

Код МРНТИ 52.13.21:52.13.15

Е.Т. Сердалиев¹, *Е.Е. Искаков¹, Б.А. Бахрамов², Д.Б. Аманжолов³¹Satbayev University (г. Алматы, Казахстан),²Акционерное общество «AltynEx company» (г. Алматы, Казахстан),³Toraighyrov University (г. Павлодар, Казахстан)

ИССЛЕДОВАНИЕ СЕЙСМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ВЗРЫВА НА МАССИВ ПРИ ОТРАБОТКЕ МАЛОМОЩНЫХ РУДНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ

Аннотация. В статье изложены результаты исследований сейсмического эффекта взрыва и разрушительного его воздействия на массив вмещающих пород при отбойке маломощных рудных залежей. Описана методика исследований сейсмического воздействия взрыва на устойчивость массива, базирующаяся на создании численной модели на основе рейтинговой классификации массива и составляющих волн напряжений в массиве для зарядов с заданными энергетическими свойствами методом конечных элементов. Установлены закономерности изменения амплитудных и временных характеристик волны напряжений в массиве от прочностных характеристик горных пород, энергетических свойств, параметров и конструкции зарядов ВВ. Достоверность научных выводов обеспечивается использованием современных представлений физики и механики в области разрушения горных пород, созданием численных моделей волнового нагружения массива горных пород взрывом.

Ключевые слова: руда, добыча, взрыв, мощность залежи, массив, обрушение, моделирование, энергия взрыва.

Жұқа кен шоғырларын игеру кезіндегі массивке берілетін жарылыстың сейсмикалық әсерін зерттеу

Андатпа. Мақаллада жұқа кен шоғырларын қопару кезінде жарылыстың массивке беретін сейсмикалық және бұзғыштық әсерін зерттеу нәтижелері берілген. Массивтің рейтингті жіктелуі мен қуаты белгіленген зарядтардың жарылыстық кернеу толқындарына негізделген, шектік элементтер әдісімен жарылыстың массивке беретін әсерін зерттеу жолы келтірілген. Таужыныстарының беріктік сипаттамалары, энергетикалық қасиеттері, зарядтар параметрлері мен конструкцияларына байланысты массивтегі кернеу толқынының амплитудалық және уақыттық сипаттамаларының өзгеру заңдылықтары негізделген. Ғылыми тұжырымдардың сенімділігі таужыныстарын қопару саласындағы физика мен механиканың заманауи заңдылықтарын қолдану, жарылыс кезіндегі массивтегі толқындық жүктеменің сандық үлгілерін жасау арқылы қамтамасыз етіледі.

Түйінді сөздер: кен, игеру, жарылыс, шоғыр қалыңдығы, массив, опырылу, модельдеу, жарылыс қуаты.

Study of seismic effects of explosion on the massif during mining of thin ore deposits

Abstract. The article presents the results of studies of the seismic effect of the explosion and its destructive impact on the massif of host rocks during the breaking of thin ore deposits. A technique for studying the seismic impact of an explosion on the stability of an array is described, based on the creation of a numerical model on the basis of the rating classification of the array and the components of stress waves in the array for charges with specified energy properties by the finite element method. The regularities of changes in the amplitude and time characteristics of the stress wave in the massif from the strength characteristics of rocks, energy properties, parameters and designs of explosive charges are established. The reliability of scientific conclusions is ensured by the use of modern concepts of physics and mechanics in the field of rock destruction, the creation of numerical models of wave loading of a rock mass by explosion.

Key words: ore, mining, explosion, deposit power, massif, collapse, modeling, explosion energy.

Введение

Известно, что одной из особенностей разработки месторождений жильного типа и главным образом разработки залежей малой мощности является повышенная их трудоемкость по сравнению с системами, применяемыми в мощных рудных месторождениях. Это объясняется тем, что очистные работы при выемке маломощных рудных залежей приходится вести в узком выработанном пространстве, сильно затрудняющем выполнение основных технологических процессов. Особое влияние небольшая ширина очистного пространства оказывает на качественные показатели взрывных работ. Вследствие малой мощности рудных тел их отработка ведется с подрывкой вмещающих пород, что приводит к большому разубоживанию добытой руды и сложностям при извлечении металла при ее переработке.

В настоящее время на многих рудниках страны, разрабатывающих маломощные наклонно-залегающие жильные месторождения (Акбакай, Бестобе, Юбилейное), растут затруднения при ведении очистных работ, особенно в сложных горно-геологических условиях со значительными нарушениями вмещающих пород. При выемке маломощных рудных залежей с неустойчивыми вмещающими породами применение рациональных вариантов поэтажно-камерной системы с послонной отбойкой руды глубоко-

кими скважинами и доставкой силой взрыва резко осложняется.

В очистной выемке в результате обрушения вмещающих пород сейсмическим действием взрыва разубоживание руды в некоторых участках достигает до 70%. Несмотря на то, что на этих рудниках параметры взрывов отличаются друг от друга, основные особенности обрушения вмещающих пород одинаковы, то есть обрушения происходят в основном со стороны висячего бока камеры и имеют вид дугообразных форм, расположенных в большинстве случаев в концевой и средней частях камеры и их характерные размеры определенным образом связаны с параметрами взрывов, структурой массива, степенью его трещиноватости и физико-механическими свойствами пород. Как нам известно, массив вмещающих пород во время взрывной отбойки маломощных залежей подвергается более интенсивным деформациям вследствие того, что их кровля размещается в зоне сдвижений и сейсмических волн. При отработке маломощных рудных тел из трещиноватых, нарушенных массивов, учитывая вес одновременно взрывааемых скважинных зарядов ВВ, можно утверждать, что величина разубоживания руды в основном будет предопределяться сейсмическим воздействием взрыва [1, 2, 3, 4, 5].

Поэтому вопросы изыскания более гибких методов предварительного прогнозирования возможных зон обру-

Буровзрывные работы

шения вмещающих пород при отбойке маломощных рудных залежей являются актуальными и дают возможность эффективно управлять энергией взрыва по всей длине скважины и снизить степень разубоживания руды.

Методы исследования

В настоящее время не существует расчетного метода, позволяющего хотя бы приближенно получить форму поверхности разрушения, отрыва рудной залежи от массива, однако для практических целей оказывается в большинстве случаев достаточным оценить наибольшую глубину разрушения, так называемую мощность отрыва.

Мощность отрыва является в итоге основным параметром, определяющим степень обрушения вмещающих пород при отбойке рудного тела малой мощности и, следовательно, степень сейсмического воздействия на нее того или иного взрыва. Как показывают результаты обзора наиболее типичных случаев обрушения вмещающих пород действием взрыва, интенсивность разрушения может быть самой разнообразной – от весьма незначительных, слабо видимых разрушений до полного пробоя целиков, обрушения потолочин и завала подготовительных выработок. Таким образом, с практической точки зрения необходимо и в большинстве случаев достаточно знать мощность отрыва для того, чтобы в дальнейшем можно было оценить устойчивость рассматриваемого массива.

На основе теории разрушения твердых тел можно установить, что отбиваемое рудное тело отделяется от массива по контуру в результате действия напряжений сдвига в условиях сжимающих усилий. Кроме того, отрыв слоя руды при взрыве скважин сопровождается появлением составляющей динамического усилия. Это усилие направляется в сторону массива вмещающих пород и вызывает в массиве растягивающие напряжения. Обусловленные ударной взрывной волной и действующие по нормали к стенке камеры сжимающие напряжения приводят к разрушению вмещающих пород [6, 7, 8].

Тогда, относительную мощность отрыва можно выразить в следующем виде:

$$\delta = 0,01[\sigma(1 - \tau)]^{-1,2}, \text{ МПа}, \quad (1)$$

где σ – отношение прочности данной горной породы на разрыв к удвоенной максимальной амплитуде волны напряжений, МПа;

τ – относительное время нарастания напряжений.

Усилие, действующее на 1 м² поверхности отбиваемого слоя, можно найти из соотношения:

$$E = \frac{mV}{t}, \text{ Н}, \quad (2)$$

где m – масса отбиваемого слоя, обычно принимается относительно величины ЛНС, т/м;

V – начальная скорость отрыва руды, м/с;

t – время между моментом взрыва и началом отрыва слоя, с.

На основе проведенных исследований было установлено, что основанное на указанное выше теории отрыва рудного слоя и рейтинговой классификации массива, со-

здание численной модели параметров сейсмических волн напряжений в пространства при взрыве групп скважинных зарядов дает возможность предварительно прогнозировать возможные зоны обрушения массива вмещающих пород при отбойке маломощных рудных залежей.

В связи с этим, для апробации данной методики была разработана пространственная модель сейсмического воздействия взрыва [9, 10] на сильнотрещиноватый нарушенный массив жилы «Пологая» Акбакайского месторождения, горизонт 590, между поэтажными штреками 18-19 с помощью программного продукта Rocscience RS2 (рис. 1).

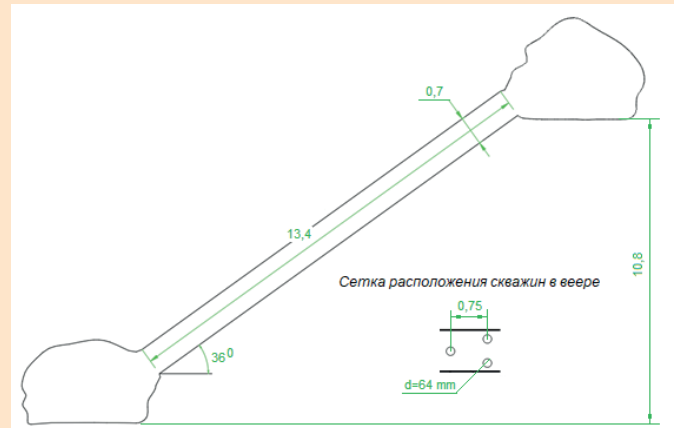


Рис. 1. Исходная геометрия исследуемого объекта. Сурет 1. Зерттелетін нысанның геометриясы. Figure 1. The initial geometry of the object under study.

В процессе создания численной модели, исходя из паспортных параметров БВР (веер №57, жила «Пологая»), была рассчитана сила воздействия взрыва, применяемого ВВ в пределах одного веера, конструкции и расположения заряда в скважинах.

Результаты

Результаты исследования показали, что в трещиноватых нарушенных массивах при применении промышленных ВВ на основе аммиачной селитры, выделяющих при взрыве газов в среднем 800-900 л/кг, вес заряда (или обратная ему величина) оказывается достаточно важным параметром, находящимся в корреляционной связи со многими величинами, характеризующими интенсивность обрушения массива волнами напряжений. Как указывалось выше, разброс точек, характеризующих зависимость суммарной мощности отрыва рудного слоя от высоты камеры, в значительной степени объясняется различием в массах взрываемых зарядов и расстоянии от зарядов до свободной поверхности. На основе этой теории была достигнута симуляция эффекта взрыва на модели, которая указана двумя равнозначными, но разнонаправленными модулями распределения нагрузки (рис. 2).

Дифференцированное распределение энергии взрыва обеспечивается величиной заряда, плотностью заряжения и конструкцией заряда. Тогда, численная модель сейсмического воздействия взрыва на массив при отработке жилы «Пологая» показывает следующие модули напряжения (рис. 3, 4, 5, 6, 7).

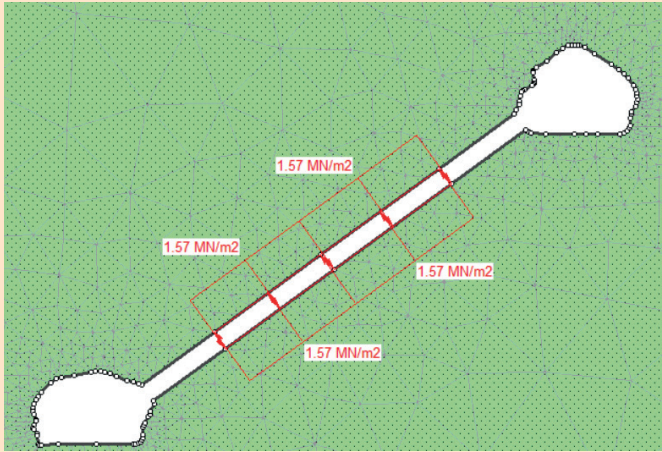


Рис. 2. Модули распределения нагрузки относительно величины силы взрыва.
 Сурет 2. Жарылыс күшіне байланысты жүктемелердің бөліну модулі.
 Figure 2. Load distribution modules relative to the size of the explosion force.

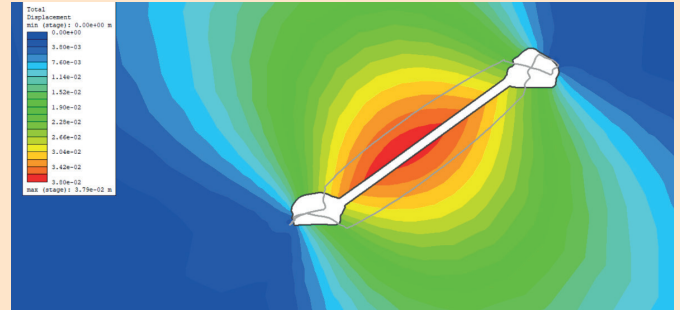


Рис. 5. Прогнозируемый конечный контур камеры (линия серого цвета).
 Сурет 5. Камераның болжамды жиегі (сұр түсті сызықпен белгіленген).
 Figure 5. Predicted final camera outline (gray line).

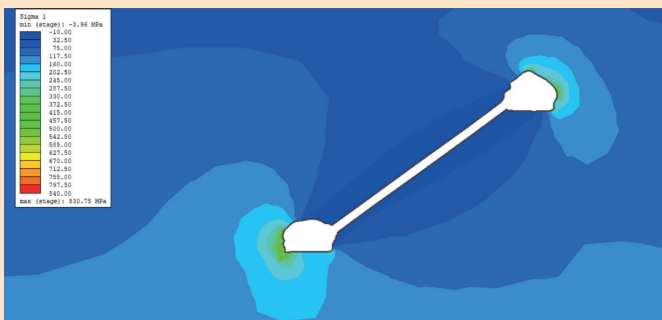


Рис. 3. Модули главных напряжений (ось X).
 Сурет 3. Бас кернеулер модулі (X осі).
 Figure 3. Modules of principal stresses (X-axis).

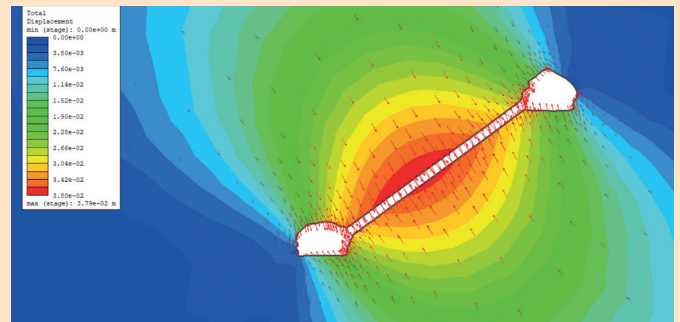


Рис. 6. Векторы распространения перемещений впоследствии взрыва.
 Сурет 6. Жарылыс нәтижесінен болатын өзгерістің таралу бағыты.
 Figure 6. Displacement propagation vectors after the explosion.

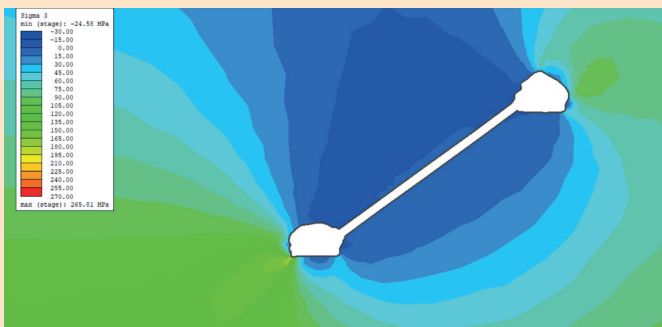


Рис. 4. Модули главных напряжений (ось Y).
 Сурет 4. Бас кернеулер модулі (Y осі).
 Figure 4. Modules of principal stresses (Y-axis).

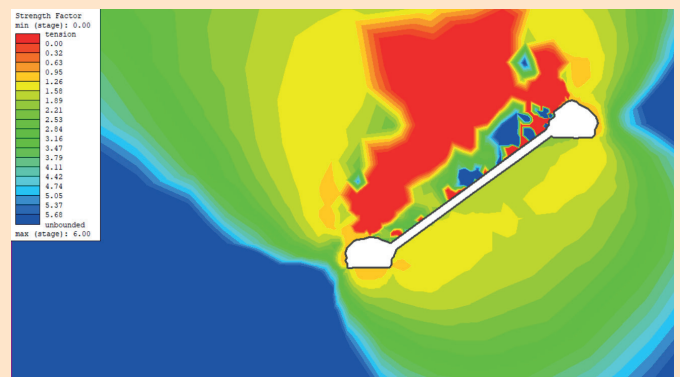


Рис. 7. Прогнозируемая зона обрушения вмещающих пород впоследствии взрыва.
 Сурет 7. Жарылыс нәтижесінен мүмкін болатын болжамды опырылым аймағы.
 Figure 7. The predicted zone of collapse of host rocks in the aftermath of the explosion.

Буровзрывные работы

По результатам выполненной численной модели сейсмического воздействия взрыва на массив при отработке жилы «Пологая» установлено, что обрушение массива будет происходить по непрочным контактам между слоями, по трещинам и по породным прослоям низкой прочности. Обрушения в основном будут иметь форму плиты с параллельными или близкими к параллельным основаниями. Глубина распространения обрушений колеблется в пределах 1 м и не захватывает вышележащие породы, если мощность слабоустойчивых пород не превышает указанной величины. При наличии мощных зон ослабленных пород и крупных тектонических трещин, проходящих по ослабленным породам, обрушение может распространиться на всю высоту залегания этих пород и по всей площади обнажения. В этом случае взрывы вызывают колебания в общей массе неустойчивых пород и вызывают их внезапное обрушение.

Обсуждение результатов

Таким образом, даже в трещиноватых слабоустойчивых породах непосредственное действие взрывов на кровлю камеры имеет характер, трудно отличимый от процессов проявления горного давления. Учитывая, что максимальное сейсмическое действие взрывов распространяется на глубину 1 м и мощность обрушения кровли в монолитных породах не превышает 3 м, для снижения степени разубоживания, за счет обрушения слабоустойчивых пород кровли при отработке маломощных рудных залежей необходимо проектировать массу заряда ВВ в группе исходя из условия одновременного взрывания всех зарядов в одной ступени замедления и отсутствия наложения по времени срабатывания детонаторов разных серий замедления.

Наиболее опасными для пород кровли камеры являются напряжения, действующие по нормали к ее поверхности. Это направление в большинстве случаев совпадает

с нормалью к контактам слабых прослоек с монолитными породами. Поэтому вопрос об интерференции колебаний от взрыва зарядов разных серий должен решаться в каждом конкретном случае с учетом применяемых для взрывания типа ВВ, детонаторов, параметров буровзрывных работ и степени опасности взрывов.

Заключение

На основании изложенных выше результатов исследования следует, что в большинстве случаев параметры буровзрывных работ, обеспечивающие эффективную отбойку и дробление полезного ископаемого, оказываются неудовлетворительными с точки зрения сейсмического эффекта и разрушительного их воздействия на массив вмещающих пород. Предложенный численный метод предварительного прогнозирования возможных зон обрушения вмещающих пород при отбойке маломощных рудных залежей дает возможность заранее определить оптимальные параметры взрыва с учетом энергетических свойств распределение энергии взрыва во взрываемом блоке.

Кроме того, предварительное прогнозирование возможных зон обрушения вмещающих пород дает прогноз сверхнормативных показателей разубоживания, возникающих из-за возможных обрушений кровли камер и на основе этого предварительно принимать меры по их устранению.

Благодарности

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. Serdaliyev Y., Iskakov Y., Bakhratov B., Amanzholov D. Исследование влияния элементов залегания маломощного рудного тела и параметров камер на величину потерь и разубоживания. // Разработка месторождений полезных ископаемых. – 2022. – №16(4). – С. 56-64 (на английском языке)
2. Сердалиев Е.Т., Искаков Е.Е., Бахрамов Б.А., Аманжолов Д.Б. Обоснование параметров крепления кровли камер обрабатываемых маломощных залежей канатными анкерами. // Горный журнал Казахстана. – 2023. – №1. – С. 48-52 (на русском языке)
3. Бегалинов А.Б., Сердалиев Е.Т., Искаков Е.Е. Совершенствование отработки золотосодержащих руд Акбакайского рудного поля. // Горный журнал Казахстана. – 2012. – №12. – С. 4-7 (на русском языке)
4. Назарчик А.Ф., Олейников В.А., Богданов Г.И. Разработка жильных месторождений. – М.: Наука, 1977. – С. 189 (на русском языке)
5. Рафиенко Д.И., Назарчик А.Ф., Галченко Ю.П., Мамсуров А.М. Совершенствование разработки жильных месторождений. – М.: Наука, 1986. – С. 216 (на русском языке)
6. Кузьменко А.А., Воробьев В.Д., Денисюк И.И., Дауетас А.А. Сейсмическое действие взрыва в горных породах. – М.: Недра, 1990. – С. 173 (на русском языке)
7. Ракишев Б.Р. Энергоемкость механического разрушения горных пород. – Алматы: Баспагер, 1998. – С. 210 (на русском языке)
8. Ханукаев А.Н. Физические процессы при отбойке горных пород взрывом. – М.: Недра, 1974. – С. 222 (на русском языке)
9. Ekin Güngör, Sedat Esen, etc. Методы взрывных работ для контроля массива на золотом руднике Кыслаг. // 43-я ежегодная конференция по взрывчатым веществам и технике взрывных работ. – 2017. – С. 1-10 (на английском языке)

10. Battison R., Esen S., Duggan R., Henley K., Dare-Bryan P. Сокращение потери на золотом руднике Barrick Coal. // 11-й Международный симпозиум по разрушению горных пород с помощью взрывных работ. – Сидней, НЮУ, 24-26 августа 2015. – С. 1-9 (на английском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Serdaliyev Y., Iskakov Y., Bakhramov B., Amanzholov D. Кеннің жоғалымы мен құнарсыздану шамасына жұқа кен шоғырларының орналасу элементтері мен камера параметрлерінің әсерін зерттеу. // Пайдалы қазбалы кенорындарын игеру. – 2022. – №16 (4). – Б. 56-64 (ағылшын тілінде)
2. Сердалиев Е.Т., Исакаев Е.Е., Бахрамов Б.А., Аманжолов Д.Б. Жұқа кен шоғырларын игеру кезіндегі камера төбесін арқанды анкерлермен бекіту параметрлерін негіздеу. // Қазақстанның кен журналы. – 2023. – №1. – Б. 48-52 (орыс тілінде)
3. Бегалинов А.Б., Сердалиев Е.Т., Исакаев Е.Е. т.б. Ақбақай кенорнының алтын кендерін игеруді жақсарту. // Қазақстанның кен журналы. – 2012. – №12. – Б. 4-7 (орыс тілінде)
4. Назарчик А.Ф., Олейников В.А., Богданов Г.И. Желілі кенорындарын игеру. – М.: Ғылым, 1977. – Б. 189 (орыс тілінде)
5. Рафиенко Д.И., Назарчик А.Ф., Галченко Ю.П., Мамсуров А.М. Желілі кенорындарын игеруді жақсарту. – М.: Ғылым, 1986. – Б. 216 (орыс тілінде)
6. Кузьменко А.А., Воробьев В.Д., Денисюк И.И., Дауетас А.А. Таужыныстарындағы жарылыстың сейсмикалық әсері. – М.: Кеуде, 1990. – Б. 173 (орыс тілінде)
7. Ракишев Б.Р. Таужыныстарын механикалық қопарудың қуат сиымдылығы. – Алматы: Баспагер, 1998. – Б. 210 (орыс тілінде)
8. Ханукаев А.Н. Таужыныстарын жарылыспен қопару кезіндегі физикалық процестер. – М.: Кеуде, 1974. – Б. 222 (орыс тілінде)
9. Ekin Güngör, Sedat Esen, etc. Кыслаг алтын кенішіндегі массивті бақылау үшін жарылыс жұмыстарын орындау әдістері. // Жарылғыш заттар мен жарылыс жұмыстарының техникасы бойынша жылсайынғы 43-ші конференция. – 2017. – Б. 1-10 (ағылшын тілінде)
10. Battison R., Esen S., Duggan R., Henley K., Dare-Bryan P. Barrick Coal алтын кенішінде жоғалымды төмендету. // Жарылыспен таужыныстарын қопару бойынша 11-ші халықаралық симпозиум. – Сидней, ЖОУ, 24-26 тамыз 2015. – Б. 1-9 (ағылшын тілінде)

REFERENCES

1. Serdaliyev Y., Iskakov Y., Bakhramov B., Amanzholov D. Research into the influence of the thin ore body occurrence elements and stope parameters on loss and dilution values. // Mining of Mineral Deposits. – 2022. – №16(4). – P. 56-64 (in English)
2. Serdaliyev Y., Iskakov Y., Bakhramov B., Amanzholov D. Obosnovaniye parametrov krepleniya krovli kamer otrabatyvayemykh malomoshchnykh zalezhey kanatnymi ankerami [Justification of fastening parameters of the roof of the chambers of mined thin deposits with rope anchors]. // Gornyy zhurnal Kazakhstana = Mining Journal of Kazakhstan. – 2023. – №1. – P. 48-52 (in Russian)
3. Begalinov A.B., Serdaliyev Y.T., Iskakov Y.Y. etc. Sovershenstvovaniye otrabotki zolotosoderzhashchikh rud Akbakayskogo rudnogo polya [Improvement of mining of gold-bearing ores of the Akbakay ore field]. // Gornyy zhurnal Kazakhstana = Mining Journal of Kazakhstan. – 2012. – №12. – P. 4-7 (in Russian)
4. Nazarchik A.F., Oleinikov V.A., Bogdanov G.I. Razrabotka zhilykh mestrozhdenny [Development of vein deposits]. // М.: Nauka = М.: Science. – 1977. – P. 189 (in Russian)
5. Rafienko D.I., Nazarchik A.F., Galchenko Y.P., Mamsurov A.M. Sovershenstvovaniye razrabotki zhilykh mestrozhdenny [Improving the development of vein deposits]. // М.: Nauka = М.: Science. – 1986. – P. 216 (in Russian)
6. Kuzmenko A.A., Vorobyov V.D., Denisyuk I.I., Dauetas A.A. Seismicheskoye deystviye vzryva v gornykh porodakh [Seismic action of an explosion in rocks]. // М.: Nedra = М.: Bowels. – 1990. – P. 173 (in Russian)
7. Rakishev B.R. Energoyemkost' mekhanicheskogo razrusheniya gornykh porod [Energy intensity of mechanical destruction of rocks]. // – Алматы: Baspager, 1998. – P. 210 (in Russian)
8. Khanukaev A.N. Fizicheskiye protsessy proiskhodyat pri otboyye gornykh porod vzryvom [Physical processes during rock breaking by explosion]. // М.: Nedra = М.: Bowels. – 1974. – P. 222 (in Russian)
9. Ekin Güngör, Sedat Esen etc. Wall control blasting practices at Kisladag gold mine. // Conference: 43rd Annual Conference on Explosives & Blasting Technique. – 2017. – P. 1-10 (in English)
10. Battison R., Esen S., Duggan R., Henley K., Dare-Bryan P. Reducing crest loss at barrick cowl gold mine. // 11th International Symposium on Rock Fragmentation by Blasting. – Sydney, NSW, 24-26 august 2015. – P. 1-9 (in English)

Буровзрывные работы

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; <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; <https://orcid.org/0000-0001-5269-9018>

Бахрамов Б.А., магистр технических наук, Технический директор Акционерного общества «AltynEx company» (г. Алматы, Казахстан), bagdat.bakratov@bk.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8822-6941>

Аманжолов Д.Б., PhD, старший преподаватель кафедры «Промышленное гражданское и транспортное строительство» Факультета инженерии Toraighyrov University (г. Павлодар, Казахстан), amanzholovdikhan@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-5666-9649>

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)

Бахрамов Б.А., техника және технология магистрі, «AltynEx company» Акционерлік қоғамының техникалық директоры (Алматы қ., Қазақстан)

Аманжолов Д.Б., PhD, Toraighyrov University, Инженерия факультетінің «Өнеркәсіптік, азаматтық және көлік құрылысы» кафедрасының аға оқытушысы (Павлодар 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. Baikonurov 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. Baikonurov of the Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

Bakhratov B.A. master of technical science, Technical Director of JSC «AltynEx company» (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)



**INTERNATIONAL
METALLURGICAL
SUMMIT KAZAKHSTAN**

METALS AND ALLOYS

15 НОЯБРЯ | АЛМАТЫ | КАЗАХСТАН

www.metalsummit.kz