

Код МРНТИ 52.13.15

Д. Таханов<sup>1,2</sup>, \*А. Жиенбаев<sup>3</sup>, М. Балпанова<sup>2</sup>, Д. Нурекин<sup>4</sup><sup>1</sup>НАО «Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан),<sup>2</sup>ТОО «Корпорация Казахмыс» (г. Жезказган, Казахстан),<sup>3</sup>ТОО «Научно-технический центр промышленной безопасности» (г. Караганда, Казахстан),<sup>4</sup>АО «Жезказганский университет им. О.А. Байконурова» (г. Жезказган, Казахстан)

## ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ НОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ С ПРИМЕНЕНИЕМ МАССИВНЫХ И БАРЬЕРНЫХ ЦЕЛИКОВ НА РУДНИКЕ ЖОМАРТ

**Аннотация.** В статье представлены результаты геомеханического обоснования параметров новой технологии камерно-столбовой разработки с использованием барьерных и массивных целиков в условиях рудника Жомарт. Проведено численное моделирование с применением критерия Хука-Брауна и анализ натурных наблюдений за устойчивостью кровли и целиков на основе данных, собранных в период 2019–2022 гг. Установлено, что уменьшение ширины очистных камер до 7 м при применении массивных целиков обеспечивает повышение устойчивости кровли более чем в полтора раза. Рассчитаны коэффициенты запаса прочности междукамерных, барьерных и массивных целиков. Доказана эффективность предложенной схемы разработки для обеспечения устойчивости выработанного пространства и снижения потерь полезного ископаемого. Полученные результаты рекомендованы к внедрению на объектах с аналогичными геомеханическими условиями.

**Ключевые слова:** камерно-столбовая система, массивный целик, барьерный целик, устойчивость кровли, коэффициент запаса прочности, численное моделирование, рудник Жомарт.

### Жомарт кенішінде массивті және тосқауыл кентіректерді қолдана отырып, жаңа өндіру технологиясының параметрлерін негіздеу

Аннотация. Мақалада Жомарт кенішінің жағдайында тосқауыл және массивті кентіректерді қолдана отырып, камералық-бағаналық жүйе негізіндегі жаңа өндіру технологиясының параметрлерін геомеханикалық негіздеу нәтижелері келтірілген. 2019–2022 жылдар аралығында алынған деректер негізінде төбе мен кентіректердің тұрақтылығына далалық бақылау нәтижелері мен Хук-Браун критерийі арқылы сандық модельдеу жүргізілді. Тазарту камераларының ені 7 метрге дейін қысқарған жағдайда массивті кентіректерді қолдану төбе тұрақтылығын 1,5 есеге арттыратыны дәлелденді. Өртүрлі кентіректер үшін беріктік қоры коэффициенттері есептелді. Ұсынылған технологиялық схема кеністіктің тұрақтылығын қамтамасыз етіп, пайдалы қазбалар шығынын азайтуға мүмкіндік беретіні дәлелденді. Нәтижелер ұқсас геомеханикалық жағдайлары бар кен орындары үшін ұсынылады.

**Түйінді сөздер:** камералық-бағаналық жүйе, массивті кентірек, тосқауыл кентірек, төбе тұрақтылығы, беріктік қоры коэффициенті, сандық модельдеу, Жомарт кеніші.

### Justification of parameters for a new mining technology using massive and barrier pillars at the Zhomart mine

**Abstract.** This paper presents the results of a geomechanical justification of a new room-and-pillar mining technology using barrier and massive pillars at the Zhomart mine. Numerical modeling based on the Hoek-Brown failure criterion and field monitoring of roof and pillar stability were conducted using data from 2019 to 2022. It was found that reducing the stope width to 7 meters while applying massive pillars improves roof stability by more than 1.5 times. Safety factors were calculated for inter-chamber, barrier, and massive pillars. The proposed technological scheme is proven to be effective in ensuring the stability of mined-out areas and reducing ore losses. The results are recommended for implementation at deposits with similar geomechanical conditions.

**Key words:** room-and-pillar system, massive pillar, barrier pillar, roof stability, safety factor, numerical modeling, Zhomart mine.

### Введение

В современных условиях интенсификации горнодобывающего производства особую актуальность приобретают вопросы повышения безопасности и эффективности разработки месторождений твердых полезных ископаемых. Особенно важным это становится для предприятий, осуществляющих подземную разработку площадных залежей на больших глубинах. На примере рудника Жомарт, который эксплуатируется в сложных горно-геологических условиях, выявляется значительная потребность в совершенствовании технологии камерно-столбовой системы разработки. Применение барьерных и массивных целиков в практике добычи является перспективным направлением, позволяющим минимизировать риски обрушений, увеличить полноту извлечения запасов и обеспечить экономическую целесообразность горных работ.

Цель исследования – разработать технологию камерно-столбовой системы с барьерными и массивными целиками, обеспечивающую устойчивость выработок и высокий коэффициент извлечения. Задачи исследования заключаются в следующем. Необходимо провести анализ и обобщение мирового опыта применения камерно-столбовой системы разработки с использованием целиков

различного типа. Также предстоит выполнить численное моделирование устойчивости конструктивных элементов при различных вариантах их исполнения. Важно определить оптимальные параметры пролетов очистных камер и размеры барьерных и массивных целиков для условий рудника Жомарт.

Объектом исследования выступает рудник Жомарт (месторождение Жаман-Айбат), входящий в состав предприятия ПО «ЖЦМ» ТОО «Корпорация Казахмыс». Характерной особенностью данного объекта является значительная неоднородность геологических условий, обусловленная частым прослаиванием прочностно-неоднородных пород и руды, что существенно усложняет проведение горных работ. На протяжении последних лет на руднике наблюдаются проблемы с устойчивостью кровли и междукамерных целиков, что подтверждает необходимость детального изучения и совершенствования технологических параметров разработки запасов.

Актуальность современных проблем устойчивости камерно-столбовой системы разработки в сложных горно-геологических условиях не только обсуждается в профессиональных кругах, но и подтверждена многочисленными научными публикациями ведущих исследователей отрасли.

Геомеханическое обоснование параметров системы разработки месторождения Жаман-Айбат, проведенное авторами [1], позволило определить оптимальные условия для повышения устойчивости кровли и целиков. Также они предложили методику оценки распространения физических процессов в массиве в условиях естественного напряженного состояния [2], что имеет важное значение для моделирования процессов обрушения.

Работы [3, 4] посвящены определению параметров зон обрушения при повторной разработке целиков. Они проанализировали стабильность пролетов кровли в условиях применения камерно-столбовой системы, что напрямую связано с темой оптимизации конструктивных элементов разработки.

Исследования зарубежных авторов, таких как Guo и Miao [5], показали особенности устойчивости выработок при разработке длиннопадающих тонких залежей, а Feng и др. [6] рассмотрели теорию ключевых целиков для объяснения цепных разрушений, что особенно важно для глубоких горизонтов. Нао и коллеги [7] предложили технологии полосового заполнения и повторной разработки целиков, что близко по тематике к методам оптимизации повторной отработки.

В работе [8] исследованы параметры междукамерных целиков при разработке наклонных залежей, предложив методику, релевантную и для пологих месторождений типа Жаман-Айбат. Жараспаев М.А. в своих работах [9, 10] осветил практический опыт применения панельно-столбовой системы и результаты повторной отработки, что служит важной эмпирической базой для дальнейших исследований. Отдельного внимания заслуживает работа Абеуова Е.А. и коллег [11], в которой обоснованы допустимые пролеты кровли для условий Жаман-Айбат, что непосредственно перекликается с целями настоящего исследования.

Таким образом, выполненный анализ литературных источников показал, что вопросы устойчивости кровли и междукамерных целиков при камерно-столбовой системе разработки в сложных горно-геологических условиях остаются актуальными и требуют дальнейшего совершенствования. Основой для повышения устойчивости является не только оптимизация параметров системы разработки, но и применение современных методов численного моделирования напряженно-деформированного состояния массива.

### Методы исследования

В связи с этим в настоящем исследовании применен комплексный подход, включающий аналитические расчеты и численное моделирование, направленный на обоснование параметров новой технологии разработки с использованием барьерных и массивных целиков.

Учитывая актуальность и выводы из проведенного обзора, в рамках данного исследования был применен комплекс научных и инженерных методов, направленных на количественную оценку устойчивости камерно-столбовой системы разработки и обоснование параметров ее конструктивных элементов. Для достижения целей работы использован системный подход, основанный на сочетании

теоретического анализа, статистической обработки натуральных наблюдений и численного моделирования геомеханических процессов. Исследования базируются на данных, полученных при эксплуатации рудника Жомарт, и опыте разработки месторождения Жаман-Айбат.

### Геомеханическое моделирование

Основу расчетов составило численное моделирование устойчивости междукамерных и барьерных целиков, а также кровли камер, с использованием специализированного программного обеспечения Examine2D. Расчеты проводились с применением обобщенного критерия Хука-Брауна и с учетом природного напряженного состояния массива. Прочностные характеристики пород определялись на основании данных UCS и индекса GSI.

При камерно-столбовой системе разработки характерно наличие протяженных залежей как по простиранию, так и по падению. В расчетной модели охватывались сразу несколько панелей длиной более 100 м. В таких условиях трехмерное моделирование не дает принципиально новых результатов, так как пространственные эффекты сглажены масштабом залежи. Поэтому применение Examine2D является оправданным: в рамках плоской задачи можно адекватно оценить распределение напряжений, зону пластических деформаций и коэффициент запаса прочности целиков. При необходимости, результаты сопоставлялись с расчетами в RS2, что подтвердило корректность выбранного подхода.

В рамках моделирования анализировались различные конфигурации междукамерных целиков: под защитой барьерных (БЦ), массивных (МЦ), а также их самостоятельная устойчивость. Подробные результаты моделирования приведены в разделе «Результаты и обсуждение».

### Анализ натуральных наблюдений

Исследование базируется также на статистической обработке данных наблюдений за устойчивостью кровли и целиков, проведенных на руднике Жомарт за период 2019–2022 гг. Для оценки достоверности выводов использована база данных по 104 выемочным единицам (панелям, блокам), с анализом количества и мощностей вывалов пород с кровли. Результаты приведены в таблице 1, где показано распределение числа вывалов по различным диапазонам мощности. Визуальное представление этих данных дает график на рис. 1, наглядно демонстрирующий зависимость количества вывалов от их мощности. Эти данные позволяют понять динамику и масштаб проблем с устойчивостью кровли на разных этапах эксплуатации.

По статистике, в ранние годы (2008–2010) не учитывались вывалы с мощностью менее 1 м, что искажало картину распределения. Новые данные показали, что при ширине камеры 9 м доля вывалов мощностью более 2 м составляет 11%, при проходке горных выработок шириной менее 6 м – 7%, а при ширине 7 м и использовании массивных целиков в блоке 56-С2 зарегистрированы только 6 вывалов с мощностью от 0,3 до 1,9 м, то есть не более 2 м.

### Аналитическое обоснование

Аналитическая часть включает оценку предельных параметров устойчивости междукамерных целиков

Количество вывалов пород с кровли по мощностям

Таблица 1

Төбенің опырылып түсуінің қалыңдығы бойынша саны

Кесте 1

The number of rock falls from the roof by capacity

Таблица 1

Мощность вывалов пород с кровли, м.	Количество вывалов по очистным выработкам за период 2008–10 гг., шт.	Количество вывалов по очистным выработкам за период 2019–22 гг., шт.	Количество вывалов по горнопроходческим выработкам за период 2019–22 гг., шт.
до 1	40	331	345
до 2	79	254	268
до 3	60	49	36
до 4	16	16	7
более 5	22	4	0
Всего	217	654	654

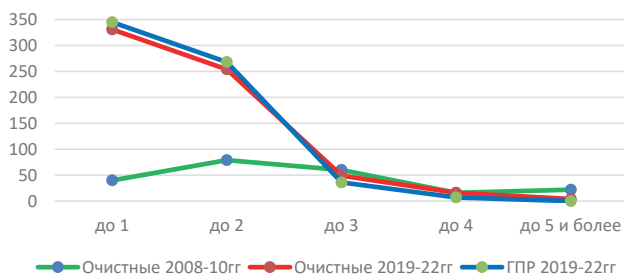


Рис. 1. График количества вывалов пород с кровли по мощностям.

Сурет 1. Төбенің опырылып түсуінің қалыңдығы бойынша санының кестесі.

Figure 1. Graph of the number of rock falls from the roof by capacity.

на основе соотношения мгновенной и длительной прочности. Расчеты выполнены с учетом прочностных характеристик серого рудного песчаника, слагающего основную часть массива. Параметры для расчета определялись согласно методике определения коэффициента запаса прочности. Также оценены значения коэффициента нагрузки на целики, зависящие от массы налегающей толщи и схемы разработки, что позволило выявить оптимальные условия разгрузки междукамерных целиков через массивные целики.

*Примененные нормативные и эмпирические критерии*

Использованы нормативные значения коэффициентов запаса прочности: не менее 1,2 – для междукамерных целиков, и  $\geq 3,0$  – для барьерных и массивных, в соответствии с требованиями по безопасности. Эти значения подтверждены фактическими данными мониторинга.

Таким образом, примененная методология позволила обоснованно определить устойчивые параметры конструктивных элементов системы разработки. Ниже представлены ключевые результаты расчетов и анализа, полученные в ходе численного моделирования и полевых наблюдений.

**Результаты исследования и обсуждение**

На основе численного моделирования и анализа натуральных наблюдений была получена количественная оценка устойчивости конструктивных элементов системы разработки с применением барьерных (БЦ) и массивных целиков (МЦ) на руднике Жомарт.

По результатам анализа статистических данных за период 2019–2022 гг., уменьшение ширины камер с 9 до 7 м существенно повысило устойчивость кровли. В опытных блоках 56-С2 с шириной камер 7 м и применением массивных целиков зафиксированы единичные вывалы, не превышающие 1,9 м мощности, что составляет менее 1% общей площади обнажения кровли. Эти результаты подтверждают значительное повышение устойчивости и безопасности ведения работ по сравнению с ранее принятыми параметрами.

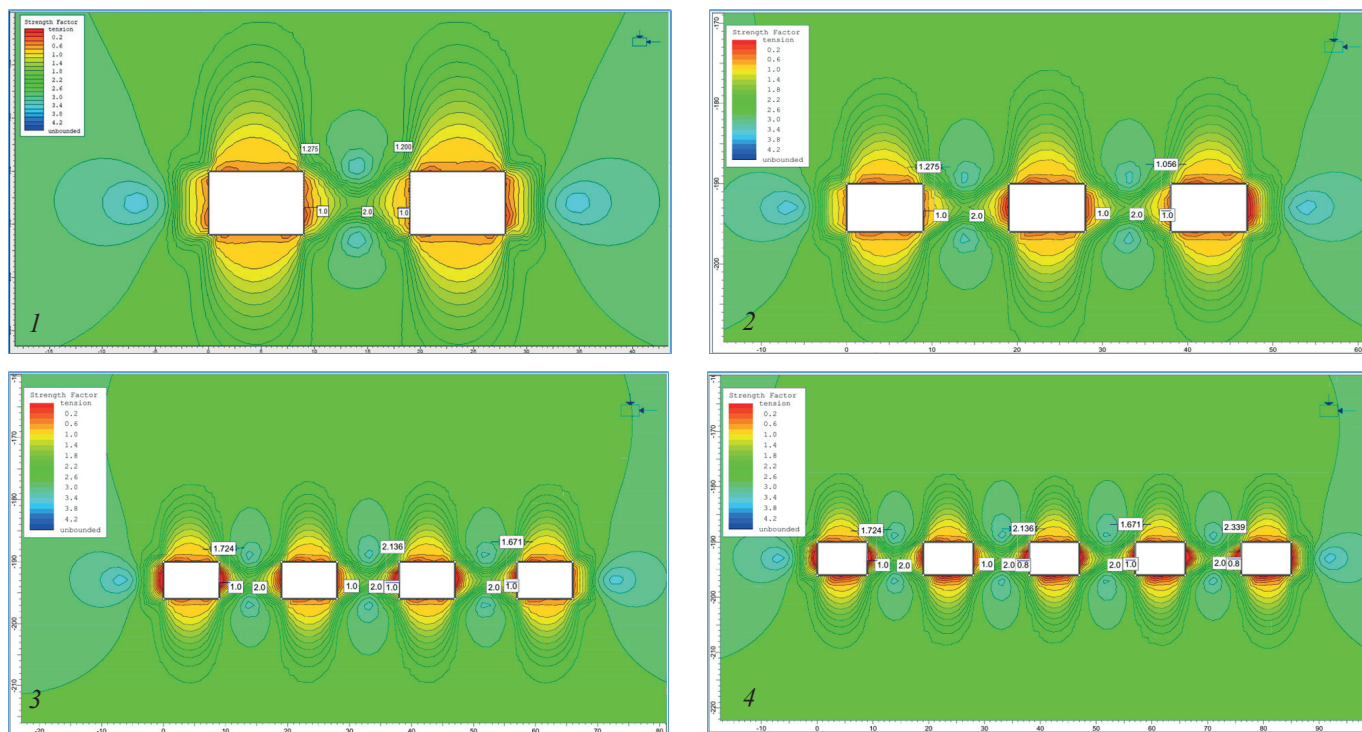
Численное моделирование показало, что уменьшение ширины камеры с 9 м до 7 м повышает устойчивость кровли в 1,7 раза, а при 6 м – более чем в два раза. Однако 6-метровые камеры были признаны неэффективными из-за несовместимости с применяемым оборудованием, тогда как камеры шириной 7 м продемонстрировали оптимальный баланс между устойчивостью и производительностью. Эти результаты подкреплены статистическим анализом (см. таблицу 1, рис. 1), а также полевыми наблюдениями.

Для оценки устойчивости междукамерных целиков (МКЦ) смоделированы различные конфигурации:

- под защитой барьерных целиков (БЦ) (рис. 2),
- под защитой массивных целиков (МЦ) (рис. 3),
- сами БЦ и МЦ как самостоятельные элементы (рис. 4).

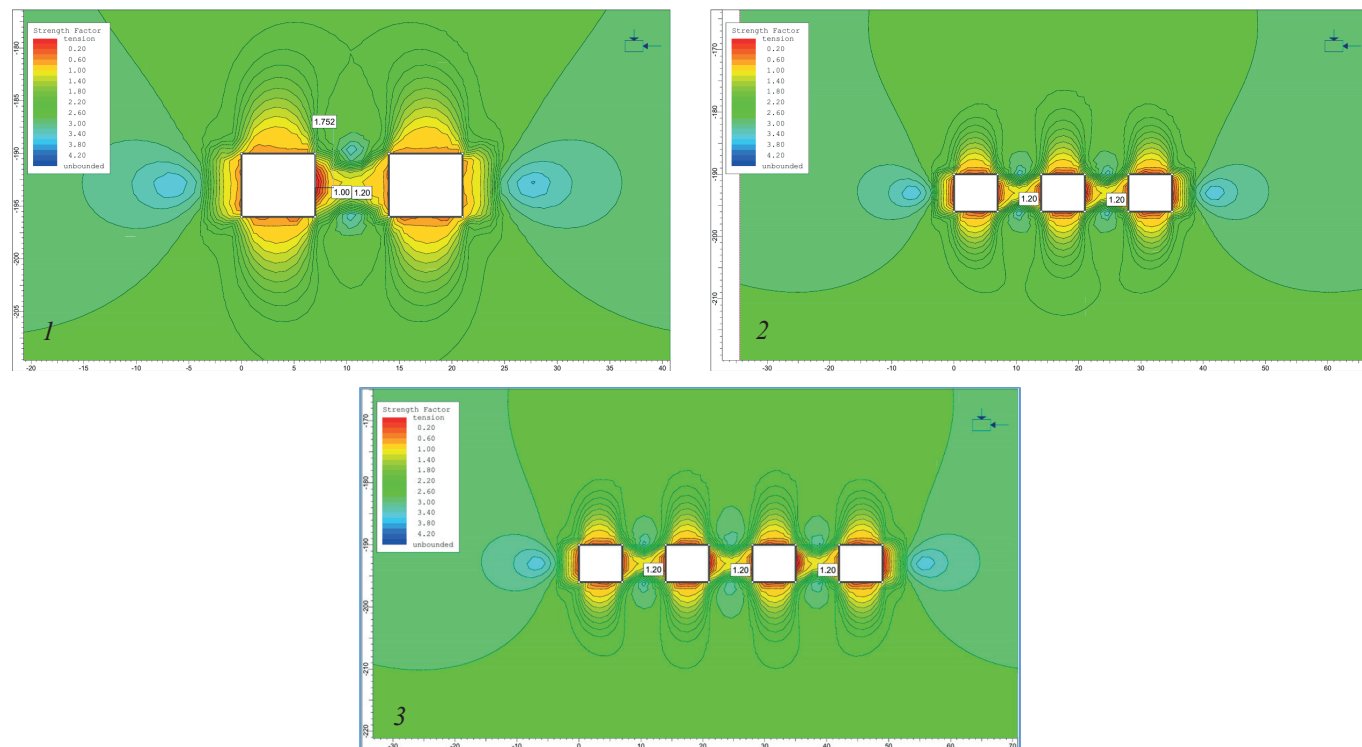
Согласно рис. 2 при камерно-столбовой системе разработки под защитой БЦ, прочность (коэффициент запаса прочности) МКЦ составляет не менее 2 во всех случаях, возможны отслоения боковых поверхностей до 1,2 м, что подтверждается фактическими наблюдениями геомеханического мониторинга на руднике. Принятые параметры – ширина камеры 9 м, ширина целика 10 м.

Под защитой МЦ коэффициент запаса прочности МКЦ равен 1,2 (рис. 3), что минимально допустимо по нормативным требованиям, но стабильно и безопасно с учетом разгрузки от тяжелых МЦ. Эти значения продемонстри-



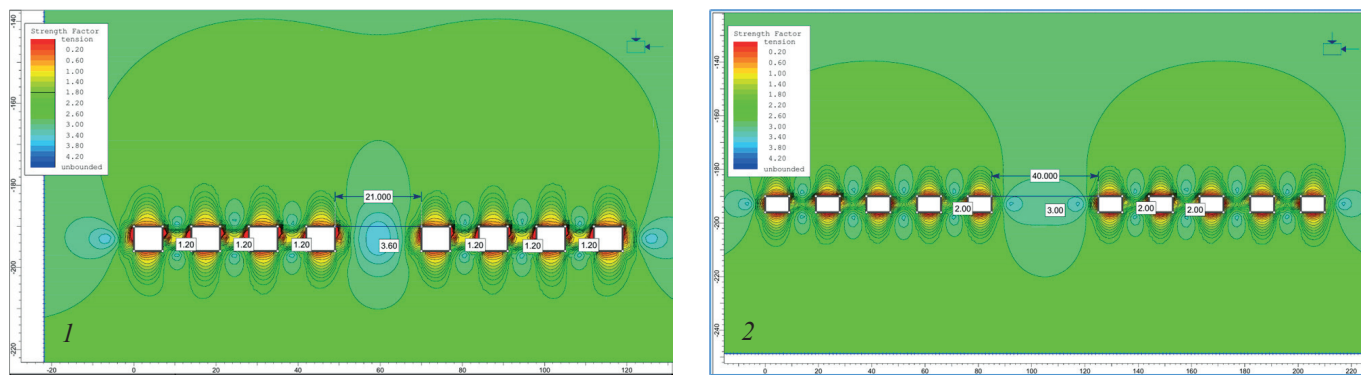
1 – при оформлении одного ряда МКЦ; 2 – при оформлении двух рядов МКЦ;  
3 – при оформлении трех рядов МКЦ; 4 – при оформлении четырех рядов МКЦ

**Рис. 2. Изменение коэффициента запаса прочности МКЦ под защитой БЦ.**  
**Сурет 2. БЦ қорғауындағы МКЦ қауіпсіздік қорының коэффициентінің өзгеруі.**  
**Figure 2. Changing the ICHP safety margin coefficient under BP protection.**



1 – при оформлении одного ряда МКЦ; 2 – при оформлении двух рядов МКЦ;  
3 – при оформлении трех рядов МКЦ

**Рис. 3. Изменение коэффициента запаса прочности МКЦ под защитой МЦ.**  
**Сурет 3. МЦ қорғауындағы МКЦ қауіпсіздік қорының коэффициентінің өзгеруі.**  
**Figure 3. Changing the ICHP safety margin coefficient under MP protection.**



1 – коэффициент запаса прочности БЦ составляет 3,0;

2 – коэффициент запаса прочности МЦ составляет 3,6

**Рис. 4. Определение коэффициента запаса прочности БЦ (1) и МЦ (2).**

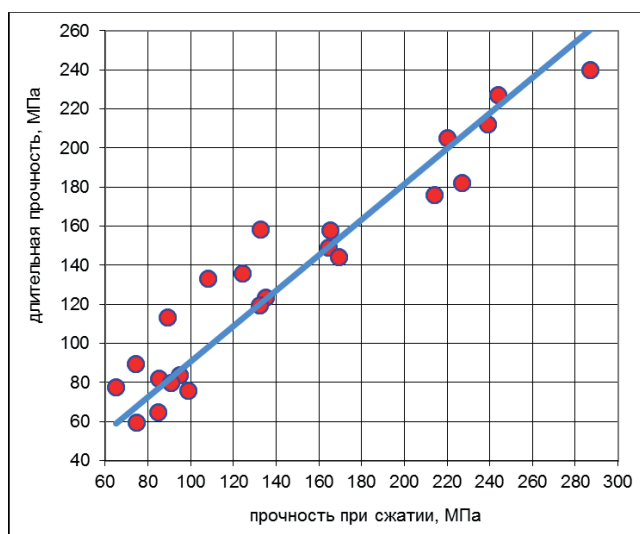
**Сурет 4. БК (1) және МЦ (2) қауіпсіздік қорының коэффициентін анықтау.**

**Figure 4. Determination of the safety margin coefficient of BP (1) and MP (2).**

ровали устойчивое поведение даже в условиях повторной отработки и глубокой залегаемости.

Самостоятельно массивные и барьерные целики обладают высокими прочностными характеристиками: коэффициент запаса прочности составляет 3,0 и 3,6 соответственно (рис. 4). Это соответствует нормативам (не менее 3,0) и доказывает их эффективность в разгрузке массива и стабилизации окружающих целиков.

В дополнение к численному моделированию были выполнены аналитические расчеты на основе физико-механических характеристик серого рудного песчаника. Исследования показали, что его длительная прочность составляет 87% от мгновенной, что позволяет принять граничный коэффициент запаса прочности как 1,15. Это означает, что при действующих напряжениях ниже этой границы разрушения не происходит (рис. 5).



**Рис. 5. Соотношение мгновенной и длительной прочности серых песчаников.**

**Сурет 5. Сұр құмтастардың лездік және ұзақ мерзімді беріктігінің арақатынасы.**

**Figure 5. The ratio of instant and long-term durability of gray sandstones.**

Таким образом, рекомендуется проектное значение коэффициента запаса прочности междукамерных целиков не менее 1,5, а для барьерных и массивных – не менее 3,0, что обеспечивает их долговременную устойчивость.

Дополнительно установлено, что массивные целики эффективно перераспределяют нагрузку от налегающей толщи на смежные элементы системы, снижая вероятность разрушения МКЦ и повышая полноту извлечения запасов.

Полученные результаты позволяют утверждать, что внедрение новой технологии с МЦ и уменьшением ширины камер значительно повышает устойчивость выработанного пространства, снижает потери полезного ископаемого и улучшает технико-экономические показатели горных работ.

**Закключение**

В ходе исследования обоснованы конструктивные параметры новой технологии камерно-столбовой разработки с применением барьерных и массивных целиков в условиях рудника Жомарт. Основное внимание было уделено обеспечению устойчивости кровли, междукамерных целиков и эффективности перераспределения горного давления при различных конфигурациях системы.

На основании анализа статистических данных, геомеханических наблюдений и численного моделирования установлено следующее:

- Уменьшение ширины очистных камер с 9 до 7 м обеспечивает повышение устойчивости кровли в 1,7 раза, что позволяет существенно сократить количество вывалов и исключить их критические мощности;
- Массивные целики демонстрируют высокую эффективность разгрузки междукамерных целиков, обеспечивая сохранение их устойчивости даже при пограничных значениях коэффициента запаса прочности;
- Моделирование показало, что прочность барьерных и массивных целиков соответствует нормативным требованиям: коэффициенты запаса составляют 3,0 и 3,6 соответственно;
- Аналитические расчеты подтвердили, что серый рудный песчаник, слагающий междукамерные целики, обладает

ет длительной прочностью 87% от мгновенной. Это позволило установить граничный коэффициент запаса прочности как 1,15 и рекомендовать проектное значение  $\geq 1,5$ ;

- Новая технология, базирующаяся на сочетании массивных целиков и камер шириной 7 м, демонстрирует высокую устойчивость системы и снижает потери руды при первичной и повторной отработке.

- Следует отметить, что ширина барьерных и массивных целиков устанавливается дифференцированно в зависимости от глубины разработки и геомеханических условий массива. Увеличение ширины целиков положительно влияет на устойчивость, однако одновременно снижает коэффициент извлечения руды. По результатам НИР, при традиционных параметрах шириной БЦ около 40 м потери составляли 42–52%, тогда как при уменьшении ширины до 21 м (с оформлением нулевой камеры) они снизились, сохранив при этом требуемый уровень безопасности. Таким образом, дифференцированный подход позволяет варьировать параметры целиков по глубине: на

малых глубинах уменьшать ширину, на больших – сохранять. Это обеспечивает баланс между устойчивостью и полнотой извлечения.

На основании полученных результатов авторы рекомендуют внедрение проектных параметров, подтвержденных численными и натурными методами, в качестве базовых для дальнейшего освоения запасов рудника Жомарт и аналогичных месторождений с пологими залежами и сложной геомеханикой.

#### Благодарность

Статья опубликована по результатам научно-исследовательских работ, выполняемых в рамках проекта №AP19677938 «Создание метода прогнозирования сдвижения вмещающих пород до земной поверхности для модернизации технологии повторной разработки пологих рудных залежей», при грантовом финансировании Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Геомеханическое обоснование параметров системы разработки на месторождении Жаман-Айбат / Балпанова М.Ж. [и др.] // Труды КарТУ имени Абылкаса Сагинова. 2022. № 4. С. 149–156 (на казахском языке)
2. Метод оценки объема распространения физических процессов в естественном напряженном состоянии массива / Балпанова М.Ж. [и др.] // Горный журнал Казахстана. 2023. № 11. С. 33–38 (на казахском языке)
3. Исследование деформационных процессов в горном массиве, окружающем очистной забой, при разработке наклонных рудных месторождений / Salkynov A. [и др.] // Разработка месторождений полезных ископаемых. 2023. Т. 17. Вып. 2. С. 82–90 (на английском языке)
4. Анализ устойчивости пролетного строения кровли в условиях камерно-столбовой системы разработки рудных месторождений / Zhiyenbaev A. [и др.] // Разработка месторождений полезных ископаемых. 2023. Т. 17 (1). С. 129–137 (на английском языке)
5. Guo Y., Miao Y. Исследование устойчивости очистных забоев при непрерывной разработке маломощных рудных тел методом «Камера-целик» // Устойчивость. 2022. Т. 14 (15). С. 9601 (на английском языке)
6. Теория ключевых опор при цепном разрушении остаточных угольных пластов и перспективы ее применения / Feng G.R. [и др.] // Журнал Китайского угольного общества. 2021. Т. 46 (1). С. 164–179 (на английском языке)
7. Hao Jian, Chen Anfa, Li Xuelong, Bian Hua, Shi Yongkui, Wang Xin, Zhao Jiali, Liu Haojie. (11 ноября 2022 г.). Тематическое исследование методов извлечения целиков, основанных на ленточной закладке и вторичном способе добычи полезных ископаемых. Рубежи в науке о Земле. <https://doi.org/10.3389/feart.2022.1051245> (на английском языке)
8. Обоснование параметров междукамерного целика при разработке наклонных залежей / Ivadilipova D.T. [и др.] // Горный журнал Казахстана. 2024. № 11. С. 27–33 (на английском языке)
9. Макаров А.Б., Мосякин Д.В., Карников А.А. Оценка природного напряженного состояния массива на руднике Жаман-Айбат // Горный журнал. 2005. № 9–10. С. 49–52 (на русском языке)
10. Жараспаев М.А. Результаты опытно-промышленных работ по повторной разработке на месторождении Жаман-Айбат (Республика Казахстан) // Интерактивная наука. 2017. № 11. С. 127–132 (на русском языке)
11. Обоснование допустимых пролетов кровли при камерно-столбовой системе разработки на месторождении Жаман-Айбат (Республика Казахстан) / Абеуов Е.А. [и др.] // Горный журнал Казахстана. 2019. № 5. С. 37–41 (на русском языке)

#### ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Жаманай-Айбат кен орнындағы игеру жүйесі параметрлерінің геомеханикалық негіздемесі / Балпанова М.Ж. [және т. б.] // Әбілқас Сағынов атындағы ҚарТУ еңбектері. 2022. № 4. Б. 149–156 (қазақ тілінде)
2. Массивтің табиғи кернеулі күйіндегі физикалық процестердің таралу көлемін бағалау әдісі / Балпанова М.Ж. [және т. б.] // Қазақстан тау-кен журналы. 2023. № 11. Б. 33–38 (қазақ тілінде)

3. Көлбеу кен кен орындарын игеру кезінде тазарту кенжарын қоршап тұрған тау-кен массивіндегі деформациялық процестерді зерттеу / Salkynov A. [және т. б.] // Пайдалы қазбалар кен орындарын өндіру. 2023. Т. 17. Шығ. 2. Б. 82–90 (ағылшын тілінде)
4. Кен орындарын өндірудің камера-кентірек жүйесі тұрғысынан шатырдың аралықтарының тұрақтылығын талдау / Zhienbayev A. [және т. б.] // Пайдалы қазбалар кен орындарын өндіру. 2023. Т. 17 (1). Б. 129–137 (ағылшын тілінде)
5. Guo Y., Miao Y. «Камера-целик» әдісімен қуаты аз кен денелерін үздіксіз игеру кезіндегі тазарту кенжарларының тұрақтылығын зерттеу // Тұрақтылық. 2022. Т. 14 (15). Б. 9601 (ағылшын тілінде)
6. Көмірдің қалдық тіректерінің тізбегінің істен шығуындағы негізгі тірек теориясы және оны қолдану перспективасы / Feng G.R. [және т. б.] // Қытай көмір Қоғамының журналы. 2021. Т. 46 (1). Б. 164–179 (ағылшын тілінде)
7. Hao Jian, Chen Anfa, Li Xuelong, Bian Hua, Shi Yongkui, Wang Xin, Zhao Jiali, Liu Haojie. (2022 жылғы 11 қараша). Жолақты толтыру және екінші тау-кен әдісіне негізделген тіректерді алу әдістерін кейс-кезеңдер. Жер Туралы ғылымдағы шекаралар (ағылшын тілінде). <https://doi.org/10.3389/feart.2022.1051245>
8. Көлбеу кен орындарын игеру кезінде камерааралық тұтастық параметрлерін негіздеу / Ivadilinova D.T. [және т. б.] // Қазақстан тау-кен журналы. 2024. № 11. Б. 27–33 (ағылшын тілінде)
9. Макаров А.Б., Мосякин Д.В., Карпиков А.А. Жаманай-Айбат кенішіндегі массивтің табиғи кернеу жағдайын бағалау // Тау-кен журналы. 2005. № 9–10. Б. 49–52 (орыс тілінде)
10. Жараспаев М.А. Жаманай-Айбат кен орнында қайта игеру бойынша тәжірибелік-өнеркәсіптік жұмыстардың нәтижелері (Қазақстан Республикасы) // Интерактивті ғылым. 2017. № 11. Б. 127–132 (орыс тілінде)
11. Жаман-Айбат кен орнында (Қазақстан Республикасы) камералық-бағаналы игеру жүйесі кезінде төбенің рұқсат етілген аралықтарын негіздеу / Абеуов Е.А. [және т. б.] // Қазақстан тау-кен журналы. 2019. № 5. Б. 37–41 (орыс тілінде)

#### REFERENCES

1. Balpanova M.Zh., Zharaspaev M.A., Zhienbaev A., Tazhibayev D.K. Geomechanical substantiation of the parameters of the development system at the Zhaman-Aybat deposit // Proceedings of the University named after Abylkas Saginov. 2022. No. 4. 149–156 pp. (in Kazakh)
2. A method for estimating the extent of the spread of physical processes in the natural stressed state of the massif / Balpanova M.Zh. [et al.] // Mining Journal of Kazakhstan. 2023. No. 11. 33–38 pp. (in Kazakh)
3. Research into deformation processes in the rock mass surrounding the stoping face when mining sloping ore deposits / Salkynov A. [et al.] // Mining of Mineral Deposits. 2023. V. 17. Issue 2. 82–90 pp. (in English)
4. Analysis of the roof span stability in terms of room-and-pillar system of ore deposit mining / Zhienbayev A. [et al.] // Mining of Mineral Deposits. 2023. V. 17 (1). 129–137 pp. (in English)
5. Guo Y., Miao Y. Study on Stope Stability in Continuous Mining of Long-Dip, Thin Orebody by Room–Pillar Method // Sustainability. 2022. No. 14 (15). 9601 p. (in English)
6. Key pillar theory in the chain failure of residual coal pillars and its application prospect / Feng G.R. [et al.] // Journal of China Coal Society. 2021. V. 46 (1). 164–179 pp. (in English)
7. Hao Jian, Chen Anfa, Li Xuelong, Bian Hua, Shi Yongkui, Wang Xin, Zhao Jiali, Liu Haojie. (November 11, 2022). A case study of pillar extraction techniques based on strip-filling and second-mining method. *Frontiers in Earth Science*. <https://doi.org/10.3389/feart.2022.1051245> (in English)
8. Substantiating inter-chamber pillar parameters when developing inclined bedding Ivadilinova D.T. [et al.] // Mining Journal of Kazakhstan. 2024. No. 11. 27–33 pp. (in English)
9. Makarov A.B., Mosyakin D.V., Karpikov A.A. Otsenka prirodnoy napryazhennogo sostoyaniya massiva na rudnike Zhaman-Aibat [Assessment of the natural stress state of the massif at the Zhaman-Aybat mine], *Gornyi zhurnal* [Mining Magazine]. 2005. No. 9–10. 49–52 pp. (in Russian)
10. Zharaspaev M.A. Rezul'taty opytno-promyshlennykh rabot po povtornoй razrabotke na mestorozhdenii Zhaman-Aibat (Respublika Kazakhstan) [Results of pilot industrial works on re-development at the Zhaman-Aybat deposit (Republic of Kazakhstan)], *Interaktivnaya nauka* [Interactive science]. 2017. No. 11. 127–132 pp. (in Russian)
11. Obosnovanie dopustimyykh proletoy krovli pri kamerno-stolbovoi sisteme razrabotki na mestorozhdenii Zhaman-Aibat (Respublika Kazakhstan) [Justification of permissible roof spans in the case of a chamber-pillar development system at the Zhaman-Aybat deposit (Republic of Kazakhstan)], Aбеuov E.A. [et al.], *Gornyi zhurnal Kazakhstana* [Mining Journal of Kazakhstan]. 2019. No. 5. 37–41 pp. (in Russian)

**Сведения об авторах:**

**Таханов Д.К.**, канд. техн. наук, инженер кафедры «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых» НАО «Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан), [takhanov80@mail.ru](mailto:takhanov80@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0002-2360-9156>

**Жиенбаев А.Б.**, доктор Ph.D, зам. начальника геомеханического отдела ТОО «Корпорация Казахмыс» (г. Жезказган, Казахстан), [ismgroup2022@gmail.com](mailto:ismgroup2022@gmail.com); <https://orcid.org/0000-0002-4347-8608>

**Балпанова М.Ж.**, доктор Ph.D, директор ТОО «Научно-технический центр промышленной безопасности» (г. Караганда, Казахстан), [balpanova86@mail.ru](mailto:balpanova86@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0002-1513-5317>

**Нурекин Д.К.**, магистрант кафедры «Горное дело, металлургия и естествознание» АО «Жезказганского университета им. О.А. Байконурова» (г. Жезказган, Казахстан), [didar2nurekin@gmail.com](mailto:didar2nurekin@gmail.com); <https://orcid.org/0009-0003-6514-3299>

**Авторлар туралы мәліметтер:**

**Таханов Д.К.**, техн. ғылым. канд., «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КЕАҚ «Пайдалы кенорындарын қазып өндіру» кафедрасының инженері (Қарағанды қ., Қазақстан)

**Жиенбаев А.Б.**, Ph.D докторы, «Қазақмыс корпорациясы» ЖШС геомеханикалық бөлімі бастығының орынбасары (Жезказған қ., Қазақстан) 8

**Балпанова М.Ж.**, Ph.D докторы, «Өнеркәсіптік қауіпсіздік ғылыми-техникалық орталығы» ЖШС директоры (Қарағанды қ., Қазақстан)

**Нурекин Д.К.**, «Тау-кен, металлургия және жаратылыстану» кафедрасының магистранты «О.А. Байқоңыров атындағы Жезказған университеті» АҚ (Жезказған қ., Қазақстан)

**Information about the authors:**

**Takhanov D.K.**, Candidate of Technical Sciences, Engineer of the Department of «Geology and Exploration of Mineral Deposits» NAO «Ab-yilkas Saginov Karaganda Technical University» (Karaganda, Kazakhstan)

**Zhienbayev A.B.**, Ph.D, Deputy Head of the Geomechanical Department of Kazakhmys Corporation LLP (Zhezkazgan, Kazakhstan)

**Balpanova M.Zh.**, Ph.D, Director of Scientific and Technical Center for Industrial Safety LLP (Karaganda, Kazakhstan)

**Nurekin D.K.**, Master's student of the Department of Mining, Metallurgy and Natural Science» JSC «Zhezkazgan University named after O.A. Baikonurov» (Zhezkazgan, Kazakhstan)



**14-16 АПРЕЛЯ  
2026 ГОДА**

ГОРОД КАЗАНЬ

**25-АЯ ЮБИЛЕЙНАЯ  
ЕЖЕГОДНАЯ  
КОНФЕРЕНЦИЯ МАС ГНБ**

главное событие 2026 года в области  
бестраншейного строительства  
подземных коммуникаций  
на постсоветском пространстве