Код МРНТИ 87.35.91:52.13.17

*Е. Ж. Ормамбеков[1], С. Р. Гречухин[2], Р. В. Шульц[3], А. А. Турсынбеков[1]
[1]Satbayev University (г. Алматы,Казахстан),
[2]АО «Altyntau Kokshetau» (АТК) (г. Кокшетау, Казахстан),
[3]Университет нефти и минералов имени короля Фахда (KFUPM) (г. Дахран, Саудовская Аравия)

ГЕОТЕХНИЧЕСКАЯ СЛУЖБА АО «АЛТЫНТАУ КОКШЕТАУ»: КОМПЛЕКСНЫЙ МОНИТОРИНГ В СИСТЕМЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЕДЕНИИ ГОРНЫХ РАБОТ

Аннотация. В статье представлены результаты исследования и практического применения комплексной системы геотехнического мониторинга, внедренной на Васильковском золоторудном месторождении АО «Altyntau Kokshetau». Актуальность работы обусловлена необходимостью обеспечения устойчивости бортов глубокого карьера, своевременного выявления опасных геомеханических процессов и повышения промышленной безопасности при ведении открытых горных работ. Исследование основано на применении автоматизированных геодезических наблюдений, спутникового, георадарного и сейсмического мониторинга, а также методов численного моделирования напряженно-деформированного состояния массива горных пород. Полученные результаты подтвердили эффективность комплексного подхода к контролю деформационных процессов, повышению достоверности оценки устойчивости бортов карьера и предупреждению возникновения аварийных ситуаций.
Ключевые слова: *карьер, геомеханические процессы, геотехническая служба, GeoMoS, георадар, базовая станция, ГНСС, карта геомеханических опасностей.*

«Altyntau Kokshetau» АҚ-ның геотехникалық қызметі: тау-кен жұмыстарын жүргізу қауіпсіздігін қамтамасыз ету жүйесіндегі кешенді мониторинг

Аңдатпа. Мақалада «Altyntau Kokshetau» АҚ Васильков кен орнында енгізілген кешенді геотехникалық мониторинг жүйесін зерттеу және өндірісте қолдану нәтижелері берілген. Зерттеудің өзектілігі терең карьер борттарының орнықтылығын қамтамасыз ету, қауіпті геомеханикалық үдерістерді дер кезінде анықтау және ашық тау-кен жұмыстарын жүргізу кезіндегі өнеркәсіптік қауіпсіздікті арттыру қажеттілігімен байланысты. Зерттеу барысында автоматтандырылған геодезиялық бақылаулар, спутниктік, георадарлық және сейсмикалық мониторинг, сондай-ақ тау жыныстары массивінің кернеулі-деформацияланған күйін сандық модельдеу әдістері қолданылды. Алынған нәтижелер кешенді мониторинг жүйесінің деформациялық үдерістерді бақылауда, карьер борттарының орнықтылығын бағалауда және қауіпті жағдайлардың алдын алуда жоғары тиімділігін көрсетті.
Түйінді сөздер: *карьер, геомеханикалық үдерістер, геотехникалық қызмет, GeoMoS, георадар, базалық станция, GNSS, геомеханикалық қауіп-қатерлер картасы.*

Geotechnical service of Altyntau Kokshetau JSC: integrated monitoring for safe mining operations

Abstract. The paper presents the results of implementing and evaluating an integrated geotechnical monitoring system at the Vasilkovskoye gold deposit operated by Altyntau Kokshetau JSC. The study addresses the need to ensure the stability of deep open-pit slopes, provide early detection of hazardous geomechanical processes, and improve industrial safety during mining operations. The monitoring system combines automated geodetic observations, satellite, ground-based radar and seismic monitoring, together with numerical modelling of the stress–strain state of the rock mass. The obtained results demonstrate the effectiveness of the integrated monitoring approach for controlling deformation processes, improving the reliability of slope stability assessment, and reducing the risk of hazardous situations during open-pit mining.
Key words: *open-pit mine, geomechanical processes, geotechnical service, GeoMoS, ground-penetrating radar, base station, GNSS, geomechanical hazard map.*

Введение

Золото относится к числу стратегически важных видов минерального сырья, определяющих экономическую безопасность государства и развитие горнодобывающей отрасли. Одной из приоритетных задач Республики Казахстан является наращивание объемов золотодобычи за счет эффективного освоения крупных золоторудных месторождений, к которым относится Васильковское месторождение, разрабатываемое АО «Altyntau Kokshetau».

Современная разработка месторождений открытым способом сопровождается постоянным увеличением глубины карьеров, усложнением горно-геологических условий и ростом геомеханических нагрузок на прибортовые массивы. Изменение напряженно-деформированного состояния горных пород может привести к развитию опасных деформационных процессов, снижению устойчивости откосов, нарушению технологического процесса, экономическим потерям и возникновению аварийных ситуаций [1–3]. Поэтому обеспечение устойчивости бортов карьеров является одним из ключевых условий безопасной и эффективной эксплуатации месторождений.

Значительный вклад в развитие теории геомеханики и методов оценки устойчивости массивов внесли отечественные и зарубежные исследователи [4–6]. В последние годы широкое применение получили спутниковые технологии позиционирования, роботизированные геодезические комплексы, лазерное сканирование и численное моделирование, позволяющие существенно повысить точность геотехнического мониторинга. Однако существующие методы не всегда обеспечивают надежное прогнозирование развития опасных геомеханических процессов в сложных горно-геологических условиях, что обусловливает необходимость дальнейшего совершенствования комплексных методов мониторинга и моделирования напряженно-деформированного состояния массива [7–9].

Цель работы – повышение промышленной и экологической безопасности разработки Васильковского месторождения путем совершенствования методики геотехнического мониторинга и прогнозирования опасных геомеханических процессов на основе моделирования напряженно-деформированного состояния массива горных пород.

Методы исследования

Для достижения поставленной цели использован комплексный подход, включающий инженерно-геологические исследования, структурно-тектоническое картирование, высокоточные маркшейдерско-геодезические наблюдения с использованием современных геотехнических измерительных комплексов и GNSS-технологий, а также анализ

напряженно-деформированного состояния массива с применением методов геомеханического моделирования.

Результаты и обсуждение

Горно-геологические условия

Детально изучены ***горно-геологические*** и горно-технические условия Васильковского месторождения [10]. Месторождение является одним из крупнейших объектов золотодобывающей промышленности Республики Казахстан и входит в число двадцати крупнейших золоторудных месторождений мира по величине запасов, масштабам добычи и производственному потенциалу. Месторождение расположено в Акмолинской области Республики Казахстан, в 17 км к северу от города Кокшетау. Район характеризуется высоким уровнем промышленного освоения и развитой инженерно-транспортной инфраструктурой, включающей автомобильные и железнодорожные магистрали, энергетические сети, объекты водоснабжения и производственные базы, что обеспечивает эффективное функционирование горнодобывающего предприятия.

В геологическом отношении Васильковское рудное поле приурочено к Алтыбайской синклинальной структуре и представляет собой крупномасштабный золоторудный штокверк гидротермального происхождения. Рудное тело имеет форму полузамкнутого толстостенного эллипса с относительно безрудным центральным ядром, окруженного системой густо развитых кварцево-сульфидных жил и прожилков, содержащих промышленную золотоносную минерализацию. Такое строение обусловило формирование значительных запасов полезного ископаемого и предопределило выбор технологии разработки месторождения (рис. 1).

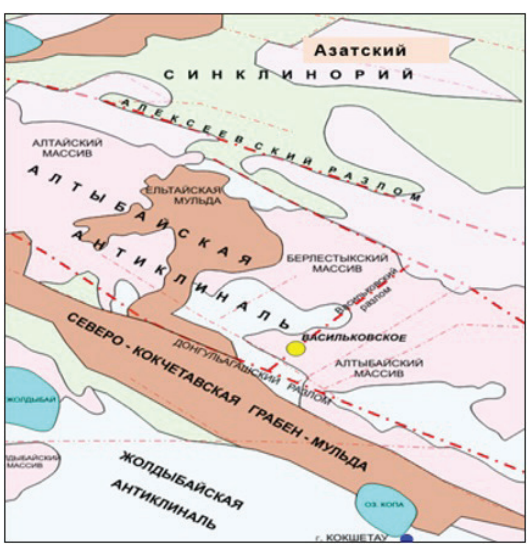
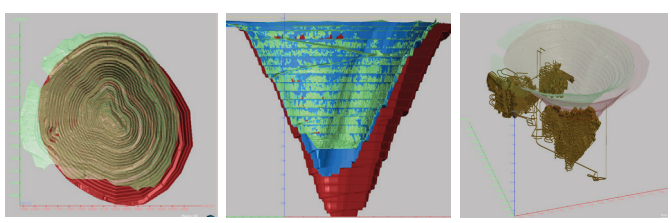


Рис. 1. Структурная схема Васильковского месторождения.
Сурет 1. Васильков кен орнының құрылымдық сұлбасы.
Figure 1. Structural scheme of the Vasilkovskoye deposit.

В настоящее время разработка месторождения осуществляется открытым способом с использованием высокопроизводительных горнотранспортных комплексов. Карьер имеет размеры по верхним горизонтам порядка 1000–1200 м в диаметре, текущая глубина достигает 495 м, а проектная глубина составляет 540 м. По мере увеличения глубины разработки существенно возрастают объемы вскрышных работ, усложняются инженерно-геологические и геомеханические условия эксплуатации бортов карьера, что требует постоянного совершенствования технологий геотехнического мониторинга, контроля устойчивости откосов и управления напряженно-деформированным состоянием массива горных пород.

Технологическая схема предприятия обеспечивает полный цикл переработки минерального сырья с получением сплава Доре, который является промежуточным продуктом производства аффинированного золота. Высокий уровень автоматизации технологических процессов, применение современного оборудования и систем экологического контроля позволяют обеспечивать высокие показатели извлечения золота при соблюдении международных требований промышленной и экологической безопасности.

В настоящее время АО «Алтынтау Кокшетау» реализует стратегическую программу дальнейшего освоения месторождения, предусматривающую углубление карьера и поэтапный переход к комбинированной технологии разработки с последующим освоением глубокозалегающих запасов подземным способом. Реализация данной стратегии позволит значительно продлить срок эксплуатации месторождения, повысить полноту извлечения запасов и обеспечить устойчивое развитие одного из крупнейших предприятий золотодобывающей отрасли Казахстана (рис. 2).



а *б* *в*

Рис. 2. Перспективные направления развития Васильковского месторождения: *а – расширение карьера; б – углубление карьера; в – переход к подземной разработке глубокозалегающих запасов.*
Сурет 2. Васильков кен орнын игерудің перспективалық бағыттары: *а – карьерді кеңейту; б – карьерді тереңдету; в – тереңде орналасқан қорларды жерасты тәсілімен игеруге көшу.*
Figure 2. Prospective development directions of the Vasilkovskoye deposit: *a – pit expansion; b – pit deepening; c – transition to underground mining of deep-seated ore reserves.*

В таких условиях эффективная и безопасная отработка рудных жил возможна только при организации геомеханического мониторинга состояния породных массивов, заключающегося: в систематических наблюдениях за пространственно-временными геомеханическими процессами, возникающими в массиве горных пород в результате его отработки; в математической обработке результатов

наблюдений; содержательном анализе и прогнозе состояния породных массивов, разработке решений по управлению негативными процессами.

Комплексная система геотехнического мониторинга

Для обеспечения устойчивости бортов карьера и безопасного ведения горных работ на АО «Altyntau Kokshetau» создана комплексная система геотехнического мониторинга, объединяющая автоматизированные геодезические наблюдения, георадиолокационный, гидрогеологический, сейсмический и спутниковый мониторинг, а также численное моделирование. Комплексное применение современных методов обеспечивает непрерывный контроль напряженно-деформированного состояния прибортового массива и позволяет своевременно выявлять потенциально опасные деформационные процессы.

Основу геодезического мониторинга составляют три автоматизированные **станции** Leica GeoMoS, оснащенные роботизированными электронными тахеометрами Leica TM50. Система обеспечивает круглосуточный контроль пространственного положения отражателей, установленных на бортах карьера. По состоянию на конец 2025 года сеть мониторинга включает 637 контрольных пунктов с дальнейшим расширением по мере углубления горных работ. В 2026 году предусмотрена установка дополнительных отражателей и новых автоматизированных станций, что позволит повысить точность и оперативность определения деформаций (рис. 3).

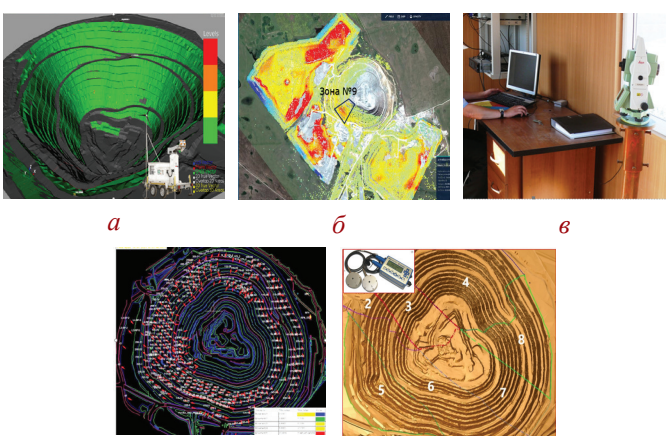


Рис. 3. Системы мониторинга: *а – георадарный; б – космический; в – GeoMoS; г – мониторинговые точки; д – сейсмический мониторинг.*
Сурет 3. Мониторингтік жүйе: *а – георадарлық; б – ғарыштық; в – GeoMoS; г – мониторингтік нүктелер; д – сейсмикалық мониторинг.*
Figure 3. Monitoring systems: *a – ground-based radar; b – satellite; c – GeoMoS; d – monitoring points; e – seismic monitoring.*

Результаты

Основным элементом системы оперативного геотехнического контроля являются георадарные комплексы IDS IBIS ArcSAR-360 Performance, обеспечивающие непрерывное дистанционное сканирование бортов карьера с периодичностью 2 минуты. Обработка измерений выполняется в режиме реального времени с автоматическим выявлением зон активного деформирования, расчетом скоростей смещений и формированием предупредительных сигналов при превышении установленных пороговых значений.

Результаты георадарного мониторинга позволяют своевременно выявлять развитие деформационных процессов и оценивать динамику смещений потенциально неустойчивых участков. В качестве примера на рис. 4 представлены результаты мониторинга смещений участка вывала в зоне № 5 за июнь 2025 года. Анализ полученных данных свидетельствует о локальном характере развития деформаций и позволяет определить пространственное распределение величин смещений, а также выделить наиболее опасные участки, требующие усиленного инструментального контроля и проведения превентивных мероприятий по обеспечению безопасности горных работ.

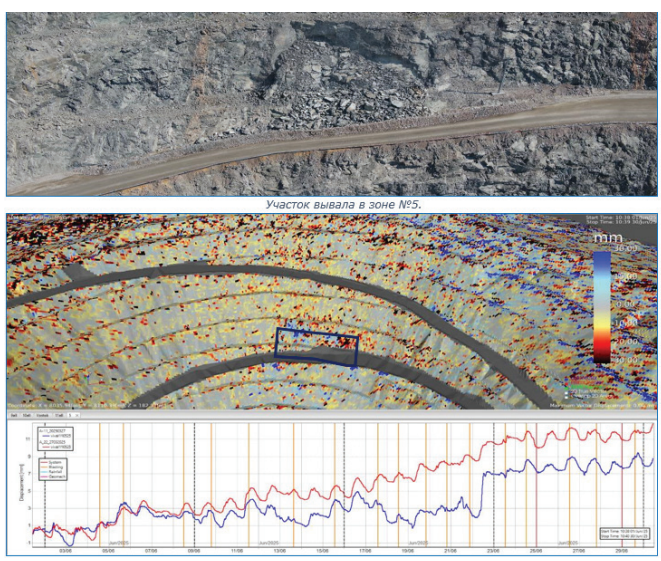


Рис. 4. Результаты радарного мониторинга участка вывала в зоне № 5 за июнь 2025 г.
Сурет 4. 2025 жылғы маусым айындағы № 5 аймақтағы опырылу учаскесінің радарлық мониторинг нәтижелері.
Figure 4. Results of radar monitoring of the slope failure area in zone No. 5 for June 2025.

Введен спутниковый мониторинг участков карьера, рудных складов и породных отвалов. Спутниковый мониторинг обеспечивает контроль деформаций на большой площади и позволяет анализировать медленные смещения. Каждые 11 дней, после пролета спутников над территорией АО «Altyntau Kokshetau», обновляются данные сканирования, позволяющие определить смещения массива горных пород. По данным спутникового мониторинга с апреля 2024 года по июнь 2025 года зарегистрировано наличие деформационных процессов в зоне № 9 (рис. 3, *б*).

Автоматизированная система мониторинга Leica GeoMoS (рис. 3, *в*), основанная на роботизированном электронном тахеометре *Leica*, обеспечивает непрерывные наблюдения за сетью из 637 мониторинговых точек

(рис. 3, *г*), размещенных по всему карьерному полю. Система автоматически определяет пространственные смещения, рассчитывает их величину, направление и скорость развития деформаций. В качестве примера на рис. 5 представлены графики смещений за неделю в зоне № 10 Северо-Восточного борта карьера.

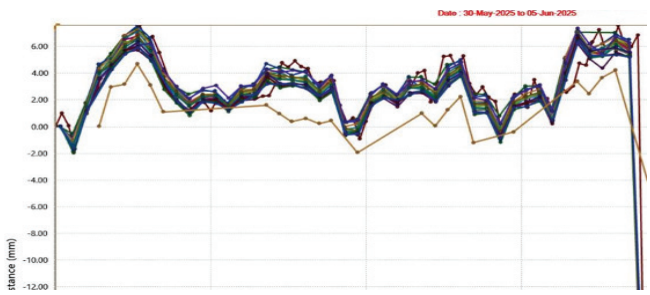


Рис. 5. Графики смещения по GeoMoS мониторингу.
Сурет 5. GeoMoS мониторингі бойынша ығысу графиктері.
Figure 5. Displacement graphs based on GeoMoS monitoring.

Помимо геодезических и георадарных наблюдений, на предприятии реализован комплекс дополнительных методов геотехнического контроля, обеспечивающих всестороннюю оценку состояния массива горных пород. Регулярно выполняется сейсмический контроль буровзрывных работ с оценкой параметров сейсмического воздействия и соблюдения геотехнических рекомендаций при ведении взрывных работ, что позволяет минимизировать их влияние на устойчивость бортов карьера и предохранительных берм.

Для исследования структурного строения массива с 2019 года применяется программный комплекс *Sirovision Datamine*, обеспечивающий трехмерное картирование трещиноватости по цифровым изображениям откосов карьера. Полученные данные используются при построении структурно-геологических моделей и уточнении геомеханических характеристик массива.

Автоматизированная георадарная система, включающая три радара, осуществляет круглосуточное сканирование периметра карьера с интервалом 2 минуты. Обработка результатов выполняется в программном комплексе Guardian FPM-360, обеспечивающем автоматическое выявление зон активных деформаций, расчет скоростей смещений и передачу информации в режиме реального времени на диспетчерский пункт рудника. При превышении установленных пороговых значений система автоматически формирует предупреждающий сигнал, что позволяет своевременно принимать меры по предотвращению аварийных ситуаций.

Представить в рамках одной статьи весь объем ежедневных и ежемесячных результатов мониторинга, полученных геотехнической службой, не представляется возможным. Их детальный анализ будет изложен в отдельных научных публикациях

Для обеспечения непрерывности контроля организовано круглосуточное дежурство специалистов геотехнической службы, а техническое сопровождение георадарной системы осуществляется компанией Leica Geosystems Kazakhstan. На основе данных мониторинга регулярно формируются карты геотехнических опасностей (рис. 6), используемые при планировании и безопасном ведении горных работ.



Рис. 6. Карта геотехнических опасных зон.
Сурет 6. Геотехникалық қауіпті аймақтардың картасы.
Figure 6. Geotechnical hazard map.

Таким образом, в АО «Altyntau Kokshetau» создана многоуровневая интегрированная система геотехнического мониторинга, объединяющая инструментальные наблюдения, дистанционные методы измерений, спутниковый мониторинг и численное моделирование. Комплексное использование указанных технологий обеспечивает своевременное выявление опасных геомеханических процессов, повышает достоверность оценки устойчивости бортов карьера и способствует обеспечению промышленной безопасности при ведении открытых горных работ.

Выводы

Проведенный анализ современного состояния геотехнического мониторинга Васильковского месторождения показал, что по мере увеличения глубины открытой разработки возрастают требования к обеспечению устойчивости бортов карьера и своевременному выявлению опасных геомеханических процессов.

Установлено, что наиболее эффективным направлением является применение комплексного геотехнического мониторинга, объединяющего автоматизированные геодезические наблюдения, георадарный, гидрогеологический, спутниковый и сейсмический мониторинг, а также методы численного геомеханического моделирования. Интеграция различных методов наблюдений обеспечивает получение наиболее полной информации о состоянии прибортового массива и повышает надежность оценки его устойчивости.

Показано, что использование современных автоматизированных систем мониторинга на АО «Altyntau Kokshetau» позволяет организовать непрерывный контроль деформационных процессов, своевременно выявлять потенциально опасные участки и принимать инженерные решения, направленные на обеспечение промышленной безопасности при ведении открытых горных работ.

Перспективы дальнейшего развития геотехнического мониторинга связаны с совершенствованием комплексной

обработки разнородных данных, расширением применения цифровых геомеханических моделей, технологий дистанционного зондирования Земли и автоматизированных систем прогнозирования деформационных процессов, что будет способствовать повышению безопасности и эффективности разработки глубоких карьеров.

Благодарность

Авторы выражают искреннюю благодарность специалистам геотехнической службы и маркшейдерского отдела АО «Altyntau Kokshetau» за предоставленные материалы, содействие и помощь в проведении полевых наблюдений.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. *Simmons J. V. Управление геотехническими рисками на открытых угольных карьерах // Australian Center for Geomechanics Newsletter. – 2012. – № 22. – С. 1–4 (на английском языке)*
2. *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)*
3. *Трубецкой К. Н. Состояние и основные направления комплексного освоения и сохранения ресурсов земных недр // Проблемы и перспективы комплексного освоения и сохранения земных недр: материалы IV конференции Международной научной школы академика РАН К. Н. Трубецкого. – М.: ИПКОН РАН, 2020. – С. 5–11 (на русском языке)*
4. *Фисенко Г. Л. Устойчивость бортов карьеров и отвалов. – М.: Недра, 1975. – 378 с. (на русском языке)*
5. *Певзнер М. Е., Иофис М. А., Попов В. Н. Геомеханика. – М.: МГГУ, 2005. – 347 с. (на русском языке)*
6. *Машанов А. Ж., Певзнер М. Е., Бекбасаров Ш. С. Устойчивость уступов и бортов карьеров бассейна Каратау. – Алма-Ата: Наука, 1981. – 120 с. (на русском языке).*
7. *Низаметдинова Ф. К. Управление устойчивостью техногенных горных сооружений: монография. – Караганда: Изд-во Российско-Казахстанского университета, 2014. – 657 с. (на русском языке)*
8. *Комплексный мониторинг геодинамического полигона месторождений Центрального Казахстана / M. B. Nurpeisova [и др.] // Proceedings of the 18th International Congress for Mine Surveying. – Xuzhou, China, 24–29 октября 2023 г. – С. 11–19 (на английском языке)*
9. *Численное моделирование напряженно-деформированного состояния при комбинированной разработке группы месторождений Жиланды / G. Meirambek [и др.] // Численное моделирование напряженно-деформированного состояния при комбинированной разработке группы месторождений Жиланды // ES Energy and Environment. – 2026. – Т. 31. – Ст. 1909 (на английском языке)*
10. *Рафаилович М. С. Васильковское штокверковое месторождение золота: геологическая позиция, минералого-геохимическая зональность, прогнозно-поисковая модель // Геология и охрана недр. – 2006. – № 4. – С. 34–41 (на русском языке)*
11. *Хайков В. Т. Маркшейдерские работы на карьере АО «Altyntau Kokshetau» // Горный журнал Казахстана. – 2011. – № 11. – С. 14–16 (на русском языке)*
12. *Комплексный мониторинг и моделирование устойчивости откосов в структурно-сложном массиве горных пород / M. B. Nurpeisova [и др.] // Eurasian Mining. – 2025. – № 1. – С. 46–50 (на английском языке)*

ПАЙДАЛАНҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. *Simmons J. V. Ашық көмір карьерлеріндегі геотехникалық тәуекелдерді басқару // Australian Center for Geomechanics Newsletter. – 2012. – № 22. – Б. 1–4 (ағылшын тілінде)*
2. *Мельников Н. Н. XXI ғасырдағы экологиялық мәселелер және жер қойнауын игеру // XXI ғасырдағы жер қойнауын игеру және экологиялық мәселелер. – Мәскеу: РҒА ИПКОН, 2010. – Б. 26–45 (орыс тілінде)*
3. *Трубецкой К. Н. Жер қойнауы ресурстарын кешенді игеру мен сақтаудың қазіргі жағдайы және негізгі бағыттары // Жер қойнауын кешенді игеру және сақтау мәселелері мен перспективалары: РҒА академигі К. Н. Трубецкой атындағы Халықаралық ғылыми мектептің IV конференциясының материалдары. – Мәскеу: РҒА ИПКОН, 2020. – Б. 5–11 (орыс тілінде)*
4. *Фисенко Г. Л. Карьерлер мен үйінділер борттарының орнықтылығы. – Мәскеу: Недра, 1975. – 378 б. (орыс тілінде)*
5. *Певзнер М. Е., Иофис М. А., Попов В. Н. Геомеханика. – Мәскеу: ММТУ, 2005. – 347 б. (орыс тілінде)*
6. *Машанов А. Ж., Певзнер М. Е., Бекбасаров Ш. С. Қаратау бассейні карьерлерінің кемерлері мен борттарының орнықтылығы. – Алматы: Ғылым, 1981. – 120 б. (орыс тілінде).*
7. *Низаметдинова Ф. К. Техногендік тау-кен құрылыстарының орнықтылығын басқару: монография. – Қарағанды: Ресей-Қазақстан университетінің баспасы, 2014. – 657 б. (орыс тілінде)*

8. *Орталық Қазақстан кен орындарының геодинамикалық полигонын кешенді мониторингілеу / M. B. Nurpeisova [және т. б.] // Proceedings of the 18th International Congress for Mine Surveying. – Xuzhou, China, 24–29 қазан 2023 ж. – Б. 11–19 (ағылшын тілінде)*
9. *Жыланды кен орындары тобын құрамдастырылған игеру кезіндегі кернеулі-деформацияланған күйді сандық модельдеу / G. Meirambek [және т. б.] // ES Energy and Environment. – 2025. – Т. 31. – 1909 (ағылшын тілінде)*
10. *Рафаилович М. С. Васильков штокверктік алтын кен орны: геологиялық жағдайы, минералогиялық-геохимиялық зоналылығы, болжамдық-іздеу моделі // Геология және жер қойнауын қорғау. – 2006. – № 4. – Б. 34–41 (орыс тілінде)*
11. *Хайков В. Т. «Altyntau Kokshetau» АҚ карьеріндегі маркшейдерлік жұмыстар // Қазақстанның тау-кен журналы. – 2011. – № 11. – Б. 14–16 (орыс тілінде)*
12. *Құрылымдық күрделі тау жыныстары массивіндегі беткейлердің орнықтылығын кешенді мониторингілеу және модельдеу / M. B. Nurpeisova [және т. б.] // Eurasian Mining. – 2025. – № 1. – Б. 46–50 (ағылшын тілінде)*

REFERENCES

1. *Simmons J. V. Geotechnical Risk Management in Open Pit Coal Mines. Australian Center for Geomechanics Newsletter. – 2012. – No. 22. – P. 1–4 (in English)*
2. *Mel'nikov N. N. Ekologicheskie problemy XXI veka i osvoenie nedr [Environmental problems of the XXI century and subsoil development]. In: Osvoenie nedr i ekologicheskie problemy XXI veka [Subsoil development and environmental problems of the XXI century]. Moscow: IPKON RAN, 2010. – P. 26–45 (in Russian)*
3. *Trubetskoy K. N. Sostoyanie i osnovnye napravleniya kompleksnogo osvoeniya i sokhraneniya resursov zemnykh nedr [Current state and main directions of integrated development and conservation of mineral resources]. In: Problemy i perspektivy kompleksnogo osvoeniya i sokhraneniya zemnykh nedr: materialy IV konferentsii Mezhdunarodnoy nauchnoy shkoly akademika RAN K. N. Trubetskogo [Problems and prospects of integrated development and conservation of mineral resources: proceedings of the IV Conference of the International Scientific School of Academician of the RAS K. N. Trubetskoy]. – Moscow: IPKON RAN, 2020. – P. 5–11 (in Russian)*
4. *Fisenko G. L. Ustoychivost' bortov kar'erov i otvalov [Stability of open pit slopes and waste dumps]. – Moscow: Nedra, 1975. – 378 p. (in Russian)*
5. *Pevzner M. E., Iofis M. A., Popov V. N. Geomekhanika [Geomechanics]. – Moscow: MGGU, 2005. – 347 p. (in Russian)*
6. *Mashanov A. Zh., Pevzner M. E., Bekbasarov Sh. S. Ustoychivost' ustupov i bortov kar'erov basseyna Karatau [Stability of benches and open pit slopes in the Karatau Basin]. – Alma-Ata: Nauka, 1981. – 120 p. (in Russian)*
7. *Nizametdinova F. K. Upravlenie ustoychivost'yu tekhnogennykh gornykh sooruzheniy [Management of stability of technogenic mining structures]: monograph. Karaganda: Izdatel'stvo Rossiysko-Kazakhstanskogo universiteta [Publishing House of the Russian-Kazakh University], 2014. – 657 p. (in Russian)*
8. *Comprehensive Monitoring of Geodynamic Polygon of Deposits in Central Kazakhstan / M. B. Nurpeisova et al. Proceedings of the 18th International Congress for Mine Surveying. – Xuzhou, China, October 24–29, 2023. – P. 11–19 (in English)*
9. *Numerical Modelling of Stress-Strain State During Combined Mining of Zhilandy Group of Deposits / G. Meirambek et al. // ES Energy and Environment. – 2025. – Vol. 31. – Article 1909 (in English)*
10. *Rafailovich M. S. Vasil'kovskoe shtokverkovoe mestorozhdenie zolota: geologicheskaya pozitsiya, mineralogo-geokhimicheskaya zonal'nost', prognozno-poiskovaya model' [Vasilkov stockwork gold deposit: geological setting, mineralogical-geochemical zonation and exploration model]. Geologiya i okhrana nedr [Geology and Subsoil Protection]. – 2006. – No. 4. – P. 34–41 (in Russian)*
11. *Khaykov V. T. Marksheyderskie raboty na kar'ere AO «Altyntau Kokshetau» [Mine surveying operations at the Altyntau Kokshetau open pit]. Gornyy zhurnal Kazakhstana [Mining Journal of Kazakhstan]. – 2011. – No. 11. – P. 14–16 (in Russian)*
12. *Integrated Monitoring and Modeling of Slope Stability in Structurally Complex Rock Mass / M. B. Nurpeisova et al. // Eurasian Mining. – 2025. – No. 1. – P. 46–50 (in English)*

Сведения об авторах:
Ормамбеков Е. Ж., Ph.D докторант, Казахский национальный исследовательский технический университет им. К. И. Сатпаева (Satbayev University) (г. Алматы, Казахстан), *ye80@mail.ru;* https://orcid.org/0009-0001-2248-7214
Гречухин С. Р., гл. геотехник АО «Altyntau Kokshetau» (г. Кокшетау, Казахстан), *sergey.grechukhin@kazzinc.com;* https://orcid.org/0009-0007-3240-0702
Шульц Р. В., доктор техн. наук, профессор, научный сотрудник, Университет нефти и минералов имени короля Фахда (KFUPM) (г. Дахран, Саудовская Аравия), *shultsrv@gmail.com;* https://orcid.org/0000-0003-2581-517X
Турсынбеков А. А., магистрант, Казахский национальный исследовательский технический университет имени К. И. Сатпаева (Satbayev University) (г. Алматы, Казахстан), *azat_t@icloud.com;* https://orcid.org/0009-0005-2917-1334

Авторлар туралы мәліметтер:
Ормамбеков Е. Ж., Ph.D докторанты, Қ. И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті (Satbayev University) (Алматы қ., Қазақстан)
Гречухин С. Р., «Altyntau Kokshetau», АҚ бас геотехнигі (Көкшетау қ., Қазақстан)
Шульц Р. В., техника ғылымдарының докторы, профессор, ғылыми қызметкері, Король Фахд атындағы Мұнай және минералдар университеті (KFUPM) (Дахран қ., Сауд Арабиясы)
Турсынбеков А. А., магистрант, Қ. И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті (Satbayev University) (Алматы қ., Қазақстан)

Information about the authors:
Ormambekov Y. Zh., Ph.D Doctoral Student, K. I. Satbayev Kazakh National Research Technical University (Satbayev University) (Almaty, Kazakhstan)
Grechukhin S. R., Chief Geotechnical Engineer, Altyntau Kokshetau JSC (Kokshetau, Kazakhstan)
Shults R. V., Doctor of Technical Sciences, Professor, Research Fellow, King Fahd University of Petroleum and Minerals (KFUPM) (Dhahran, Saudi Arabia)
Tursynbekov A. A., Master's student, K.I. Satbayev Kazakh National Research Technical University (Satbayev University) (Almaty, Kazakhstan)

межрегиональная специализированная выставка

САХАПРОМЭКСПО

3 – 4 ДЕКАБРЯ 2026 г. ЯКУТСК

НЕДРА ЯКУТИИ. СПЕЦТЕХНИКА
ЭКОЛОГИЯ. ЭНЕРГО. ЗОЛОТОДОБЫЧА
СВЯЗЬ. БЕЗОПАСНОСТЬ

Организаторы:

Выставочная компания
Сибэкспосервис
г. Новосибирск

Выставочная компания
СахаЭкспоСервис
г. Якутск

Тел:(383) 3356350, e-mail: vkses@yandex.ru, www.ses.net.ru