

Безопасная разработка декоративных джеспилитов в энергетически нарушенных горных массивах¹



О.Е. Хоменко,
д-р техн. наук, проф.



М.Н. Кононенко,
канд. техн. наук, доцент

Национальный технический университет «Днепропетровская политехника», Днепр, Украина

Ключевые слова: горный массив, энергетически нарушенные зоны, декоративные джеспилиты, подземная разработка, безопасность работ.

DOI: 10.24000/0409-2961-2018-8-15-23

Введение

В настоящее время глубины разработки рудных месторождений достигли 1500 м, что привело к значительному ухудшению геодинамических условий добычи рудного сырья. Так, упругая потенциальная энергия Украинского кристаллического щита начала проявляться в виде не только шелушений и заколообразований, но и стрельаний, горных ударов и землетрясений различной амплитуды. В итоге — потеря горных выработок и запасов полезных ископаемых (ПИ), повреждение объектов, травмирование и гибель людей. Поэтому повышение безопасности разработки декоративных джеспилитов в энергетически нарушенных зонах (ЭНЗ) горных массивов на примере освоения запасов Криворожского железорудного бассейна (Кривбасс, Украина) — важная научная, практическая и социальная задача [1].

Авторами статьи проведены исследования в области разработки декоративных джеспилитов в ЭНЗ горных массивов на основе результатов анализа проявления энергии горного давления вокруг подземных выработок путем раскрытия физической сущности феномена зонального капсулирования. Изучены физические свойства горных пород и новые гипотезы о горном давлении с учетом оценки степени устойчивости обнажений, выявления закономерностей их деформирования

Приведены основные научные и практические результаты повышения безопасности разработки декоративных джеспилитов в энергетически нарушенных зонах горных массивов на примере освоения запасов Криворожского железорудного бассейна (Кривбасс, Украина). Дана оценка уровня техногенной нагрузки в бассейне, проанализированы последние аварии и научные разработки в области их предотвращения и устранения последствий. Систематизированы техногенные факторы и порядок их взаимного влияния на общее энергетическое состояние рудничных полей в бассейне. Выполнен анализ сопутствующих полезных ископаемых бассейна. Предложена технология добычи декоративных джеспилитов монолитными блоками, обоснованы ее параметры и порядок ведения горных работ, рассчитана экономическая эффективность, сделаны соответствующие выводы по внедрению данной технологии в производство.

и разрушения, увязки извлечения руд и пород во времени и пространстве, определения параметров конструктивных элементов систем разработки, способов крепления и соответствующих типов крепи. Приняты во внимание промышленные, лабораторные и теоретические исследования, проанализированы и обобщены результаты исследований по стандартным и разработанным методам [2].

Учет техногенных и прочих факторов

Разработкой технологий подземной добычи ПИ в напряженных породах активно занимались ученые из Российской Федерации, Украины, Республики Казахстан, Киргизской Республики, Германии, Австрии, Швейцарии, Франции, Англии, США, Канады, ЮАР и других стран с высоким уровнем развития горнодобывающих отраслей [3–12]. Исследователи оценивали изменения напряженности массива по степени влияния на параметры крепей выработок и систем разработки. Прикладной формат большинства научных трудов, основанных на принципе противодействия возрастающей энергии горного давления, предусматривал только минимизацию затрат на добычу. Такой подход сделал невозможным раскрытие физической сущности явления зональной дезинтеграции горных пород, которое проявляется вокруг всех без исключения подземных выработок, что несколько приостановило развитие фундаментальных теорий о горном давлении. Это стало значительной преградой на пути возникновения новых гипотез, создания теорий или методов, описывающих или

¹ Авторы выражают благодарность Василию Ивановичу Ляшенко за большой вклад в подготовку данной статьи.

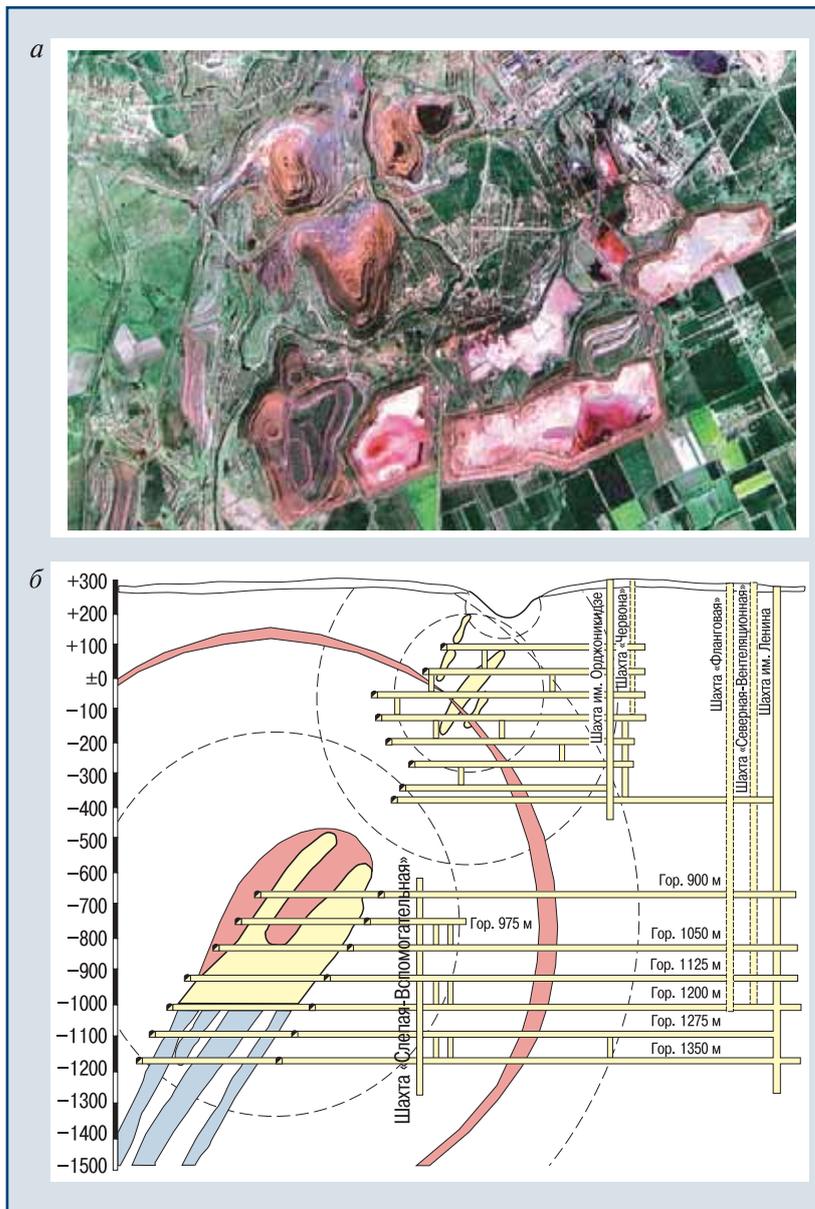
моделирующих зональное структурирование массива вокруг горных выработок [13–20].

Как правило, в структуру рудника входят несколько карьеров и шахт различной производственной мощности, отрабатывающих одно или несколько месторождений одновременно либо в разное время с помощью тех или иных систем разработки и на разных глубинах. Более чем 135-летний период освоения запасов Криворожского железорудного бассейна нарушил естественное состояние земной коры, что привело к образованию нескольких техногенных формаций. В первую очередь структурная сложность техногенеза Кривбасса связана с многостадийностью отработки месторождений (см. таблицу).

Уровень техногенной нагрузки в Кривбассе можно оценить по снимкам земной поверхности, сделанным из космоса (рис. 1, а). Отработка запасов бассейна подземным способом сопровождается образованием: выработок и выработанных пространств (ВП) шахт с различными формами проявления разрушений в виде мульд сдвижения; ВП, имеющих и не имеющих выхода на земную поверхность; капитальных, подготовительных и очистных горных выработок; отвалов пород бедных и окисленных руд, пустых пород и др. [1]. На рис. 1, б показан разрез по 80-й маркшейдерской оси шахтного поля шахты «Терновская» ПАО «Криворожский ЖРК» с указанием энергетических зон, формирующихся вокруг ВП шахт.

Последствия аварии, произошедшей на шахте им. Орджоникидзе ПАО «Центральный ГОК», доказывают необходимость учета техногенных факторов. Разработка запасов ПИ ведется в сложных техногенных условиях: ВП шахты имеет значительный объем, шахтное поле наработано старым карьером и подработано шахтой «Терновская» (см. рис. 1, б). Как результат, породы в горном отводе рудника находятся в сложном техногенно-энергетическом состоянии, а ВП шахты им. Орджоникидзе расположено по центру зоны дисбаланса упругой энергии, сформированной ВП шахты «Терновская». Свидетельством неуправляемого энергетического нарушения массива

Год начала освоения	Способ разработки	Глубина горных работ, м	Виды техногенных нарушений на поверхности и в недрах
1881	Открытый	80	Мелкие карьеры, отвалы пород
1884	Подземный	300	Выработанные пространства шахт, отвалы пород, горные выработки
1950	Открытый	350	Чаши карьеров, отвалы пород, хвостохранилища, отстойники
1958	Подземный	500–2000	Мульды сдвижения, отвалы пород, ВП шахт, горные выработки
1980	Комбинированный	100–500	Внутрикарьерные отвалы, наклонные стволы карьеров, междукарьерные тоннели



▲ Рис. 1. Вид из космоса промышленного района Кривбасса (а), разрез по 80-й маркшейдерской оси шахтного поля шахты «Терновская» ПАО «Криворожский ЖРК» с указанием энергетических зон, формирующихся вокруг ВП шахт (б)

▲ Fig. 1. View from space of the industrial area of Krivbas (a), section along the 80th mine surveyor axis of the slope mine of Ternovskaya mine of PAO «Krivorozhsky ZhRK» indicating the energy zones formed around the VP mines (b)

на шахте им. Орджоникидзе стало учащение случаев разрушения междукамерных целиков, самообрушения в очистные камеры пород висячего бока и массива потолочин с возникновением статических, динамических и воздушных ударов. Совокупность техногенных факторов стала причиной неконтролируемого самообрушения массива висячего бока от места ведения добычных работ до земной поверхности, сопровождаемого техногенным горным ударом и локальным землетрясением. Кроме значительных убытков от разрушения вентиляционного ствола, автомобильных дорог и стоянок, а также остановки шахты на 3 мес, катастрофа привела к человеческим жертвам [2].

Джеспилит и особенности его добычи в Кривбассе

Особенности разработки месторождений Кривбасса исследованы Б.М. Андреевым, в научных трудах которого дана классификация техногенных факторов и способов их учета [3]. Помимо этого выполнены исследования по учету влияния ВП шахт бассейна на технологические параметры камерных систем разработки при добыче руд из охранных целиков. Однако в настоящее время не предложено ни одного технического решения по снижению влияния основного техногенного фактора в Кривбассе — ВП шахт [4]. Отработка запасов руд по шахтам бассейна осуществляется преимущественно с помощью камерных систем разработки с отбойкой руды из подэтажных или этажных буровых выработок (70 % общего объема) и различными способами подэтажного обрушения руды и налегающих пород (остальные 30 %). В свою очередь, с помощью камерных систем проводят отработку на высоту этажа (45 %) и подэтажа (25 %). Отработка рудных залежей системами без поддержания налегающих пород приводит к образованию ВП, в зоны влияния которых попадают запасы разнообразного минерального сырья. Это богатые, бедные и окисленные руды, сопутствующие ПИ, строительные материалы и др. (рис. 2) [5].

Сопутствующие ПИ Криворожского бассейна можно разделить на рудные (кварциты, джеспилиты, роговики), нерудные (амфиболиты, граниты, мраморы, лабрадориты) и камнесамоцветное сырье (тигровый и соколиный глаз, яшма, кварц и др). К наиболее ценным из них относят джеспилит: железистый кварцит полосчатой структуры, образовавшийся в результате метаморфизации железисто-кремнистых химических осадков древних морей. Отношение отпускных цен 1 т товарной руды и 1 т крупноблочного джеспилита составляет 1:6. Краснополосчатые, бурополосчатые, серополосчатые и брекчиевидные джеспилиты обладают высокими художественно-декоративными свойствами, что позволяет использовать их в качестве облицовочного, поделочного материала для изготовления ювелирных изделий. В настоящее время вскрытые,



▲ Рис. 2. Систематизация техногенных факторов и порядок их взаимного влияния на общее энергетическое состояние рудничных полей на примере Криворожского бассейна

▲ Fig. 2. Systematization of technogenic factors and the procedure of their mutual influence on general energy state of the mine fields on the example of Krivoy Rog basin

подготовленные и частично нарезанные запасы железистых кварцитов в несколько раз превышают запасы вскрытых богатых руд Кривбасса. Это вызвано тем, что до 70 % железных руд в бассейне добывают при помощи камерных систем разработки с обрушением руды из буровых штреков, пройденных, как правило, по кварцитам. Ресурсосбережение при добыче джеспилита обеспечивают за счет использования уже имеющихся на шахте выработок, оборудования, задействованного персонала [6].

На Украине джеспилит в виде строительного материала только начинает добываться. Это перспективное сырье для камнеобрабатывающей промышленности наряду с такими материалами, как гранит, мрамор, лабрадорит и др. Будучи кварцитами, джеспилиты, как и мелкозернистые граниты, могут быть отнесены к классу долговечных структурно-облицовочных материалов. Высокая блочность структуры в сочетании с декоративностью открывает широкие возможности изготовления качественных облицовочных плит для оформления интерьеров и экстерьеров зданий. Большинство джеспилитов — хорошее сырье для ювелирной промышленности, используемое в качестве вставок в кулоны, кольца, браслеты, серьги, бусы, броши и т.д. Этот материал широко применяют при изготовлении художественно-декоративных изделий (шары,

вазы, письменные наборы, подсвечники, часы, шка- тулки, пепельницы, гравюры и др.), цены на кото- рые колеблются от 5 до 300 долл. США, что говорит о высокой рентабельности подобной продукции [7].

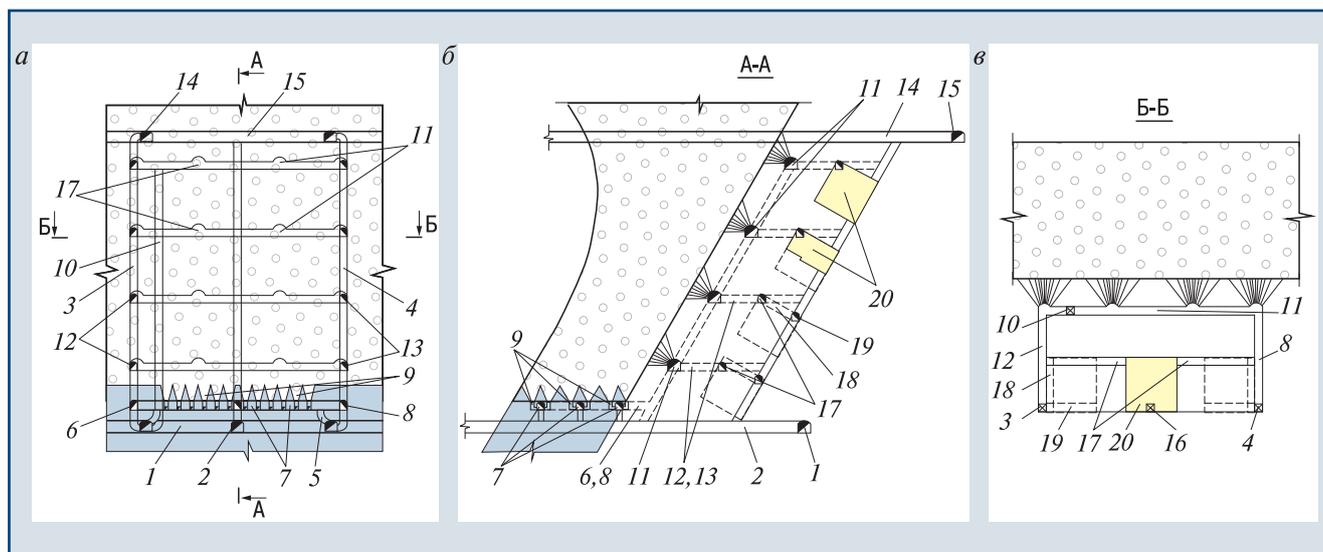
Предлагаемая технология

В основу технологического решения по добыче джеспилитов положена задача усовершенствования известного способа, в рамках которого путем введе- ния новых технологических операций и параметров обеспечиваются непрерывная и одновременная до- бычка сопутствующих (рудных, нерудных) ПИ, воз- можность получения ПИ монолитными блоками заданного формата независимо от содержания же- леза и кварца, уровня крепости и плотности, спе- цифики разрушения, при условии незначительных затрат и без применения специального оборудова- ния. В итоге решаются задачи ресурсосбережения во время добычи, рационального использования недр, получения долговечных строительно-облицо- вочных материалов и малых строительных форм для декоративной отделки различных по назначению помещений, зданий и сооружений.

На рис. 3 показана подэтажно-камерная система разработки по добыче ПИ в породах лежащего бока ВП шахты. Подготовительные выработки включают [8]: 1 — откаточный штрек; 2 — откаточный орт; 3 — вентиляционно-ходовой восстающий; 4 — венти- ляционный восстающий. Нарезные выработки [8]: 5 — рудоспуск; 6 — вентиляционно-ходовой орт го- ризонта скреперования; 7 — штрек скреперования; 8 — вентиляционный орт горизонта скреперования; 9 — дучка; 10 — этажный рудоспуск; 11 — буровой подэтажный штрек; 12 — вентиляционно-ходовой орт бурового горизонта; 13 — вентиляционный орт бурового горизонта; 14 — вентиляционный орт; 15 — вентиляционный штрек; 16 — хозяйствен- ный восстающий; 17 — сборный вентиляционный

подэтажный штрек. Очистные выработки [8]: 18 — отрезной подэтажный орт; 19 — отрезной подэтаж- ный штрек; 20 — очистная камера. Позиции 1–15 (см. рис. 3) относятся к разработкам основного ПИ, 16–20 — сопутствующего.

Известный способ добычи рудных ПИ включает вскрытие с помощью вертикальных стволов и этаж- ных квершлагов, этажную подготовку с использо- ванием полевых штреков и этажных восстающих, подэтажную нарезку за счет полевых выработок и очистную отработку на базе камерных систем разра- ботки. После отработки запасов рудного ПИ в пре- делах этажа в направлении залежей сопутствующих ПИ проводят дополнительные нарезные и очистные выработки, с которых затем формируют соответ- ствующие очистные камеры по кубической форме, и в каждой из них почвоуступным забоем выкальва- ют монолитные блоки джеспилита. Ведение горных работ при добыче железных руд в пределах добыч- ных блоков начинают с подготовительных опера- ций, куда входят бурение в породах лежащего бока залежей откаточных штреков 1 и ортов 2, наклон- ных вентиляционно-ходовых 3 и вентиляционных восстающих 4 (см. рис. 3). Нарезные работы вклю- чают проведение выработок на подэтажах откатки 5, доставки 6–10, подсечки (не показана), бурения подэтажного штрека 11, вентиляционно-ходового орта 12, вентиляционных ортов 13, 14, вентиляци- онного штрека 15 (см. рис. 3). В очистную выемку входят подсечка и отработка запасов очистных камер, междукамерных и междуэтажных целиков. Транспортирование руды в пределах соответ- ствующих откаточных горизонтов осуществляется стандартным рельсовым транспортом с помощью контактных электровозов. Затем руда поступает на земную поверхность по вертикальным рудоподъ- емным стволам с помощью канатного подъема [8].



▲ Рис. 3. Подэтажно-камерная система разработки по добыче сопутствующих ПИ в породах лежащего бока ВП шахты

▲ Fig. 3. Sub-chamber system for the development of the associated PI in the rocks of the lying side of VP mine

После каждого цикла отработки запасов руды в этаже в направлении залежей сопутствующих джеспилитов проводят дополнительные нарезные выработки 16–18 и очистные выработки 18–19, с которых далее формируют соответствующие очистные камеры 20 (см. рис. 3). Очистные выработки проводят во взаимно перпендикулярных направлениях в целях формирования очистных камер по кубической форме. Наклонную или вертикальную хозяйственную выработку 16 проводят в границах каждого добычного блока для обеспечения канатной доставки монолитных блоков ПИ на откаточный горизонт. В каждой очистной камере выкалывают монолиты сопутствующего джеспилита почвоуступным забоем, используя стандартное оборудование для буровзрывных работ [9].

Технология добычи богатых железных руд с помощью камерных систем разработки без поддержания ВП влияет на залежи всех сопутствующих ПИ возрастом горного давления в массиве пород, которые находятся ниже фронта очистных работ, а в пространстве выше него — обрушением пород висячем боку залежей и изменяющейся во времени разгрузкой от горного давления пород лежащего бока. Невыполнение условия параллельной отработки сопутствующих джеспилитов ведет к потере возможности получения крупноблочного материала из-за перехода ресурсосберегающего процесса разгрузки от горного давления массива лежащего бока на 1–2 этажа в процессе его упругого деформирования. Ресурсосбережение при добыче сопутствующих джеспилитов дополнительно обеспечивается за счет использования существующих выработок на шахтах, стандартного оборудования и обученного персонала. Минимизация затрат на организацию работ по получению блоков ископаемого прямоугольной формы достигается за счет трех взаимно перпендикулярных направлений расположения трещин в массиве пород [10].

Параметры технологии ведения горных работ

Исходя из горнотехнических условий разработки опережающей залежи богатых железных руд, ВП которой оказывает активное влияние на запасы джеспилитов, определяют устойчивые рудные и породные обнажения в камере по официально действующей в Криворожском бассейне инструкции [11]. Сначала находят критерии устойчивости горизонтального, вертикального и наклонного рудных обнажений в камере, затем — фактические и предельные значения эквивалентных пролетов горизонтального, вертикального и наклонного рудных обнажений в очистной камере. После этого рассчитывают численные значения предельных функциональных характеристик по соответствующим номограммам, приведенным в [11]. Далее официально действующая методика дополняется расчетами авторов статьи [12].

Коэффициенты запаса прочности наклонного, вертикального и горизонтального рудных обнажений в камере на двух уровнях очистных работ (соответственно $n_{1н}$, $n_{1в}$, $n_{1г}$ и $n_{2н}$, $n_{2в}$, $n_{2г}$) для конструктивных элементов $x_{1н}$, $x_{1в}$, $x_{1г}$ и $x_{2н}$, $x_{2в}$, $x_{2г}$, которые учитывают изменения энергетического состояния массива, вычисляем по общей формуле

$$n_n = 430\sigma_{сж}/(H + H_{ВП} - 2l_n - 270), \quad (1)$$

где H — глубина расположения центра элемента блока, м; $H_{ВП}$ — глубина распространения ВП шахты, м; l_n — расстояние от оси ВП до центра элемента блока, м.

Разность между коэффициентами запаса прочности на двух уровнях очистных работ для центра обнажения пород висячего бока, горизонтального и вертикального рудных обнажений составляет:

$$\begin{aligned} n_{н.ВП} &= n_{2н} - n_{1н}; \\ n_{г.ВП} &= n_{2г} - n_{1г}; \\ n_{в.ВП} &= n_{2в} - n_{1в}. \end{aligned} \quad (2)$$

Затем определяем заданный инструкциями коэффициент запаса прочности в эквивалентных пролетах для пород висячего бока, вертикального и горизонтального рудных обнажений в камере. Далее вычисляем размеры эквивалентных обнажений выше глубины распространения ВП шахты для обнажения камерой пород висячего бока, вертикального и горизонтального рудных обнажений. После этого рассчитываем фактические размеры эквивалентных пролетов обнажения для очистных работ по джеспилитам при заданном запасе прочности пн, пв и пг для пород висячего бока, вертикального и горизонтального рудных обнажений камерой. Технологические параметры поэтажно-камерной системы разработки для добычи декоративных джеспилитов крупными блоками приведены ниже.

Размер камеры по простиранию пород, м	12
Размер камеры по падению пород, м	12
Ширина междукammerного целика, м	8
Толщина наклонной потолочины, м	8
Толщина промежуточной толщи, м	20
Число очистных камер по падению пород	4
Число очистных камер по простиранию пород	3
Размеры конструктивных элементов предлагаемой системы добычи ПИ при отработке областей массива, разгруженных ВП шахты, соответствуют требованию о повышенном запасе прочности, который составит 15. Это дает возможность ведения очистных работ по выкалыванию монолитов почвоуступным забоем с присутствием людей в очистных камерах. Ведение очистных работ по областям ПИ, не разгруженных ВП, обусловлено применением комбинированного крепления обнажения потолочин и висячего бока с помощью анкеров и сетки [13].	

Порядок ведения горных работ

Существуют различные способы отделения монолитных блоков из массива. В условиях Криворожского бассейна рационален буровзрывной способ посредством отрезных оконтуривающих скважин с взрыванием колонковых зарядов. При этом в плоскости расположения скважин образуется трещина. Процесс трещинообразования при контурном взрывании характеризуется пониженной энергоемкостью и гладкостенностью обнажений. Отделенный таким способом блок джеспилита имеет заданные размеры и форму. Высокая прочность этого материала как строительного камня исключает использование режущих инструментов при отделении, а его свойство раскалываться делает целесообразным применение буроклиновых работ в больших масштабах. Подэтажно-камерная система разработки со сплошным извлечением, при которой запас очистной камеры разделяют на уступы, характеризуется развитием фронта работ в глубину и образованием на каждом из уступов рабочих площадок. По периметру подошвы площадки формируют наклонные врубы, позволяющие увеличить число плоскостей обнажения [14].

Принцип, используемый при отделении блоков, можно назвать принципом направленного разрушения, характеризующимся заданным направлением разрушения массива пород по контуру намеченного монолита с сохранением прочности и декоративных свойств материала внутри этого контура. Для хрупких материалов, к которым относится природный камень, подобного эффекта можно достичь путем ввода паст или взрывчатых веществ в среду расширительных клиньев, отделяющих объем монолита от породы. Разрыв проходит в плоскости намеченного раскола по заранее ослабленным направлениям, образуемым с помощью бурения ряда сближенных скважин или шпуров. Наивысшего результата при раскалывании можно достичь путем резкого повышения уплотнения среды, где происходит взрыв, за счет заливки шпуров водой [15].

Доставка выколотых блоков в пределах очистных камер осуществляется с помощью скреперных установок с использованием специальных захватов и салазков. Транспортирование по горизонтальным откаточным выработкам выполняется рельсовым транспортом с приспособленными платформами. Перемещение за пределами очистных камер происходит непрерывно благодаря использованию направления, противоположного транспортированию основного ПИ, т.е. по вентиляционным штрекам, квершлагам и стволам. Блоки поднимают на поверхность Земли в клетях вместе с платформами и разгружают там с помощью тельферов или автокранов. Благодаря такому подходу на шахтах цепочки транспортирования рудного ПИ не перегружаются. Попутная добыча джеспилитов и железистых кварцитов на действующих и отработанных горизонтах

криворожских и других рудников как строительно-облицовочного и художественно-декоративного материала в ближайшее время должна занять достойное место в экономике Украины [16].

Экономическая эффективность технологий

На сегодня вскрытые, подготовленные и частично нарезанные запасы джеспилитов в несколько раз превышают запасы вскрытых богатых руд Кривбасса. Это обусловлено тем, что более 70 % железных руд бассейна добывается с помощью камерных систем разработки с обрушением руды из выработок, проводимых по джеспилитам лежачего бока залежей. Ресурсосбережение при добыче джеспилитов достигается за счет использования уже существующих выработок, необходимого оборудования и персонала на действующих шахтах бассейна. Для выполнения добычных работ на каждый очистной блок необходимо проведение всего двух нарезных выработок.

Как показал анализ производственной ситуации по развитию горных работ на шахтах Кривбасса, существует резерв оборудования и штата рабочих, что позволит вести добычу крупноблочного джеспилита, разработка которого эффективна на низкоэнергетических участках массива шахтного поля, т.е. в лежачем боку ВП шахт. Максимального экономического эффекта можно достичь за счет отставания очистных работ по джеспилитам от добычи железной руды более чем на один отработываемый этаж. Затраты на подготовку добычных блоков к эксплуатации связаны с технологией проведения горных работ.

Участковая себестоимость отделенного буровзрывным способом монолитного блока размером 1,5×1 м составляет порядка 81,25 долл. США, а общешахтная себестоимость блока джеспилита — 121,25 долл. США. Однако следует отметить, что применение бризантных взрывчатых веществ создает дополнительную трещиноватость в массиве. При этом способе снижается качество и число отделенных блоков. Возможно использование и других технологий отделения блоков от массива, но они требуют проведения соответствующих исследований и проверки результатов в производственных условиях. Особенности участков месторождений, определяющие их ценность с точки зрения организации работ, — наличие плоскостей наименьшего сопротивления раскалыванию и закономерное расположение трещин, что облегчает извлечение монолитных блоков. На шахтах Кривбасса такие плоскости расположены в трех взаимно перпендикулярных направлениях, что значительно облегчает получение монолитных блоков прямоугольной формы.

Экономическая эффективность безотходной обработки декоративного материала базируется на эффективном управлении технологической и при-

родной трещиноватостью. Технологическая трещиноватость появляется при добыче монолитных блоков. Управление природной трещиноватостью связано с оценкой блочности структуры, нарушением массива и дальнейшим прогнозированием распространения слоев внутри монолита в целях эффективного проектирования художественно-декоративных свойств изделий, которые планируется получить. Без учета данных факторов потеря материала достигнет 40 %: треснувшие плиты, полученные из монолита, будут реализованы за полцены. Избежав этого, можно получить прибыль до 625 долл. США с одного блока, что в объемах работы одной шахты даст до 8 тыс. долл. США в год.

Выводы

1. Обоснованы параметры конструктивных элементов принятой системы разработки: размеры камер по простиранию и падению пород, ширина межкамерного целика, толщина наклонной потолчины и промежуточной толщи, число очистных камер по падению и простиранию пород, соответствующих 15-кратному запасу прочности.

2. Выполнена экономическая оценка предложенной технологии на основе отставания очистных работ по джеспилитам от горных работ по железным рудам, что позволяет получить прибыль по шахте в объеме 8,6 млн долл. США в год.

3. Оценено соответствие разновидностей джеспилитов видам декоративных материалов согласно атласу самоцветов Приднепровского региона для выбора необходимых параметров обработки: геометрические размеры плит, методы и скорости резания камня, величина осевого усилия на инструмент и его типы, способы полирования поверхностей и др.

Список литературы

1. Хоменко О.Е. Геоэнергетика подземной разработки рудных месторождений. — Днепропетровск: ДВНЗ НГУ, 2016. — 242 с.
2. Method of simulating rock mass stability in laboratory conditions using equivalent materials/ М. Stupnik, V. Kalinichenko, S. Pysmennyi et al.// Mining of Mineral Deposits. — 2016. — Vol. 10. — Iss. 3. — P. 46–51.
3. Андреев Б.М. Наукове обґрунтування технології і параметрів вибухової відбійки при підземному добуванні руд в умовах техногенезу надр: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. — Кривий Ріг: КТУ, 2006. — 36 с.
4. Пути снижения техногенной нагрузки на горнодобывающие регионы Украины/ О.Е. Хоменко, М.Н. Кононенко, И.Г. Миронова, К.О. Юрченко// Збірник наукових праць НГУ. — 2017. — № 51. — С. 77–83.
5. Stupnik N., Kalinichenko V., Pismennyi S. Pillars sizing at magnetite quartzites room-work// Mining of Mineral Deposits. — 2013. — P. 11–15.
6. Netecha M.V., Shevchenko S.V., Strilets O.P. Jaspilites and other gemstones of post-jaspilite genesis: mining, treatment, and enhancement// Naukovyi visnyk Natsionalnoho hirnychoho universytetu. — 2017. — № 2. — P. 28–33.

7. Закономерности наращивания и развития минерально-сырьевой базы камнесамоцветного сырья Украины/ О.А. Проскуряков, П.Н. Баранов, С.В. Шевченко, О.П. Матюшкина// Коштовне та декоративне каміння. — 2013. — № 3. — С. 25–29.

8. Пат. 91709 Україна. Спосіб видобування корисних копалин/ О.Є. Хоменко, М.В. Нетеча; заявл. 11.02.2008; опубл. 25.08.2010, Бюл. № 16.

9. Колоколов О.В., Хоменко О.Є., Нетеча М.В. Технологія видобування джеспіліту на шахтах Криворізького залізорудного басейну// Науковий вісник НГУ. — 2006. — № 7. — С. 3–7.

10. Самоцветы Украины. Джеспилиты/ под ред. П.Н. Баранова. В 4 т. Т. 2. — Киев: Ювелирпресс, 2006. — 100 с.

11. Визначення та контроль допустимих розмірів конструктивних елементів систем розробки залізних руд: інструкція по застосуванню/ Є. Бабець, В. Сакович, В. Сиротюк и др. — Київ: ДП НДГРІ, 2010. — 122 с.

12. Хоменко О.Е., Кононенко М.Н. Самоцветы Украины: месторождения, технологии и себестоимость добычи// Геомеханічні аспекти та екологічні наслідки відпрацювання рудних покладів: наук.-техн. зб. — Кривий Ріг: ДВНЗ КНУ, 2012. — С. 107–110.

13. Хоменко О.Е., Кононенко М.Н. Технологии добычи камнесамоцветного сырья в условиях энергетического нарушения недр// Физико-технические проблемы горного производства. — 2017. — № 19. — С. 103–112.

14. Лавриненко В.Ф. Преобразование энергии и формирование полей напряжений в массиве вокруг выработки// Известия высших учебных заведений. Горный журнал. — 1986. — № 4. — С. 5–11.

15. Нетеча М., Шевченко С., Баранов П. Геммологическая характеристика декоративных джеспилитов Украинского щита// Науковий вісник НГУ. — 2006. — № 1. — С. 40–42.

16. Хоменко О.Є. Система ресурсозберігаючих технологій видобування, обробки та використання у будівництві нових декоративних матеріалів// Школа підземної розробки: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. — Ялта: Арт-Пресс, 2007. — С. 263–268.

17. Ляшенко В.И., Дядечкин Н.И. Определение параметров технологии подземной разработки урановых месторождений// Горный журнал. — 2009. — № 10. — С. 55–58.

18. Ляшенко В.И. Повышение безопасности при подземной разработке сложноструктурных месторождений// Безопасность труда в промышленности. — 2014. — № 9. — С. 54–59.

19. Хоменко О.Е., Ляшенко В.И. Повышение безопасности добычи руд на основе использования геоэнергии// Безопасность труда в промышленности. — 2017. — № 7. — С. 18–24.

20. Хоменко О.Е., Кононенко М.Н., Ляшенко В.И. Повышение безопасности горно-подготовительных работ на рудных шахтах// Безопасность труда в промышленности. — 2018. — № 5. — С. 53–59.

vilyashenko2017@gmail.com

Матеріал поступил в редакцию
9 июля 2018 г.

«Bezopasnost Truda v Promyshlennosti»/ «Occupational Safety in Industry», 2018, № 8, pp. 15–23.
DOI: 10.24000/0409-2961-2018-8-15-23

Safe Development of the Decorative Jaspilites in the Energetically Disturbed Massifs

O.E. Khomenko, Dr. Sci. (Eng.), Prof.

M.N. Kononenko, Cand. Sci. (Eng.), Assoc. Prof.

National Technical University «Dneprovskaya Politekhnik»,
Dnepr, Ukraine

Abstract

Investigations were conducted in the field of the development of the decorative jaspilites in the energetically disturbed zones of massifs based on the results of the analysis of the rock pressure energy manifestation around the underground workings. Physical essence of the phenomenon of zonal capsulation of the underground workings is revealed. Physical properties of the rocks and the new hypotheses about the rock pressure were analyzed considering the assessment of the degree of stability of the outcrops, detection of the regularities of their deformation and destruction, linking the ores and rocks extraction in time and space, identification of the structural elements parameters of the development systems, fixing methods and the corresponding types of the supports. The results of industrial, laboratory and theoretical researches on standard and developed methods were studied. The parameters of the structural elements of the adopted field development system are justified: the dimensions of the room fender chambers along the strike and fall of the rocks, the width of the room fender, the thickness of the inclined ceiling and intermediate mass, the number of the shrink stoping along the fall of ground and the strike of the rocks considering 15-fold safety factor. The economic estimation is given related to the proposed technology based on the lag of the second working on jaspilites from mining works on iron ore: the estimated profit for the mine is 8.6 million dollars per year. Additions were made to the current manuals. Stable parameters are recommended concerning the extraction blocks of the sub-chamber development system, with which the monoliths are extracted for the stone working industry in Ukraine, while the ratio of the prices of merchantable ore and large-block jaspilite is 1: 6.

Key words: massif, energetically disturbed zones, decorative jaspilites, underground mining, work safety.

References

1. Khomenko O.E. Geoenergetics of the ore deposits underground mining. Dnepropetrovsk: DVNZ NGU, 2016. 242 p. (In Russ.).
2. Stupnik M., Kalinichenko V., Pysmennyi S., Kalinichenko O., Fedko M. Method of simulating rock mass stability in laboratory conditions using equivalent materials. Mining of Mineral Deposits. 2016. Vol. 10. Iss. 3. pp. 46–51.
3. Andreev B.M. Scientific substantiation of the technology and the parameters of blasting at underground mining of ores in the conditions of technogenesis of the subsurface resources: Author abstract... Doctor of Technical Science. Krivoy Rog: KTU, 2006. 36 p. (In Ukr.).

4. Khomenko O.E., Kononenko M.N., Mironova I.G., Yurchenko K.O. Ways of the technogenic burden reduction on the mining regions of Ukraine. *Zbirnik naukovikh prats NGU = Collection of NGU Scientific Works*. 2017. № 51. pp. 77–83. (In Russ.).
5. Stupnik N., Kalinichenko V., Pismennyi S. Pillars sizing at magnetite quartzites room-work. Mining of Mineral Deposits. 2013. pp. 11–15.
6. Netecha M.V., Shevchenko S.V., Strilets O.P. Jaspilites and other gemstones of post-jaspilite genesis: mining, treatment, and enhancement. *Naukovyi visnyk Natsionalnoho hirnychoho universytetu*. 2017. № 2. pp. 28–33.
7. Proskuryakov O.A., Baranov P.N., Shevchenko S.V., Matyushkina O.P. Regularities in growth and development of the mineral and raw materials base of the raw gemstones of Ukraine. *Koshtovne ta dekorativne kaminnya = Precious and Decorative Stones*. 2013. № 3. pp. 25–29. (In Russ.).
8. Khomenko O.E., Netecha M.V. Patent № 91709 Ukraïna. Method of mineral resources extraction. Applied: February 11, 2008. Published: August 25, 2010. Bulletin № 16. (In Ukr.).
9. Kolokolov O.V., Khomenko O.E., Netecha M.V. Technology of jaspilite mining at the mines of Krivoy Rog iron ore basin. *Naukoviy visnyk NGU = NGU Scientific Herald*. 2006. № 7. pp. 3–7. (In Ukr.).
10. Baranov P.N. Samocvety Ukrainy. Dzhespilyty. In 4 books. Book 2. Kiev: Yuvelirpress, 2006. 100 p. (In Russ.).
11. Babec E., Sakovich V., Sirotuk S., Carikovskiy V., Carikovskiy V., Yacenko E. Determination and control of the permissible sizes of structural elements of iron ore development systems: instructions for use. Kiiïv: DP NDGRI, 2010. 122 p. (In Ukr.).
12. Khomenko O.E., Kononenko M.N. Semi-precious stones of Ukraine: deposits, technologies and production costs. *Geomekhanichni aspekti ta ekologichni naslidki vidpratsyuvannya rudnikh pokladiv: nauk.-tekhn. zb.* (Geomechanical Aspects and Ecological Consequences of Ore Deposits Mining: Scientific and Technical Collection). Krivoy Rog: DVNZ KNU, 2012. pp. 107–110. (In Russ.).
13. Khomenko O.E., Kononenko M.N. Technologies for extraction of raw gemstones in the conditions of mineral resources energy disturbance. *Fiziko-tekhnichekie problemy gornogo proizvodstva = Physical and Technical Problems of Mining*. 2017. № 19. pp. 103–112. (In Russ.).
14. Lavrinenko V.F. Transformation of energy and formation of stress fields in the massif around the working. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Gornyy zhurnal = News of Higher Educational Institutions. Mining Journal*. 1986. № 4. pp. 5–11. (In Russ.).
15. Netecha M., Shevchenko S., Baranov P. Gemmological characteristics of decorative jaspilites of the Ukrainian shelf. *Naukoviy visnyk NGU = NGU Scientific Herald*. 2006. № 1. pp. 40–42. (In Russ.).
16. Khomenko O.E. The system of resource-saving technologies for extraction, processing and use of new decorative materials in construction. *Shkola pidzemnoi rozrobki: materialy Mizhnar. nauk.-prakt. konf* (School of the underground mining: Materials of the International Scientific and Practical Conference). Yalta: Art-Press, 2007. pp. 263–268. (In Ukr.).

17. Lyashenko V.I., Dyadechkin N.I. Determination of the parameters of the technology of uranium deposits underground mining. *Gornyy zhurnal = Mining Journal*. 2009. № 10. pp. 55–58. (In Russ.).

18. Lyashenko V.I. Safety improvement at the underground mining of complex-structural deposits. *Bezopasnost truda v promyshlennosti = Occupational Safety in Industry*. 2014. № 9. pp. 54–59. (In Russ.).

19. Khomenko O.E., Lyashenko V.I. Safety improvement of ore mining based on the geo-energy use. *Bezopasnost truda v promyshlennosti = Occupational Safety in Industry*. 2017. № 7. pp. 18–24. (In Russ.).

20. Khomenko O.E., Kononenko M.N., Lyashenko V.I. Safety improvement of mining-preparatory works at the ore mines. *Bezopasnost truda v promyshlennosti = Occupational Safety in Industry*. 2018. № 5. pp. 53–59. (In Russ.).

Received July 9, 2018

По страницам научно-технических журналов

июль 2018 г.

Пожарная безопасность (научно-технический журнал)

Недрышкин О.В., Гравит М.В. Программные комплексы моделирования опасных факторов пожара. — 2018. — № 2. — С. 38–41.

Проведен сравнительный анализ температурных параметров пожара при натурном испытании в атриуме и моделировании пожара в программе Fire Dynamic Simulation (FDS). При анализе полученных данных зафиксированы отклонения по контрольным точкам, в которых разность достигала 15 °С. Дано описание программного обеспечения, применяемого для расчета опасных факторов пожара. Показано, что некоторые современные программные комплексы являются графическими интерфейсами, повышающими эффективность использования FDS. На основании проведенного анализа предложено более детально рассмотреть применимость математического моделирования опасных факторов пожара на разных объектах в зависимости от класса функциональной пожарной опасности, возможность законодательно ограничить использование результатов расчета пожарного риска в части обоснования отступлений от нормативных требований, если результаты сопоставления экспериментальных и расчетных данных по распространению опасных факторов пожара будут неудовлетворительными в разрезе рассматриваемого класса функциональной пожарной опасности объекта.

Анализ пожароопасных ситуаций в резервуарах для хранения светлых нефтепродуктов/ С.А. Шевцов, Я.Н. Гунько, А.С. Хижниченко, И.А. Быков. — 2018. — № 2. — С. 31–37.

Рассматривается актуальная проблема возникновения взрывопожароопасных ситуаций на предприятиях хранения и переработки жидких углеводородов, связанных с воспламенением взрывоопасных концентраций паровоздушной смеси, которые образуются при осуществлении сливноналивных операций в резервуарах с нефтепродуктами. Приведены примеры пожаров, которые возникли из-за нарушения правил безопасности при опорожнении топливозаправщика на автозаправочной станции и откачке нефтепродукта из

резервуара на нефтебазе. Показано, что существующие практические подходы к анализу пожарной опасности хранения нефтепродуктов в резервуарах могут быть дополнены рассмотрением пожароопасных ситуаций, возникающих при перекачке жидких углеводородов. Проведен анализ пожарной опасности резервуара типа РВС, эксплуатируемого в составе действующей нефтебазы. В качестве событий, инициирующих пожароопасную ситуацию, рассмотрены: разгерметизация резервуара с различным диаметром истечения нефтепродукта и его полное разрушение; внешнее воздействие очага пожара на резервуар с нефтепродуктом; вероятность образования паровоздушных взрывоопасных концентраций вблизи и внутри резервуара при осуществлении сливноналивных операций. Построено дерево событий и приведено описание всех возможных сценариев возникновения и развития пожароопасных ситуаций. Сделан вывод, что при расчете пожарных рисков целесообразно учитывать сценарии, связанные с возможным воспламенением паровоздушной смеси, имеющей взрывоопасную концентрацию, при проведении сливноналивных операций.

Программное обеспечение в области пожарной безопасности: методы его классификации и оценивания на основе вербального описания/ К.В. Домрачев, П.В. Клочков, В.И. Искапин и др. — 2018. — № 2. — С. 145–150.

Акцентируется внимание на таких особенностях свойств программного обеспечения в области пожарной безопасности, как объективная и субъективная нечеткость, которые проявляются при решении задач классификации программ и оценивания их востребованности пользователями. Отражены результаты применения методов нечеткого моделирования для структуризации описания предметной области «Программное обеспечение в области пожарной безопасности», классов этой предметной области и описаний самих программ. Предложены показатели: степень принадлежности программ предметной области «Программное обеспечение в области пожарной безопасности», степень принадлежности программ заранее заданным классам этой области, степень удовлетворенности пользователя заданным программным обеспечением.