

средств в региональном бюджете. Кроме того, следует не допускать фактов, чтобы лицензии по освоению недр стали предметом для перепродажи и спекулятивных сделок.

Существующий уровень урбанизации Московского региона указывает на необходимость более активной разработки месторождений песков для их использования в строительстве. При этом в случае необходимости рекомендуется вовлекать в производство строительных материалов некондиционные мелкозернистые пески. Самостоятельное регулирование добычи песков органом исполнительной власти по вопросам недропользования Московской области упряднит излишнюю нагрузку на федеральный орган исполнительной власти по недропользованию. Созданный прецедент позволит и иным субъектам РФ скорректировать перечень полезных ископаемых, относимых к ОПИ в соответствии с программами социально-экономического развития своих территорий.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Временные методические рекомендации по подготовке и рассмотрению материалов, связанных с формированием, согласованием и утверждением региональных перечней общераспространенных полезных ископаемых, относимых к общераспространенным.* Распоряжение государственной геологической службы МПР России от 07.02.2003 г. №47-р.
2. *Гайнутдинов, Н.К.* Технология обогащения труднообогатимого кварцевого сырья // Матер. междунар. совещания «Новые технологии обогащения и комплексной переработки природного и техногенного минерального сырья (Плаксинские чтения 2011)» / Н.К. Гайнутдинов, Р.А. Хасанов. — 2011. — С. 457–461.
3. *Закон Российской Федерации от 21.02.1992 г. №2395-1 «О недрах», в редакции от 23.07.2019.*

4. *Лузин, В.П.* Применение вскрышных пород и отходов обогащения рудных песков для получения керамических изделий // Вестник Казанского технологического университета / В.П. Лузин, А.В. Корнилов, В.П. Сютин, В.В. Морозов, Л.П. Лузина, Р.Р. Самигуллин. — 2017. — Т. 20. — № 10. — С. 34–37.
5. *Лузин, В.П.* Применение некондиционных мелкозернистых кварцевых песков в производстве стеновых строительных материалов // Научные основы и практика переработки руд и техногенного сырья. Матер. XXIII междунар. научно-технической конф. / В.П. Лузин, А.В. Корнилов, А.С. Чекмарев. — Екатеринбург: Изд-во «Форт Диалог-Исеть», 2018. — С. 317–320.
6. *Мордюшенко, О.* Ничто не предвещало руды / О. Мордюшенко, Е. Зайнуллин // «Коммерсант» 16.09.2020. — № 168. — С. 68–89.
7. *Полеховский, Ю.С.* Общераспространенные твердые полезные ископаемые: уч. пособие / Ю.С. Полеховский, С.В. Петров. — СПб.: Изд-во С.-Петербург. ун-та, 2018. — 222 с.
8. *Постановление* Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации №1-П и Правительства Московской области №127/7 от 24 марта 2020 года «Об утверждении перечня общераспространенных полезных ископаемых по Московской области».
9. *Проект* Федерального закона № 947436-7 «Внесение изменений в Федеральный закон «О недрах» в части отнесения полезных ископаемых к общераспространенным полезным ископаемым (далее — законопроект) // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. — 2020. — № 3. — С. 71–72.
10. *Распоряжение* Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации №39-р и губернатора Московской области №392-РГ от 25 октября 2010 года. Об утверждении перечня общераспространенных полезных ископаемых по Московской области.
11. *Садыков, Р.К.* О необходимости внесения изменений в Закон Российской Федерации «О недрах» в части общераспространенных полезных ископаемых / Р.К. Садыков // Разведка и охрана недр. — 2020. — № 6. — С. 57–64.

© Коллектив авторов, 2021

Корнилов Анатолий Васильевич // anwakor55@mail.ru

Садыков Равиль Касимович // tfirt@inbox.ru

Семенов Федор Владимирович // semenovfeodor@yandex.ru

Хасанов Равиль Абдрахманович // ravil.khasanov.40@mail.ru

ОХРАНА НЕДР И ЭКОЛОГИЯ

УДК 622.831.24

Хоменко О.Е.¹, Кононенко М.Н.¹, Ляшенко В.И.² (1 — Национальный технический университет «Днепровская политехника» Министерства образования и науки Украины, г. Днепр, Украина, 2 — ГП «УкрНИПИПромтехнологии», г. Желтые Воды, Украина)

ОХРАНА НЕДР ПРИ РАЗРАБОТКЕ СОПУТСТВУЮЩИХ ИСКОПАЕМЫХ В ЭНЕРГОНАРУШЕННЫХ МАССИВАХ ПОРОД

Приведены основные научные и практические результаты подземной разработки сопутствующих рудных и нерудных полезных ископаемых на примерах декоративных джеспилитов и серых гранитов в энергонарушенных зонах горных пород на железо- и марганцеворудных месторождениях Криворожского железорудного и Никополь-Марганецкого бассейнов Украины. Предложе-

*ны инновационные технологии добычи декоративных джеспилитов с помощью подэтажно-камерной системы в породах лежащего бока и серых гранитов — камерно-столбовой системы для нерудных залежей по их простиранию монолитными блоками. **Ключевые слова:** подземная разработка, охрана недр, декоративные джеспилиты, серые граниты.*

Khomenko O.E.¹, Kononenko M.N.¹, Lyashenko V.I.² (1 — National Technical University «Dniprovsk Polytechnic», Dnipro, Ukraine, 2 — The State Enterprise «Ukrainian Research and Design and Exploration Institute of Industrial Technology» (SE «UkrNIPromtehnologii»), Zheltye Vody, Ukraine)

MINING PROTECTION IN THE DEVELOPMENT OF CONSISTENT MINES

The basic scientific and practical results of underground development of the accompanying ore and non-metallic minerals on the examples of decorative jaspils and gray granites in the energy-disturbed rock zones on the iron and manganese-ore

deposits of Kryvorizhsky Iron and Ore and Nyzoznogno-Ore deposits are presented. The innovative technologies of extraction of decorative jaspils are offered by a floor-chamber system in rocks of the lying side and gray granites — a chamber-pillar system for non-metallic deposits on their extension by monolithic blocks. Keywords: underground development, subsoil protection, decorative jespilites, facets.

Введение

В настоящее время разработка рудных месторождений достигла глубины отметки в 1500 м, что привело к значительному ухудшению геодинамических условий добычи рудного сырья. Так, упругая потенциальная энергия Украинского кристаллического щита начала проявляться не только в виде шелушений и заколообразований, но и стреляний, горных ударов и землетрясений различной амплитуды. Технологии разработки сопутствующих нерудных полезных ископаемых на примерах декоративных джеспилитов и серых гранитов в энергонарушенных зонах (ЭНЗ) горных пород на железо- и марганцеворудных месторождениях Украины на основе освоения запасов Криворожского железорудного и Никополь-Марганецкого бассейнов должны осуществляться с учетом изменения уровня геозапасов в шахтном поле после отработки их основных балансовых запасов. Отсутствие учета негативных факторов и использование позитивных зачастую приводит к потере горных выработок и запасов полезных ископаемых, повреждению объектов, травмированию и гибели людей. Поэтому повышение эффективности технологий разработки сопутствующих рудных и нерудных полезных ископаемых на примерах декоративных джеспилитов и серых гранитов в ЭНЗ горных пород соответственно на железо- и марганцеворудных месторождениях Украины на основе результатов анализа проявления энергии горного давления вокруг подземных выработок, путем использования закономерностей раскрытого феномена зонального капсулирования выработок, — важная научная, практическая и социальная задача [1].

Теория и методы исследования

Авторами выполнены исследования в области разработки декоративных джеспилитов и серых гранитов в энергетически нарушенных зонах горных пород на основе результатов анализа проявления энергии горного давления вокруг подземных выработок путем использования закономерностей раскрытого феномена зонального капсулирования. Проанализированы физические свойства горных пород и новые гипотезы о горном давлении с учетом оценки степени устойчивости об-

нажений, выявления закономерностей их деформирования и разрушения, увязки извлечения руд и пород во времени и пространстве, определения параметров конструктивных элементов систем разработки, способов крепления и соответствующих типов крепи. Применялись усовершенствованные методы шахтных, лабораторных и теоретических исследований, а также анализ и обобщение результатов исследований по известным и разработанным методикам [2].

Учет техногенных и прочих факторов

Разработкой технологий подземной добычи полезных ископаемых в напряженных породах активно занимались ученые из Российской Федерации, Украины, Республики Казахстан, Республики Кыргызстан, Германии, Австрии, Швейцарии, Франции, Англии, США, Канады, ЮАР и других стран с развитыми горнодобывающими отраслями [3]. Исследователи учитывали изменения напряженности массива по степени влияния на параметры крепей выработок и систем разработки. Прикладной формат большинства научных разработок, которые основывались на принципе противодействия возрастающей энергии горного давления, ставил целью только минимизировать затраты 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. За несколько последних десятилетий это стало значительной преградой на пути создания новых гипотез, теорий или методов, которые бы описывали или моделировали зональное структурирование массива вокруг горных выработок [4].

Более чем за 130-летний период освоения запасов Криворожского железорудного бассейна было нарушено естественное состояние земной коры, что привело к образованию различных техногенных формаций. В первую очередь структурная сложность техногенеза Кривбасса связана с многостадийностью отработки месторождений (табл. 1).

Уровень техногенной нагрузки в Кривбассе можно оценить по снимкам земной поверхности, сделанным

Таблица 1
Этапы освоения запасов Криворожского железорудного бассейна

Начало освоения, год	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, выработанные пространства шахт, горные выработки
1980 и по настоящее время	Комбинированный	100–500	Внутрикарьерные отвалы, наклонные стволы карьеров, междукарьерные тоннели

из космоса. Отработка запасов бассейна подземным способом сопровождается образованием выработок и выработанных пространств (далее ВП) 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 многое другое. Отработка запасов осуществляется в сложных техногенных условиях, т.е. ВП имеют значительный объем, шахтные поля надработаны старыми карьерами и подработаны более глубокими шахтами [5].

Так, например, в результате этого в горном отводе рудника «Терновский» сформировалось сложное техногенно-энергетическое состояние горных пород. ВП шахты «Им. Орджоникидзе» находится по центру зоны дисбаланса упругой энергии, сформированной ВП шахты «Терновская». Свидетельством неуправляемого энергетического нарушения массива на шахте стало учащение случаев разрушения междукамерных целиков, самообрушения в очистные камеры пород всячего бока и массива потолочин с возникновением статических, динамических и воздушных ударов. Суммирование техногенных факторов стало причиной неконтролируемого самообрушения массива всячего бока от места ведения добычных работ до земной поверхности, которое сопровождалось техногенным горным ударом и локальным землетрясением. Кроме значительных убытков от разрушения вентиляционного ствола, автомобильных дорог и стоянок, а также остановки шахты на 3 месяца, катастрофа привела к человеческим жертвам [4].

Декоративный джеспилит и особенности его добычи в Кривбассе

В исследованиях Б.М. Андреева дана классификация техногенным факторам и способам их учета [1]. Помимо этого, авторами статьи выполнены исследования по учету влияния ВП на технологические параметры камерных систем разработки при добыче руд из охранных целиков. Однако на сегодняшний день не предложено технических решений по снижению влияния основного техногенного фактора в Кривбассе — ВП шахт. Отработка запасов руд по шахтам бассейна осуществляется преимущественно с помощью камерных систем разработки (70 % от общего объема) и различными вариантами поэтажного обрушения руды и налегающих пород (30 %). С помощью камерных систем производят отработку на высоту этажа (45 %) и на высоту подэтажа (26 %). 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, попутные полезные ископаемые, строительные материалы, камнесамоцветное сырье и др. [5].

Сопутствующие полезные ископаемые Криворожского бассейна можно подразделить на рудные: кварциты, джеспилиты, роговики; нерудные: амфиболиты, граниты, мраморы, лабрадориты и камнесамоцветное

сырье: тигровый и соколиный глаз, яшма, кварц и др. Одним из ценных сопутствующих полезных ископаемых бассейна является декоративный джеспилит, который представляет собой железистый кварцит полосчатой структуры, образовавшийся в результате метаморфизации железисто-кремнистых химических осадков древних морей. Отношение розничной цены 1 т товарной руды к тонне крупноблочного джеспилита составляет 1:6. Краснополосчатые, бурополосчатые, серополосчатые и брекчиевидные джеспилиты обладают высокими художественно-декоративными свойствами и позволяют использовать их в виде облицовочного, поделочного и ювелирного материала. В настоящее время вскрытые, подготовленные и готовые к выемке запасы железистых кварцитов в несколько раз превышают запасы вскрытых богатых руд Кривбасса. Это вызвано тем, что до 70 % железных руд в бассейне добывается при помощи камерных систем разработки с обрушением руды из буровых штреков, пройденных, как правило, по кварцитам. Ресурсосбережение при добыче джеспилита проводится также за счет использования уже имеющихся на шахте выработок, оборудования и персонала [6].

Будучи кварцитами, джеспилиты, как и мелкозернистые граниты, могут быть отнесены к классу долговечных строительного-облицовочных материалов. Высокая блочность структуры в сочетании с декоративностью открывает широкие возможности по изготовлению качественных облицовочных плит для обработки внешних и внутренних интерьеров зданий. Большинство джеспилитов является хорошим сырьем для ювелирной промышленности и используется в качестве вставок в кулоны, кольца, браслеты, серьги, бусы, броши и др. Широкое применение джеспилит нашел в изготовлении художественно-декоративных изделий, основными из которых являются шары, вазы, письменные наборы, подсвечники, часы, шкатулки, пепельницы, гравюры и многое другое. Цены на эти изделия колеблются от 5 до 300 долл. США, что говорит о высокой конкурентоспособности изделий из джеспилитов.

Предлагаемая горная инновационная технология

В основу технологического решения положена задача усовершенствования известного способа добычи полезных ископаемых, в котором путем введения новых технологических операций и параметров достигается возможность непрерывной и одновременной добычи сопутствующих (рудных, нерудных) полезных ископаемых, возможность получения ископаемых монолитными блоками заданного формата независимо от содержания железа и кварца, уровня крепости и плотности, специфики разрушения, при условии незначительных затрат и без применения специального оборудования (рис. 1).

За счет этого обеспечивается ресурсосбережение во время добычи, рациональное использование недр, получение долговечных строительного-облицовочных материалов и малых строительных форм для декоративной отделки различных по назначению помещений, зданий и сооружений. Порядок выполнения горных

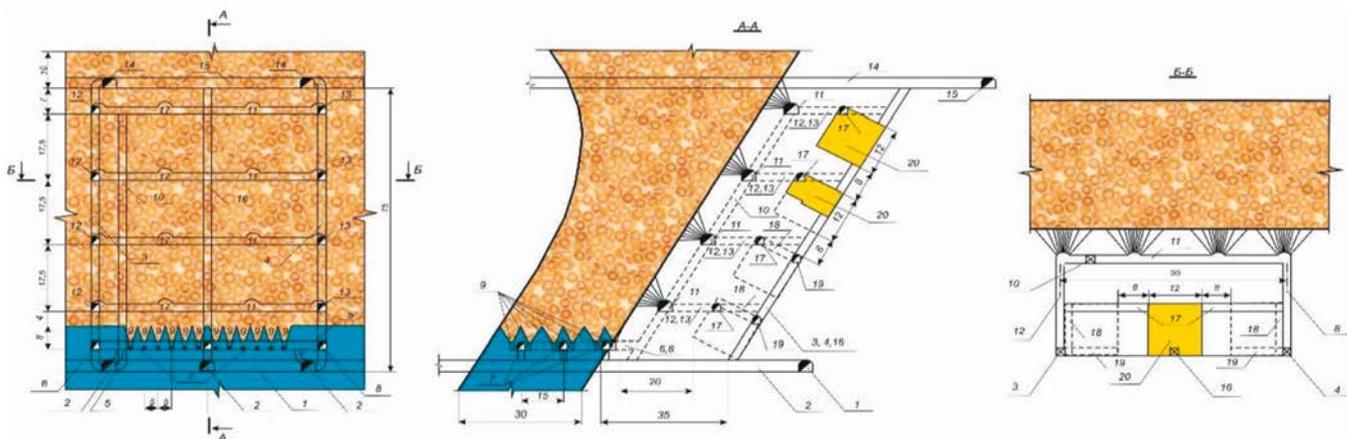


Рис. 1. Подэтажно-камерная система разработки декоративных джеспилитов в породах лежачего бока залежи. На рисунке приняты следующие обозначения для выработок по основному (1 — 15) и сопутствующему (16 — 20) полезным ископаемым. Подготовительные выработки включают: 1 — откаточный штрек; 2 — откаточный орт; 3 — вентиляционно-ходовой восстающий; 4 — вентиляционный восстающий; нарезные выработки: 5 — рудоспуск; 6 — вентиляционно-ходовой орт горизонта 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 — хозяйственный восстающий; 17 — сборный вентиляционный подэтажный штрек; очистные выработки: 18 — отрезной подэтажный орт; 19 — отрезной подэтажный штрек; 20 — очистная камера

работ при добыче железных руд в пределах добычных блоков начинают с подготовительных работ, которые осуществляются с помощью проведения в породах лежачего бока залежей откаточных штреков 1 и ортов 2, наклонных вентиляционно-ходовых 3 и вентиляционных 4 восстающих. Нарезные работы включают проведение выработок на подэтажах откатки 5, доставки 6–10, подсечки (не показано), бурения 11–15. Очистная выемка включает подсечку и отработку запасов очистных камер, междуканнерных и междуетажных целиков. Транспортирование руды в пределах соответствующих откаточных горизонтов осуществляется стандартным рельсовым транспортом с помощью контактных электровозов. Затем руду выдают на земную поверхность по вертикальным рудоподъемным стволам с помощью канатного подъема [8].

После каждого цикла отработки запасов руды в этаже в направлении залежей сопутствующих джеспилитов проводят дополнительные нарезные 16–18 и очистные 18–19 выработки, с которых далее формируют соответствующие очистные камеры 20. Очистные выработки проводят во взаимно перпендикулярных направлениях с целью формирования очистных камер по кубической форме. Наклонную или вертикальную хозяйственную выработку 16 проводят в границах каждого добычного блока с целью канатной доставки монолитных блоков ископаемого на откаточный горизонт. В каждой очистной камере осуществляют выкалывание монолитов сопутствующего джеспилита почвоуступным забоем, используя стандартное оборудование для буровзрывных работ.

Технология добычи богатых железных руд с помощью камерных систем разработки без поддержания ВП влияет на залежи всех сопутствующих полезных ископаемых повышением горного давления в массиве пород, которые находятся ниже фронта очистных работ,

а выше — обрушением пород в висячем боку залежей и изменяющейся во времени разгрузкой от горного давления пород лежачего бока. Невыполнение условия параллельной отработки сопутствующих джеспилитов ведет к потере возможности получения крупноблочного материала по условию перехода ресурсосберегающего процесса разгрузки от горного давления массива лежачего бока на 1–2 этажа в процессе его упругого деформирования. Ресурсосбережение при добыче сопутствующих джеспилитов дополнительно осуществляется за счет использования существующих на шахтах выработок, стандартного оборудования и обученного персонала [7].

Параметры инновационной горной технологии

Исходя из горнотехнических условий разработки опережающей залежи богатых железных руд, выработанное пространство которой оказывает активное влияние на запасы джеспилитов, определяют устойчивые рудные и породные обнажения в камере по официально действующей в Криворожском бассейне ин-

Таблица 2
Технологические параметры подэтажно-камерной системы разработки декоративных джеспилитов

Показатель	Значение
Размер камеры по простиранию пород a , м	12
Размер камеры по падению пород b , м	12
Ширина междуканнерного целика c , м	8
Толщина наклонной потолочины h_n , м	8
Толщина промежуточной толщи h_p , м	20
Количество очистных камер по падению пород n_p , шт.	4
Количество очистных камер по простиранию пород $n_{пр}$, шт.	3

струкции [3]. Первоначально определяются критерии устойчивости обнажений горизонтального, вертикального и наклонного рудных обнажений в камере. Действующая методика дополняется расчетами авторов (табл. 2).

Размеры конструктивных элементов предлагаемой системы разработки при отработке областей массива, разгруженных ВП шахты, удовлетворяют повышенному запасу прочности, который составит 15. Ведение очистных работ по областям полезного ископаемого, неразгруженных выработанным пространством, обусловлено применением комбинированного крепления обнажения потолка и висячего бока с помощью анкеров и сетки [8].

Серый гранит и особенности его добычи в Никополь-Марганецком бассейне

Добыча марганцевой руды в комбинате ПАО «МГОК» ведется 5 шахтами: №№ 3–5, 7, 8, 9–10, 14–15 и 2 карьерами: Грушевским и Басанским. В восточной части марганцевого бассейна выделяется Грушевско-Басанский участок, на котором расположены шахтные поля шахт № 3–5 и № 7 и вновь построенных № 9–10 и 14–15. Обогащение добытой руды производится на Грушевской обогатительной фабрике с производственной мощностью по сырой руде 5,6 млн т, а по производству концентрата — 2,43 млн т. Пласт марганцевой руды залегает горизонтально с небольшим уклоном до 5° на юг и юго-запад. Мощность пласта колеблется от выклинивания на контурах участка до 4 м в центральной части, но на большей части площади равна 1,5–2,5 м. Рудный пласт повсеместно покрыт толщей осадочных пород, мощность которых достигает 60–110 м в зависимости от рельефа поверхности. Непосредственная кровля пласта представлена зелеными глинами мощностью 0–14 м с полным отсутствием или заменой песками. Выше залегают мелкозернистые пески мощностью до 2,5–4 м, черные глины — до 18–20 м, пески — до 1,5–2,5 м, известняки до 5 м, красно-бурые глины — 28–30 м, лессовидные породы и современные аллювиальные отложения — 22–34 м. Мощность залежи карбонатной руды составляет 0,7–3,5 м, а содержание марганца — 10–31,5 %. Окисная руда состоит из плотных землистых минеральных образований мощностью 0,7–2,5 м. Содержание марганца в окисной руде 17–47 % и в среднем составляет 30 %. Мощность пласта достигает 2,5 м, а запасы составляют 25 % от общих (табл. 3) [9].

Камерно-столбовая система разработки

Особенность камерно-столбовых систем разработки в том, что они применяются в следующих условиях:

Таблица 3
Горнотехнические условия шахт ПАО «МГОК»

Шахта	№ 3–5	№ 7	№ 8	№ 9–10	№ 14–15
Год сдачи в эксплуатацию	1979	1972	1972	1976	2005
Проектная мощность, млн т/г.	1,4	0,3	0,3	2,2	2,2
Балансовые запасы, млн т		1,11	1,2		6,3
Угол падения залежи, град	0–5				
Вертикальная мощность залежи, м	0,7–2,5	0,9–2,5	1,8–2,7	1,5–2,4	
Прочность глин, МПа	21	23			
Прочность руд, МПа	20	26	10–20	21	20
Прочность песков, МПа	18	20	20	18	20
Глубина проведения главного ствола, м	100	80	90	100	
Глубина очистных работ, м	79–90	40–80	86–96	90–100	
Применяемая система разработки	столбовая с длинными очистными заходками				

мощность залежи 2–30 м; угол падения залежи $\leq 45^\circ$; достаточная устойчивость руд и пород; низкая или средняя ценность руды при систематическом чередовании очистных камер с ленточными и опорными целиками. Такой подход связан с оставлением до 25–60 % запасов полезного ископаемого в целиках (рис. 2).

Выемочный запас панели высотой 10–20 м, длиной до 300 м и шириной до 100 м отрабатывается в одну стадию. Отработка камер в панели фланговая по востанию, фронт очистной выемки — со сплошным или ступенчатым забоем. Отбойка шпуровая, выполняется из свободного очистного пространства камеры. Руду в пределах очистного пространства, поддерживаемого опорными целиками в виде столбов, доставляют погрузочно-доставочными машинами (скреперами). Возможны следующие способы отделения монолитов из массива: буровзрывной, химический, гидравлический, огневой, криогенный, буроклиновой и др. Наиболее эффективная технология достигается при буровзрывном способе, включающая использование оконтуривающих шпуров с взрыванием колонковых зарядов, благодаря чему в плоскости расположения шпуров образуется трещина. Процесс контурного взрывания характеризуется сниженной энергоемкостью и гладкостенностью отделенных блоков ископаемого, имеющих заданные размеры, форму и внутреннюю монолитную структуру [10]. Монолиты гранита транспортируют в пределах очистного пространства посредством рельсового либо автомобильного транспорта и поднимают на земную поверхность в клетях вертикальных стволов вместе с платформами при помощи канатного подъема. Затраты на организацию работ по получению блоков заданной формы минимизируют благодаря учету закономерностей расположения трещин в массиве в трех взаимно перпендикулярных плоскостях и рациональному управлению этим параметром. Использование уже существующих вскрывающих выработок, надшахтного комплекса и штатного персонала шахты в процессе добычи гранита обеспечивает дополнительную экономию ресурсов.

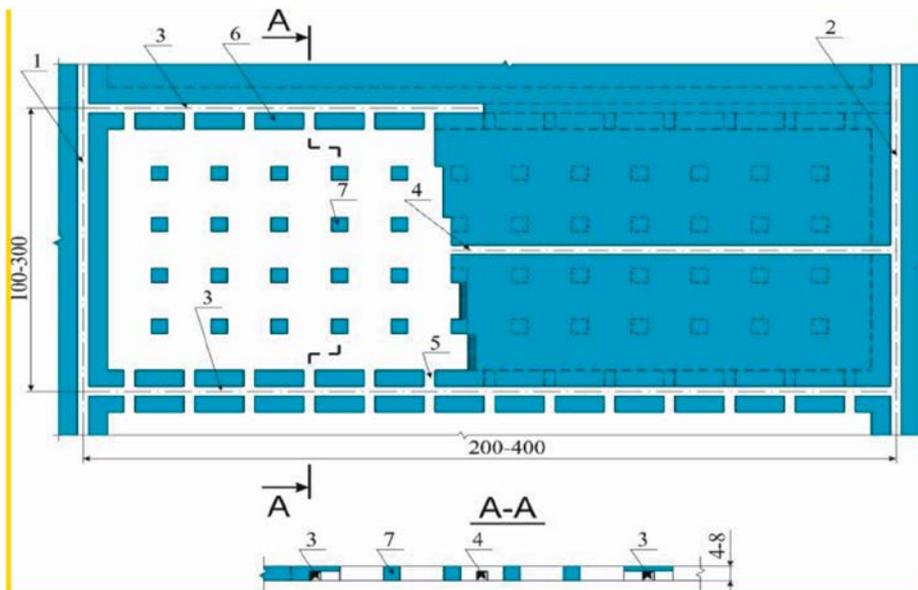


Рис. 2. Камерно–столбовая система разработки рудных залежей по простиранию, отбойкой руды шпурами и доставкой самоходным оборудованием: 1, 2, 3 и 4 — соответственно транспортные, панельный и вентиляционный штреки; 5 — заезд; 6 — ленточный целик; 7 — опорный целик

Экономическая эффективность инновационных технологий

Добыча декоративных джеспилитов. На сегодня вскрытые, подготовленные и готовые к выемке запасы джеспилитов в несколько раз превышают запасы богатых руд Кривбасса. Это обусловлено тем, что более 70 % железных руд бассейна добывается с помощью камерных систем разработки с обрушением руды из выработок, которые проводят по джеспилитам лежачего бока залежей. Ресурсосбережение при добыче джеспилитов достигается за счет использования выработок, которые уже существуют на действующих шахтах бассейна, а также необходимого оборудования и персонала. Для выполнения добычных работ на каждый эксплуатационный блок необходимо проведение всего двух нарезных выработок. Максимального экономического эффекта можно достичь за счет отставания очистных работ по джеспилитам от добычи железной руды более чем на один обрабатываемый этаж. Затраты на подготовку добычных блоков к эксплуатации связаны с технологией проведения горных работ. Участковая себестоимость отделенного буровзрывным способом монолитного блока размерами 1,5×1×1 м составляет порядка 81,25 долл. США, а общешахтная себестоимость блока джеспилита — 121,25 долл. США. Особенности участков месторождений, определяющих их ценность с позиций организации работ, являются наличие плоскостей наименьшего сопротивления раскалыванию и закономерное расположение трещин, что облегчает извлечение монолитных блоков. На шахтах бассейна такие плоскости расположены в трех взаимно перпендикулярных направлениях, что значительно облегчает получение монолитных блоков прямоугольной формы. Технологическая трещиноватость появляется при добыче монолитных блоков. Управление природной трещи-

новатостью связано с оценкой блочности структуры, нарушением массива и дальнейшим прогнозированием распространения слоев внутри монолита с целью эффективного проектирования художественно-декоративных свойств изделий, которые планируется получить. Без учета этих факторов происходит потеря до 40 % материала, т.е. треснувшие плиты, полученные из монолита, будут реализованы за полцены или 12,5 долл. США за м². Избежав этого, получим прибыль до 625 долл. США с одного блока. В объемах работы одной шахты получаем 8000 долл. США в год [11].

Добыча серых гранитов. Опыт ликвидации шахты № 1-бис раскрыл проблематику и убыточность этого процесса для Никопольского марганцево-рудного региона. За 40 лет функционирования шахты № 1-бис добыто 19,548 млн т сырой марганцевой руды. В результате исчерпания балансовых запасов в 2006 г. шахта была закрыта. Стоимость работ по ликвидации шахты определена сводным сметным расчетом в ценах 2005 г. и составила 6,9 млн грн, в том числе налог на добавленную стоимость — 1,2 млн грн. Наибольшие затраты были связаны с рекультивацией земель, занятием отвалом и промышленной площадкой (11,8 %), снятием покрытия автомобильных дорог и промышленной площадки (12,0 %), демонтажем сетей и сооружений водоснабжения и канализации (35,8 %). В соответствии с данными сводного сметного расчета стоимости ликвидации шахты № 1-бис трудоемкость выполнения работ составляет 41375 чел./дней. Общая продолжительность выполнения работ составила 3 года, в том числе 1 месяц подготовительных работ.

Численность производственного персонала шахты № 1-бис составляла 267 человек. Сокращенный персонал трудоустроивался в основном на комбинате. 147 человек — в цехах комбината на вакантные места в соответствии с квалификацией. По мере завершения ликвидационных работ на шахте реализован перевод сокращенных работников на шахты № 9–10 — 35 человек и № 14–15 — 85 человек. Часть персонала трудоустроилась на других шахтах, другая часть — на освобожденные рабочие места за счет увольнений по собственному желанию, ухода на пенсию, в армию, по болезни и др. Для определения ориентировочной стоимости строительства нового горизонта необходимо определить время вскрытия и подготовки сопутствующих запасов гранитов, необходимые параметры вскрываемых и подготовительных выработок, рассчитать и составить календарный план вскрытия и подготовки нового горизонта (табл. 4) [12].

Таблица 4
Основные капитальные расходы на вскрытие нового горизонта

Наименование показателей	Значение
Балансовые запасы горизонта (камеры первой очереди), млн т	1,2
Годовая производительность шахты, млн т/год	0,2
Капитальные затраты, млн грн. Млн грн.: на углубку вертикальных стволов	1,2
на проведение выработок околоствольного двора	1,5
на проведение квершлагов	1,9
на установку горного и электромеханического оборудования	2,8
Итого по горно-капитальным работам	7,4
Прибыль предприятия от реализации гранитного щебня, полученного при проведении горно-капитальных выработок, млн грн	2,5
Всего затрат на вскрытие нового горизонта	4,9

Вскрытие нового горизонта включает: капитальные затраты на углубку вертикальных стволов, проведение выработок околоствольного двора, квершлагов, и установку горного и электромеханического оборудования, что составляет 7,4 млн грн. При сооружении горно-капитальных выработок в объеме 12500 м³ получают гранитный щебень фракцией 0–50 мм, который реализуется по цене 200 грн/м³, что в итоге позволяет сэкономить средств на сумму 2,5 млн т. Затраты на ликвидацию одной марганцево-рудной шахты составляют в среднем 6,9 млн грн.

Продление срока службы шахты за счет сооружения нового горизонта по гранитам сопряжено с затратами на горно-капитальные работы в размере 4,9 млн грн, с учетом прибыли от продажи гранитного щебня, полученного от проведения выработок. Остаток сэкономленных средств в 2,0 млн грн является достаточным для покрытия текущих затрат, связанных с началом добычи сопутствующего полезного ископаемого — серого гранита [11].

Таким образом, классификация систем разработки сопутствующего сырья по признаку «энергетическое состояние массива на момент разработки» позволяет определить себестоимость добычи и объемы энергозатрат на его разработку. Себестоимость добычи 1 кг ископаемого от применяемой системы разработки возрастает по степенной зависимости до 2,2 долл. США за кг и сопровождается увеличением относительного количества энергии, затрачиваемого на разработку месторождения (рис. 3).

Проведя аппроксимацию значений себестоимости, получаем уравнение зависимости ориентировочной себестоимости добычи 1 кг сырья от порядкового номера систем разработки. Для вариантов систем разработки КСС, функция себестоимости имеет вид при ($R^2 = 0,98$) степенной зависимости типа $C_0 = 1,2n^{1,9}$, ден. ед., где n — порядковый номер системы разработки.

Направление дальнейших исследований

В пластичных породах (марганцевые руды, глины, суглинки) на глубинах до 350 м (Никопольский бассейн) активно развиваются процессы зональной конвергенции и дивергенции. При сравнении условий проявления зональной дезинтеграции горных пород с геодинамическими данными, полученными на шахтах Украины, становится очевидным, что это явление не имеет связи

с пределом прочности пород на сжатие и соответственно с коэффициентом динамичности. По мнению авторов, систему защитных зон вокруг выработки целесообразно назвать предохранительной капсулой, а сам феномен — зонального капсулирования подземной выработки. Это одно из первых физических явлений, для описания которого требуются философское осмысление и разработка энергетической теории с привлечением аппарата синергетики, квантовой механики, проверки сходимости результатов моделирования на мега-, макро- и микроструктурных уровнях материальных тел и окружающих их физических полей.

Таким образом, технологии разработки характерны для сопутствующих рудных и нерудных полезных ископаемых в энергонарушенных горных породах на примерах добычи декоративных джеспилитов для условий Криворожского бассейна (по условиям геомеханики соответствуют 15-кратному запасу прочности) и серого гранита для Никополь-Марганецкого бассейна при помощи отрезных оконтуривающих скважин со взрыванием колонковых зарядов. Систематизация технологических решений по управлению выработанным пространством учитывает техногенные факторы, влияющие на энергетическое состояние горного массива, показывает пути минимизации его влияния на технологии добычи рудных и нерудных полезных ископаемых.



Рис. 3. Зависимость себестоимости добычи сопутствующих ископаемых от применяемой системы разработки

Выводы

1. **Обоснованы** технологии разработки сопутствующих рудных и нерудных полезных ископаемых в энергонарушенных горных породах, что позволяет до 2,5 раз увеличить устойчивые параметры эксплуатационных блоков камерно-столбовой системы разработки, вдвое снизить затраты на добычу и продлить срок службы действующих шахт вместо их ликвидации.

2. **Выполнена** экономическая оценка предложенной технологии горных работ, которая реализована путем вовлечения в разработку декоративных джеспилитов на базе действующих шахт по добыче железных руд, что позволяет получить прибыль в объеме 8,6 млн долл. США в год. Зависимость себестоимости добычи ископаемого от применяемой системы разработки описывается степенной зависимостью вида $C_d = 0,015n^2$.

3. **Рекомендована** новая технология получения монолитных блоков серого гранита с максимальными размерами 1,5×1,0×1,0 м в соответствии с нормативными требованиями камнеобрабатывающей промышленности Украины. Себестоимость отделенного буровзрывным способом монолита таких габаритов составляет около 50 долл. США, а общешахтная себестоимость — около 65 долл. США.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андреев, Б.М. Наукове обґрунтування технології і параметрів вибухової відбілки при підземному добуванні руд в умовах техногенезу надр: Автореф. дисс. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук: спец. 05.15.02. / Б.М. Андреев. — Кривий Ріг, 2006. — 36 с.
2. Баранов, П. Самоцветы Украины. Джеспилиты / П. Баранов, М. Нетеча, С. Шевченко, М. Фощій. — К.: ЮвेलирПРЕСС, 2006.
3. Визначення та контроль допустимих розмірів конструктивних елементів систем розробки залізних руд / Бабець Є., Сакович В., Сиротюк В. та ін. — К.: ДП «НДГРІ», 2010. — 122 с.

4. Голик, В.И. Рациональное использование и охрана недр при комбинированной разработке рудных месторождений / В.И. Голик, В.И. Комащенко, В.И. Ляшенко // Разведка и охрана недр. — 2019. — № 11. — С.47–52.
5. Закономерности наращивания и развития минерально-сырьевой базы камнесамоцветного сырья Украины / О.А. Проскураков, П.Н. Баранов, С.В. Шевченко, О.П. Матюшкина // Коштовне та декоративне каміння. — 2013. — № 3. — С. 25–29.
6. Ляшенко, В.И. Природоохранные технологии освоения сложноструктурных месторождений полезных ископаемых / В.И. Ляшенко // Маркшейдерский вестник. — 2015. — № 1. — С.10–15.
7. Ляшенко, В.И. Повышение геодинамической безопасности подземной разработки сложноструктурных рудных месторождений / В.И. Ляшенко, В.И. Голик, О.Е. Хоменко // Черная металлургия. — 2017. — № 3. — С. 24–32.
8. Нетеча, М. Геммологическая характеристика декоративных джеспилитов Украинского щита / М. Нетеча, С. Шевченко, П. Баранов // Науковий вісник НГУ. — 2006. — № 1. — С. 40–42.
9. Хоменко, О.Е. Рациональное использование и охрана недр при подземной разработке рудных месторождений в условиях техногенеза / О.Е. Хоменко, В.И. Ляшенко // Разведка и охрана недр. — 2019. — № 4. — С. 60–65.
10. Stupnik, M. Method of simulating rock mass stability in laboratory conditions using equivalent materials. / M. Stupnik, V. Kalinichenko, S. Pysmennyi, O. Kalinichenko, M. Fedko // Mining of Mineral Deposits, National Mining University. — 2016. — Vol. 10. — Issue 3. — pp. 46–51.
11. Netecha, M.V. Jaspilites and other gemstones of post-jaspilite genesis: mining, treatment, and enhancement. / M.V. Netecha, S.V. Shevchenko, O.P. Strilets // Naukovyi Visnyk Natsional'nyi Hirnychiy Universytet. — 2017. — Vol. 2. — pp. 28 — 33.
12. Khomenko, O.E. Geodynamic safety when increasing the depth of underground mining of ore deposits. / O.E. Khomenko, V.I. Lyashenko // Vestnik Magnitogorskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta im. G.I. Nosova [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University]. — 2018. — Vol. 16. — no. 4. — pp. 4–12.

© Хоменко О.Е., Кононенко М.Н., Ляшенко В.И., 2021

Хоменко Олег Евгеньевич // rudana.in.ua@gmail.com
Кононенко Максим Николаевич // kmn211179@gmail.com
Ляшенко Василий Иванович // vilyashenko2017@gmail.com

ХРОНИКА

НИКОЛАЮ КОРНЕЕВИЧУ ПОПКОВУ — 70 ЛЕТ

Будущий кандидат экономических наук, член-корреспондент РАЕН Н.К. Попков родился 18 марта 1951 г. в Чимкентской области Казахской ССР. После окончания в 1974 г. Новосибирского института инженеров геодезии, аэрофотосъемки и картографии работал в полевых подразделениях аэрогеодезического предприятия Западной Сибири начальником партии, инспектором технического контроля. В 1984 г. Николай Корнеевич избран освобожденным председателем профсоюзного комитета предприятия. С января 1990 г. он секретарь Российского комитета профсоюза рабочих геологоразведочных работ, а с сентября 1990 г. — заместитель председателя ЦК профсоюза



работников геологии, геодезии и картографии Российской Федерации.

С 1995 г. по настоящее время Николай Корнеевич работает председателем ЦК профсоюза работников геологии, геодезии и картографии Российской Федерации. Под непосредственным руководством Н.К. Попкова были впервые разработаны и внедрены Отраслевые тарифные соглашения, позволившие систематизировать механизм защиты социальных и трудовых прав трудящихся. ЦК профсоюза совместно с МПР России разработал и осуществил комплекс социальных мероприятий, направленных на проведение детского отдыха, оздоровление трудящихся и ветеранов отрасли. Были проработаны и внедрены