ГИАБ. Горный информационно-аналитический бюллетень /
MIAB. Mining Informational and Analytical Bulletin, 2026;(6):34-50
ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL PAPER

УДК 622.272.4 DOI: 10.25018/0236_1493_2026_6_0_34

БЕЗОПАСНАЯ И ЭФФЕКТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОТРАБОТКИ ВЫСОКИХ (БОЛЕЕ 6 м) МЕЖДУКАМЕРНЫХ ЦЕЛИКОВ В НАКЛОННЫХ И ПОЛОГИХ ПАНЕЛЯХ ПЛАСТООБРАЗНЫХ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

А.П. Волков[1], С.Г. Габбасов[2], Ж.К. Баитов[3], Р.И. Егембердиев[1], К.А. Васин[1]

[1] Национальный центр по комплексной переработке минерального сырья Республики Казахстан, Институт горного дела им. Д.А. Кунаева, Алматы, Республика Казахстан
[2] Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина, Астана, Республика Казахстан
[3] ТОО Elaman invest, Астана, Республика Казахстан, e-mail: kvas2500@mail.ru

Аннотация: Разработан безопасный и эффективный способ отработки целиков высотой более 6 м в наклонных панелях без захода людей в выработанное пространство с предварительной отрезкой целиков от кровли и планомерным обрушением налегающей толщи пород на всей площади панели. Способ включает проведение по восстанию панели полевой наклонной доставочной выработки с замыканием на нее множества полевых скреперных выработок малого сечения, пройденных по породе вдоль каждого ряда междукамерных целиков, по которым отбитую руду скрепируют до наклонной доставочной выработки и далее при помощи искусственных селевых водо-каменных потоков самотеком с высокой производительностью перемещают вниз на откаточный горизонт в рудоприемную выработку. Разработан безопасный способ отработки высоких (более 6 м) целиков в пологих панелях, позволяющий осуществлять интенсивное перемещение из-под консоли отбитой руды по кратчайшему пути на свободную площадку за ближайшими целиками соседнего ряда, что существенно уменьшит время пребывания в опасной зоне дистанционно управляемых погрузочных машин под консолью и позволит за короткое время сформировать временный магазин руды в безопасном месте. При этом разрушение целиков и отгрузку отбитой руды ведут строго в пределах шага принудительного обрушения пород непосредственной кровли, равного ширине квадратной сетки расположения целиков, поэтому консоль в пределах этого шага будет управляемо разрушаться взрыванием зарядов взрывчатых веществ в глубоких скважинах большого диаметра, пробуренных заранее через целик в кровлю с поверхности временного магазина руды.

Ключевые слова: повторная разработка, отработка междукамерных целиков, искусственный водо-каменный поток, селедоставка, водосборник, шаг обрушения, принудительное обрушение.

Благодарность: Настоящее исследование было профинансировано Министерством промышленности и строительства Республики Казахстан в рамках программно-целевого финансирования на 2024–2026 годы, проект № BR23991563: «Создание инновационных ресурсосберегающих технологий для горного дела и комплексной переработки минерального и техногенного сырья».

© А.П. Волков, С.Г. Габбасов, Ж.К. Баитов, Р.И. Егембердиев, К.А. Васин. 2026.

Для цитирования: *Волков А. П., Габбасов С. Г., Баитов Ж. К., Егембердиев Р. И., Васин К. А.* Безопасная и эффективная технология отработки высоких (более 6 м) междукамерных целиков в наклонных и пологих панелях пластообразных рудных месторождений // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2026. – № 6. – С. 34–50. DOI: 10.25018/0236_1493_2026_6_0_34.

Safe and efficient mining technology for high (over 6 m) rib pillars in inclined and flat longwalls within sheet-like ore bodies

A.P. Volkov[1], S.G. Gabbasov[2], Zh.K. Baitov[3], R.I. Yegemberdiyev[1], K.A. Vasin[1]

[1] National Center for Complex Processing of Mineral Raw Materials of the Republic of Kazakhstan, D.A. Kunaev Institute of Mining, Almaty, Republic of Kazakhstan,
[2] S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, Astana, Republic of Kazakhstan
[3] Elaman Invest LLP, Astana, Republic of Kazakhstan, e-mail: kvas2500@mail.ru

Abstract: A safe an efficient method is developed for mining pillars over 6 m high in inclined longwalls without the people presence in the mined-out void, with the preliminary cutting-off of the pillars from the roof, and with the orderly caving of the overlying rocks over the whole area of a longwall. In this method, a lateral inclined haulage drift is driven in the upslope direction of the longwall. This drift is connected with a set of lateral scraper drifts of a small cross-section, driven along each row of rib pillars. Broken ore is scraped along these scraper drifts to the inclined haulage drift; then, broken ore is displaced by a manmade rock–mud gravity flow downward to an ore pocket on the haulage level. A safe method is developed for mining high (over 6 m) pillars in flat-lying longwalls, which allows high-rate displacement of broken ore from under an overhang, along a shortest path, to an empty site behind the nearest pillars of the neighboring row. This can appreciably shorten stay of remote-control loading machines in the hazardous zone under the overhang, and can enable fast formation of a temporal ore storage in a safe place. Caving of pillars and loading of broken ore is carried out strictly within a caving pitch of immediate roof rocks, equal to the width of square pillar pattern; therefore, the overhang within this pitch is broken by controlled blasting in long and large-diameter holes pre-drilled through the pillar to the roof from the surface of the temporal ore storage.

Key words: re-extraction, mining of rib pillars, manmade water–debris flow, mud delivery, water collector, caving pitch, induced caving.

Acknowledgements: The study is supported by the Ministry of Industry and Construction of the Republic of Kazakhstan within the framework of 2024–2026 targeted research funding, Project BR23991563: Creation of Innovative Resource-Saving Technologies for Mining and Integrated Processing of Mineral Resources and Mine Waste.

For citation: Volkov A. P., Gabbasov S. G., Baitov Zh. K., Yegemberdiyev R. I., Vasin K. A. Safe and efficient mining technology for high (over 6 m) rib pillars in inclined and flat longwalls within sheet-like ore bodies. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2026;(6):34-50. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236_1493_2026_6_0_34.

Введение

Основная проблема, которая не позволяет эффективно и безопасно вести повторную отработку высоких (более 6 м) междукамерных целиков при камерно-столбовой системе разработки, связана с невозможностью вести горные работы с заходом людей в открытое выработанное пространство из-за воздействия нормальных и сдвигающих сил на

устойчивость целиков и непосредственной кровли в панелях, приводящих к интенсивному отслоению пород в кровле. Остается вариант с отработкой руды в целиках из полевых выработок с использованием высокопроизводительного самоходного бурового и погрузочно-доставочного оборудования. Но указанные самоходные машины не могут перемещаться под углом наклона залежи более 15°, поэтому для обеспечения доступа буровых и доставочных машин на подэтажи, а также перемещения отбитой руды с подэтажей на откаточный горизонт с помощью автосамосвалов необходимо проходить на флангах блоков (панелей) каскады спиральных уклонов, а на подэтажах выработок большого сечения и большой длины — вдоль каждого ряда междукамерных целиков с заездом под каждый целик. Но в этом случае объем горно-подготовительных выработок будет сопоставим с запасами руды в целиках, а затраты на добычу превысят извлекаемую ценность, и поэтому наиболее экономичным может оказаться простое скреперное оборудование [1]. Однако эффективная длина скреперной доставки составляет всего 40—50 м, а длина панели 120—150 м, поэтому скреперную доставку на подэтажах целесообразно совместить с доставкой отбитой руды по восстанию панели при помощи искусственных селевых водо-каменных потоков [2, 3].

Сущность способов разработки наклонных рудных залежей малой и средней мощности с использованием искусственных селевых водо-каменных потоков заключается в том, что на навал отбитой руды в наклонной выемочной камере подают поток воды, который выпускают в течение короткого времени из аккумулирующей емкости, расположенной в верхней части панели. В результате взаимодействия потока воды и навала отбитой руды образуется искусственный селевой водо-каменный поток, который под действием гравитационных сил перемещается вниз по наклонной почве камеры (руслу потока) на откаточный горизонт в рудоприемную выработку.

Аналогом этих способов являются природные селевые потоки, которые подразделяются на два структурных типа: грязе-каменные и водо-каменные [4—8]. В шахтных условиях возможно образование искусственных селевых водо-каменных потоков, так как гранулометрический состав отбитых крепких руд представлен кусковатой рудой с минимальным количеством песчаных и пылевых частиц.

Достоинством самотечного перемещения отбитой руды искусственными водо-каменными потоками является высокая производительность доставки, что позволяет в сочетании со скреперной доставкой руды создать высокоэффективную многозабойную систему отработки междукамерных целиков в наклонных панелях. При этом люди находятся в защищенных участках горных выработок малого сечения.

Предлагаемый способ отработки высоких целиков в наклонных панелях с селедоставкой отбитой руды является попыткой решить проблему безопасной и рентабельной повторной выемки ценной руды из междукамерных целиков за счет существенного снижения затрат на добычу и создания безопасных условий труда промышленного персонала.

В пологих панелях (блоках) на широких участках месторождений повторную отработку запасов руды в целиках ведут преимущественно через полевые доставочные выработки между рядами целиков [9, 10]. В изолированных панелях, ширина которых значительно меньше глубины залегания, отработку междукамерных целиков ведут с заходом людей в выработанное пространство па-

нелей и использованием самообрушения и принудительной посадки кровли в пределах свода естественного обрушения пород кровли [11 — 13].

Впервые опытно-промышленные испытания способа отработки междукамерных целиков из открытого выработанного пространства были проведены на Жезказганском месторождении в 1998 г. [14]. С 2004 г. этот способ широко применяется на Жезказганском месторождении. В настоящее время этим способом на рудниках ТОО «Корпорация Казахмыс» добыто более 15 млн т ценной руды. Согласно «Технологической инструкции по повторной разработке Жезказганского месторождения с обрушением налегающей толщи пород» (2004 г.) этот способ включает выемку целиков рядами, буровзрывное разрушение целика в открытом выработанном пространстве, погрузку отбитой руды из целика при помощи погрузочно-доставочных машин с дистанционным управлением. При этом разрушение целиков и погрузку руды ведут в пределах шага естественного обрушения пород кровли для последующего естественного обрушения этих пород. Однако при условии зависания, когда кровля, несмотря на достижение предельных пролетов обнажения, не самообрушается, выполняют принудительную посадку кровли.

Основным недостатком данного способа являются опасные условия ведения горных работ из-за невозможности в короткий период времени осуществлять полную отгрузку отбитой руды из-под консоли до капитального рудоспуска или ствола, до того как начнется более интенсивное отслоение пород в консоли за счет перераспределения горного давления на ближайшие неотработанные целики.

Целью исследований является повышение безопасности и интенсивности выемки руды при повторной отработке высоких (более 6 м) целиков в пологих панелях и создание нового способа для рентабельной и безопасной отработки высоких целиков в наклонных панелях.

Методы исследований

В результате поиска и синтеза эффективных и технологически совместимых способов доставки отбитой руды при отработке высоких (более 6 м) междукамерных целиков в наклонных панелях определена наиболее эффективная комбинация способов, включающая скреперную доставку отбитой руды на подэтажах и доставку отбитой руды при помощи искусственных водо-каменных потоков по наклонной аккумулирующей доставочной выработке. Причем ключевой в этой комбинации является доставка отбитой руды с использованием искусственных селевых водо-каменных потоков, обладающих высокой транспортирующей способностью и позволяющих в течение короткого времени перемещать десятки и сотни тонн отбитой руды на большие расстояния, в отличие от скреперной доставки.

После выпуска воды из аккумулирующей емкости поток вытекает на поверхность навала, состоящую из кусков отбитой руды. Навал руды имеет форму призмы, и верхняя часть навала, обычно слабонаклонная, примыкает к забою очистной камеры (выработки). Угол естественного откоса навала изменяется в пределах 35 — 45°. В зависимости от расхода воды и скорости поступающего потока воды на верхнюю часть навала выделено три основных разновидности зарождения шахтного селевого потока.

1. Зарождение шахтного селевого потока происходит при малых скоростях и расходах набегающего на навал потока воды. Весь поток профильтровывается в тело навала через незначительный участок его поверхности, примыкающей к водоподающей выработке.

2. Набегающий на навал поток воды имеет такой расход в единицу времени, что его движение продолжается по поверхности навала вплоть до линии естественного откоса, и часть поверхности навала руды оказывается дном русла набегающего потока воды.

3. Набегающий поток воды движется по поверхности навала, примыкающей к забою, и выходит на нижележащую поверхность с естественным углом откоса, крутизна которой больше, чем угол наклона жесткого русла. За счет динамического напора набегающего потока воды приводится в движение поверхностный слой отбитой руды.

При малых расходах в единицу времени поверхность навала, через которую происходит фильтрация, невелика, и фильтрационный поток в этом случае распространяется вдоль основания навала (днища очистной камеры). В этом случае мы имеем первую разновидность зарождения шахтного селевого потока.

Случай, когда вода фильтруется через большую часть поверхности навала, соответствует второй разновидности селевого потока. Для того чтобы был создан слой минимальной высоты h_{min}, обеспечивающий сдвиг всей массы навала, вода должна заполнить большую часть пустот, находящихся выше этого слоя. Поэтому объем воды VII, заполнившей навал, при второй разновидности зарождения селя будет более VI.

Для третьей разновидности зарождения селя весь объем навала насыщен водой. Поэтому транспортирующая способность потока в третьем случае максимальная. Кроме того, при этом надо учитывать, что часть кусков с поверхности навала, в основном с поверхности естественного откоса, набирает некоторое количество движения под действием скоростного напора набегающего потока воды. Вполне очевидно, что величина скоростного напора воды оказывает влияние во всех трех случаях зарождения селя, т.е. чем больше скоростной напор потока воды, тем меньше составляющая веса навала, необходимая для его сдвига на наклонной поверхности камеры.

Предполагается, что вода движется сквозь навал отбитой руды вровень с верхом навала и рассмотрены основные силы, действующие на массы породы $F_п$ и воды $F_в$, содержащиеся в объеме навала V. Поскольку началу возникновения селя будет соответствовать некоторая критическая скорость воды, при которой полная сила, действующая на массу породы, будет равна нулю, то дальнейшее увеличение скорости воды приведет к увеличению силы сопротивления руды водному потоку F и ускоренному движению породы.

Исходя из этого предположения, теоретическим путем была выведена следующая формула:

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{\mu\cos\alpha - \sin\alpha}{\sin\alpha + \dfrac{\mu\cos\alpha - \sin\alpha}{K - 1}}, \quad (1)$$

где m_1 — масса воды, подаваемой на навал руды; m_2 — масса руды в навале; α — угол наклона камеры (выработки); μ — динамический коэффициент трения; K — коэффициент разрыхления отбитой руды.

Данная формула по определению удельных расходов воды вполне пригодна для использования, однако в практических расчетах необходимо закладывать коэффициенты резерва расхода воды в зависимости от наклона камеры (выработки) и длины доставки для обеспечения стабильности и надежности процесса самотечного перемещения отбитой руды до рудоприемной выработки.

Поскольку эта теоретическая формула для определения удельных расходов воды не учитывает условий применения селедоставки в конкретных технологи-

ческих схемах, были проведены специальные лабораторные исследования.

В работе [15] приведена полуэмпирическая формула для определения удельного расхода воды в зависимости от угла наклона камеры (русла селевого потока) и длины селедоставки горной массы:

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{\mu\cos\alpha - \sin\alpha}{\sin\alpha + \frac{\mu\cos\alpha - \sin\alpha}{K-1}} * K_\alpha * K_L, \quad (2)$$

где μ = 0,82÷0,84 — динамический коэффициент трения, K_α = (0,02α + 0,72) — коэффициент резерва расхода воды, зависящий от угла наклона русла шахтного селевого потока, K_L = (0,00178L + + 0,998) — коэффициент резерва расхода воды, зависящий от длины селедоставки L.

Например, при наклоне камеры (русла) α = 30°, длине селедоставки L = = 120 м удельный расход воды составит 0,243 м^3/т.

Указанные коэффициенты резерва расхода воды установлены в результате проведенных авторами экспериментальных исследований искусственных селевых водо-каменных потоков на селевом лотке, состоящем из основного и дополнительного участков, сопряженных друг с другом [15]. При этом дополнительный лоток устанавливали под углом, меньшим, чем угол наклона основного лотка, обеспечивая таким образом полную остановку моделируемого селевого водо-каменного потока в пределах дополнительного лотка, создавая совершенно одинаковые условия для остановки моделируемых селевых потоков, имеющих самые различные характеристики, и позволяя достаточно точно определить транспортирующую способность этих потоков по величине пути, пройденного ими на дополнительном участке (рис. 1).

Результаты этих исследований по использованию искусственных селевых водо-каменных потоков для доставки отбитой руды были доложены и обсуждены на 25-м Всемирном горном конгрессе, который проходил 19—21 июля 2018 г. в Республике Казахстан [2].

Для отработки высоких (более 6 м) междукамерных целиков в пологих панелях (0—15°) предлагается способ с заходом людей и самоходного оборудования в выработанное пространство панелей.

В результате исследований литературных источников [16—20] и обобщения опыта отработки междукамерных це-

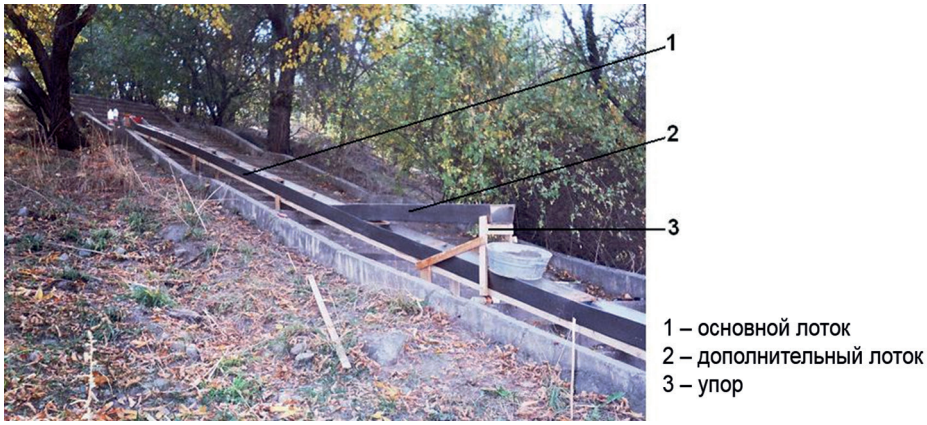

Рис. 1. Устройство экспериментального лотка
Fig. 1. Experimental trough device

ликов в пологих (0 — 15°) панелях пластообразных рудных месторождений установлено, что ключевым параметром при отработке междукамерных целиков из открытого пространства является шаг обрушения. Причем не шаг естественного обрушения, а шаг принудительного обрушения пород кровли, который является предсказуемым и управляемым.

В связи с тем, что способ отработки междукамерных целиков из открытого выработанного пространства относится к разряду опасных технологий, необходимо управлять посадкой кровли путем своевременного буровзрывного разрушения пород в кровле. На наш взгляд, величина шага обрушения должна быть фиксированной и привязанной к сетке расположения целиков, так как по мере отбойки одного из целиков большая часть навала отбитой руды будет находиться под консолью и после интенсивной от-

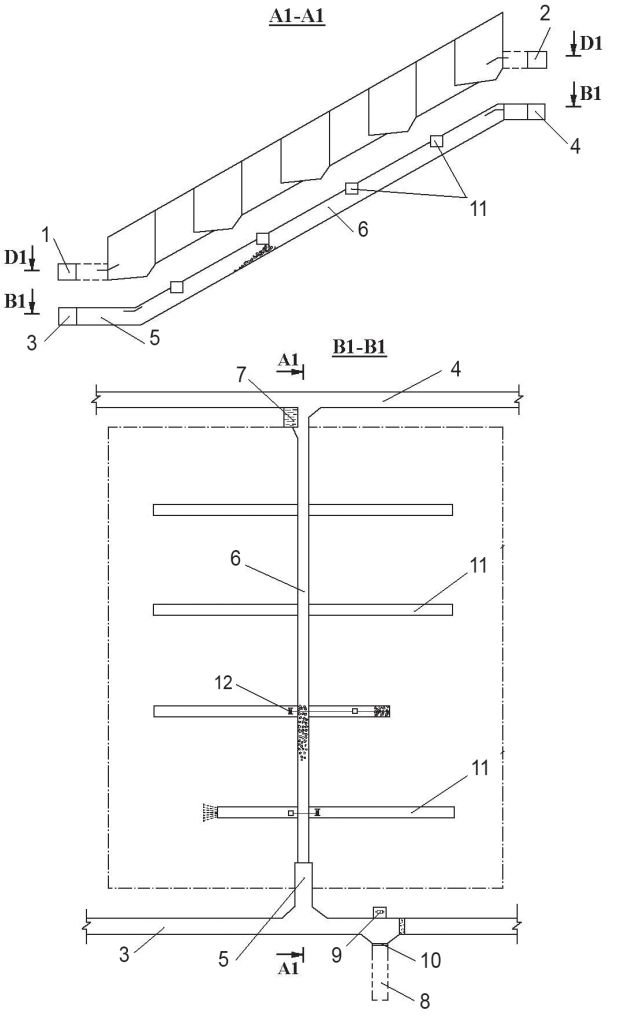

Рис. 2. Способ отработки высоких (более 6 м) целиков в наклонных панелях пластообразных рудных залежей из полевых выработок: стадия проведения горно-подготовительных выработок

Fig. 2. Method of extraction of high (over 6 m) pillars in inclined panels of layered ore deposits from field workings: Stage of conducting mining preparatory workings

грузки руды при помощи дистанционно управляемых погрузочно-доставочных машин должна в нужный момент принудительно разрушаться.

Основные технические решения и параметры

Для отработки высоких (более 6 м) целиков в наклонных панелях пластообразных рудных месторождений предлагается способ с полевой подготовкой и выпуском отбитой руды из-под обрушенных пород.

Сущность этого способа заключается в следующем.

Из транспортного штрека *1* в отработанной ранее панели проходят нижележащий транспортный штрек *3*, а из вентиляционного штрека *2* проходят вентиляционный штрек *4* (рис. 2). Затем из транспортного штрека *3* через погрузочный заезд *5* проходят наклонную вентиляционно-доставочную выработку *6*, сбиваемую с вентиляционным штреком *4*. В месте сбойки штрека *4* с вентиляционно-доставочной выработкой *6* сооружают капитальную аккумулирующую емкость для воды *7*. В нижней части панели из транспортного штрека *3* рядом с погрузочным заездом *5* проходят короткую наклонную выработку *8* для использования ее в качестве водосборника.

Напротив водосборника *8* в боковой стенке транспортного штрека *3* проходят нишу *9* для установки насоса. Перед водосборником *8* в пологой его части устанавливают разборную дренажную перемычку *10*, а в самом транспортном штреке *3* за водосборником *8* сооружают бетонный перекат, наподобие «лежачего полицейского», чтобы «отработанная» вода поступала в водосборник *8*. Из вентиляционно-доставочной выработки *6* ниже почвы панели по ее простиранию от центра к флангам вдоль оси каждого ряда междукамерных целиков проходят полевые подэтажные буро-доставочные выработки *11*, которые располагают выше отметки почвы вентиляционно-доставочной выработки *6* в месте их соединения.

Проходку подэтажных буро-доставочных выработок *11* осуществляют сверху вниз при помощи скреперных лебедок *12*. Для бурения шпуров используют легкие и малогабаритные буровые станки. Отбитую породу при помощи скреперной лебедки и ковша перемещают до наклонной вентиляционно-доставочной выработки *6*, и по мере накопления на ее почве навала отбитой породы заданного объема производят наполнение аккумулирующей емкости *7* водой и выпуск ее в наклонную вентиляционно-доставочную выработку *6*. В результате взаимодействия потока воды с навалом образуется шахтный селевой водо-каменный поток, который под действием гравитационных сил и энергии потока воды по наклонной почве вентиляционно-доставочной выработки *6* перемещается вниз в транспортный штрек *3*, где после оттока «отработанной» воды в водосборник *8* отбитую породу с помощью самоходного погрузочно-доставочного оборудования транспортируют до капитального рудоспуска. Далее, с помощью насоса, установленного в насосной нише *9*, осуществляют перекачку воды из водосборника *8* в аккумулирующую емкость *7* по трубопроводам, проложенным в транспортном штреке *3* и наклонной вентиляционно-доставочной выработке *6*.

Одновременно с проходкой буро-доставочных выработок *11* на нижележащих подэтажах производят бурение вееров скважин *13* в междукамерные целики из пройденных ранее буро-доставочных выработок *11* на вышележащих подэтажах. Причем скважины *13* проходят с перебуром их концов на 1,0 — 1,5 м в породы кровли (см. рис. 3).

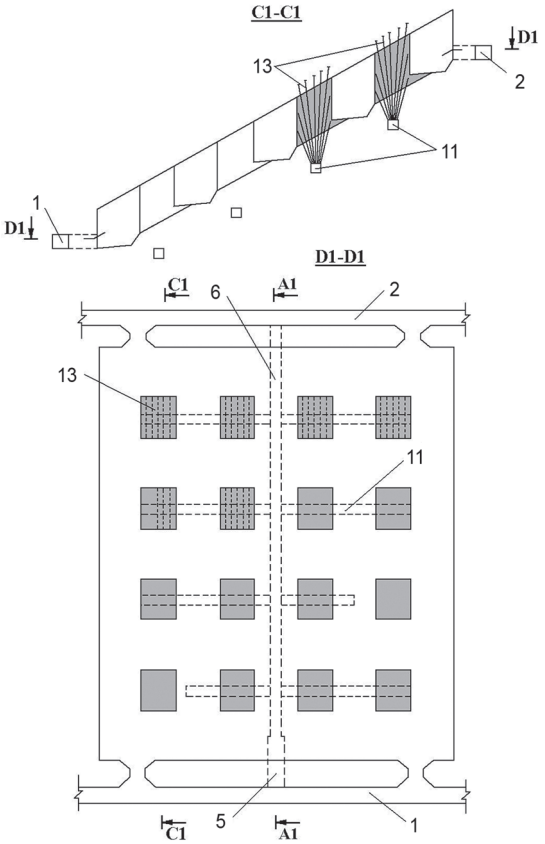

Рис. 3. Стадия бурения длинных скважин в тело целиков из подэтажных полевых выработок с перебуром в кровлю

Fig. 3. Stage of drilling long boreholes into the pillar body from under-level field workings with re-drilling into the roof

После проведения в почве панели всех подэтажных буро-доставочных выработок *11* и разбуривания из них вееров скважин с перебуром в кровлю во всех целиках приступают к погашению выработанного пространства и отработке руды в целиках.

Погашение выработанного пространства начинают с отрезки целиков от кровли по всей площади панели. Но для планомерной и стабильной посадки кровли осуществляют также подрезку непосредственной кровли с краев панели (рис. 4). Для этого из ранее пройденного (до повторной разработки) транспортного штрека *1* и вентиляционного штрека *2* бурят веера скважин *14* с перебуром концов этих скважин на 1 — 1,5 м в налегающие породы непосредственной кровли. Отрезку осуществляют снизу вверх по восстанию панели путем заряжения и взрывания зарядов взрывчатых веществ в концах скважин *14*, *13*. После отрезки целиков по всей площади панели и заполнения выработанного пространства обрушенной породой из непосредственной кровли в пределах свода естественного обрушения производят отработку запасов руды в междукамерных целиках.

Руду в массивах целиков отбивают за два или три взрыва, в зависимости от

размеров целика (см. рис. 5). Но при этом сначала выпускают часть пустой породы из породной потолочины. Отбитую руду вместе с примешанными остатками пустой породы из потолочины выпускают с торца буро-доставочной выработки *11* путем забора ее ковшом скреперной установки и транспортируют по почве буро-доставочной выработки *11* до вентиляционно-доставочной выработки *6*. После образования на почве выработки *6* навала отбитой руды заданного объема производят наполнение аккумулирующей емкости водой и выпуск ее в вентиляционно-доставочную выработку *6* на навал отбитой руды, аналогично описанной ниже схеме по доставке пустой породы при проходке буровых подэтажных выработок *11*.

Свежий воздух для проветривания горных выработок поступает из транспортного штрека *3* в вентиляционно-доставочную выработку *6* и далее с помощью вентиляторов местного проветривания

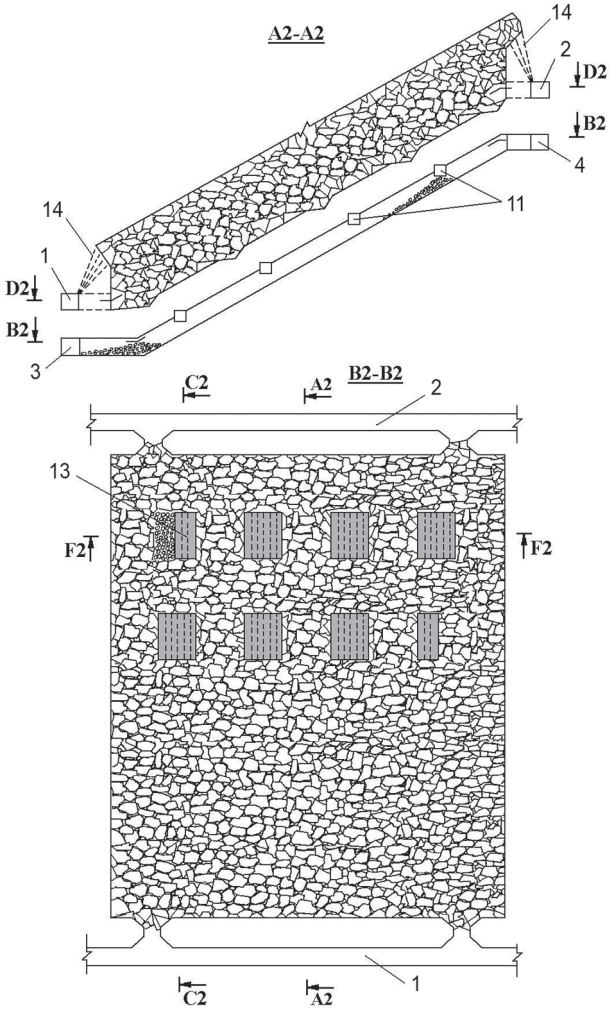

Рис. 4. Стадия отрезки целиков от кровли и погашение выработанного пространства
Fig. 4. Stage of cutting the pillars from the roof and backfilling the mined-out space

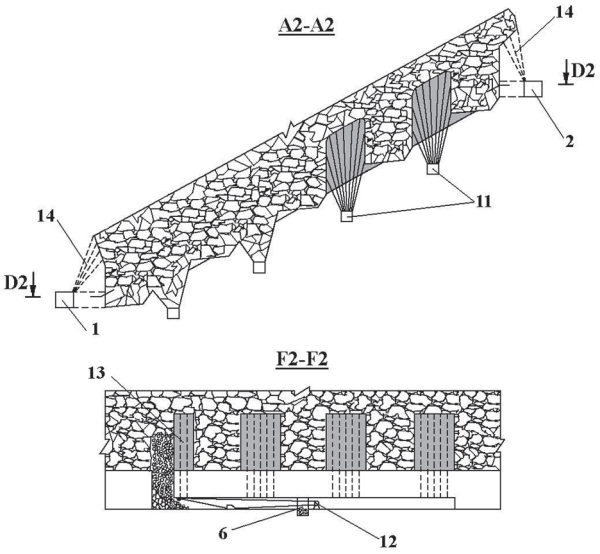

Рис. 5. Стадия отработки целиков из-под обрушенных пород
Fig. 5. Stage of pillar extraction from under the collapsed rock mass

по буровым выработкам *11* подается к забоям, откуда уже загрязненная струя воздуха поступает в вентиляционный штрек *4*.

Таким образом, чередуя отбойку руды в целиках, скреперную доставку отбитой руды до наклонной вентиляционно-доставочной выработки и самотечную доставку этой руды шахтными водо-каменными потоками до откаточного горизонта, производят повторную отработку оставшихся в целиках запасов руды.

Достоинством этого способа является безопасность промышленного персонала за счет ведения горных работ в устойчивых выработках малого сечения, небольшой объем горно-подготовительных выработок и высокая производительность селедоставки отбитой руды по наклонной почве вентиляционно-доставочной выработки до откаточного горизонта.

Для отработки высоких (более 6 м) целиков в пологих панелях пластообразных рудных месторождений предлагается способ с заходом людей и самоходного оборудования в выработанное пространство (см. рис. 6). Отработку целиков и погашение выработанного пространства панели ведут по простиранию с одного фланга на другой, при этом направление отработки в одну или другую сторону определяют исходя из условия проветривания и транспортировки руды. На рис. 6 показано, что отработку ведут слева направо и свежая струя воздуха поступает в выработанное пространство из панельного штрека *1* через заезд *2*, а загрязненная струя воздуха из выработанного пространства поступает в панельный штрек *3* через заезд *4*. Исходя из этого, отбитую руду из панели необходимо транспортировать по панельному штреку *1* навстречу свежей струе воздуха.

Разрушение очередного целика в отрабатываемом ряду производят путем взрывания зарядов взрывчатых веществ в шпурах (скважинах) *5*. При этом шпуры *5* располагают перпендикулярно направлению отбойки целика, так чтобы взрыв был направлен в пролет между целиками *6*, *7*. Причем отбойку руды производят послойно с замедлением каждого отбиваемого слоя относительно друг

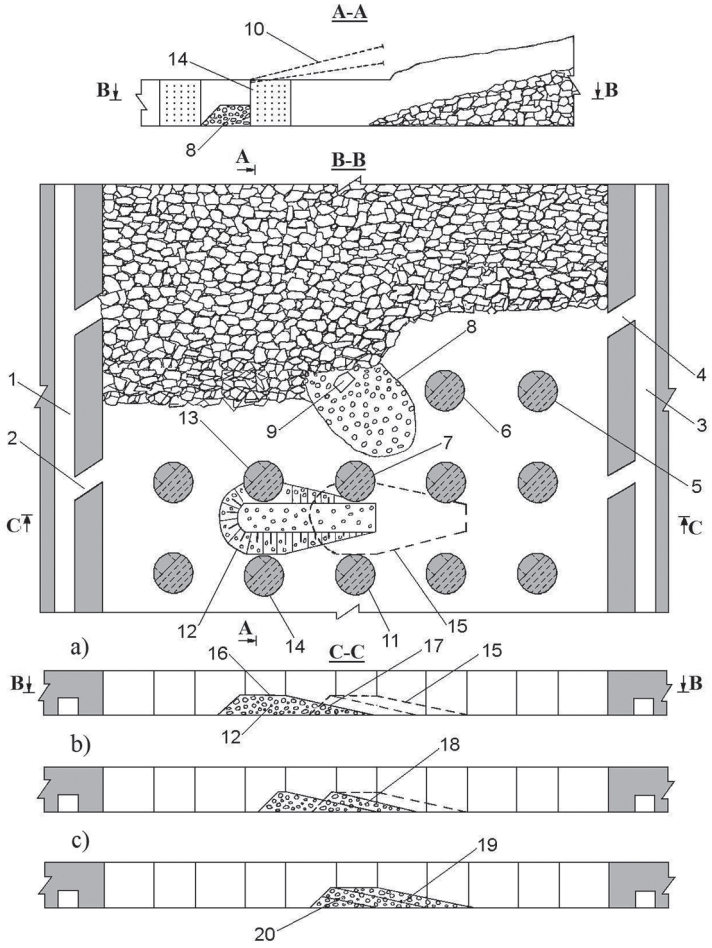

Рис. 6. Способ отработки высоких (более 6 м) целиков из открытого выработанного пространства: контур очередного временного магазина руды (а); стадия укладки первого слоя руды в очередном магазине руды (б); стадия укладки второго слоя руды (в)

Fig. 6. Method for mining high pillars (exceeding 6 m) from the open mined-out space: outline of the next temporary ore storage (a); stage of placing the first ore layer in the temporary ore storage (b); stage of placing the second ore layer (v)

друга, что позволит увеличить взрывоотброс руды и образовать навал *8* в виде вытянутого эллипсоида, размещенного между целиками *6*, *7*. Для поддержания консоли оставляют временный сигнальный целик *9*, который погашается после отгрузки руды из подконсольного пространства. Запасы руды из сигнальных целиков не извлекаются, поэтому их размеры должны быть минимальными из расчета временной устойчивости на период отгрузки руды из-под консоли. Сигнальный целик *9* разрушается горным давлением по мере отработки междукамерных целиков. Но если сигнальный целик не разрушается сам, то в дальнейшем он будет разрушен в результате буровзрывной посадки непосредственной кровли над подконсольным пространством, путем перебура посадочных скважин *10* и взрывания зарядов взрывчатых веществ в них.

После образования навала *8*, не останавливая работы на длительное время, производят интенсивное перемещение отбитой руды из навала по кратчайшему пути в выработанное пространство камеры за ближайшими целиками *7*, *11* в соседних рядах и формируют очередной временный магазин с заданной формой и высотой. Такое быстрое перемещение отбитой руды из опасной зоны под консолью в выработанное пространство камеры за ближайшими целиками соседнего ряда будет способствовать тому, что за сравнительно короткое время не успеет произойти полное перераспределение горного давления, то есть пригруз целиков на границе с обрушением не успеет развиться до максимума.

На рисунке показан временный магазин руды *12*, сформированный ранее между целиками *13*, *14*, и контур *15* очередного временного магазина руды, куда отбитую руду из навала *8* предстоит переместить в выработанное пространство камеры за ближайшими целиками *7*, *11*. Причем временный магазин *12* представляет собой простое инженерное сооружение, включающее горизонтальную рабочую площадку *16* для размещения бурильной установки и наклонный заезд *17* для доступа бурильной установки на рабочую площадку. Высоту временного магазина h_1 определяют исходя из высоты камеры (целика).

$$h_1 = H - h_2, \qquad (3)$$

где H — высота выработанного пространства камеры, м; h_2 — максимальная высота забуривания скважин через целик в кровлю камеры с поверхности магазина, м.

При этом сразу после формирования временного магазина *12* с рабочей площадки *16* производят бурение через целик *13* и поверх него вееров посадочных скважин *10* на ширину шага принудительного обрушения пород кровли для посадки в последующем непосредственной кровли. Далее производят разрушение очередного целика в отрабатываемом ряду и интенсивное перемещение отбитой руды из навала *8* по кратчайшему пути в выработанное пространство камеры за ближайшими целиками *7*, *11* в соседних рядах и формируют очередной временный магазин руды в пределах указанного контура *15*. Перемещение отбитой руды из навала *8* во временный магазин *15* производят при помощи дистанционно управляемых погрузочно-доставочных машин. Причем отгрузка руды из ранее сформированного магазина *12* и ее доставка автосамосвалами до капитального рудоспуска или ствола осуществляется одновременно с перемещением отбитой руды из навала *8* в очередной временный магазин *15*. При этом очередной временный магазин *15* формируют путем укладки руды слоями снизу вверх, а толщину слоя принимают исходя из технических возможностей применяемых погрузочно-доставочных машин.

Причем размеры очередного временного магазина *15* и количество укладываемых слоев зависит от высоты целика *7*, через который будет осуществлено бурение посадочных скважин. На рисунке показан контур временного магазина *15*, состоящего из двух слоев, а также стадия укладки первого слоя руды *18* и стадия укладки второго слоя *19*. При этом по мере формирования нового временного магазина руды *15* производят отгрузку руды из ранее сформированного временного магазина *12* с оставлением малой его части в слое *20*, который перекрывается первым и вторым слоями *18*, *19* нового временного магазина *15*. Доставка отбитой руды из магазина *15* до капитального рудоспуска или ствола осуществляется через заезд *2*, панельный штрек *1* и другие выработки.

Таким образом, чередуя операции по буровзрывной посадке кровли, разрушению целиков, интенсивному перемещению руды из этих целиков в выработанное пространство камеры за ближайшими целиками соседнего ряда и формированию новых временных магазинов руды, производят безопасную и эффективную отработку запасов во всех целиках панели (блока).

Заключение

1. Разработан безопасный и высокоэффективный способ отработки высоких (более 6 м) целиков в наклонных панелях с полевой подготовкой и выпуском отбитой руды из-под обрушенных пород с торца подэтажных буровых выработок, по которым отбитую руду скрепируют до наклонной аккумулирующей доставочной выработки и далее при помощи безнапорных водо-каменных потоков самотеком перемещают вниз на откаточный горизонт. При этом скреперные выработки под междукамерными целиками проходят сечением 5 м^2, а наклонную доставочную выработку — сечением 8 — 10 м^2, что позволит в 4 — 5 раз уменьшить объем горно-подготовительных работ по сравнению, например, с применяемым на Жезказганском месторождении способом, в котором используется самоходное крупногабаритное погрузочно-доставочное оборудование. Это позволит существенно снизить затраты на добычу и обеспечить рентабельную выемку ценной руды из целиков.

2. Разработан безопасный и высокоэффективный способ отработки высоких (более 6 м) целиков в пологих панелях из открытого выработанного пространства, согласно которому разрушение и погрузку руды ведут строго в пределах шага принудительного обрушения кровли, позволяющий в короткий период времени после разрушения междукамерного целика забрать из него как можно больше руды, находящейся под консолью, с использованием дистанционно управляемых погрузочно-доставочных машин, и формировать временный магазин руды, из которого в заданном режиме обеспечить стабильную доставку руды до капитального рудоспуска или ствола.

Причем формирование временного магазина руды с заданной формой позволит отрабатывать высокие (более 6 м) целики за счет размещения на поверхности магазина любых имеющихся на руднике бурильных установок типа Solo DH07-7S, Simba L6C и других, с помощью которых можно осуществлять бурение длинных скважин большого сечения в кровлю через высокий целик при малой высоте забуривания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ветров Д. С.*, *Филиппов Н. И.*. Скреперная доставка при торцевом выпуске руды // Горный журнал. — 1970. — № 12. — С. 25 — 27.

2. *Волков А. П.*, *Шамганова Л. С.*, *Баитов Ж. К.* Разработка эффективных и безопасных способов подземной разработки наклонных рудных залежей с использованием искусственных селевых водо-каменных потоков для доставки отбитой руды / 25-й Всемирный Горный Конгресс. — Астана, 2018. — С. 895 — 901.

3. *Волков А. П.*, *Шамганова Л. С.*, *Баитов Ж. К.* Разработка безопасной и эффективной технологии отработки ценных руд в наклонных залежах средней мощности с селедоставкой отбитой руды // Горный журнал. — 2019. — № 11. — С. 63 — 67. DOI: 10.17580gzh/2019.11.11.

4. *Флейман С. М.* Сели. — М., 1970. — 309 с.

5. *De Blasio F. V., Elverhoi A., Engvik L. E., Issler D., Gauer P., Harbitz C.* Understanding the high mobility of subaqueous debris flows // Norsk Geologisk Tidsskrift. 2006, vol. 86, no. 3, pp. 275 — 284.

6. *Li Jian, Luo Defu* The formation and characteristics of mudflow and flood in the mountain area of the Dachao River and its prevention // Zeitschrift fur Geomorphologie. 1981, vol. 25, no. 4, pp. 470 — 484.

7. *Chepurna T., Salyha V., Chepurnyi I.* To the issue of monitoring of mudflows within carpathian region using modern web GIS technology / European Association of Geoscientists & Engineers Source: International Conference of Young Professionals «GeoTerrace — 2022». 2022, vol. 2022, pp. 1 — 5. DOI: 10.3997/2214-4609.2022590024.

8. *Trevoho I., Prykhodko M., Ilkiv E., Halyarnyk M., Yershov M.* Application of GIS technologies for assessment of anthropogenic changes in the basins of the main rivers of Ivano-Frankivsk region and ways to optimize the nature use / Paper presented at the International Conference of Young Professionals, GeoTerrace. 2021. DOI: 10.3997/2214-4609.

9. *Бекбаев С. М., Еловиков И. В., Сейдалиев А. С.* Повторная разработка месторождений твердых полезных ископаемых. — Алма-Ата, 1988. — 49 с.

10. *Битимбаев М. Ж., Бекбаев С. М., Гердт В. К. Еловиков И. В.* Выемка целиков на отработанных рудных месторождениях. — М.: Недра, 1993. — 239 с.

11. *Мустафин М. Г., Жараспаев М. А.* Методические вопросы безопасного извлечения целиков при панельно-столбовой системе разработки на месторождении Жаман-Айбат // Естественные и технические науки. — 2017. — № 3(105). — С. 46 — 49.

12. *Жараспаев М. А.* Результаты опытно-промышленных работ по повторной разработке на месторождении Жаман-Айбат (Республика Казахстан) // Интерактивная наука. — 2017. — № 11. — С. 127 — 132.

13. *Жараспаев М. А., Толысбаев А. К.* Условия посадки налегающей толщи на месторождении Жаман-Айбат (Республика Казахстан) / Международная научная конференция «Наука. Исследования. Практика». — СПб., 2017. — С. 77 — 80.

14. *Алипбергенов М. К., Юн А. Б., Зайцев О. Н., Макаров А. Б.* Развитие технологии повторной разработки Жезказганского месторождения из открытого выработанного пространства с обрушением налегающей толщи // Горный журнал. — 2000. — № 8. — С. 17 — 20.

15. *Буктуков Н. С. Волков А. П., Баитов Ж. К.* Исследование шахтных селевых водо-каменных потоков на физической модели / Научно-техническое обеспечение горного производства. Т. 88. — Алматы: Институт горного дела им. Д.А. Кунаева, 2016. — С. 79 — 87.

16. *Абеов Е. А., Байтажиков А. Е., Зейнулин А. А., Жараспаев М. А.* Обоснование допустимых пролетов кровли при камерно-столбовой системе разработки на месторождении Жаман-Айбат (Республика Казахстан) // Горный журнал Казахстана. — 2019. — № 5. — С. 37 — 41.

17. *Zhang Q., Zhang P., Chen Q., Li H., Song Z., Tao Y.* Study of the critical safe height of goaf in underground metal mines // Minerals. 2024, vol. 14, no. 3, article 227. DOI: 10.3390/min14030227.

18. *Wu H., Li Q., Zhu C., Tang P.* Stability analysis of surrounding rock in mining tunnels based on microseismic monitoring and numerical simulation // Sustainability. 2025, vol. 17, no. 2, article 630. DOI: 10.3390/su17020630.

19. *Chen Y., Wang Y., Qin Z., Yang F., Agarwal V.* Stability control of multilayer roof strata in the large mining height gob-side entry: A case study // Applied Sciences. 2025, vol. 15, no. 1, article 86. DOI: 10.3390/app15010086.

20. *Liu H., Hao C., Han Z., Liu Q., Wang H., Liang J., Zhang D.* Study on the mechanism of a hanging roof at a difficult caving end in a fully-mechanized top coal caving face // Sustainability. 2023, vol. 15, no. 1, article 812. DOI: 10.3390/su15010812. ГИАБ

REFERENCES

1. Vetrov D. S., Filippov N. I. Scraper haulage during end-face ore drawing. *Gornyi Zhurnal*. 1970, no. 12, pp. 25 — 27. [In Russ].

2. Volkov A. P., Shamganova L. S., Baitov Zh. K. Development of efficient and safe methods for underground mining of inclined ore deposits using artificial debris flow water–rock streams for broken ore transportation. *25-y Vsemirniy Gorniy Kongress* [Proceedings of the 25th World Mining Congress], Astana, 2018, pp. 895 — 901. [In Russ].

3. Volkov A. P., Shamganova L. S., Baitov Zh. K. Development of a safe and efficient technology for mining valuable ores in inclined deposits of medium thickness using debris-flow-based ore transportation. *Gornyi Zhurnal*. 2019, no. 11, pp. 63 — 67. [In Russ]. DOI: 10.17580gzh/2019.11.11.

4. Fleiman S. M. *Seli* [Debris Flows], Moscow, 1970, 309 p.
5. De Blasio F. V., Elverhoi A., Engvik L. E., Issler D., Gauer P., Harbitz C. Understanding the high mobility of subaqueous debris flows. *Norsk Geologisk Tidsskrift*. 2006, vol. 86, no. 3, pp. 275 — 284.
6. Li Jian, Luo Defu The formation and characteristics of mudflow and flood in the mountain area of the Dachao River and its prevention. *Zeitschrift fur Geomorphologie*. 1981, vol. 25, no. 4, pp. 470 — 484.
7. Chepurna T., Salyha V., Chepurnyi I. To the issue of monitoring of mudflows within carpathian region using modern web GIS technology. *European Association of Geoscientists & Engineers Source: International Conference of Young Professionals «GeoTerrace — 2022»*. 2022, vol. 2022, pp. 1 — 5. DOI: 10.3997/2214-4609.2022590024.
8. Trevoho I., Prykhodko M., Ilkiv E., Halyarnyk M., Yershov M. Application of GIS technologies for assessment of anthropogenic changes in the basins of the main rivers of Ivano-Frankivsk region and ways to optimize the nature use. *Paper presented at the International Conference of Young Professionals, GeoTerrace*. 2021. DOI: 10.3997/2214-4609.
9. Bekbaev S. M., Elovikov I. V., Seydaliev A. S. *Povtornaya razrabotka mestorozhdeniy tverdykh poleznykh iskopaemykh* [Re-mining of solid mineral deposits], Alma-Ata, 1988, 49 p.
10. Bitimbaev M. Zh., Bekbaev S. M., Gerdt V. K. Elovikov I. V. *Vyemka tselikov na otrabotannykh rudnykh mestorozhdeniyakh* [Extraction of pillars in exhausted ore deposits], Moscow, Nedra, 1993, 239 p.
11. Mustafin M. G., Zharaspaev M. A. Methodological issues of safe pillar extraction under the panel-and-pillar mining system at the Zhaman-Aibat deposit. *Natural and Technical Sciences*. 2017, no. 3(105), pp. 46 — 49. [In Russ].
12. Zharaspaev M. A. Results of pilot-scale operations on re-mining at the Zhaman-Aibat deposit (Republic of Kazakhstan). *Interactive Science*. 2017, no. 11, pp. 127 — 132. [In Russ].
13. Zharaspaev M. A., Tolysbaev A. K. Conditions of overlying strata caving at the Zhaman-Aibat deposit (Republic of Kazakhstan). *International Scientific Conference «Science. Research. Practice».* Saint-Petersburg, 2017, pp. 77 — 80. [In Russ].
14. Alipbergenov M. K., Yun A. B., Zaitsev O. N., Makarov A. B. Development of re-mining technology for the Zhezkazgan deposit from open mined-out space with caving of the overlying strata. *Gornyi Zhurnal*. 2000, no. 8, pp. 17 — 20. [In Russ].
15. Buktukov N. S., Volkov A. P., Baitov Zh. K. Investigation of underground debris water–rock flows using a physical model. *Nauchno-tekhnicheskoe obespechenie gornogo proizvodstva*. T. 88 [Scientific and Technical Support of Mining Production, vol. 88], Almaty, 2016, pp. 79 — 87.
16. Abeov E. A., Baitazhikov A. E., Zeynullin A. A., Zharaspaev M. A. Substantiation of permissible roof spans under the room-and-pillar mining system at the Zhaman-Aibat deposit (Republic of Kazakhstan). *Mining Journal of Kazakhstan*. 2019, no. 5, pp. 37 — 41. [In Russ].
17. Zhang Q., Zhang P., Chen Q., Li H., Song Z., Tao Y. Study of the critical safe height of goaf in underground metal mines. *Minerals*. 2024, vol. 14, no. 3, article 227. DOI: 10.3390/min14030227.
18. Wu H., Li Q., Zhu C., Tang P. Stability analysis of surrounding rock in mining tunnels based on microseismic monitoring and numerical simulation. *Sustainability*. 2025, vol. 17, no. 2, article 630. DOI: 10.3390/su17020630.
19. Chen Y., Wang Y., Qin Z., Yang F., Agarwal V. Stability control of multilayer roof strata in the large mining height gob-side entry: A case study. *Applied Sciences*. 2025, vol. 15, no. 1, article 86. DOI: 10.3390/app15010086.
20. Liu H., Hao C., Han Z., Liu Q., Wang H., Liang J., Zhang D. Study on the mechanism of a hanging roof at a difficult caving end in a fully-mechanized top coal caving face. *Sustainability*. 2023, vol. 15, no. 1, article 812. DOI: 10.3390/su15010812.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Волков Анатолий Петрович[1] — канд. техн. наук,
зав. лабораторией, e-mail: apv51@mail.ru,
ORCID ID: 0009-0008-6724-2537,
Габбасов Сырым Габбасович — канд. техн. наук,
старший преподаватель, Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина, Астана, Республика Казахстан,
e-mail: gabbasov57@bk.ru, ORCID ID: 0009-0006-9490-5813,

Баитов Жанат Курмашевич — директор ТОО Elaman invest,
Астана, Республика Казахстан, e-mail: bz_elaman@mail.ru,
ORCID ID: 0009-0001-3371-1883,
Егембердиев Руслан Ильдосович[1] — PhD, научный сотрудник,
e-mail: ryegemberdiyev@borusan.com,
ORCID ID: 0009-0006-5330-9644,
Васин Константин Андреевич[1] — постдокторант,
старший научный сотрудник, e-mail: kvas2500@mail.ru,
ORCID ID: 0000-0002-4257-2061,
[1] Национальный центр по комплексной переработке минерального сырья
Республики Казахстан, Институт горного дела им. Д.А. Кунаева,
Алматы, Республика Казахстан.
Для контактов: Васин К.А., e-mail: kvas2500@mail.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

A.P. Volkov[1], Cand. Sci. (Eng.), Head of Laboratory,
e-mail: apv51@mail.ru, ORCID ID: 0009-0008-6724-2537,
S.G. Gabbasov, Cand. Sci. (Eng.), Senior Lecturer,
S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University,
Astana, 010000, Republic of Kazakhstan,
e-mail: gabbasov57@bk.ru, ORCID ID: 0009-0006-9490-5813,
Zh.K. Baitov, Director, Elaman Invest LLP, Astana, 010000,
Republic of Kazakhstan, e-mail: bz_elaman@mail.ru,
ORCID ID: 0009-0001-3371-1883,
R.I. Yegemberdiyev[1], PhD, Researcher,
e-mail: ryegemberdiyev@borusan.com,
ORCID ID: 0009-0006-5330-9644,
K.A. Vasin[1], Postdoctoral Researcher, Senior Researcher,
e-mail: kvas2500@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-4257-2061,
[1] National Center for Complex Processing of Mineral Raw Materials
of the Republic of Kazakhstan, D.A. Kunaev Institute of Mining,
Almaty, 050046, Republic of Kazakhstan,
Corresponding author: K.A. Vasin, e-mail: kvas2500@mail.ru.

Получена редакцией 11.12.2025; получена после рецензии 11.02.2026; принята к печати 10.05.2026.
Received by the editors 11.12.2025; received after the review 11.02.2026; accepted for printing 10.05.2026.