

УДК 622.261.5: 622.27

Н.И. СТУПНИК, д-р техн. наук, доц., Б.Н. АНДРЕЕВ, д-р техн. наук, проф.,
С.В. ПИСЬМЕННЫЙ, канд. техн. наук, доц.
ГВУЗ "Криворожский национальный университет"

ТЕХНОЛОГИЯ РАЗРАБОТКИ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ОТКРЫТО-ПОДЗЕМНЫМ СПОСОБОМ

Приведены результаты исследований по конструированию рациональных систем разработки на участках подземных работ при отработке железистых кварцитов под дном и бортами действующих карьеров Украины.

Проблема и ее связь с научной и практической задачей. Современное состояние горнодобывающей промышленности характеризуется большим объемом применения открытых горных работ, как имеющих лучшие технико-экономические показатели по сравнению с подземной отработкой месторождений. Однако ухудшение горнотехнических условий добычи с глубиной при одновременном росте энергозатрат приводит к уменьшению размеров рабочих площадок, увеличению углов рабочих бортов карьеров, увеличению площадей под внешние отвалы. Для уменьшения площадей отчуждаемых под внешние отвалы земель все чаще размещают вскрышные породы в выработанном пространстве карьеров вследствие чего консервируется значительная часть запасов. Их расконсервация после завершения очередного этапа отработки требует увеличения объемов вскрыши, что при ограниченной ресурсной базе инвестиций с длительным периодом возврата значительно ухудшает технико-экономические показатели открытого способа отработки.

Одним из направлений решения данной научно-технической проблемы является освоение комбинированной разработки с комплексным использованием открытого и подземного способов отработки месторождений. Последние десятилетия характеризуются интенсивным развитием научных изысканий в области строительства и эксплуатации подземных рудников в условиях влияния открытых горных работ с внедрением в производство результатов исследований в виде рекомендаций и технологических решений.

Однако необходимо учесть, что применение традиционных систем разработки, используемых при добыче природно-богатых руд, для отработки запасов природно-бедных руд (магнетитовых или железистых кварцитов) под дном и бортами карьеров неизбежно ведет к значительным потерям и засорению руды при недостаточной интенсивности извлечения запасов. Это зачастую не обеспечивает конкурентоспособность сырья, добываемого подземным способом.

Таким образом, изыскание рациональной технологии подземной отработки запасов для добычи природно-бедных руд под отвалами, дном и бортами действующих железорудных карьеров представляется весьма актуальной задачей, требующей незамедлительного решения.

Анализ исследований и публикаций. Анализ опыта работы ряда отечественных и зарубежных горнорудных предприятий по добыче природно-богатых руд с открытым способом разработки свидетельствует о наличии устойчивой тенденции к подземной доработке участков месторождений с благоприятными геотехнологическими условиями. Этим обусловлен переход некоторых рудников к ведению горных работ по более сложным технологическим схемам, которые, в частности, предусматривают применение наряду с открытыми горными работами (ОГР) подземного способа добычи [1]. Комбинированная открыто-подземная технология позволяет в течение длительного времени поддерживать производственные мощности горнодобывающих предприятий. Запаздывание с началом ее внедрения, как правило, приводит к ухудшению геотехнологической обстановки при последующей подземной выемке запасов месторождений.

Практический интерес представляет опыт работы ряда зарубежных рудников, повторно или совместно разрабатывающих крутопадающие месторождения подземным способом вблизи рудных карьеров. В перечне подобных рудников Ближнего зарубежья - Шерегешский, Бакальский, Гороблагодатский, Каула, Тишинский и др. [1,2]. Однако наиболее интересен опыт работы рудников Дальнего зарубежья - Кид Крик, Палабора, Озборн, Нозпаркерс, и др., применяющих современные технологии с использованием мощной горной техники [3-4].

Последовательность применения открытого и подземного способов разработки определяются с учетом требуемой производительности предприятия и специфики месторождения. При этом наиболее характерны два случая совмещения открытых и подземных горных работ (ПГР) во времени:

для доработки запасов месторождения после прекращения открытых горных работ;

для одновременной с открытыми работами интенсивной выемки запасов всего месторождения.

В зависимости от размещения в пределах месторождения шахтного и карьерного полей могут быть выделены три характерные схемы - с совмещением работ в одной вертикальной плоскости (ПГР - под карьером); с совмещением работ в горизонтальной плоскости (ПГР - в борту карьера) и схема с частичным совмещением как в вертикальной, так и горизонтальной плоскостях, табл. 1.

Таблица 1

Зарубежные рудники с совмещением открытых и подземных горных работ

Наименование предприятия	Страна	Совмещение подземных работ с открытыми	
		в пространстве	во времени
Кид Крик (<i>Kidd Creek</i>)	Канада	ПГР под дном карьера	После окончания ОГР
Финч (<i>Finsch</i>)	ЮАР		
Палабора (<i>Palabora</i>)	ЮАР		
Кановна Бел (<i>Kanowna Belle</i>)	Австралия	ПГР в борту карьера	Одновременно с ОГР
Озборн (<i>Osborne</i>)	Австралия		
Нозпаркерс (<i>Northparkes</i>)	Австралия		
Екати (Ekati)	Канада	ПГР под дном карьера	Одновременно с ОГР
Лак дес Айлес (<i>Lac des Iles</i>)	Канада		
Гразберг (<i>Grasberg</i>)	Индонезия		

Постановка задачи. Выбор вариантов систем разработки и их основных конструктивных элементов для условий отработки залежей комбинированным способом является не менее актуальным и существенным, чем при выборе систем для добычи природно-богатых железных руд исключительно подземным способом, поскольку производительность подземных горных работ и себестоимость добычи должны быть сопоставимы с показателями открытого способа. При этом крепость и устойчивость природно-бедных руд (железистые кварциты) позволяет увеличить размеры блоков, площади обнажения в очистных и компенсационных камерах, площади поперечного сечения подготовительных и нарезных выработок, что в свою очередь создает благоприятные условия для внедрения технологий с применением мощной буровой, погрузочно-доставочной и вспомогательной техники.

Выбор технологических параметров очистной выемки при подземной разработке железистых кварцитов основывается на следующих положениях: массовая отбойка значительных объемов руды в блоках для обеспечения бесперебойной работы при высокой производительности выпуска; концентрация выпуска отбитой рудной массы через минимальное количество выпускных отверстий большого поперечного сечения; поточность подготовки и отработки блоков с обеспечением непрерывного потока руды от очистных забоев до подземных дробильно-бункерных комплексов; независимость выполнения основных производственных операций на всех стадиях отработки блока; применение высокопроизводительного самоходного оборудования с высокой степенью автономности при проходке горных выработок, разбуривании массива глубокими скважинами, погрузке и доставке руды с одновременным сокращением объемов вспомогательных работ и обеспечением возможности их полной механизации.

Изложение материала и результаты. Выбор системы разработки определяют форма месторождения, наличие геологических нарушений, мощность и угол падения залежи, крепость руды и пород, показатели извлечения, производительность, себестоимость добычи и т. д. При проектировании систем разработки изначально осуществляется ориентация на применение высокопроизводительного оборудования зарубежных фирм "Atlas Copco" или "Sandvik Tamrock", а также на оптимальный уровень показателей извлечения.

Для бурения вееров глубоких скважин диаметром 87-127 мм и глубиной до 51 м принимаются буровые машины "Simba MUC", "Simba H4450" или "Colo 1520ЦР/Ф". Подсечка камеры производится путем взрывания на отрезную щель вертикальных вееров глубоких скважин. Погрузку отбитой руды предполагается осуществлять двумя способами: сдвоенными вибропита-

телями ВДПУ-4ТМ или ВВДР, погрузочно-доставочными машинами ST 14 или TORO 1250 с емкостью ковша 6,0 м³ в 50-тонные подземные автосамосвалы MT 5010 или TORO 50. Отбитая руда автосамосвалами транспортируется по штольне к перегрузочному узлу, расположенному в карьере, или по квершлагу к главному стволу, рис. 1.

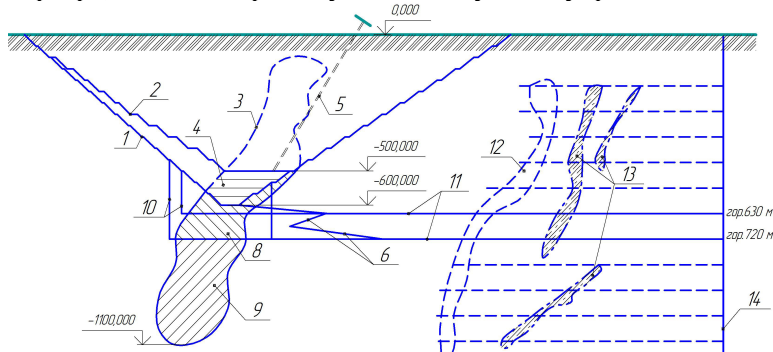


Рис. 1. Схема вскрытия запасов месторождения комбинированным способом: 1, 2 - контур карьера соответственно граничный и рабочий; 3, 12 - отработанные запасы соответственно открытым и подземным способами; 4, 8, 9 - запасы, подлежащие отработке соответственно открытым, комбинированным и подземным способами; 5 - тракт ЦТТ; 6 - наклонный спиральный съезд; 10 - вентиляционные выработки; 11 - откаточный горизонт; 13 - залежи железистых кварцитов

Схемы грузопотоков зависят от развития горных работ, а также существующих транспортных коммуникаций, [5, 6]. Исходя из вышесказанного, для отработки залежей железистых кварцитов в бортах действующих карьеров рассмотрим наиболее пригодные к применению варианты систем разработки железистых кварцитов подземным способом.

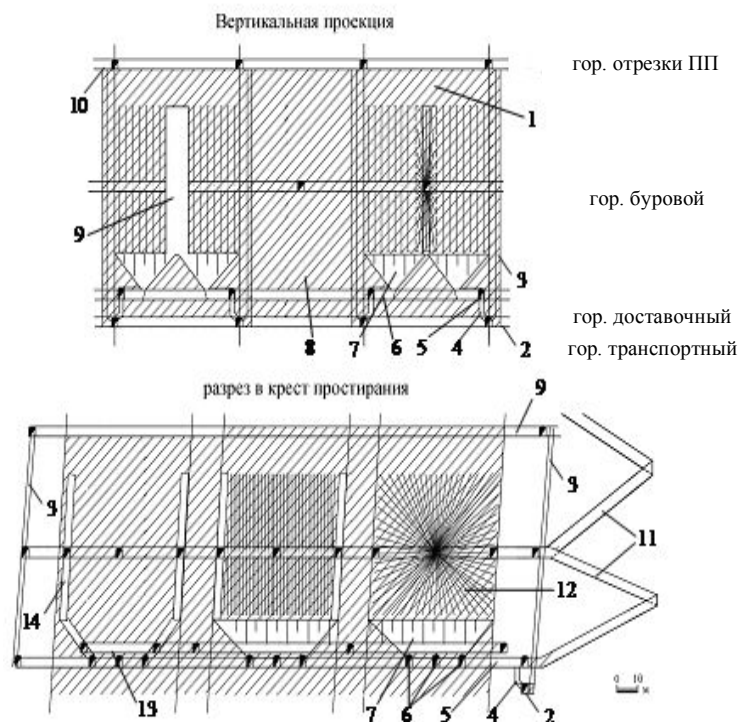


Рис. 2. Этажно-камерная система разработки с оставлением целиков: 1 - очистной блок I-й очереди (камера); 2 - откаточный штрек; 3, 4 - вентиляционно-ходовой и рудоперепускной восстающие; 5, 10 - доставочные штреки; 6 - погрузочные камеры; 7 - траншейная подсечка; 8 - очистной блок II-й очереди (целик);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

Этажно-камерная система разработки. Как правило, применяется для отработки мощных крутопадающих месторождений с устойчивыми вмещающими породами с сохранением дневной поверхности. Пример использования - добыча железистых кварцитов в условиях Криворожского железорудного бассейна (ш. Гигант-Глубокая рудоуправления им. Ф.Э. Дзержинского).

Сущность данной системы заключается в следующем. Месторождение по простиранию делится на выемочные блоки длиной по 60 м каждый и высотой 105-140 м, рис. 2.

Выемочные блоки в свою очередь делятся на панели шириной по 60 м каждая (вкрест простирания). Количество одновременно работающих панелей определяется объемами добычи предпри-

яття и параметрами устойчивости руд, вмещающих пород и составляет 2-6 шт. Между блоками и выемочными панелями оставляются целики. Обработка месторождения осуществляется по схеме камера-целик, поэтому ширина междублокового целика (МБЦ) принимается равной ширине панели. Параметры межпанельных целиков уточняются расчетами их устойчивости по известным методикам.

Подготовка блока к очистной выемке начинается с проведения откаточных и транспортных штреков, расположенных в висячем и лежащем 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. Достоинством данного варианта, является возможность ведения обработки запасов независимо в нескольких блоках (панелях), низкое засорение руды, высокая производительность труда, сохранение бортов карьера и дневной поверхности. К недостаткам можно отнести значительные потери руды в междублоковых, междупанельных и междуэтажных целиках.

Этажно-камерная система разработки с ограждающими наклонными междукамерными целиками и заполнением камер обрушенными породами. Для увеличения удельного веса камерных запасов предлагается усовершенствованный вариант камерной системы с оставлением наклонных ограждающих междукамерных целиков и заполнением камер обрушенными (вскрышными) породами, рис. 3.

Сущность данной системы заключается в следующем. Месторождение по простиранию в пределах этажа делят на первичные и вторичные очистные камеры трапециевидной формы. В пределах участка обрабатываются первичные камеры.

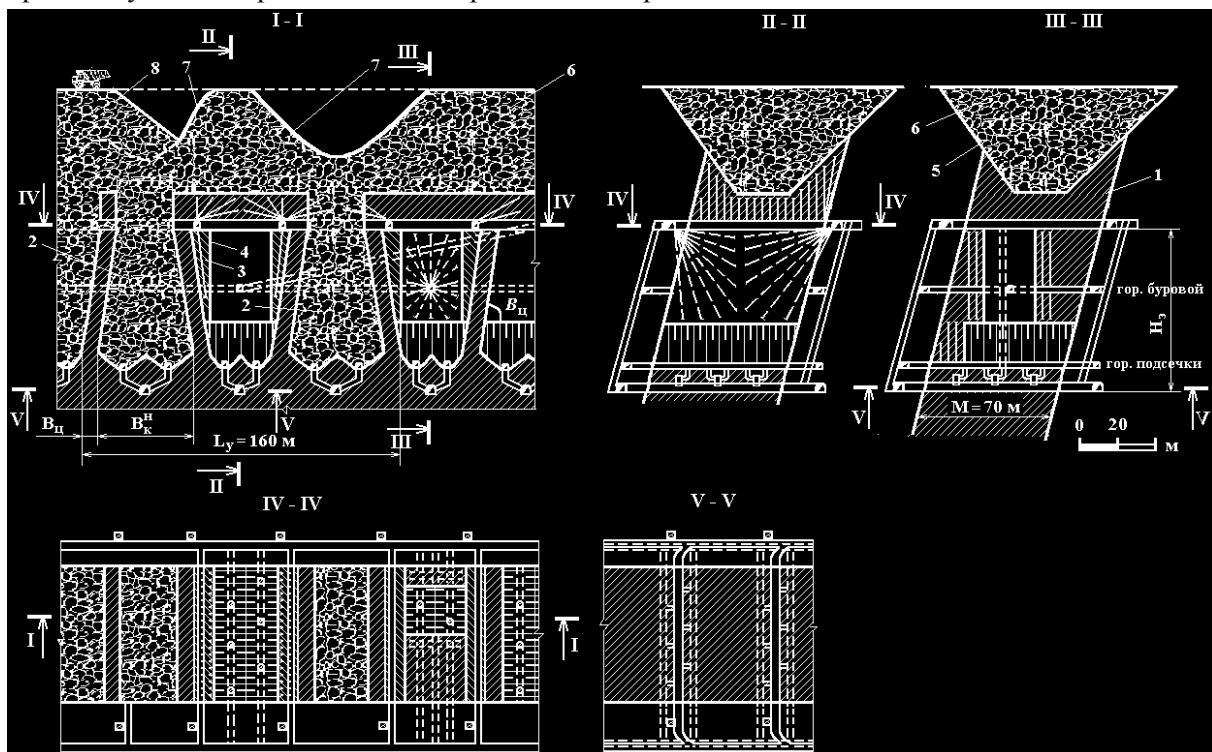


Рис. 3. Этажно-камерная система разработки с наклонными целиками: 1 - рудная залежь; 2 - первичная очистная камера; 3 - вторичная очистная камера; 4 - контур камеры; 5 - контур отработанного карьера; 6 - внутренний отвал вскрышных пород; 7 - воронка от обрушения потолочины; 8 - засыпка воронки обрушения

После извлечения запасов из двух первичных камер производится массовое обрушение потолочины и заполнение выработанного пространства вскрышными породами. Затем обрабатывают аналогичным способом вторичную очистную камеру. С целью увеличения удельного веса камерных запасов, извлекаемых практически без потерь и разубоживания, предлагается оставлять наклонные под углом 75 град. ограждающие междукамерные целики, предотвращающие попадание обрушенных пород из первичной камеры во вторичную.

Система этажного принудительного обрушения с применением барьерных подвижных целиков. Разработанный вариант системы этажного принудительного обрушения руды под "плавающей" потолочиной, отличается от известных способами подготовки блока, отработки и выпуска, в том числе: отбойкой руды на горизонтальную траншейную подсечку и вертикальную компенсационную камеру, отбойкой веерами параллельно-сближенных глубоких скважин, выпуском и доставкой руды самоходной техникой.

Геометрические параметры системы этажно-принудительного обрушения: высота этажа 105 м, длина блока 120 м, ширина – 40 м. Выемочный блок вкрест простирания делится на панели длиной и шириной равной 40 м. Предложенная технология представлена на рис.4.

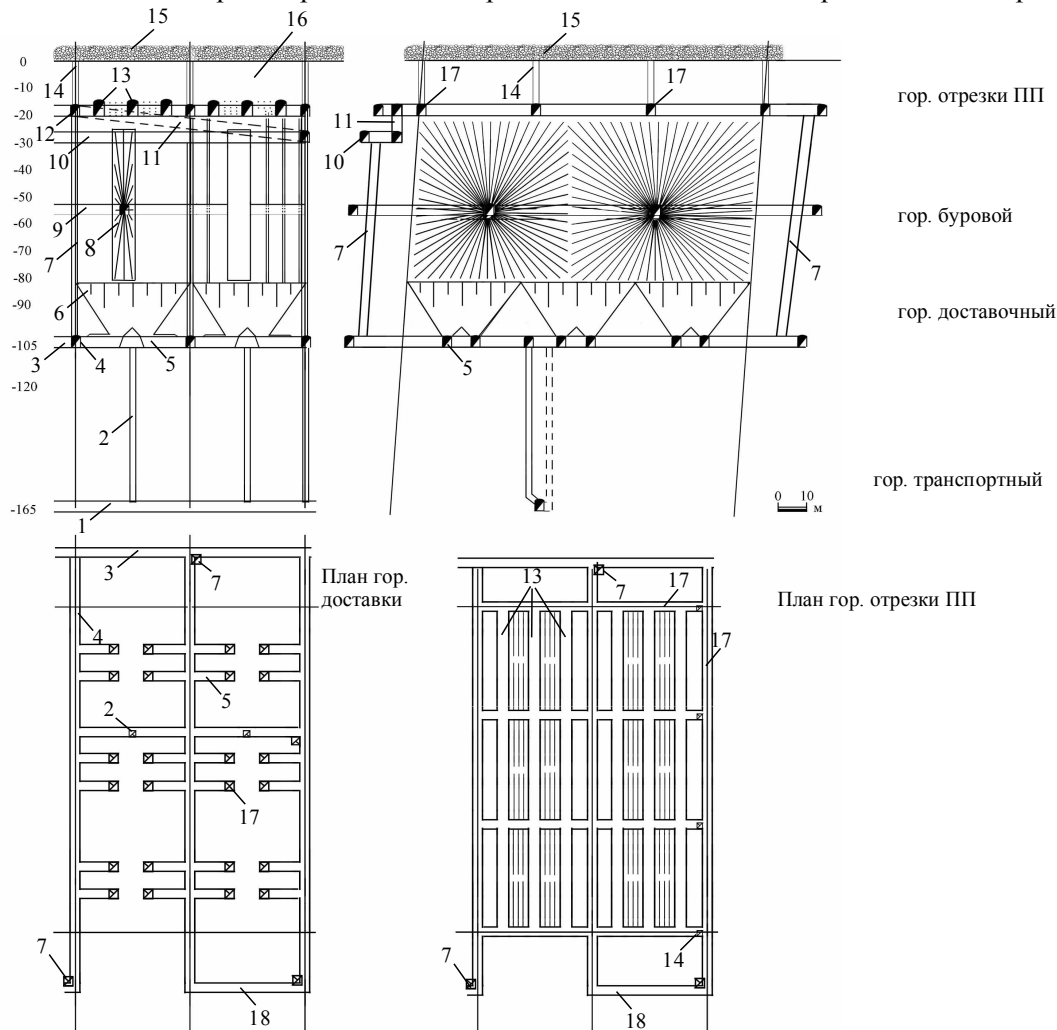


Рис. 4. Система этажного принудительного обрушения руды с применением «плавающей» потолочиной с защитными выступами: Условные обозначения приведены по тексту

Подготовка блока к очистной выемке начинается с проведения ортов-заездов 4, вентиляционных сбоек, блоковых вентиляционно-ходовых восстающих 7, погрузочных 5 и разгрузочных камер, буровых выработок 9, 17 и рудоперепускного восстающего 2, расположенного в центре блока. Орты-заезды проходятся из доставочной штольни 3 гор. -105 м. В лежачем боку орты сбиты вентиляционными сбойками.

Очистные работы состоят из нескольких последовательно выполняемых операций, а именно: образования погрузочных камер 5, траншейной подсечки 6, формирования компенсационной камеры 8, образования из рудного массива "плавающих" потолочин 16, отбойки руды в камере и ее выпуска.

Для повышения устойчивости и ликвидации зависаний днище блока формируется в виде траншеи. Предлагаемая конструкция позволит повысить устойчивость сопряжений выпускных выработок с доставочными, снизить частоту зависаний некондиционных кусков при выпуске в 2-3 раза.

Компенсационная камера 8 формируется в средней части панели буровзрывным способом путем последовательной отбойки вееров глубоких скважин на отрезную щель.

«Плавающая» потолочина 16 формируется буровзрывным способом из рудного массива в верхней части выемочной панели, над которой расположен внутренний отвал вскрышных пород 15. Для этого из вентиляционной штольни 10 гор. -30 м проходится наклонный съезд 11 на буровой орт гор. -20 м.

Из бурового орта проходятся буровые штреки 17. Из них через 8-10 м пройдены компенсационные орты 13, между которыми расположены временные целики. Временные целики разбуриваются горизонтальными параллельно-сближенными скважинами. "Плавающая" потолочина (ПП) формируется за счет проходки отрезных 12 буровых 17 и восстающих 14 выработок. После отрезки ПП по периметру разрушают временные целики на компенсационные орты 13 и далее производится обрушение всего камерного запаса блока.

Обрушение массива в каждой части блока осуществляется параллельно-сближенными веерами глубоких скважин на компенсационную камеру по традиционной технологии с применением самоходной техники. Выпуск и доставка руды осуществляется по схеме (погрузочно-доставочная машина - автоматический шахтный люк - подземный автосамосвал).

Погрузочно-доставочная машина черпает руду в погрузочной камере, доставляет ее в разгрузочную камеру гор. -105 м. Далее по рудосвалочному восстающему 7 руда перепускается на транспортную штольню, расположенную на нижележащем горизонте (гор. -165 м), где грузится с помощью автоматического шахтного люка (АШЛ-1) в подземный автосамосвал и транспортируется на перегрузочный склад, находящийся в карьере.

Выводы. Таким образом, для успешного развития горнорудной промышленности Днепропетровского региона является внедрение современных высокопроизводительных технологий на базе зарубежной техники.

Предложенные варианты систем разработки для участков месторождений, обрабатываемых подземными горными работами, позволят поддержать производственные мощности горно-обогатительных комбинатов, а при необходимости - нарастить их на 5-15 млн.т в год без дополнительных затрат на вскрышные работы. Кроме того, технические решения рассмотренных технологий могут как полностью, так и частично быть использованы при моноотработке месторождений подземным способом. Весьма перспективной представляется камерная система разработки с наклонными целиками, позволяющая значительно снизить количество остающейся в целиках руды, что особенно важно при добыче природно-богатых руд.

Список литературы

1. **Сторчак С.А.** Влияние технологии подземных работ на использование минеральных ресурсов при открыто-подземной разработке месторождений / **С.А. Сторчак, В.А. Щелканов, Б.Н. Андреев** // Комплексное изучение и эксплуатация месторождений полезных ископаемых. – Новочеркасск: НГТУ, 1995. – С. 32 – 37.
2. **Щелканов В.А.** Комбинированная разработка месторождений / **В.А. Щелканов, С.А. Сторчак** // Кривой Рог: КТУ, 1996. – 293 с.
3. <http://www.infomine.com/minesite/>
4. <http://www.mining-technology.com/projects/>
5. Разработать технико-экономическое обоснование открыто – подземного способа доработки балансовых запасов Анновского карьера: Отчет о НИР (заключительн.) № ГР 0102U005445/ Криворожский технический университет. - № 1-383-02. – КТУ, 2003. – 103 с.
6. **Щелканов В.А.** Технологические схемы подземной отработки запасов под внутренними отвалами карьеров/ **В.А. Щелканов, Б.Н. Андреев, С.В. Письменный** //Проблемы и перспективы развития подземной геотехнологии в XXI веке: Материалы межд. конфер. – Екатеринбург: УГГА, 2001. – С. 90-95.

Рукопись поступила в редакцию 23.03.12

УДК 622.235: 622.271

В.Д. СИДОРЕНКО, Е.А. НЕСМАШНЫЙ, доктора техн. наук, проф.,

К.А. ФЕДИН, ст. преподаватель, ГВУЗ «Криворожский национальный университет»

К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ЦИКЛИЧНО-ПОТОЧНОЙ ТЕХНОЛОГИИ НА КРИВОРОЖСКИХ КАРЬЕРАХ

Оценено влияние взрывных работ на эффективность использования циклично-поточной технологии на Криворожских карьерах. Приведена методика и результаты определения скорости детонации взрывчатого вещества в скважинном заряде с помощью волоконно-оптической технологии регистрации светового импульса.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. В настоящее время практически на всех Криворожских карьерах используется циклично-поточная технология выдачи