

Код МРНТИ 52.13.21:52.13.15

\*Е.Т. Сердалиев<sup>1</sup>, Е.Е. Исаков<sup>1</sup>, Д.Б. Аманжолов<sup>2</sup>, Н.П. Шалдунов<sup>1</sup><sup>1</sup>Satbayev University (г. Алматы, Казахстан),<sup>2</sup>Toraighyrov University (г. Павлодар, Казахстан)

## ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ОТБОЙКИ РУДНЫХ ТЕЛ МЕТОДОМ МОДЕЛИРОВАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ СПЕЦИАЛЬНЫХ ИНТЕГРИРОВАННЫХ ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ

**Аннотация.** В статье изложены результаты исследований по повышению эффективности отбойки наклонных рудных тел рудника «Акжал» с помощью создания пространственной модели взрывных процессов, обеспечивающей оптимизацию гранулометрического состава отбитой горной массы, снижение выхода негабарита и однородность распределения фракций отбитой горной массы. Обоснованы оптимальные параметры скважинной отбойки на специальном программном продукте SHOTPLUS™ UNDERGROUND из условий процесса взрывания и упруго-прочностных характеристик массива горных пород. Определены рациональный порядок инициирования зарядов в веере скважин и временные интервалы замедления, улучшающие условия управления энергией взрыва, с учетом действия взрыва в сторону открывающихся поверхностей после взрыва зарядов первой очереди.

**Ключевые слова:** руда, добыча, массив, отбойка, скважинный заряд, энергия взрыва, моделирование, интервал замедления.

**Арнайы интегралданған бағдарламалық өнімдермен модельдеу әдісін қолдану арқылы кен шоғырларын қопару параметрлерін оңтайландыру**

**Аңдатпа.** Мақалада «Акжал» кенішінің еніс кен шоғырларын қопарудың тиімділігін арттыру үшін жарылыс процесінің кеңістіктегі моделін құру арқылы қопарылған тау-кен массасының кесектілік құрамын жақсартуды, үлкен кесектер шығымын төмендетуді және қопарылған тау-кен кесектерінің біркелкі бөлінуін қамтамасыз ететін зерттеу жұмыстарының нәтижелері келтірілген. Жарылыс процесінің шарттары мен таужыныстарының серпімді-беріктік сипаттамалары негізінде SHOTPLUS™ UNDERGROUND арнайы бағдарламалық өнімінің көмегімен ұңғымалық қопарылыстың тиімді параметрлері негізделген. Бірінші кезектегі жарылыстан кейінгі ашылатын бос кеңістіктерді ескере отырып, ұңғымалық тарамдағы зарядтардың атылу тәртібі мен кідіру уақыттарының оңтайлы мәндері анықталған.

**Түйінді сөздер:** кен, игеру, массив, қопару, ұңғымалық заряд, жарылыс қуаты, модельдеу, кідіру уақыты.

### Optimization of ore body picking parameters by simulation method using special integrated software products

**Abstract.** The article presents the results of research on increasing the efficiency of breaking inclined ore bodies of the Akzhal mine by creating a spatial model of explosive processes, which ensures optimization of the granulometric composition of the broken rock mass, reducing the yield of oversized rocks and the uniformity of the distribution of fractions of the broken rock mass. The optimal parameters of well blasting were substantiated using a special software product SHOTPLUS™ UNDERGROUND based on the conditions of the blasting process and the elastic-strength characteristics of the rock mass. A rational order for initiating charges in a fan of wells and deceleration time intervals that improve the conditions for managing the explosion energy, taking into account the action of the explosion towards opening surfaces after the explosion of the first stage charges, have been determined.

**Key words:** ore, mining, massif, breaking, borehole charge, explosion energy, modeling, deceleration interval.

### Введение

Известно, что эффективность взрывных работ при отбойке рудных тел скважинными зарядами в значительной степени зависит от корректного определения параметров буровзрывных работ, схем взрывания, физико-механических свойств пород и руд, а также от их трещиноватости. Оценка эффективности обычно осуществляется по выходу негабарита, который непосредственно зависит от установленного кондиционного размера куска [1, 2, 3].

В связи с этим, в современных условиях буровзрывные работы должны соответствовать строгим требованиям, включая необходимость дробления горных пород до определенной степени, обеспечивающей высокую эффективность погрузочно-транспортного оборудования, а также достижение заданного гранулометрического состава с минимальным выходом некондиционных фракций.

На отечественных рудниках кондиционный размер отбитых горных пород варьируется от 200 мм до 1000 мм в зависимости от рабочих характеристик горного оборудования и горно-геологических условий месторождения [4, 5]. На исследуемом нами объекте, на руднике «Акжал» установленный размер кондиционного куска составляет 300×300 мм. При этом на данном участке рудные тела представлены наклонными залежами с углом падения <math><50^\circ</math> и средней мощностью 10 м, и разрабатываются они системой поэтажного принудительного обрушения с

торцевым выпуском руды и доставкой руды силой взрыва [6, 7].

В процессе мониторинга добычи наклонных рудных залежей на Восточном участке рудника «Акжал» была выявлена неравномерность дробления взорванной рудной массы, что привело к формированию фракций, не соответствующих проектным размерам кондиционного куска руды в 300 мм. Кроме того, наблюдалось образование навала взорванной рудной массы в отработанной камере, особенно близко к выпускной выработке, и повышенный выход негабаритных фракций (рис. 1).

На горных предприятиях страны в последние годы наблюдается значительное расширение ассортимента как промышленных ВВ, так и средств взрывания с короткозамедленным действием. Этот тренд обусловлен тем, что применение данных методов позволяет добиться более эффективного дробления породы, снизить сейсмический эффект и уменьшить ширину развала.

Большинство исследователей [8, 9] ассоциируют механизм короткозамедленного взрывания и расчет интервалов замедления с волновой гипотезой. Предполагается, что при короткозамедленном взрывании взрыв первой группы зарядов разрушает массив, образуя поверхности обнажения, от которых отражается волна напряжений следующей группы, что приводит к дополнительному дроблению массива.



**Рис. 1. Отработка наклонных рудных тел Восточного участка рудника «Акжал».**

**Сурет 1. «Акжал» кенішінің Шығыс аймағының еңіс кен шоғырларын игеру.**

**Figure 1. Mining of inclined ore bodies in the Eastern section of the Akzhal mine.**

По мнению некоторых ученых [10], порода в первом веере должна переместиться перед взрывом зарядов следующего веера на расстояние, равное  $1/3$  от линии наименьшего сопротивления. При этом рекомендуется устанавливать время замедления между скважинами в диапазоне от 10 мс/м в крепких породах до 30 мс/м в слабых.

В связи с этим, в настоящее время вопрос оптимизации параметров буровзрывных работ остается актуальным, поскольку отсутствует связь с задачей повышения коэффициента полезного действия взрывного дробления руды. Расчетные методы интервалов замедления, применяемые в практике взрывного разрушения горных пород, не позволяют эффективно оптимизировать или прогнозировать результаты взрыва, они лишь объясняют природу явления. Это обстоятельство подчеркивает необходимость проведения исследований, направленных на изучение оценки эффективности использования энергии взрыва с помощью рационально заданных интервалов замедления с использованием специальных интегрированных пакетов и программ для качественной отбойки рудных тел.

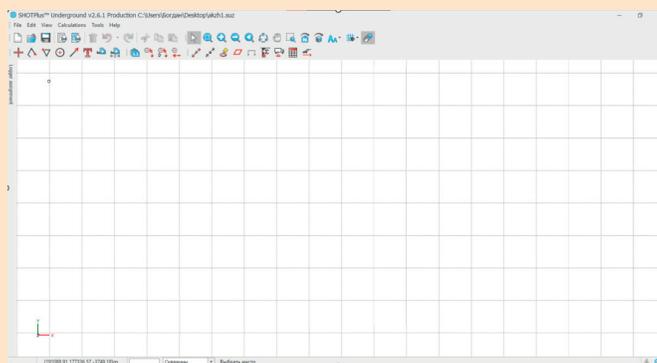
#### **Методы исследования**

На мировом рынке программного обеспечения для горной промышленности, включая буровзрывные работы, представлен широкий выбор горно-интегрированных пакетов и программных продуктов, предназначенных для решения узкоспециализированных задач [11]. Анализ организации работ в зарубежных горных компаниях по-

казывает, что эти программные продукты часто используются для совместной обработки данных на этапах геологоразведки, проектирования и планирования горных работ.

Изучение возможностей различных программных продуктов выявило, что одним из эффективных пакетов для создания численной модели процесса взрыва и определения оптимальных интервалов замедления между взрывами скважинных зарядов является программный продукт SHOTPlus™ UNDERGROUND, разработанный австралийской корпорацией Orica. Особенностью этого пакета является возможность трехмерного моделирования взрывных работ, а также анализа и оптимизации каждого взрыва в условиях подземных очистных работ.

Учитывая уникальные характеристики быстропротекающего процесса, программа SHOTPlus™ UNDERGROUND разработана с учетом специализированных сеточных областей для моделирования с осевой симметрией и плоской модели (рис. 2).



**Рис. 2. Сеточная область плоской модели.**

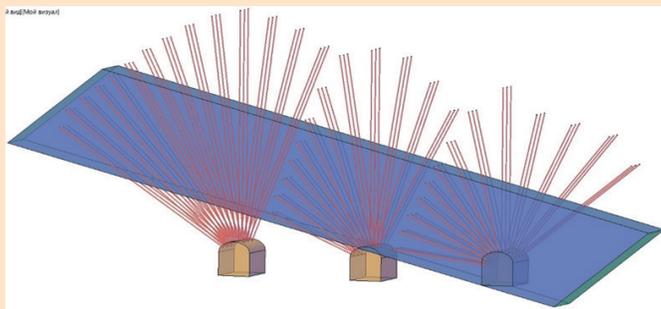
**Сурет 2. Тегіс модельдің тор аймағы.**

**Figure 2. Mesh area of a flat model.**

Разделение модельной области на сетки обусловлено тем, что взрыв цилиндрического заряда обладает ярко выраженной осевой симметрией в зоне близкой к взрывной полости. Для модели с осевой симметрией выделяются три зоны: ближняя, где направления максимальных деформаций приближены к цилиндрической симметрии; дальняя, предназначенная для адаптации модели к различным граничным условиям; и переходная, обеспечивающая плавное соединение ближней и дальней зон [12].

На основе указанных выше данных была создана численная модель для исследования проблемного участка отбойки наклонных рудных тел на Восточном участке рудника «Акжал». Рудные тела участка имеет мощность  $m = 10,0$  м, угол залегания  $\alpha = 14^\circ$  и высоту блока  $H = 12,5$  м, и разрабатывается системой поэтажного принудительного обрушения с торцевым выпуском руды (рис. 3).

В процессе исследования была применена симуляция взрыва подземных скважинных зарядов, расположенных согласно принятым паспортам ББП предприятия. Инструменты программы SHOTPlus™ UNDERGROUND позволили настроить оптимальный интервал между зарядами



**Рис. 3. Исходные данные блока и скважинного заряда для моделирования.**

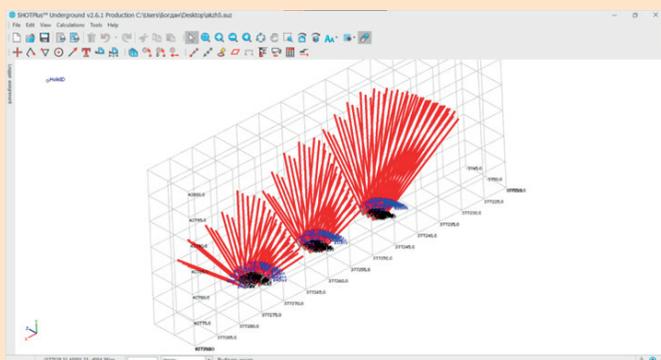
**Сурет 3. Модельдеу үшін берілген блок пен ұңғымалық зарядтардың бастапқы деректері.**

**Figure 3. Initial block and borehole charge data for modeling.**

в скважинах, указать тип взрывчатого вещества, тип патрона-боевика, а также взаимное расположение и количество зарядов и забойки в каждой скважине. Для большей наглядности исследований были созданы фото и видео-анимации, иллюстрирующие наглядно последовательность инициирования зарядов в скважинах.

### Результаты

При проведении моделирования последовательно применяется система конечно-разностных уравнений для вычисления значений скоростей во всех узлах координатной сетки и напряжений в ее ячейках. Эти значения определяются для каждого интервала времени. Переходя последовательно от одного интервала времени к следующему, мы находим решение (моделируем процесс) при заданных начальных и граничных условиях. Интерфейс и рабочее пространство программы SHOTPlus™ UNDERGROUND по блоку показаны на рис. 4.



**Рис. 4. Интерфейс и рабочее пространство рассматриваемого блока.**

**Сурет 4. Қарастырылатын блоктың интерфейсі мен жұмыс алаңы.**

**Figure 4. Interface and workspace of the block in question.**

Известно, что при системе поэтажного обрушения массив руды разрушается в плоскости, где расположены скважины в веере, что обеспечивает равномерное

распределение нагрузки на каждый веер и стабильность отбойки по всему блоку. Однако такая отбойка возможна лишь при малом коэффициенте сближения скважин (0,8-1,0). Отбиваемый массив руды начинает движение только после некоторого времени. За это время фронт волн сжатия от удлиненных зарядов достигает поверхности блока и отражается в виде плоской волны растяжения. Обратная идущая волна растяжения создает параллельные трещины, формируя одну основную трещину на линии скважин. Увеличение давления газов способствует этому процессу, поскольку газы направляются в трещины, снижая общее давление в среде и уменьшая скорости и напряжения в ней. Дробление руды происходит только вдоль заранее сформированных трещин и плоскостей ослабления, что определяет образование негабаритных фракций.

С учетом вышеизложенного, для рассматриваемого блока рекомендуется использовать порядок инициирования скважинных зарядов, начиная с центра и двигаясь к флангам, отдельно для каждого веера (рис. 5 и 6).

При проведении моделирования были установлены следующие параметры: объемная плотность зарядов составляет от 900 до 1100 кг/м<sup>3</sup>, время моделирования составляет  $250 r_0/c_l$  (где  $r_0$  – радиус заряда, м;  $c_l$  – скорость продольной волны, м/с). Сжимающее напряжение, действующее вдоль линии заложения зарядов, принято равным 300 МПа, а вдоль оси зарядов и перпендикулярно свободной поверхности – 3 МПа. Диапазон изменения ЛНС составлял  $W = (36 \div 84)r_0$ .

Результаты численных экспериментов представлены на рис. 7, из которого следует, что объемная плотность заряда ВВ и площадь производимого им разрушения связаны нелинейной зависимостью.

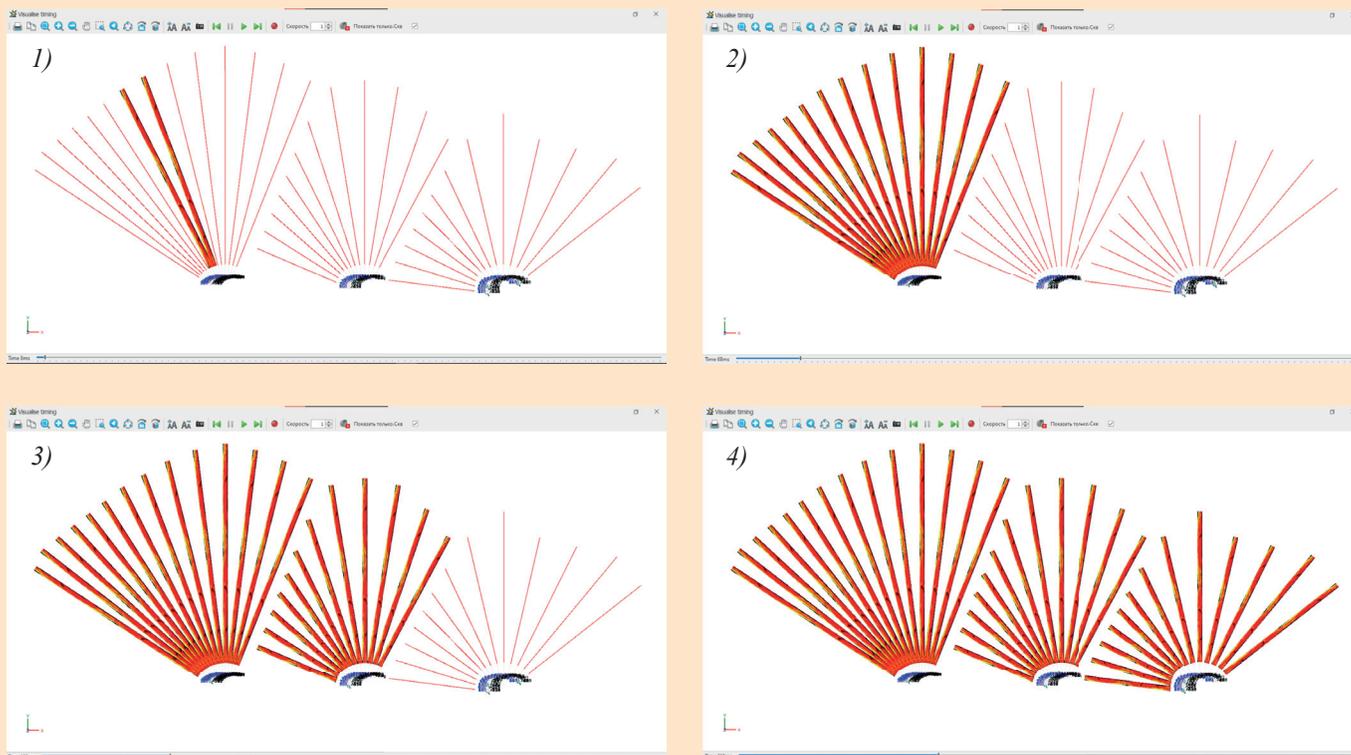
В результате анализа моделирования отбойки наклонных рудных тел восточного участка рудника «Ақжал» было установлено, что увеличение плотности заряда до 1100 кг/м<sup>3</sup> приводит к увеличению доли энергии, передаваемой в массив, и повышению площади разрушения. Из графика видно, что удельный расход ВВ на разрушение снижается при увеличении плотности заряда, что соответствует наблюдаемой тенденции перехода к ВВ с более высокой объемной энергией.

### Обсуждение результатов

Итак, объемная энергия заряда ВВ и площадь разрушения демонстрируют нелинейную зависимость, увеличение плотности заряда приводит к уменьшению удельного расхода энергии на разрушение.

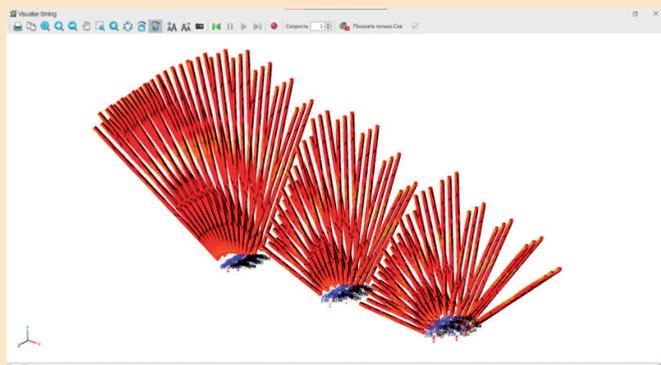
При взрыве первого ряда скважинных зарядов в веере образуется зона разрушения, состоящая из трещин различной ориентации, длина которых зависит от сжимающих напряжений, действующих перпендикулярно их плоскости.

При взрыве зарядов с интервалом замедления в веере к свободной поверхности оптимальный коэффициент сближения, обеспечивающий качественное дробление кусков до 300×300 мм и максимальную площадь разрушения при определенной степени разрушения, является функцией ЛНС и зависит от статических напряжений.



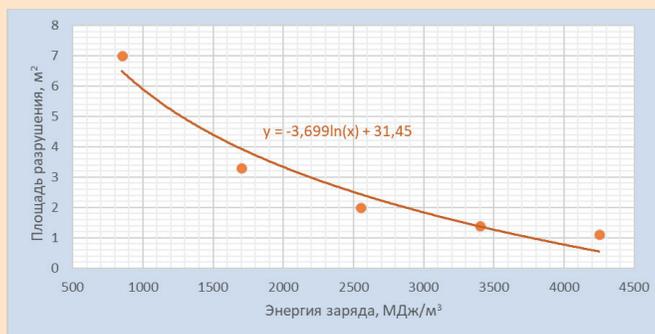
1, 2, 3, 4 – очередность инициирования зарядов.

**Рис. 5. Порядок инициирования скважинных зарядов по блоку.  
Сурет 5. Блок бойынша ұңғымалық зарядтардың атылу тәртібі.  
Figure 5. The procedure for initiating borehole charges on a block.**



**Рис. 6. Порядок взрыва вееров скважин по блоку.  
Сурет 6. Блок бойынша ұңғыма тарамдарының атылу тәртібі.  
Figure 6. The order of explosion of well fans per block.**

При этом оптимальный интервал замедления между зарядами в веере составляет не более 10 мс, между веерами не более 100 мс. Причем, инициирование скважинных зарядов производится от центра веера к флангам. Кроме того, учитывая критическое сближение устьев скважин, что может привести к повреждению волноводов ранее взрывающимися зарядами ВВ, рекомендуется установить время замедления между зарядами в пределах одного веера не более 10 мс.



**Рис. 7. График зависимости площади разрушения от объемной энергии заряда.  
Сурет 7. Қопарылатын ауданның зарядтың көлемді қуатына тәуелділігінің графигі.  
Figure 7. Graph of destruction area versus volumetric charge energy.**

### Закключение

Применение рекомендуемых выше параметров БВР на практике приводит к экономическим выгодам за счет улучшения качества дробления, то есть достижения оптимального размера кондиционного куска отбитой руды, сокращения затрат на вторичное дробление и увеличения производительности при транспортировке руды.

Переход на рекомендованные параметры БВР при проведении очистных работ в условиях рудника «Акжал»

будет способствовать оптимизации гранулометрического состава отбитой горной массы до размеров 300×300 мм, уменьшению выхода негабарита в 1,5-2 раза, достижению высокой однородности распределения фракций отбитой горной массы. Эти меры позволят увеличить производительность горнотранспортного оборудования в 1,2-1,4 раза и снизить энергозатраты на измельчение рудной массы в процессе обогащения.

#### Благодарность

Статья опубликована по результатам научно-исследовательских работ, выполняемых в рамках проекта ИРН АР14871266 «Разработка инновационных методов эффективной и безопасной подземной разработки маломощных наклонных рудных залежей», при грантовом финансировании Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кутузов Б.Н. Методы ведения взрывных работ. Ч.1. Разрушение горных пород взрывом: М.: Горная книга, 2007, С. 471 (на русском языке)
2. Кутузов Б.Н. Методы ведения взрывных работ. Ч.2. Взрывные работы в горном деле и промышленности: М.: Горная книга, 2008, С. 512 (на русском языке)
3. Ракишев Б.Р. Энергоемкость механического разрушения горных пород: Алматы: Баспагер, 1998, С. 210 (на русском языке)
4. Ракишев Б.Р. Прогнозирование технологических параметров взорванных пород на карьерах: Алма-Ата: Наука, 1983, С. 240 (на русском языке)
5. Ломоносов Г.Г. Производственные процессы подземной разработки рудных месторождений: М.: Горная книга, 2011, С. 517 (на русском языке)
6. План горных работ на разработку месторождения «Акжал» подземным способом (корректировка). Том 1. Книга 1. Пояснительная записка: ТОО «СП ВЕКТОР», 2020, С. 325 (на русском языке)
7. Сердалиев Е.Т. Обоснование рациональных параметров скважинной отбойки руды при выемке залежей с подэтажными штреками рудника «Акжал». / Е.Т. Сердалиев, С.Ю. Асан, Е.Е. Искаков. // Горный журнал Казахстана. 2018. №1. С. 31-35 (на русском языке)
8. Ерофеев И.Е. Повышение эффективности буровзрывных работ на рудниках: М.: Недра, 1988, С. 271 (на русском языке)
9. Zhao M. Индекс энергетической оценки безопасности взрывной детонации. / Zhao M., Huang D., Cao M., Chi E., Liu J., Kang Q. // Удар и детонация. 2015. Т. 2015. С. 9 (на английском языке)
10. Кутузов Б.Н., Белин В.А. Проектирование и организация взрывных работ: М.: Горная книга, 2012, С. 416 (на русском языке)
11. Попков Ю.Н., Прокопов А.Ю., Проколова М.В. Информационные технологии в горном деле: Новочеркасск: ЮРГТУ, 2007, С. 202 (на русском языке)
12. Serdaliyev Y. Контроль параметров взрыва для качественной отбойки маломощных наклонных рудных тел. / Serdaliyev Y., Iskakov Y., Alibayev A. // Разработка месторождений полезных ископаемых. 2024. №18 (2). С. 49-59 (на английском языке)

#### ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Кутузов Б.Н. Жарылыс жұмыстарын орындау әдістері. Бөлім 1. Таужыныстарын жарылыспен қопару: М.: Тау-кен кітабы, 2007, Б. 471 (орыс тілінде)
2. Кутузов Б.Н. Жарылыс жұмыстарын орындау әдістері. Бөлім 2. Тау-кен ісіндегі және өнеркәсіптегі жарылыс жұмыстары: М.: Тау-кен кітабы, 2008, Б. 512 (орыс тілінде)
3. Ракишев Б.Р. Таужыныстарының механикалы қопарылысының қуат сыйымдылығы: Алматы: Баспагер, 1998, Б. 210 (орыс тілінде)
4. Ракишев Б.Р. Карьердегі қопарылған таужыныстарының технологиялық параметрлерін болжау: Алма-Ата: Ғылым, 1983, Б. 240 (орыс тілінде)
5. Ломоносов Г.Г. Кенорындарын жерасты игерудің өндірістік процестері: М.: Тау-кен кітабы, 2011. Б. 517 (орыс тілінде)
6. «Ақжал» кен орнын жерасты әдісімен игерудегі тау-кен жұмыстарының жоспары (түзетілген). Том 1. Кітап 1. Түсіндірме жазбасы: «СП ВЕКТОР» ЖШС, 2020, Б. 325 (орыс тілінде)
7. Сердалиев Е.Т. Ақжал кенішінің кен шоғырларын қабат аралық штректермен игеру кезіндегі кенді ұңғымалармен қопарудың оңтайлы параметрлерін негіздеу. / Е.Т. Сердалиев, С.Ю. Асан, Е.Е. Искаков. // Қазақстанның кен журналы. 2018. №1. Б. 31-35 (орыс тілінде)
8. Ерофеев И.Е. Кеніштердегі бұрғылау-жару жұмыстарының тиімділігін арттыру: М.: Недра, 1988, Б. 271 (орыс тілінде)
9. Zhao M. Жарылыс дүмпуі қауіпсіздігінің энергетикалық бағасының индексі. / Zhao M., Huang D., Cao M., Chi E., Liu J., Kang Q. // Соққы және дүмпу. 2015. Т. 2015. Б. 9 (ағылшын тілінде)
10. Кутузов Б.Н., Белин В.А. Жарылыс жұмыстарын жобалау және ұйымдастыру: М.: Тау-кен кітабы, 2012, Б. 416 (орыс тілінде)
11. Попков Ю.Н., Прокопов А.Ю., Проколова М.В. Тау-кен ісіндегі ақпаратты технологиялар: Новочеркасск: ОРМТУ, 2007, Б. 202 (орыс тілінде)
12. Serdaliyev Y. Жұқа еңіс кен шоғырларын сапалы қопару үшін жарылыс параметрлерін бақылау. / Serdaliyev Y., Iskakov Y., Alibayev A. // Пайдалы қазбалы кенорындарын игеру. 2024. №18 (2). Б. 49-59 (ағылшын тілінде)

## REFERENCES

1. Kutuzov B.N. *Metody provedeniya vzryvnykh rabot. Chast' 1. Razrusheniye gornyykh porod vzryvom*: M.: Gornaya kniga, 2007, S. 471 [Kutuzov B.N. *Methods of blasting. Part 1. Destruction of rocks by explosion*: M.: Mining Book, 2007, P. 471] (in Russian)
2. Kutuzov B.N. *Metody provedeniya vzryvnykh rabot. Chast' 2. Vzryvnyye raboty v gornom dele i promyshlennosti*: M.: Gornaya kniga, 2008, S. 512 [Kutuzov B.N. *Methods of blasting. Part 2. Blasting in mining and industry*: M.: Mining Book, 2008, P. 512] (in Russian)
3. Rakishev B.R. *Energoyemkost' mekhanicheskogo razrusheniya gornyykh porod*: Almaty: Baspager, 1998, S. 210 [Rakishev B.R. *Energy intensity of mechanical destruction of rocks*: Almaty: Baspager, 1998, P. 210] (in Russian)
4. Rakishev B.R. *Prognozirovaniye tekhnologicheskikh parametrov vzorvannykh porod na karyerakh*: Alma-Ata: Nauka, 1983, S. 240 [Rakishev B.R. *Forecasting technological parameters of blasted rocks in quarries*: Alma-Ata: Nauka, 1983, P. 240] (in Russian)
5. Lomonosov G.G. *Proizvodstvennyye protsessy podzemnoy razrabotki rudnykh mestorozhdeniy*: M.: Gornaya kniga, 2011, S. 517 [Lomonosov G.G. *Production processes of underground mining of ore deposits*: M.: Mining Book, 2011, P. 517] (in Russian)
6. *Plan gornyykh rabot po razrabotke mestorozhdeniya «Akzhal» podzemnym sposobom (korrektirovka). Tom 1. Kniga 1. Poyasnitelnaya zapiska: «SP VEKTOR» LLP*, 2020, S. 325 [Mining plan for the development of the Akzhal deposit by underground method (adjustment). Volume 1. Book 1. Explanatory note: SP VECTOR LLP, 2020, P. 325] (in Russian)
7. Serdaliyev Y.T. *Obosnovaniye ratsionalnykh parametrov skvazhinnoy otboyki rudy pri vyyemke zalezhey s podetazhnymi shtrekami rudnika «Akzhal»*. / Y.T. Serdaliyev, S.Y. Asan, Y.Y. Iskakov. // *Gornyy zhurnal Kazakhstana*. 2018. №1. S. P. 31-35 [Serdaliyev E.T. *Justification of rational parameters for downhole ore mining when extracting deposits with sublevel drifts of the Akzhal mine*. / E.T. Serdaliyev, S.Yu. Asan, E.E. Iskakov. // *Mining Journal of Kazakhstan*. 2018. No. 1. P. 31-35] (in Russian)
8. Yerofeyev I.Y. *Povysheniye effektivnosti burovzryvnykh rabot na rudnikakh*: M.: Nedra, 1988, S. 271 [Erofeev I.E. *Increasing the efficiency of drilling and blasting operations in mines*: M.: Nedra, 1988, P. 271] (in Russian)
9. Zhao M. *An Energy-Based Safety Evaluation Index of Blast Vibration*. / Zhao M., Huang D., Cao M., Chi E., Liu J., Kang Q. // *Shock and Vibration*. 2015. Vol. 2015. P. 9 (in English)
10. Kutuzov B.N., Belin V.A. *Proyektirovaniye i organizatsiya vzryvnykh rabot*: M.: Gornaya kniga, 2012, S. 416 [Kutuzov B.N., Belin V.A. *Design and organization of blasting operations*: M.: Gornaya kniga, 2012, P. 416] (in Russian)
11. Popkov Y.N., Prokopov A.Y., Prokopova M.V. *Informatsionnyye tekhnologii v gornom dele: Novochoerkassk: YURGTU*, 2007, S. 202 [Popkov Yu.N., Prokopov A.Yu., Prokopova M.V. *Information technologies in mining: Novochoerkassk: SRSTU*, 2007, P. 202] (in Russian)
12. Serdaliyev Y. *Control of blast parameters for high-quality breaking of thin slope ore bodies*. / Serdaliyev Y., Iskakov Y., Alibayev A. // *Mining of Mineral Deposits*. 2024. Vol. 18 (2). P. 49-59 (in English)

## Сведения об авторах:

**Сердалиев Е.Т.**, канд. техн. наук, доцент, ассоциированный профессор кафедры «Горное дело» Горно-металлургического института им. О.А. Байконурова Satbayev University (г. Алматы, Казахстан), [serdaliyev.yerdulla@gmail.com](mailto:serdaliyev.yerdulla@gmail.com); <https://orcid.org/0000-0001-5779-8218>  
**Искаков Е.Е.**, PhD, ассоциированный профессор кафедры «Горное дело» Горно-металлургического института им. О.А. Байконурова Satbayev University (г. Алматы, Казахстан), [iskakov.yerkin@gmail.com](mailto:iskakov.yerkin@gmail.com); <https://orcid.org/0000-0001-5269-9018>  
**Аманжолов Д.Б.**, PhD, старший преподаватель кафедры «Промышленное гражданское и транспортное строительство» Факультета инженерии Toraighyrov University (г. Павлодар, Казахстан), [amanzholovdikhan@gmail.com](mailto:amanzholovdikhan@gmail.com); <https://orcid.org/0000-0002-5666-9649>  
**Шалдунов Н.П.**, магистрант 1-го курса кафедры «Горное дело» Горно-металлургического института им. О.А. Байконурова, Satbayev University (г. Алматы, Казахстан), [n.shaldunov@nzinc.kz](mailto:n.shaldunov@nzinc.kz); <https://orcid.org/0009-0006-1061-7890>

## Авторлар туралы мәліметтер:

**Сердалиев Е.Т.**, техника ғылымдарының кандидаты, доцент, Satbayev University, О.А. Байқоңыров атындағы тау-кен металлургия институты, «Тау-кен ісі» кафедрасының қауымдастырылған профессоры (Алматы қ., Қазақстан)  
**Искаков Е.Е.**, PhD, Satbayev University, О.А. Байқоңыров атындағы тау-кен металлургия институты, «Тау-кен ісі» кафедрасының қауымдастырылған профессоры (Алматы қ., Қазақстан)  
**Аманжолов Д.Б.**, PhD, Toraighyrov University, Инженерия факультетінің «Өнеркәсіптік, азаматтық және көлік құрылысы» кафедрасының аға оқытушысы (Павлодар қ., Қазақстан)  
**Шалдунов Н.П.**, Satbayev University, О.А. Байқоңыров атындағы тау-кен металлургия институты, «Тау-кен ісі» кафедрасының 1-курс магистранты (Алматы қ., Қазақстан)

## Information about the authors:

**Serdaliyev Y.T.**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the «Mining» Department of the Mining and Metallurgical Institute named after O.A. Baikunurov of the Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)  
**Iskakov Y.Y.**, PhD, Associate Professor at the «Mining» Department of the Mining and Metallurgical Institute named after O.A. Baikunurov of the Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)  
**Amanzholov D.B.**, PhD, Senior lecturer of the department «Industrial, Civil and Transport Construction» of the Faculty of Engineering of the Toraighyrov University (Pavlodar, Kazakhstan)  
**Shaldunov N.P.**, 1<sup>st</sup> year master's student of the Department of Mining, Mining and Metallurgical Institute named after O.A. Baikunurov of the Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)