

Код МРНТИ 52.13.05

Д. А. Шокарев¹, *И. Д. Арыстан², А. А. Рахимберлина², Ж. Ж. Шильмагамбетова³¹ТОО «Expert Pro» (г. УстьКазахстан, Казахстан),²НАО «Карагандинский технический университет им. А. Сагинова» (г. Караганда, Казахстан),³НАО «Актюбинский региональный университет им. К. Жубанова» (г. Актюбе, Казахстан)

ГЕОМЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ЗАПОЛНЕНИЯ ЗАКРЕПНЫХ ПУСТОТ В УСЛОВИЯХ СИЛЬНОТРЕЩИНОВАТОГО МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы повышения безопасности подземных горных работ при ликвидации закрепных пустот в условиях сложной геомеханической обстановки Артемьевской шахты Иртышского месторождения. Выполнен анализ причин образования куполов в кровле выработок и исследовано применение вспениваемых материалов для их заполнения. Проведена оценка влияния заполнителя на напряженно-деформированное состояние массива и рамной крепи с использованием фотоупругих датчиков и тензометрического контроля. Определены нагрузки, несущая способность заполнителя и эффективность технологии, позволяющей повысить устойчивость выработок, снизить риск обрушений и обеспечить безопасность подземных работ.

Ключевые слова: геомеханическое обоснование, высокопрочный массив горных пород, подземные горные работы, закрепные пустоты, куполообразные выработки, вспенивающиеся материалы, заполнение пустот, напряженно-деформированное состояние массива.

Жоғары жарықшақты тау жыныстары массиві жағдайында бекітпе артындағы қуыстарды толтыру технологиясын геомеханикалық негіздеу

Аңдатпа. Мақалада Иртыш кенорнының Артемьевск шахтасында күрделі геомеханикалық жағдайларда бекітпе артындағы қуыстарды жою кезінде жерасты тау-кен жұмыстарының қауіпсіздігін арттыру мәселелері қарастырылған. Тау-кен қазбаларының төбесінде күмбездердің пайда болу себептеріне талдау жасалып, оларды толтыру үшін көбіктенетін материалдарды қолдану зерттелген. Толтырғыштың тау жыныстары массиві мен рамалық бекітпенің кернеулі-деформацияланған күйіне әсері фотоэластикалық датчиктер және тензометриялық бақылау әдістері арқылы бағаланған. Толтырғыштың түсіретін жүктемелері, оның көтергіш қабілеті және қазбалардың тұрақтылығын арттыруға, опырылу қаупін төмендетуге және жерасты жұмыстарының қауіпсіздігін қамтамасыз етуге мүмкіндік беретін технологияның тиімділігі анықталған.

Түйінді сөздер: геомеханикалық негіздеу, жоғары жарықшақты тау жыныстары массиві, жерасты тау-кен жұмыстары, бекітпе артындағы қуыстар, күмбезді тәрізді қазбалар, көбіктенетін материалдар, қуыстарды толтыру, тау жыныстары массивінің кернеулі-деформацияланған күйі.

Geomechanical justification of the technology for filling backfill voids under conditions of a highly fractured rock mass
Abstract. The article considers the issues of improving the safety of underground mining operations during the elimination of backfill voids under complex geomechanical conditions at the Artemyevsky mine of the Irtysh deposit. The causes of dome formation in the roof of mine workings were analyzed, and the application of foaming materials for their filling was investigated. The influence of the filler on the stress-strain state of the rock mass and frame support was evaluated using photoelastic sensors and strain gauge monitoring. The loads, bearing capacity of the filler, and the efficiency of the technology were determined, which makes it possible to increase the stability of mine workings, reduce the risk of collapses, and ensure the safety of underground operations.

Key words: geomechanical justification, highly fractured rock mass, underground mining operations, backfill voids; dome-shaped excavations, foaming materials, void filling, stress-strain state of rock mass.

Введение

В связи со сложными горно-геологическими условиями и геомеханической обстановкой на Артемьевской шахте получили развитие процессы вывалообразования в зонах повышенной трещиноватости пород [1].

Формирование вывалов определяется целым рядом факторов, количественные характеристики которых изменяются в широких пределах, вследствие чего предсказание вывалов весьма затруднительно. Актуальной задачей на Артемьевской шахте является оперативная и качественная ликвидация вывалов, что возможно при заполнении пустот вспениваемыми материалами. Задача ТОО «Expert PRO» – данные «купола» заполнить вспениваемыми материалами и дать обоснованное заключение о пригодности использованных материалов для заполнения «куполов» [2].

Заполнение пустот на Артемьевской шахте производится в первую очередь в «куполе» доставочного штрека 1 на сопряжении с доставочным штреком 2 блока 20 отн. -232 м (рис. 1). Объем пустот «купола» составляет 80 м³. Доставочный штрек 1, в котором образовались «купола», закреплен рамной металлической крепью и крепь по кровле закатана кругляком.

Технология заполнения куполов представляет собой полный комплекс оборудования и материалов для выполнения работ, связанных с заполнением куполов вспени-

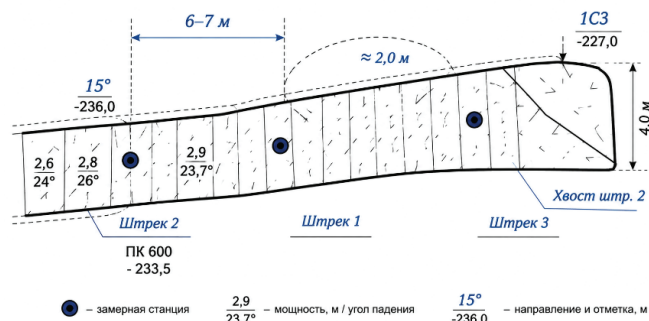


Рис. 1. Вертикальная проекция участка горных работ на сопряжении доставочного штрека 1 и 2.

Сурет 1. 1 және 2 жеткізу штректерінің түйісуіндегі тау-кен жұмыстары учаскесінің тік проекциясы.

Figure 1. Vertical projection of the mining operations area at the junction of haulage drifts 1 and 2.

вающимися материалами. Комплекс представляет собой оборудование для приготовления материала для транспортировки вспениваемых материалов и непосредственно укладки их в пустоты куполов [3–5]. Вспенивающиеся материалы, благодаря своей жидкой консистенции, могут

заполнять все неровности, пустоты и трещины пространства куполов горных выработок, а также в минимальные сроки ликвидировать аварийные участки. Используемые материалы: смола «Карбофил» и цементная смесь «Текфом». Для проведения работ применяется двухкомпонентный насос с пневматическим приводом SK90 4:1 (рис. 2) и насосный агрегат MONO WT820 (рис. 3).



Рис. 2. Пневматический двухкомпонентный шестеренчатый насос SK90 4:1.

Сурет 2. Пневматикалық екікомпонентті шестернялы сорғы SK90 4:1.

Figure 2. Pneumatic two-component gear pump SK90 4:1.



Рис. 3. Насос MONO WT 820.

Сурет 3. MONO WT 820 сорғысы.

Figure 3. MONO WT 820 pump.

Для приготовления вспениваемых материалов используется шахтная вода температурой 10–30 °С. Компоненты смолы перед применением выдерживают не менее 16 часов при температуре не ниже +20 °С.

В районе «куполов» должны быть обеспечены подвод сжатого воздуха и воды, электроснабжение и освещение рабочих мест [6].

В ходе исследований оценивалось влияние заполнения «куполов» вспениваемыми материалами на напряженно-деформированное состояние массива, а также деформационные характеристики и несущая способность заполнителя.

Методология

Заполнение закрепного пространства выполняется насосными агрегатами. В купол устанавливают две трубы:

после создания герметизирующего слоя смолы толщиной 0,15–0,20 м через нагнетательную трубу подают вспенивающийся материал, а через контрольную осуществляют отвод воздуха и контроль полноты заполнения [7].

Работы выполняются последовательно: сначала на сопряжении доставочных штреков 1 и 2, затем на доставочном штреке 1 в интервале ПК550–ПК600 (отм. –236 м).

Изменение напряженно-деформированного состояния массива контролируется фотоупругими датчиками ФДО-1 и ФДО-2 с использованием полярископа ПШ. При перераспределении нагрузки от заполненного «купола» датчики, установленные на расстоянии 6–7 м, фиксируют изменение напряжений в окружающем массиве [8].

Фотоупругие датчики, разработанные в ИГД СО РАН, представляют собой стеклянные цилиндры с осевым отверстием, устанавливаемые в шпур и деформирующиеся совместно с породой. Они работают в отраженном свете и позволяют регистрировать изменения напряженно-деформированного состояния массива (рис. 4).

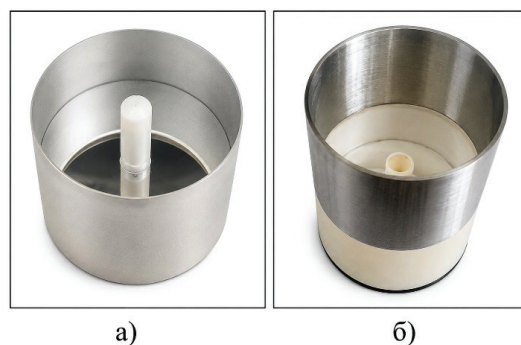


Рис. 4. Общий вид фотоупругого датчика типа ФДО-1 (а) и ФДО-2 (б).

Сурет 4. ФДО-1 (а) және ФДО-2 (б) типті фотоупруғілік датчиктердің жалпы көрінісі.

Figure 4. General view of photoelastic sensors of type FDO-1 (a) and FDO-2 (b).

Принцип работы фотоупругих датчиков основан на использовании механооптического эффекта (пьезоэффекта), свойственного прозрачным оптически чувствительным материалам, – эффекта фотоупругости.

Поляризованный свет, проходя через нагруженный фотоупругий датчик, разделяется на два взаимно перпендикулярных луча, распространяющихся с разными скоростями. Возникающая разность хода приводит к образованию интерференционной картины, отражающей распределение напряжений или деформаций в породе. Для регистрации этой картины применяются специальные приборы – полярископы, формирующие пучок поляризованных лучей (рис. 5).

Направления квазиглавных напряжений и деформаций совпадают с осями симметрии оптической картины фотоупругого датчика. По интерференционной картине определяют их направления, величину максимальных напряжений и соотношение компонентов тензора.

На Артемьевской шахте для установки датчиков бурят три шпура диаметром 40 мм и длиной 0,6 м у каждого

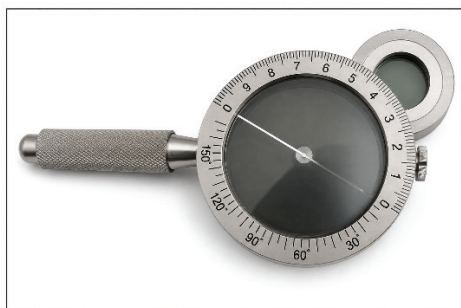


Рис. 5. Общий вид полярископа типа ПШ.
Сурет 5. ПШ типті полярископтың жалпы көрінісі.
Figure 5. General view of the PSH-type polariscope.

«купола». Состояние крепи контролируют визуально и измеряют относительные смещения элементов электронной линейкой методом засечек [9–10].

Результаты и обсуждения

В настоящее время при проходке горных выработок в сильнотрещиноватых породах или на участках с высоким НДС на Артемьевской шахте происходит обрушение кровли и образуются «купола» довольно больших объемов. «купола» могут образовываться при проходке выработки или после (при неполной забутовке «куполов» или ее отсутствии).

Данные выработки, в которых образовались «купола», закреплены рамной металлической крепью и крепь по кровле закатана кругляком (рис. 6).



Рис. 6. «Купол» на Артемьевской шахте на отм. -153 м.
Сурет 6. Артемьев кенішіндегі -153 м белгісіндегі «күмбез».
Figure 6. «Dome» at the Artemyevsky mine at elevation -153 m.

В выработках с «куполами» (рис. 6), по которым осуществляется движение самоходного оборудования, людей и вентиляция, нередко образуются незаполненные пустоты вследствие вывалов пород высотой более 2–3 м. Это приводит к неравномерным и динамическим нагрузкам на крепь.

Традиционное заполнение «куполов» выполняется вручную, преимущественно круглым лесом, что сопрово-

ждается неравномерным распределением материала, повышенными трудозатратами и снижением эффективности работы крепи. Доля ручной забутовки составляет 9–12% от общего объема проходческих работ и до 35–65% затрат на крепление.

Для герметизации стыков затяжки применяли слой торкрет-бетона с армирующей сеткой, а также мешковину и мешки из-под цементной смеси «Текфом» (рис. 7). Однако объема вспениваемых материалов оказалось недостаточно из-за утечек смеси через неплотности крепи и наличия дополнительных пустот в кровле выработки.



Рис. 7. Слой торкрет-бетона с сеткой для изоляции стыков в затяжке из круглого леса.

Сурет 7. Дөңгелек ағаштан жасалған тартпа түйіспелерін окшаулауға арналған торлы торкрет-бетон қабаты.

Figure 7. Shotcrete layer with mesh for joint insulation in a round timber lagging.

Это обусловлено следующими причинами.

До начала работ отсутствовали достоверные данные об объеме «куполов» и конфигурации закрепного пространства.

Закупленного объема смолы «Карбофил» и цементной смеси «Текфом» было недостаточно: материалы были рассчитаны на заполнение 938 м³ пустот, тогда как их фактический объем на доставочном штреке № 1 (отм. -232 м) составил 1280 м³.

Подготовительные работы выполнить заранее не представлялось возможным. Металлическая крепь СВП не была герметизирована вентиляционным брезентом в соответствии с требованиями инструкции, поэтому для создания герметизирующего слоя использовали смолу «Карбофил».

Опыт применения данной технологии на Артемьевской шахте показал, что вспенивающиеся смолы эффективны для полного заполнения пустот объемом до 250 м³, а создание герметизирующего слоя целесообразно только в выработках с небольшими объемами пустот. Схема заполнения «купола» доставочного штрека 1 блока 20 отм. -236 м в рамках данной НИР представлена на рис. 8.

Для герметизации стыков затяжки из круглого леса применяли мешковину и использованные мешки от цементной смеси «Текфом». Смесь «Текфом» после смешивания с водой образует устойчивую цементную пену, однако из-за сохранения текучести в течение 2–5 минут при недостаточной герметизации происходили утечки материала.

При заполнении пустот фенольной смолой «Карбофил» утечки отсутствовали, однако ее стоимость примерно в 8

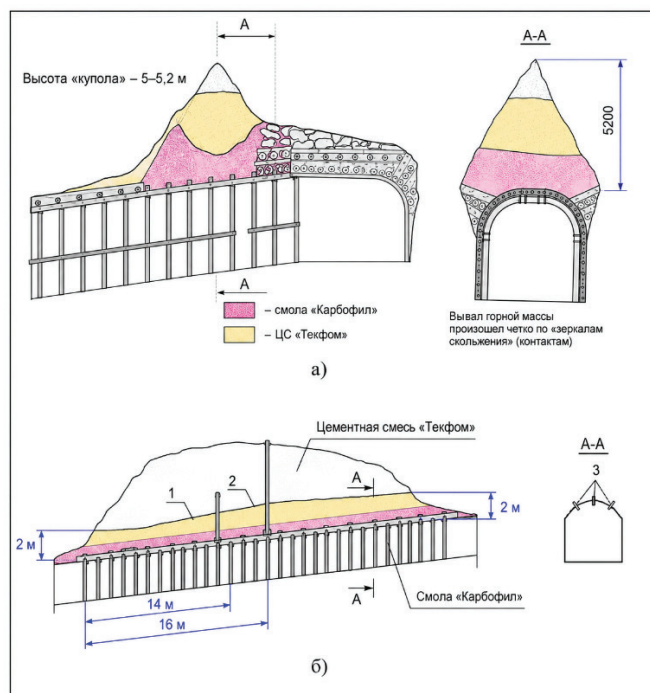


Рис. 8. Схема заполнения «купола» доставочного штрека 1 блока 20 отн. -236 м: а) малый «купол»; б) в интервале ПК550–ПК600: 1 – нагнетательная труба $\varnothing 50$ мм длиной 5 м (1 шт.); 2 – нагнетательная и дренажная труба $\varnothing 50$ мм длиной 8 м (по 1 шт.); 3 – патрубки $\varnothing 32$ мм длиной 0,5 м.

Сурет 8. 20-блоқтың 1-доставкалық штрегінің –236 м белгісіндегі күмбезді толтыру сызбасы: а) кіші «күмбез»; б) ПК550–ПК600 аралығында: 1 – ұзындығы 5 м, диаметрі $\varnothing 50$ мм айдау құбыры (1 дана); 2 – ұзындығы 8 м, диаметрі $\varnothing 50$ мм айдау және дренаждық құбыр (әрқайсысы 1 дана); 3 – ұзындығы 0,5 м, диаметрі $\varnothing 32$ мм келте құбырлар.

Figure 8. Scheme of dome filling in haulage drift 1 of block 20 at elevation -236 m: a) small «dome»; b) within the PK550–PK600 interval: 1 – injection pipe $\varnothing 50$ mm, 5 m long (1 pc.); 2 – injection and drainage pipes $\varnothing 50$ mm, 8 m long (1 pc. each); 3 – branch pipes $\varnothing 32$ mm, 0.5 m long.

раз превышает стоимость смеси «Текфом», что ограничивает экономическую целесообразность полного заполнения крупных пустот.

При заполнении малого «купола» объемом 74 м^3 общая нагрузка на шесть рам крепи составила $91,8 \text{ кН}$ ($15,3 \text{ кН}$ на одну раму), что значительно ниже несущей способности арочной крепи СВП-22 (не менее 330 кН на раму). Коэффициент запаса прочности составил около 22.

Контроль напряженного состояния крепи осуществлялся с помощью тензорезисторного датчика М50. Измерения показали, что после закачки вспенивающегося материала нагрузка на крепь первоначально быстро возрастает под действием собственного веса заполнителя, затем незначительно уменьшается вследствие его твердения. При последующих этапах заполнения передача нагрузки происходит постепенно и продолжается в течение двух недель и более.

Схема распределения горного давления и взаимодействия крепи с массивом горных пород представлена на рис. 9.

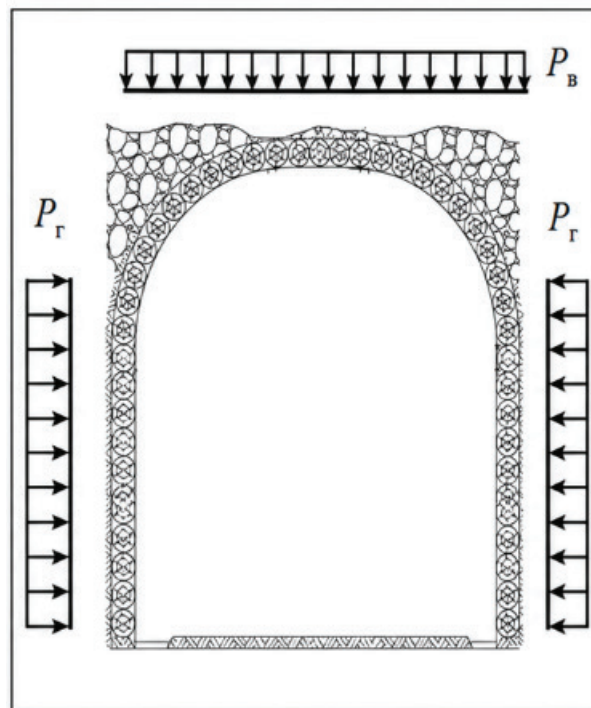


Рис. 9. Схема действия нагрузок на крепь выработки от массива и вспенивающегося заполнителя.

Сурет 9. Массив пен көбіктенетін толтырғыштан тау-кен қазбасының бекітпесіне түсетін жүктемелердің әсер ету сызбасы.

Figure 9. Scheme of load action on the excavation support from the rock mass and foaming backfill.

Это объясняется наличием несущей способности нижних слоев вспенивающегося материала, который служит опорой для последующих порций заполнителя. Таким образом, наличие вспенивающегося материала над рамной крепью повышает безопасность выработки за счет сглаживания возникающих нагрузок во времени. Этот эффект сохраняется даже при неполном заполнении «купола», поскольку область недоzakлада со временем будет заполняться породой при приобретении «купол» свода естественного равновесия без разрушающих ударных нагрузок на крепь.

По состоянию на 15.04.2016 г. показания датчика составили 504 кг , что соответствует вертикальной нагрузке на раму $59,27 \text{ кН}$. Дополнительная нагрузка от вспенивающегося материала достигла $21,16 \text{ кН}$, при этом коэффициент запаса прочности крепи СВП-22 снизился с $8,7$ до $5,5$, оставаясь значительно выше нормативного значения.

Расчет крепи выполнен для рамной конструкции на жестком основании при равномерно распределенных вертикальных и боковых нагрузках со стороны массива. Анализ позволил определить внутренние усилия и перемещения элементов крепи (рис. 11). Установлено, что элементы крепи работают на изгиб и сжатие, а максимальные напря-

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Техничко-экономическое обоснование промышленных кондиций на колчеданно-полиметаллические руды Иртышского месторождения. Алматы: ТОО КПК «Геолсервис», 2013 (на русском языке)
2. Временные указания по безопасному ведению горных работ на Иртышском и Белоусовском месторождениях, склонных к горным ударам / ДГП «ВНИИцветмет» НЦ КПМС РК. – Усть-Каменогорск, 2005 (на русском языке)
3. Проект промышленной разработки 14 горизонта Иртышского месторождения полиметаллических руд (вскрытие и отработка 14 горизонта Иртышского месторождения). – Белоусовка, 2010 (на русском языке)
4. Новое трехосное испытательное устройство с высокотемпературным модулем для определения термомеханических свойств твердых пород. / C. Wang [и др.] // *European Journal of Environmental and Civil Engineering*. – 2023. – № 27 (4). – С. 1697–1714 (на английском языке)
5. Griffiths D. V., Lane P. A. Анализ устойчивости склона с помощью конечных элементов // *Geotechnique*. – 1999. – Вып. 49. – № 3. – С. 387–403 (на английском языке)
6. Hoek E., Carranza-Torres C., Corkum B. Критерий Хука – Брауна – издание 2002 года // *Материалы 5-го Североамериканского симпозиума по механике горных пород и 17-й конференции Ассоциации проходчиков Канады: NARMS-TAC 2002, Торонто, Канада / под ред. Р. Э. Хамма и др. – 2002. – Вып. 1. – С. 267–273 (на английском языке)*
7. Duncan J. M. Современное состояние: предельное равновесие и конечно-элементный анализ склонов. // *Journal of Geotechnical Engineering*. – 1996. – Вып. 122. – № 7. – С. 577–596 (на английском языке)
8. Brady H. G., Brown E. T. Механика горных пород для подземных горных работ. – Лондон: George Allen & Unwin, 1985. – 527 с. (на английском языке)
9. Stephenson R. M., Sandy M. P. Оптимизация проектирования очистных забоев и наземной поддержки – тематическое исследование // *Наземная поддержка 2013: материалы 7-го Международного симпозиума по наземной поддержке в горнодобывающей промышленности и подземном строительстве / под ред. Y. Potvin, B. Brady. – Перт: Австралийский центр геомеханики, 2013. – С. 387–400 (на английском языке)*
10. Nickson S. D. Руководство по креплению кабелями для подземных горных работ в твердых породах: дис. ... магистра наук. – Ванкувер: Университет Британской Колумбии, 1992. – 223 с. (на английском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Ертіс кен орнының колчеданды-полиметалл кендеріне арналған өнеркәсіптік кондициялардың техникалық-экономикалық негіздемесі / «Геолсервис» КПК ЖШС. – Алматы, 2013 (орыс тілінде)
2. Тау соққыларына бейім Ертіс және Белоусов кен орындарында тау-кен жұмыстарын қауіпсіз жүргізу жөніндегі уақытша нұсқаулар / ҚР КПМС ҰО «ВНИИцветмет» ЕМК. – Өскемен, 2005 (орыс тілінде)
3. Ертіс полиметалл кен орнының 14-горизонтын өнеркәсіптік игеру жобасы (Ертіс кен орнының 14-горизонтын ашу және өндіру). – Белоусовка, 2010 (орыс тілінде)
4. Қатты тау жыныстарының термомеханикалық қасиеттерін анықтауға арналған жоғары температуралы модуль бар жаңа үшосьті сынақ құрылғысы. / C. Wang [және т. б.] // *European Journal of Environmental and Civil Engineering*. – 2023. – № 27 (4). – Б. 1697–1714 (ағылшын тілінде)
5. Griffiths D. V., Lane P. A. Ақырлы элементтер әдісімен еңістің орнықтылығын талдау. // *Geotechnique*. – 1999. – Т. 49. – № 3. – Б. 387–403 (ағылшын тілінде)
6. Hoek E., Carranza-Torres C., Corkum B. Хук – Браун критерийі – 2002 жылғы басылым // *Тау жыныстары механикасы бойынша 5-Солтүстік Америка симпозиумы және Канаданың 17-ші Тоннель қауымдастығы: NARMS-TAC 2002 материалдары, Торонто, Канада. – 2002. – Т. 1. – Б. 267–273 (ағылшын тілінде)*
7. Duncan J. M. Қазіргі жағдай: шектік тепе-теңдік және еңістерді ақырлы элементтер әдісімен талдау // *Journal of Geotechnical Engineering*. – 1996. – Т. 122. – № 7. – Б. 577–596 (ағылшын тілінде)
8. Brady H. G. B., Brown E. T. Тау жыныстарының механикасы: жерасты тау-кен жұмыстарына арналған. – Лондон: Allen & Unwin, 1985. – 527 б. (ағылшын тілінде)
9. Stephenson R. M., Sandy M. P. Тазарту камераларын жобалау мен жерүсті тіректерін оңтайландыру: тәжірибелік зерттеу // *Ground Support 2013: Тау-кен өнеркәсібі мен жерасты құрылыстарындағы бекіту жүйелері бойынша 7-халықаралық симпозиум материалдары / ред. Y. Potvin, B. Brady. – Перт: Австралиялық геомеханика орталығы, 2013. – Б. 387–400 (ағылшын тілінде)*
10. Nickson S. D. Қатты тау жыныстары жағдайындағы жерасты тау-кен жұмыстарына арналған анкерлік кабельдерді қолдану жөніндегі нұсқаулық: магистрлік диссертация. – Ванкувер: Британдық Колумбия университеті, 1992. – 223 б. (ағылшын тілінде)

REFERENCES

1. Tekhniko-ekonomicheskoe obosnovanie promyshlennykh konditsii na kolchedanno-polimetallicheskie rudy Irtyshskogo mestorozhdeniia [Feasibility Study of Industrial Cut-off Parameters for the Massive Sulfide Polymetallic Ores of the Irtysh Deposit]. – Almaty: GeolSERVICE LLP, 2013 (in Russian)
2. Vremennye ukazaniia po bezopasnomu vedeniiu gornykh rabot na Irtyshskom i Belousovskom mestorozhdeniakh, sklonnye k gornym udaram [Temporary Guidelines for the Safe Conduct of Mining Operations at the Irtysh and Belousov Deposits Prone to Rockbursts] / DGP «VNIItsvetmet» NTs KPMS RK. – Ust-Kamenogorsk, 2005 (in Russian)
3. Proekt promyshlennoi razrabotki 14 gorizonta Irtyshskogo mestorozhdeniia polimetallicheskiikh rud (vskrytie i otrabotka 14 gorizonta Irtyshskogo mestorozhdeniia) [Industrial Mining Project for the 14th Level of the Irtysh Polymetallic Deposit (Development and Extraction of the 14th Level of the Irtysh Deposit)]. – Belousovka, 2010 (in Russian)
4. A Novel True Triaxial Testing Device with a High-Temperature Module for Thermo-Mechanical Property Characterization of Hard Rocks / C. Wang et al. // *European Journal of Environmental and Civil Engineering*. – 2023. – Vol. 27. – No. 4. – P. 1697–1714 (in English)
5. Griffiths D. V., Lane P. A. Slope Stability Analysis by Finite Elements // *Geotechnique*. – 1999. – Vol. 49. – No. 3. – P. 387–403 (in English)
6. Hoek E., Carranza-Torres C., Corkum B. Hoek – Brown Failure Criterion – 2002 Edition // *Proceedings of the 5th North American Rock Mechanics Symposium and the 17th Tunnelling Association of Canada Conference (NARMS-TAC 2002)*. – Toronto, Canada, 2002. – Vol. 1. – P. 267–273 (in English)

7. Duncan J. M. State of the Art: Limit Equilibrium and Finite-Element Analysis of Slopes // *Journal of Geotechnical Engineering*. – 1996. – Vol. 122. – No. 7. – P. 577–596 (in English)
8. Brady B. H. G., Brown E. T. *Rock Mechanics for Underground Mining*. – London: Allen & Unwin, 1985. – 527 p. (in English)
9. Stephenson R. M., Sandy M. P. Optimising stope design and ground support – a case study // *Ground Support 2013: Proceedings of the Seventh International Symposium on Ground Support in Mining and Underground Construction* / eds. Y. Potvin, B. Brady. – Perth: Australian Centre for Geomechanics, 2013. – P. 387–400 (in English)
10. Nickson S. D. *Cable Support Guidelines for Underground Hard Rock Mine Operations: M.A.Sc. thesis*. – Vancouver: University of British Columbia, 1992. – 223 p. (in English)

Сведения об авторах:

Шокарев Д. А., магистр техносферной безопасности, Советник директора по стратегическим вопросам ТОО «Expert Pro» (г. Усть-Каменогорск, Казахстан), D.Shokarev@expertpro.kz; <https://orcid.org/0009-0001-9052-8559>

Арыстан И. Д., к. т. н., профессор кафедры «Разработка месторождения полезных ископаемых», НАО «Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан), arystan39@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-1434-8644>

Рахимберлина А. А., ст. преподаватель кафедры «Рудничная аэрология и охрана труда», НАО «Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан), altuwa1986@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-3388-8096>

Шильмагамбетова Ж. Ж., доцент кафедры «Нефтегазовое дело», Актюбинский региональный университет им. К. Жубанова, кандидат педагогических наук (г. Актюбе, Казахстан), zshilmagambetova@zhubanov.edu.kz; <https://orcid.org/0009-0008-8780-7160>

Авторлар туралы мәліметтер:

Шокарев Д. А., техносфералық қауіпсіздік магистрі, «Expert Pro» ЖШС директорының стратегиялық мәселелер жөніндегі кеңесшісі (Өскемен қ., Қазақстан)

Арыстан И. Д., т. ғ. к., «Пайдалы қазбалар кенорындарын өндіру» кафедрасының профессоры, КеАҚ «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» (Қарағанды қ., Қазақстан)

Рахимберлина А. А., «Кеніштік аэрология және еңбекті қорғау» кафедрасының аға оқытушысы, КеАҚ «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» (Қарағанды қ., Қазақстан)

Шильмагамбетова Ж. Ж., Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті, «Мұнай газ ісі» кафедрасының доценті, педагогика ғылымдарының кандидаты (Ақтөбе қ., Қазақстан)

Information about the authors:

Shokarev D. A., Master of Technosphere Safety, Strategic Affairs Advisor to the Director of Expert Pro LLP (Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan)

Arystan I. D., candidate of Technical Sciences, Professor of the department «Development of mineral deposits», NAO «Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov» (Karaganda, Kazakhstan)

Rakhimberlina A. A., senior lector of the department «Mine Aerology and Occupational Safety», NAO «Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov» (Karaganda, Kazakhstan)

Shilmagambetova Zh. Zh., Academic associate professor of the Department «Oilgas industru», Aktobe Regional University named after K. Zhubanov, Candidate of Pedagogical Sciences (Aktobe, Kazakhstan)

ГОРНЫЙ ЖУРНАЛ КАЗАХСТАНА

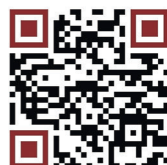


ПОДПИСКА' 2026

РЕКЛАМНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ

СОТРУДНИЧЕСТВО

Узнайте больше
на сайте:



Instagram:



Консультация
в WhatsApp:

