

УДК 622.271

Перспективы эксплуатации шахты «Первомайская» в геотехнологической системе «карьер-шахта»

Андреев Б. Н.¹, Письменный С. В.¹, Бровко Д. В.¹, Андреев Н. Б.¹,
Письменный И. А.², Литвяк Б. И.²

¹ Криворожский технический университет, Кривой Рог, Украина

² ОАО «Северный горно-обогатительный комбинат», Кривой Рог, Украина

Аннотация

Предложена технология подземной разработки запасов железных руд Первомайского месторождения расположенных под охраняемым северо-восточным бортом действующего карьера, порядок отработки залежи «Южная» с использованием импортной самоходной техники, обоснована рациональная годовая производительность подземного рудника.

Первомайское месторождение расположено в северной части Криворожского бассейна и являлось сырьевой базой сортовых и богатых железных руд. До 1998 г. данное месторождение разрабатывалось совместно открытым и подземным способами. В настоящее время шахта «Первомайская» входит в состав ОАО «СевГОК», как цех подземной добычи руды. Основной объем промышленных запасов месторождения сосредоточен в залежах «Южная» и «Северная». Разработка полезных ископаемых подземным способом в настоящее время не производится.

В перспективе, запасы месторождения сосредоточенные в пределах залежи «Южная» планируются отработать комбинированным открыто-подземным способом по единой геотехнологической системе «карьер-шахта». Данная благоприятная ситуация связана с тем, что шахта «Первомайская» и Первомайский карьер являются одним структурными подразделениями предприятия ОАО «СевГОК», находящиеся в непосредственной близости друг от друга. Комбинированная открыто-подземная технология позволит в течение длительного времени поддерживать производственные мощности горнодобывающего предприятия, а также вовлечь в интенсивную эксплуатацию участки месторождений, считавшиеся прежде бесперспективными.

Отработка месторождения в рамках указанной геотехнологической системы следует вести с соблюдением принципов взаимоувязки основных технологических операций и горно-транспортных потоков подземных и открытых горных работ, что позволит повысить интенсивность отработки месторождения, поддержать ее на стабильном уровне по мере углубления карьера, а также обеспечить постепенный переход к разработке запасов за пределами границ открытых горных работ.

Таким образом, для условий Первомайского месторождения с учетом фактической геотехнологической ситуации, рекомендуется комбинированная открыто-подземная отработка запасов с подземным транспортным комплексом системы «карьер-шахта», которая предусматривает сочетание в различных комбинациях следующие элементы технологии подземной добычи: на стадии отработки запасов – использование высокопроизводительных систем разработки с обрушением руды и налегающих пород и технологии с единым открыто-подземным пространством для доработки запасов под бортами и дном глубоких горизонтов карьера; на стадии доставки и погрузки руды – использование высокопроизводительных и безопасных (за счет исключения операций по ликвидации завесаний) вариантов выпуска с экскаваторной погрузкой руды непосредственно в транспортные средства (подземные автосамосвалы) или с применением погрузочно-доставочных машин в звене технологической цепочки выпускное отверстие – аккумулярующий рудоспуск; на стадии транспортирования руды и выдачи ее на поверхность – использование концентрационных горизонтов с высокопроизводительной электровозной откаткой от погрузочных пунктов под

аккумулирующими рудоспусками и вертикального подъема, или самоходной автотранспортной техники с выдачей руды по штольням открыто-подземного транспортного комплекса на перегрузочные склады в карьере.

При данной схеме, карьерное пространство и ствол шахты объединяются выработками подземного транспортного комплекса на концентрационном горизонте с оставлением охранного целика. Границы охранного целика борта карьера отстраивается под углом 80° , согласно выполненным аналитическим исследований устойчивости породного массива, прилегающего к заполненной скальными вскрышными породами зоны обрушения, в лабораторных условиях на моделях из эквивалентных материалов, [1]. Зона обрушения приобретает столбообразную форму, область активных деформаций в окружающих зону обрушения породах имеет локальный характер, и ее размер не превышает 20–30 м [2]. В случае, когда зона обрушения не заполняется с поверхности скальными породами, граница охранного целика должна быть отстроена под углом 60° , как это регламентируется инструктивными документами [3], рис 1.

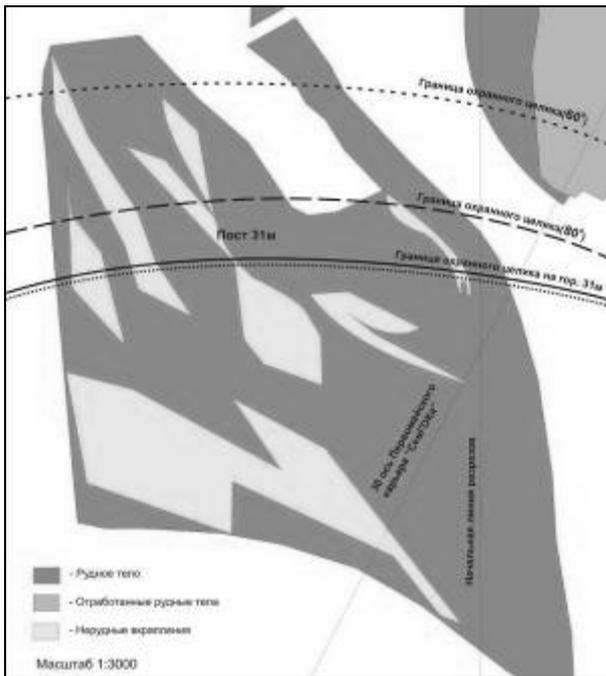


Рис. 1. Распределение эксплуатационных рудных площадей залежи «Южная» в пределах гор. 360 м

охранного целика системами с обрушением руды и налегающих пород, а в пределах его границ – камерными системами по схеме «камера-целик».

Основной задачей подземной отработки запасов залежи «Южная», при отработке этажей гор. 220–360 м и 360–465 м, является повышение интенсивности горных работ и, как следствие – производительности горного предприятия.

Запасы руды в пределах охранного целика отстроеного под 80° град. (см. рис. 1) отрабатывают камерными системами с поддержанием очистного пространства целиками, а за пределами охранного целика ведут системами с обрушением руды и налегающих пород и заполнением с поверхности зоны обрушения скальными породами. Распределение эксплуатационных площадей и распределение запасов по залежи «Южная», приведены в табл. 1.

Таким образом, в горно-геологических условиях залежи «Южная» с учетом безрудных включений суммарная рудная эксплуатационная площадь за границами охранного целика борта карьера +31 м за счет специальных мероприятий по формированию зоны обрушения и применения системы с обрушением возрастает до 141,5 тыс. м², при этом запасы руды составляют 27,69 млн. т. Соотношение рудных площадей залежи «Южная» свидетельствует о целесообразности отработки месторождения за пределами

Табл. 1 Распределение эксплуатационных площадей и запасов по гор. 360 и 465 м залежи «Южная»

Горизонт	Рудные площади и запасы за пределами охранного целика					
	участок в пределах углов границы охранного целика 60° – 80°			угол границы охранного целика 60°		
	% от общей рудной площади	площадь, тыс.м ²	запасы в этаже, млн.т	% от общей рудной площади	площадь, тыс.м ²	запасы в этаже, млн.т
360 м	12,4	26,8	3,29	4,6	10,0	1,2
465 м	32,4	78,4	17,8	9,8	26,3	5,4
Всего	–	105,2	21,09	–	36,3	6,6

Для определения производственной мощности, принимаем метод, который базируется на оценке горных возможностей подземного рудника с учетом интегрального показателя интенсивности эксплуатации месторождения – годового понижения горизонта выемки. При этом годовая производительность подземного рудника (шахты) $A_{год}$ (т/год) по условию возможной интенсивности отработки может быть определена по формуле

$$A_{год} = S_p h_g \gamma k_y k_m (1 - \Pi) / (1 - P), \text{ тыс. т/год} \quad (1)$$

где S_p – горизонтальная эксплуатационная площадь рудного тела в пределах шахтного поля, тыс. м²; h_g – годовое понижение горных работ, м; γ – объемный вес руды в массиве, т/м³; k_y – поправочный коэффициент на угол падения залежи, определяется по формуле $k_y = 0,0066 \times \alpha + 0,606$. Здесь α – угол падения залежи, град.; k_m – коэффициент, учитывающий влияние мощности рудного тела, колеблется от 0,6 до 1,25; Π – потери руды при добыче, доли ед.; P – засорение руды при добыче породами и некондиционными рудами, доли ед.

Поскольку отработка южной части запасов, в этажах 220–360 м и 360–465 м предусматривается двумя системами разработки – этажно-камерной с оставлением целиков и системой этажного принудительного обрушения, то расчетах необходимо использовать показатели извлечения, характерные для данных классов систем разработки.

Согласно выполненным исследованиям, рудная площадь обрабатываемая подземным способом в этажах 220–360 м и 360–465 м системами с обрушением, соответственно, составляет 36,8 и 104,7 м². Для камерных систем разработки с оставлением целиков рудная площадь в этажах 220–360 м и 360–465 м соответственно составит 179,73 и 137,156 м². Учитывая, что при отработке части эксплуатационных площадей месторождения по схеме «камера-целик» 50 % запасов временно остается в недрах, при расчетах приняты соответственно скорректированные эксплуатационные площади.

Таким образом, при подземной отработке запасов залежи «Южная» в этаже 220–360 м годовая производительность шахты на эксплуатационных площадях, обрабатываемых этажно-камерной системой достигает 2,2 млн. т при отработке целиков 1,7 млн. т. В этаже 360–465 м годовая производительность шахты на эксплуатационных площадях, обрабатываемых этажно-камерной системой составляет 1,7 млн. т при отработке целиков 1,3 млн. т. Участки, обрабатываемые системой с обрушением позволит обеспечить годовую производительность 4,9 млн. т.

Повышение годовой производительности подземного рудника до 6–8 млн. т в год возможно за счет параллельной отработки эксплуатационных площадей камерами и системами с обрушением в пределах обоих рассматриваемых этажей, выбор наиболее рационального варианта системы разработки, ее основных параметров, достижение производительности подземных горных работ и себестоимости добычи к показателям достигнутыми при отработке железистых кварцитов открытым способом. Значительная крепость и устойчивость полезного ископаемого позволяет увеличить размеры блоков, площади обнажения в очистных и компенсационных камерах, а также применение мощной буровой, погрузочно-доставочной и иной техники. Для них характерны: автономность, высокая маневренность, большая эксплуатационная производительность. С применением самоходной техники отпадает необходимость в применении многостадийных схем транспортирования полезного ископаемого и породы, увеличивается скорость проходки выработок, а также скорость бурения глубоких скважин.

Таким образом, применение импортной техники позволит значительно сократить срок отработки рассматриваемого участка с 20–25 лет до 10–12 лет (без выемки целиков). Извлечение запасов оставшихся в целиках с максимально возможной годовой производительностью 3 млн. т. (в двух этажах), составит 10 лет.

Для предложенных вариантов систем разработки (с массовым обрушением руды и налегающих пород, а также камерные с оставлением целиков), рекомендуются единые буровые

горизонты для работы самоходных установок по бурению глубоких скважин. Выпуск и доставка руды осуществляется по следующей схеме: погрузочно-доставочная машина – аккумулярующий рудоспуск – автоматический шахтный люк – вагонетки рудничного транспорта на концентрационном горизонте. При данной схеме, погрузочно-доставочная машина доставляет отбитую руду из погрузочной камеры в разгрузочную, затем руда аккумулируется в рудоспуск и перепускается на концентрационный горизонт, где на погрузочном пункте грузится в вагонетки и далее транспортируется к подземному бункеру рудоподъемных стволов шахт «Первомайская».

Этажно-камерная система с оставлением целиков. Сущность данной системы заключается в следующем. Месторождение по простиранию делится на выемочные блоки шириной по 60 м каждый и высотой, равной высоте этажа. Для условий Первомайского месторождения высота этажа составляет 105–140 м. Каждый выемочный блок делится на панели шириной по 60 м каждая (по мощности). В среднем их количество составит 4–6. Между выемочными панелями оставляется межпанельный целик. Также между выемочными блоками оставляется междублоковый целик (МБЦ) шириной 60 м, который впоследствии обрабатывается, рис. 2.

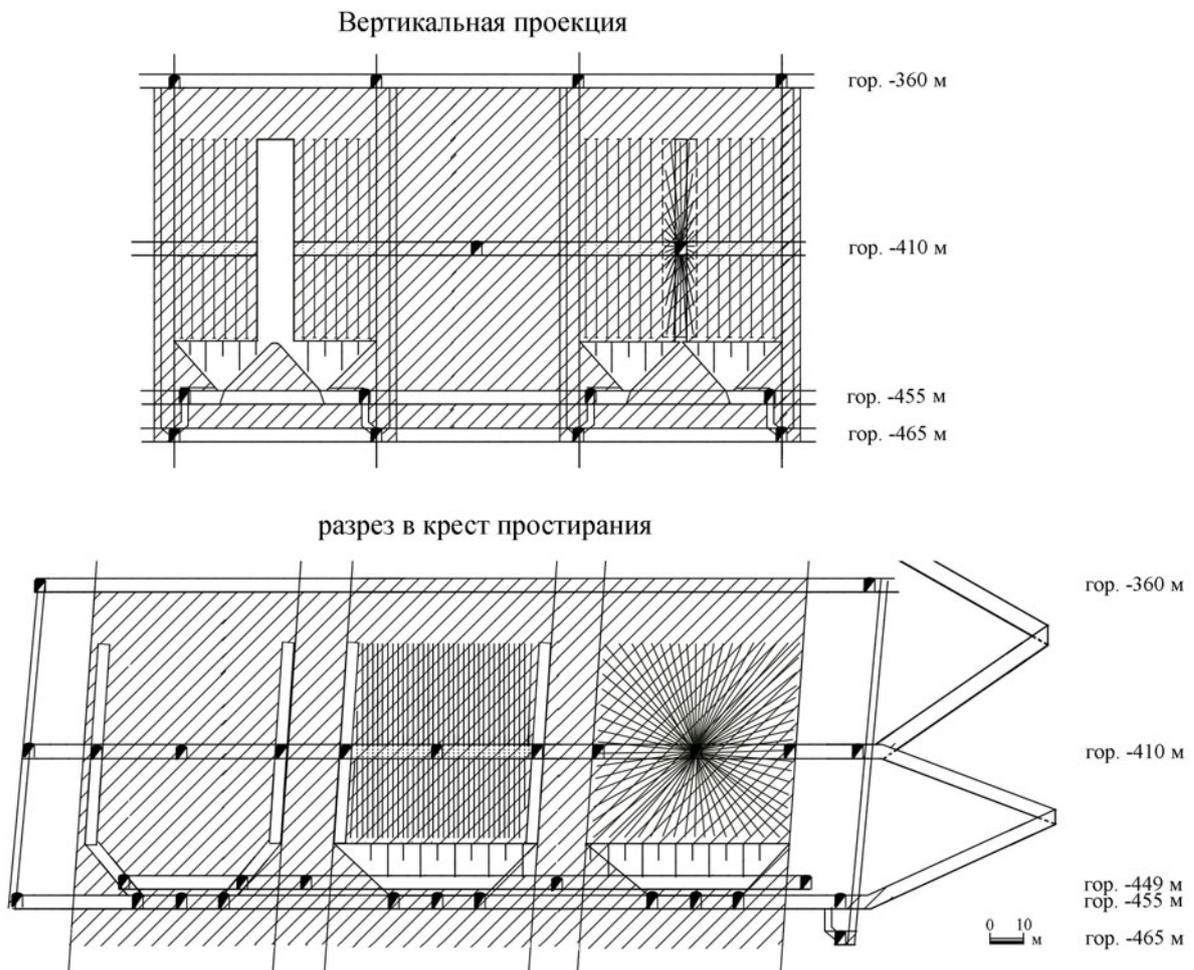


Рис. 2. Этажно-камерная система разработки с оставлением целиков и отбойкой руды вертикальными веерами глубоких скважин: 1 – очистной блок I-й очереди (камера); 2 – откаточный штрек; 3, 4 – восстающий, соответственно, вентиляционно-ходовой, рудоперепускной; 5, 10 – доставочный штрек; 6 – погрузочные камеры; 7 – траншейная подсечка; 8 – очистной блок II-й очереди (целик); 9 – вертикальная компенсационная камера; 11 – спиральный съезд; 12 – веера глубоких скважин массового обрушения массива; 13 – отрезной траншейный орт; 14 – отрезной восстающий.

На основании выполненных расчетов установлено, что предельно допустимые значения камеры составляют: ширина 70 м, длина 120 м, высота 73 м, толщина потолочины 12 м,

междукамерного целика – 7 м. Для проектируемой системы разработки из технологических соображений, а также учитывая накопленный опыт применения данного класса систем рекомендуется принять следующие параметры камеры: ширина – 60 м, длина – 60 м, высота – 73 м, толщина горизонтальной потолочины 15 м, ширина междукамерных целиков 15–20 м. Согласно методике НИГРИ, данные геометрические параметры этажно-камерной системы с МБЦ обеспечат устойчивость отработанных камер на весь период сохранения северо-восточного борта Первомайского карьера в районе отметки +31 м.

Подготовка блока к очистной выемке начинается с проведения откаточных и транспортных штреков, расположенных в висячем и лежачем боках рудной залежи, ортов-заездов, вентиляционных сбоек, блоковых вентиляционно-ходовых восстающих, разгрузочных камер, буровых выработок и рудоперепускного восстающего. Очистные работы состоят из нескольких последовательно выполняемых операций, а именно: образования погрузочных камер, траншейной подсечки, формирования компенсационной камеры, непосредственно отбойки камерного запаса и его выпуска.

Конструкция днища блока для повышения устойчивости и ликвидации зависаний принимается в виде траншеи. Применение предлагаемой конструкции днища позволит повысить устойчивость сопряжения выпускной выработки с доставочной, снизить частоту зависаний некондиционных кусков при выпуске в 2–3 раза, а также увеличить производительность труда на выпуске руды.

Компенсационная камера шириной 15–20 м формируется в средней части блока буровзрывным способом путем последовательной отбойки вееров глубоких скважин на отрезную щель шириной 4–6 м. Обрушение массива в каждой части блока осуществляется круговыми веерами глубоких скважин на компенсационную камеру по традиционной технологии с применением импортной техники.

Достоинством данного варианта, является возможность ведения отработки запасов независимо в нескольких блоках (панелях), низкие показатели засорения руды, высокая производительность труда рабочих, сохранение дневной поверхности.

К недостаткам можно отнести значительные потери руды в междублоковых, междупанельных и междуэтажных целиках.

Этажное принудительное обрушение. Данная система разработки рекомендуется при отработке рудных площадей залежи «Южная», расположенных за пределами охранного целика борта карьера. Месторождение по простиранию делится на выемочные блоки шириной по 60 м каждый. В свою очередь блок делится на выемочные панели шириной по 30–60 м. После чего выполняется весь комплекс подготовительно-нарезных работ в выемочной панели. Затем в нижней части блока формируют траншейную подсечку, в средней части блока буровзрывным способом образуют компенсационную камеру (рис. 3).

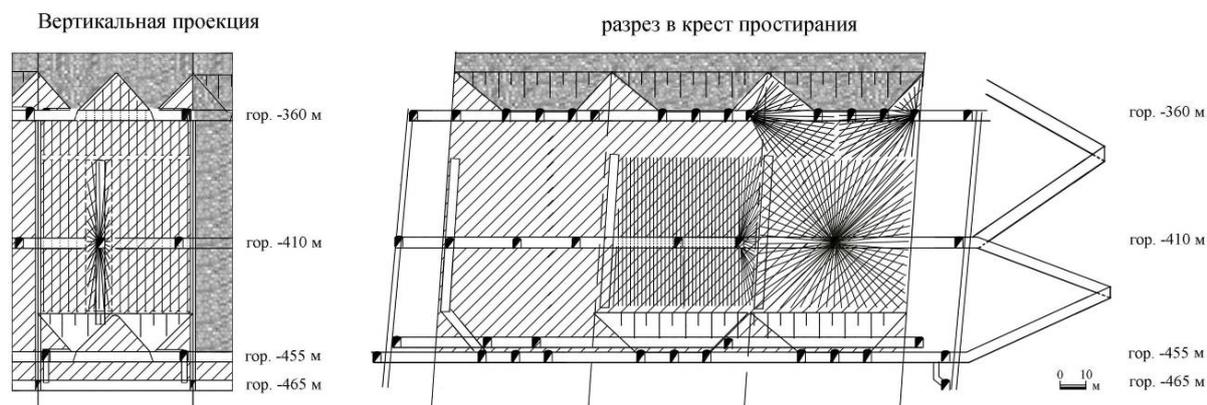


Рис. 3. Система этажного принудительного обрушения руды и налегающих пород вертикальными веерами глубоких скважин: 1 – обрушенная порода; 2 – откаточный штрек; 3, 4 – восстающий, соответственно, вентиляционно-ходовой, рудоперепускной; 5, 10 – доставочный штрек; 6 – погрузочные камеры; 7 – траншейная подсечка; 8 – буровой штрек; 9 – вертикальная компенсационная камера; 11 – спиральный съезд; 12 – веера глубоких скважин массового обрушения массива; 13 – отрезной траншейный орт; 14 – отрезной восстающий.

Разбуривание массива веерами глубоких скважин осуществляется из выработок бурового горизонта самоходными бурильными установками. Обрушение массива производят на сформированное ранее компенсационное пространство. Повышение эффективности буровзрывных работ достигается за счет использования скважин увеличенного диаметра (до 127 мм) и конструкций зарядов ВВ с повышенной энергоотдачей. Согласно выполненным расчетам, значение ЛНС для данных условий равно 4,3 м, расстояние между концами скважин в веерах составляет 4,7 м.

Для рассмотренных вариантов систем разработки этажного принудительного обрушения и этажно-камерной с оставлением целиков выполнены расчеты по определению основных технико-экономических показателей. Их результаты приведены в табл. 2.

Табл. 2. Техничко-экономические показатели по предлагаемым системам разработки

№	Название показателей	Ед. изм.	Этажно-камерная система	Система этажного принудительного обрушения
1.	Запас руды в блоке	тыс. т	1232,28	1232,28
2.	Расход подготовительно-нарезных работ	м/тыс. т	2,8	3,6
3.	Выход руды с 1 п. м. скважины	т/м	19,8	21,5
4.	Потери руды	%	27,0	12,0
5.	Засорение руды	%	4,5	15,4
6.	Коэффициент извлечения	%	0,77	0,97
7.	Производительность труда рабочего по системе	т/см	106,13	113,93
8.	Содержание железа в добытой рудной массе	%	37,30	35,81
9.	Расчетная себестоимость добычи руды (франко-люк) ^{*)}	грн./т	19,36	16,96

^{*)} – уровень стоимостных показателей принят по состоянию на 01.06.05 г.

Приведенные технико-экономические показатели по предложенным системам разработки носят укрупненный характер и не учитывают затраты на транспортирование руды к стволу, подъем, общешахтные затраты. Предложенные варианты систем разработки позволят значительно повысить производительность труда рабочего, как по отдельным операциям, так и по системе разработки в целом, по сравнению с традиционными технологиями, применяемыми на шахтах Криворожского бассейна.

Как показывает анализ эффективности применения современных средств механизации горных работ, производительность труда при использовании мощной самоходной техники в 3–4 раза превышает показатели, характерные для рудников с применением традиционной технологии и оборудования. Таким образом, есть все основания предполагать, что имеющие место на зарубежных и передовых отечественных предприятиях показатели будут достигнуты и при подземной отработке Первомайского месторождения.

В результате выполненных исследований по обоснованию целесообразной технологии подземной отработки Первомайского месторождения под северо-восточным бортом действующего Первомайского карьера можно сделать следующие выводы:

1. Технологические решения сориентированные на применение высокопроизводительных вариантов систем разработки и видов самоходного бурового, доставочного, транспортного оборудования, что обеспечит интенсивную отработку Первомайского месторождения с годовой производительностью 6–8 млн. т на подземных горных работах.
2. Учитывая, что объектом разработки шахты «Первомайская» и Первомайского карьера является одно месторождение, обе добычные единицы являются структурными подразделениями одного предприятия, находятся в непосредственной близости друг от

друга и имеют сопоставимые отметки рабочих горизонтов, разработку месторождения следует вести с соблюдением принципов взаимоувязки основных технологических операций и горнотранспортных потоков подземных и открытых горных работ.

3. Успешное решение проблемы разработки Первомайского месторождения возможно за счет использования малозатратных технологических схем в структуре геотехнологической системы «карьер-шахта», которые предусматривают использование: камерных систем по схеме «камера-целик», высокопроизводительных систем разработки с обрушением руды, технологии с единым открыто-подземным пространством для доработки запасов под бортами и дном глубоких горизонтов карьера; высокопроизводительных и безопасных вариантов выпуска руды; концентрационных горизонтов с электровозной откаткой;
4. Применение камерных систем разработки с оставлением целиков и системы с обрушением руды, а также использованием импортной техники на подземных горных работах позволит интенсивно отработать месторождение до глубины 465 м в течении 10–12 лет (без выемки целиков).
5. Формирование и заполнение зоны обрушения с поверхности скальными вскрышными породами позволит сохранить северо-восточный борт Первомайского карьера (пост +31м), а также увеличить эксплуатационные площади для систем с обрушением до 141,5 м².

Библиографический список

1. Сторчак С. О., Щелканов В. О., Андреев Б. М. Безпечна технологія розробки запасів під бортом кар'єру системами з масовим обваленням // Охорона праці. – 1995. – № 2. – С. 6–8.
2. Комплексная разработка рудных месторождений / А. Д. Черных, В. А. Колосов, О. С. Брюховецкий и др. Под ред. А. Д. Черных. – К.: Техніка. 2005. – 376 с.
3. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных работ в Криворожском железорудном бассейне. – Л.:ВНИМИ, 1975.

© Андреев Б. Н., Письменный С. В., Бровко Д. В., Андреев Н. Б., Письменный И. А., Литвяк Б. И., 2008.