном месторождении. Исследование Коврова О.С. и соавторов [4] ценно с точки зрения анализа подработанных оснований, но страдает от недостатка геостатистического обоснования.

Одним из наиболее информативных инструментов предварительной оценки является кинематический анализ, основанный на геометрическом сопоставлении ориентации откосов и структурных особенностей массива. Кинематический анализ позволяет выявить потенциаль-

но опасные направления и формы разрушения, такие как плоскостное скольжение, клиновидное смещение и опрокидывание блоков, исходя из реальной конфигурации систем трещин. Применение данного подхода особенно актуально для предварительного обоснования параметров откосов и разработки проектных рекомендаций по обеспечению устойчивости техногенных образований в сложных инженерно-геологических условиях.

За последние годы кинематический анализ прочно вошел в арсенал геомеханических исследований благодаря своей наглядности и способности быстро оценивать потенциально опасные зоны массива на основе ориентации откосов и систем трещин. Например, в работе Skagway et al. (2025) продемонстрирована эффективность интеграции стереографического кинематического анализа с географическими информационными системами для картирования зон потенциального обрушения откосов в горных районах США [5]. В исследовании Liu et al. (2023) выполнена комплексная геотехническая оценка устойчивости откосов автомобильных дорог в Китае с использованием кинематического анализа в сочетании с лабораторными и полевыми данными, что позволило обнаружить критические участки [6]. Kumar et al. (2025) показали преимущества совместного применения кинематического анализа и модифицированных эмпирических систем (SMR, CoSMR) для откосов Гималаев, подтвердив высокую чувствительность метода к ориентации склонов и трещиноватости [7]. Работы Singh et al. (2025) продемонстрировали значимость анализа геометрических параметров клиньев для прогнозирования клино-

видных разрушений на основе численного и физического моделирования [8].

Настоящая работа направлена на обоснование устойчивости техногенных образований с использованием кинематического анализа, проведенного на основе полевых данных о трещиноватости и пространственной конфигурации массивов. В статье рассмотрены основные принципы методики, приведены результаты анализа для типовых конфигураций откосов, а также даны рекомендации по практическому применению полученных выводов в проектной деятельности.

Методика исследований

Методология проведенного исследования базируется на комплексном подходе к оценке устойчивости техногенных образований с применением кинематического анализа. Основное внимание уделено обработке полевых данных о трещиноватости массива и пространственной конфигурации откосов, а также их интеграции в расчетную схему для выявления потенциальных механизмов разрушения.

Первым этапом стало выполнение инженерно-геологических изысканий, включавших описание и картирование систем трещин с фиксацией их пространственной ориентировки (азимута и угла падения), частоты, состояния поверхностей и заполнителей. Для повышения точности измерений использовались стереографические проекции, а обработка данных проводилась с применением специализированного программного обеспечения Dips.

Вторым ключевым этапом исследования стал кинематический анализ, в рамках которого выполнена проверка возможности развития следующих форм разрушения откосов:

- скользящее разрушение по плоскости (Planar Sliding);
- клиновидное скольжение (Wedge Sliding);
- гибкое и прямое опрокидывание (Flexural and Direct Toppling).

При этом учитывались различные конфигурации откосов (углы падения и азимут направления), значения угла внутреннего трения, а также боковые пределы возможного смещения. Анализ проводился с использованием стереографических проекций, что позволило визуализировать критические зоны и оценить вероятность реализации каждого из механизмов разрушения.

Результаты методологии легли в основу выявления наиболее опасных направлений и условий формирования неустойчивых блоков в техногенных образованиях и позволили обосновать рекомендации для проектирования и эксплуатации откосов.

Результаты

В ходе настоящего исследования выполнен комплексный геомеханический анализ массива горных пород с применением статистических, структурных и классификационных методов. Основное внимание уделено пространственной ориентировке систем трещин, определяемой на основе стереографических проекций [9].

На рис. 1 представлена стереографическая проекция трещиноватости массива горных пород. Стереосетка по-

строена по 436 ориентациям трещин с учетом взвешивания по Терцаги, что позволило выявить четыре доминирующие системы. Максимальная плотность концентрации полюсов составляет 46.95%, контуры плотности отображены по шкале Фишера. Линия падения откоса позволяет оценить возможные направления разрушения по существующим системам [10].

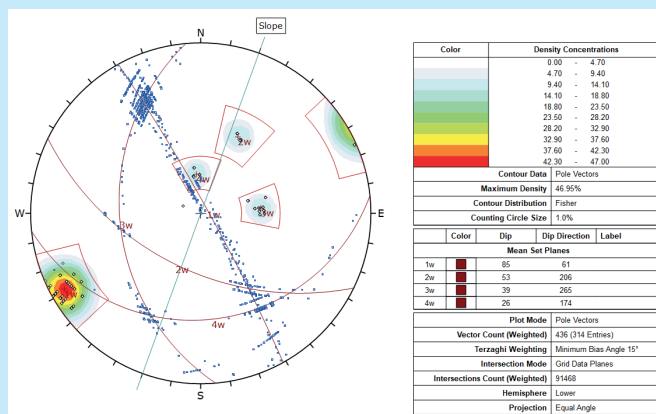


Рис. 1. Стереографическая проекция систем трещин. Сурет 1. Жарықшақ жүйелерінің стереографиялық проекциясы.

Figure 1. Stereographic projection of joint systems.

В таблицу 1 сведены средние значения параметров систем трещин, полученные в ходе геотехнического картирования угла и азимута падения трещин.

**Таблица 1
Среднее значение систем трещин**

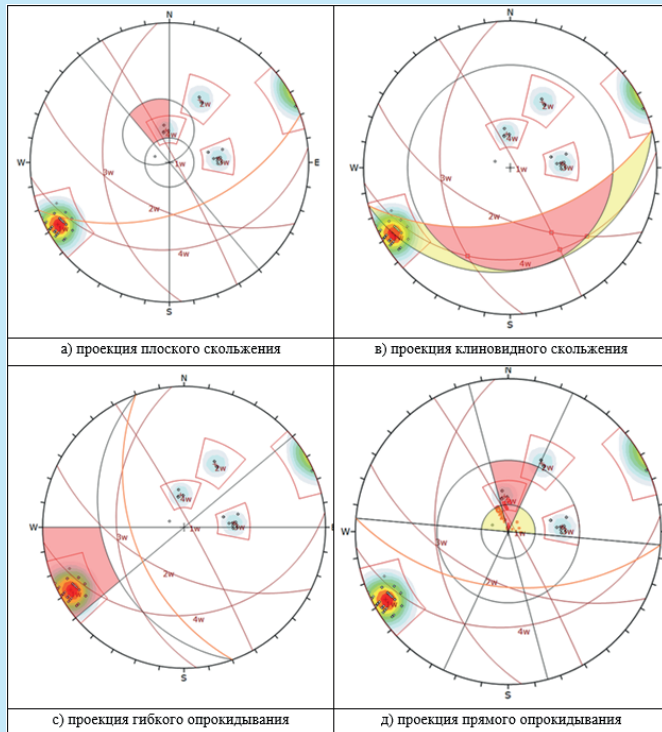
**Кесте 1
Жарықшақ жүйелерінің орташа мәндері**

**Table 1
Average values of joint systems**

Обозначение систем	Угол падения (Dip), °	Азимут падения (Dip Direction), °
1w	85	61
2w	53	206
3w	39	265
4w	26	174

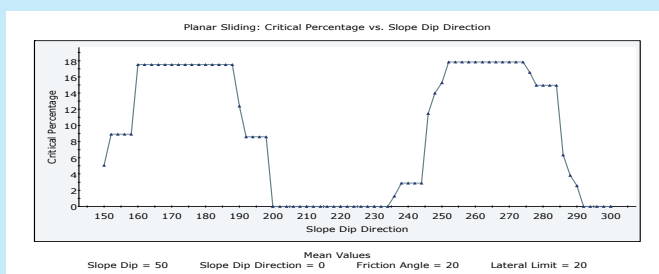
В настоящем исследовании для выполнения кинематического анализа использовалась программа Dips – профессиональный программный инструмент для обработки и интерпретации данных о трещиноватости на основе стереографических проекций. Методика реализована на основе теории кинематического соответствия направлений структурных плоскостей и склонов, что позволяет определить геометрическую возможность развития различных типов разрушения без учета внешней нагрузки.

На рис. 2 представлена стереографическая проекция, выполненная в программе Dips, отображающая результаты кинематического анализа на предмет плоского и клиновидного скольжения, а также гибкого и прямого опрокидывания.



**Рис. 2. Результаты кинематического анализа.
Сурет 2. Кинематикалық талдау нәтижелері.
Figure 2. Results of kinematic analysis.**

На рис. 2 представлена стереографическая проекция, выполненная в программном комплексе Dips, которая иллюстрирует результаты кинематического анализа вероятных режимов разрушения откоса. Каждый вариант демонстрирует зоны критических положений системы трещин относительно направления падения и угла внутреннего трения, что позволяет визуализировать потенциально опасные сочетания плоскостей для различных видов разрушения.



**Рис. 3. Зависимость критического процента плоского скольжения от азимута простираения откоса.
Сурет 3. Жағдаудың бағыты азимутынан жазықтық сырғудың критикалық пайызының тәуелділігі.
Figure 3. Dependence of critical percentage of planar sliding on slope dip direction azimuth.**

На графике (рис. 3) представлена динамика изменения вероятности развития плоского скольжения в зависимости от изменения направления падения откоса (Slope Dip Direction). Участки с пиковыми значениями критического процента (до 17–18%) приходятся на направле-

ния 165–185° и 250–275°, что согласуется с ориентацией доминирующих трещиноватых плоскостей, выявленных на стереопроекции. Данный график позволяет оценить потенциально опасные направления при проектировании откосов.

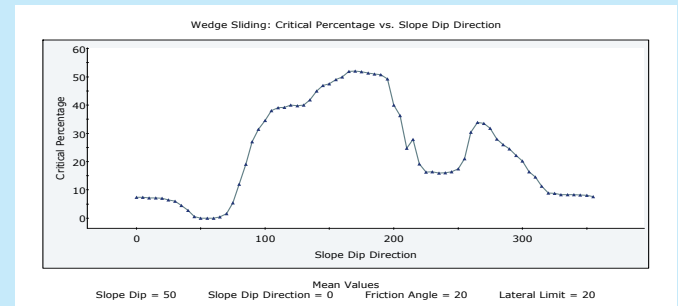
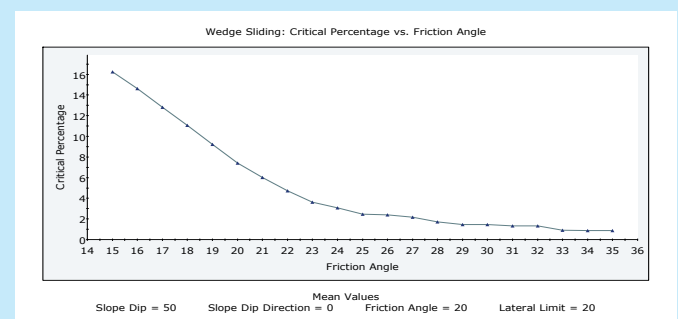


Рис. 4. График зависимости критической вероятности клиновидного скольжения от азимута направления откоса.

Сурет 4. Жағдаудың бағыты азимутынан сына тәрізді сырғудың критикалық ықтималдығының тәуелділік графигі.

Figure 4. Graph of dependence of critical probability of wedge sliding on slope dip direction azimuth.

Рис. 4 демонстрирует зависимость критического процента клиновидного скольжения от направления падения откоса. Максимальные значения (до 53%) достигаются при направлениях от 100° до 200°, что подтверждает чувствительность результатов к пространственной ориентации откоса. График четко указывает на наличие неблагоприятных направлений, в которых вероятность разрушения существенно возрастает.



**Рис. 5. Влияние угла внутреннего трения на вероятность клиновидного скольжения.
Сурет 5. Ішкі үйкеліс бұрышының сына тәрізді сырғу ықтималдығына әсері.
Figure 5. Influence of internal friction angle on probability of wedge sliding.**

Рис. 5 отражает влияние внутреннего угла трения пород на вероятность возникновения клиновидного скольжения. Как видно, при снижении угла трения от 35° до 15° критический процент возрастает экспоненциально – от 1% до 16,5%. Это подчеркивает ключевую роль сдвиговой прочности пород в обеспечении устойчивости массива.

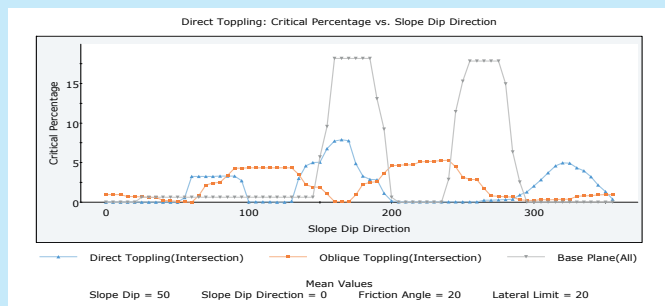


Рис. 6. Зависимость вероятности прямого опрокидывания от азимута направления откоса.
Сурет 6. Жағдаудың бағыты азимутынан тік аударылу ықтималдығының тәуелділігі.
Figure 6. Dependence of probability of direct toppling on slope dip direction azimuth.

На рис. 6 показано изменение вероятности разрушения в зависимости от направления падения откоса. Синим цветом обозначена вероятность прямого опрокидывания, оранжевым – косога, а серым – пересечения с плоскостью основания. Максимальная вероятность прямого и косога опрокидывания наблюдается при направлениях в диапазоне 170–190° и 250–270°, достигая до 18%. Это указывает на зоны повышенного риска в зависимости от ориентации откоса.

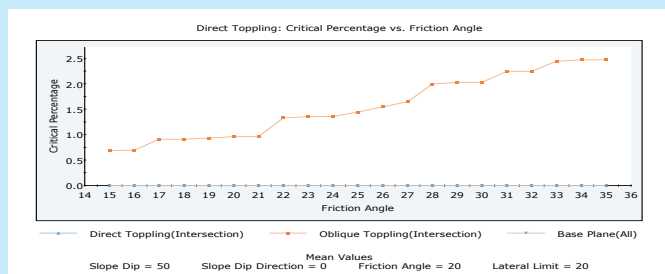


Рис. 7. Зависимость вероятности опрокидывания от угла внутреннего трения.
Сурет 7. Ішкі үйкеліс бұрышынан аударылу ықтималдығының тәуелділігі.
Figure 7. Dependence of toppling probability on internal friction angle.

На рис. 7 исследована чувствительность системы к углу внутреннего трения. Увеличение угла трения от 15° до 35° вызывает существенное снижение вероятности косога опрокидывания с 2,5% до менее 1%, в то время как прямая форма опрокидывания не демонстрирует значительной чувствительности к этому параметру.

Выводы

Проведенный кинематический анализ в программной среде Dips позволил выявить потенциальные направления и типы нарушений устойчивости откосов, обусловленные наличием трещиноватости в горном массиве. Используемая стереографическая проекция с параметрами откоса (угол падения 50°, варьирующееся направление падения, угол внутреннего трения 20°, боковые ограничения ±20°) обеспечила достоверную визуализацию зон риска в рамках трех основных механизмов разрушения: скольжение по плоскости, клиновидное скольжение и опрокидывание – как гибкое, так и прямое.

Анализ плоскостного скольжения показал, что при направлении падения 160° вероятность критических пересечений составляет 14,83%, а при 230° – возрастает до 29,73%. Отдельные системы трещин показывают 100% пересечение с критической зоной, что указывает на их потенциальную нестабильность при соответствующей ориентации откоса.

Анализ клиновидного скольжения выявил, что 4 из 6 возможных клиновидных пересечений расположены в критической зоне (66,67%). Анализ зависимости критических пересечений от направления и угла падения откоса подтвердил, что максимальные риски наблюдаются при направлениях 100–200° и углах более 65°. Увеличение угла внутреннего трения значительно снижает вероятность разрушения, подтверждая его ключевую роль в обеспечении устойчивости.

Прямое опрокидывание оказалось менее выраженным по сравнению с другими механизмами, однако его нельзя исключать. Общая вероятность критических пересечений для Direct Toppling составляет 4,75%, а для Oblique Toppling – 3,16%. Плоскость основания также показала 15,54% пересечений, что подчеркивает необходимость анализа сопряженных плоскостей при оценке опрокидывания.

Полученные данные свидетельствуют о высокой чувствительности устойчивости откоса к ориентации склонов относительно структурных систем трещин. Максимальные риски фиксируются при направлениях откоса от 100° до 200°, особенно в сочетании с высокими углами падения и низкими значениями угла внутреннего трения. Эти результаты являются критически важными при инженерном обосновании откосов карьеров, отвалов, дамб и других инженерных сооружений в трещиноватых породах.

Благодарность

Статья опубликована в рамках конкурса на программно-целевое финансирование по научным, научно-техническим программам на 2024–2026 годы (ИРН – BR24992854), при финансировании Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гапонов Ю.С. Геомеханическое обоснование устойчивости породных отвалов с учетом влияния характеристик разрушенной горной массы: дис. ... канд. техн. наук: Москва, 2015. С. 25–26 (на русском языке)
2. Влияние на устойчивость отвалов гидроизоляции основания с применением геомембран / Кутепова Н.А. [и др.] // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2025. № 1. С. 47–65 (на русском языке)

3. Немова Н.А., Бельш Т.А. Геомеханическая оценка устойчивости откосов и уступов месторождения «Олений Ручей» // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2019. Т. 330. № 11. С. 109–120 (на русском языке)
4. Ковров О.С., Бабий Е.В., Бубнова Е.А. Геомеханическая оценка устойчивости внутреннего отвала на подработанном основании борта карьера // Научный вестник НГУ. Серия: Геология и горное дело. 2022. № 3. С. 55–67 (на русском языке)
5. Skagway J., Miller D., Thompson R. Характеристика опасности камнепадов с использованием интегрированного кинематического анализа // EGUsphere. 2025. С. 2–3 (на английском языке)
6. Liu Y., Zhang L., Chen J. Геотехническая оценка устойчивости склонов с использованием кинематического анализа: пример с автодорогой в провинции Аньхой // Water. 2023. Т. 15 (10). С. 22–24 (на английском языке)
7. Kumar S., Sharma V., Singh R. Применение различных расширений рейтинга массива склонов и кинематического анализа для оценки устойчивости склонов вдоль трассы NH-9, Индия // Geoenvironmental Disasters. 2025. Т. 12. С. 15–18 (на английском языке)
8. Singh A., Verma P., Elmo D. Влияние геометрических параметров на клиновидное разрушение склонов // Journal of Rock Mechanics. 2025. Т. 50 (2). С. 145–160 (на английском языке)
9. Определение устойчивого состояния техногенных обнажений при отработке наклонных рудных залежей камерно-столбовой системой разработки / Мусин А.А. [и др.] // Горный журнал Казахстана. 2024. № 10. С. 6–12 (на русском языке)
10. Снижение разубоживания руды при отработке тонких рудных тел путем искусственного поддержания выработанного пространства / Мусин А. [и др.] // Mining of Mineral Deposits. 2023. Т. 17. № 1. С. 35–42 (на английском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Гапонов Ю.С. Жарықшақтанған тау жыныстарының сипаттамаларын ескере отырып, жыныс үйінділерінің тұрақтылығын геомеханикалық негіздеу: техникалық ғылымдар кандидаты ғылыми дәрежесін алу үшін диссертация: Мәскеу, 2015. Б. 25–26 (орыс тілінде)
2. Геомембраналарды қолдану арқылы үйінділердің негізін гидроқшаулау тұрақтылыққа әсері / Кутепова Н.А. [және т. б.] // Тау-кен ақпараттық-талдамалық бюллетені. 2025. № 1. Б. 47–65 (орыс тілінде)
3. Немова Н.А., Бельш Т.А. «Олений Ручей» кен орнының қиялары мен сатыларының тұрақтылығын геомеханикалық бағалау // Томск политехникалық университетінің хабаршысы. Георесурстар инжинирингі. 2019. Т. 330. № 11. Б. 109–120 (орыс тілінде)
4. Ковров О.С., Бабий Е.В., Бубнова Е.А. Карьер жиегінің өңделген негізіндегі ішкі үйіндінің тұрақтылығын геомеханикалық бағалау // НГУ ғылыми хабаршысы. Геология және тау-кен ісі сериясы. 2022. № 3. Б. 55–67 (орыс тілінде)
5. Skagway J., Miller D., Thompson R. Интеграцияланған кинематикалық талдау арқылы тас құлауы қаупінің сипаттамасы // EGUsphere. 2025. Б. 2–3 (ағылшын тілінде)
6. Liu Y., Zhang L., Chen J. Кинематикалық талдау қолдана отырып, еңістердің тұрақтылығын геотехникалық бағалау: Аньхой автожолы мысалында // Water. 2023. Т. 15 (10). Б. 22–24 (ағылшын тілінде)
7. Kumar S., Sharma V., Singh R. NH-9 бойындағы еңістердің тұрақтылығын бағалау үшін еңіс массасының рейтингін және кинематикалық талдау кеңейтулерін қолдану, Үндістан // Geoenvironmental Disasters. 2025. Т. 12. Б. 15–18 (ағылшын тілінде)
8. Singh A., Verma P., Elmo D. Тау жыныстарының қияларындағы сына тәрізді қирауларға геометриялық параметрлердің әсері // Journal of Rock Mechanics. 2025. Т. 50 (2). Б. 145–160 (ағылшын тілінде)
9. Камералық-бағаналық жүйемен еңіс рудалы денелерді өндіру кезінде техногендік ашылымдардың тұрақты жағдайын анықтау / Мусин А.А. [және т. б.] // Қазақстанның тау-кен журналы. 2024. № 10. Б. 6–12 (орыс тілінде)
10. Жұмыс істелген кеңістікті жасанды түрде ұстап тұру арқылы жұқа рудалы денелерді өндіру кезінде руданың кедейленуін азайту / Мусин А. [және т. б.] // Mining of Mineral Deposits. 2023. Т. 17. № 1. Б. 35–42 (ағылшын тілінде)

REFERENCES

1. Gaponov Yu.S. Gaponov Yu.S. Geomekhanicheskoe obosnovanie ustoichivosti porodnykh otvalov s uchetom vliyaniya kharakteristik razrushennoi gornoj massy: dis. ... kand. tekhn. nauk [Geomechanical justification of the stability of rock waste dumps considering the influence of fractured rock mass characteristics: dissertation ... candidate of technical sciences], Moscow, 2015. 25–26 pp. (in Russian)

2. *Vliyanie na ustoichivost' otvalov gidroizolyatsii osnovaniya s primeneniem geomembran [Influence of base waterproofing using geomembranes on dump stability]*, Kutepova N.A. [et al.], *Gornyi informatsionno-analiticheskiy byulleten' [Mining Information and Analytical Bulletin]*. 2025. No. 1. 47–65 pp. (in Russian)
3. *Nemova N.A., Belsh T.A. Geomekhanicheskaya otsenka ustoichivosti otkosov i ustupov mestorozhdeniya «Olenii Ruchei» [Geomechanical assessment of slope and bench stability at the Oleniy Ruchey deposit]*, *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesursov [Proceedings of Tomsk Polytechnic University. Georesource Engineering]*. 2019. V. 330. No. 11. 109–120 pp. (in Russian)
4. *Kovrov O.S., Babiy E.V., Bubnova E.A. Geomekhanicheskaya otsenka ustoichivosti vnutrennego otvala na podrobotannom osnovanii borta kar'era [Geomechanical assessment of the stability of an internal dump on a mined-out pit wall foundation]*, *Nauchnyi vestnik NGU. Seriya: Geologiya i gornoe delo [Scientific Bulletin of NSU. Series: Geology and Mining]*. 2022. No. 3. 55–67 pp. (in Russian)
5. *Skagway J., Miller D., Thompson R. Characterizing rockfall hazard with an integrated kinematic analysis // EGUsphere*. 2025. 2–3 pp. (in English)
6. *Liu Y., Zhang L., Chen J. Geotechnical assessment of rock slope stability using kinematic analysis: A case study along Anhui Highway // Water*. 2023. V. 15 (10). 22–24 pp. (in English)
7. *Kumar S., Sharma V., Singh R. Application of various extensions of slope mass rating and kinematic analysis for slope stability assessment along NH-9, India // Geoenvironmental Disasters*. 2025. V. 12. 15–18 pp. (in English)
8. *Singh A., Verma P., Elmo D. The effect of geometrical parameters on wedge failure of rock slopes // Journal of Rock Mechanics*. 2025. V. 50 (2). 145–160 pp. (in English)
9. *Opreделение ustoichivogo sostoyaniya tekhnogennykh obnazhenii pri otrabotke naklonnykh rudnykh zalezhei kamerno-stolbovoi sistemoi razrabotki [Determination of the stable state of man-made exposures during mining of inclined ore bodies by the chamber-and-pillar method]*, *Mussin A.A. [et al.]*, *Gornyi zhurnal Kazakhstana [Mining Journal of Kazakhstan]*. 2024. No. 10. 6–12 pp. (in Russian)
10. *Reduction of ore dilution when mining low-thickness ore bodies by means of artificial maintenance of the mined-out area / Mussin A. [et al.] // Mining of Mineral Deposits*. 2023. V. 17. 35–42 pp. (in English)

Сведения об авторах:

Имашев А.Ж., Ph.D, асс. профессор кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых», НАО «Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан), a.imashev@ktu.edu.kz; <https://orcid.org/0000-0002-9799-8115>

Мусин А.А., Ph.D, и.о. доцента кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых», НАО «Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан), musin_aibek@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-6318-9056>

Нуршайықова Г.Т., к.т.н., ассоциированный профессор школы наук о земле Восточно-Казахстанского технического университета им. Д. Серикбаева (г. Усть-Каменогорск, Казахстан), ahmadievag@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-9915-8315>

Работұлы М., Ph.D, и.о. доцента кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых», НАО «Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан), mukhammedrakhym@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7558-128X>

Авторлар туралы мәліметтер:

Имашев А.Ж., Ph.D, «Пайдалы кенорындарын қазып өндіру» кафедрасының қауымдастырылған профессорі, «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамы (Қарағанды қ., Қазақстан)

Мусин А.А., Ph.D, «Пайдалы қазбалар кен орындарын өңдеу» кафедрасының доцент м.а., «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамы (Қарағанды қ., Қазақстан)

Нұршайықова Г.Т., т.ғ.к., Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университетінің Жер туралы ғылымдар мектебінің қауымдастырылған профессоры (Өскемен қ., Қазақстан)

Работұлы М., Ph.D, «Пайдалы қазбалар кен орындарын өңдеу» кафедрасының доцент м.а., «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамы (Қарағанды қ., Қазақстан)

Information about the authors:

Imashev A., Ph.D, associate professor of the Department «Development of mineral deposits» Non-profit joint-stock company «Abylkas Saginov Karaganda Technical University» (Karaganda, Kazakhstan)

Mussin A., Ph.D, acting Associate Professor of the Department «Development of mineral deposits» Non-profit joint-stock company «Abylkas Saginov Karaganda Technical University» (Karaganda, Kazakhstan)

Nurshaiykova G., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Faculty of Earth Sciences D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University (Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan)

Rabatuliy M., Ph.D, acting Associate Professor of the Department of «Development of Mineral Deposits» Non-profit Joint Stock Company «Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov» (Karaganda, Kazakhstan)