

УДК 622.271:504.06

П.И. КОПАЧ, канд. техн. наук, ст. науч. сотр., заместитель заведующего отделом экологических основ технологий природопользования Института проблем природопользования и экологии НАН Украины, г. Днепропетровск, Украина

Л.В. ЯКУБЕНКО, канд. техн. наук, старший научный сотрудник отдела экологических основ технологий природопользования Института проблем природопользования и экологии НАН Украины, г. Днепропетровск, Украина

А.А. СОВА, канд. техн. наук, доцент, заведующий научным отделом Государственного предприятия «Научно-исследовательский горнорудный институт», г. Кривой Рог, Украина

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ОТРАБОТКИ БОРТОВ КАРЬЕРОВ С НАРУШЕННОЙ УСТОЙЧИВОСТЬЮ МАССИВОВ ГОРНЫХ ПОРОД*

Обоснована необходимость и разработаны технологические схемы отработки бортов карьеров, устойчивость массивов горных пород которых нарушена подземными горными выработками.

Ключевые слова: минерально-сырьевые ресурсы, потерянные и разубоженные руды, устойчивость массивов горных пород, технологические схемы.

Вступление

Одной из самых сложных проблем при реализации идей устойчивого развития является обеспечение прав будущих поколений на природные ресурсы [1].

Увеличение масштабов промышленного производства, стремительно происходившее в Украине в 50-80 годы XX столетия, сопровождалось вовлечением в хозяйственный оборот все большего количества минерального сырья. Наличие больших запасов полезных ископаемых, несовершенство технологий добычи и переработки руд привело к избирательному их извлечению, в результате чего значительный объем минерального сырья, иногда до 40-50 %, остался в недрах Земли и считается потерянным [2,3].

В условиях роста цен на минеральное сырье и значительного истощения «богатых» источников полезных ископаемых возникла проблема повторной открытой разработки крутопадающих месторождений, эксплуатация которых ранее осуществлялась подземным способом.

Как показывает практика работы десяти рудников, в зонах обрушения шахт находится более 30 % неотработанных запасов бога-

тых руд, которые перешли в разряд потерянных. На основе ранее проведенных исследований установлено, что повторная разработка потерянных руд открытым способом является наиболее актуальной для месторождений рудников им. Дзержинского, им. Карла Либкнехта, им. Кирова и «Ингулец».

Так, например, только по данным маркшейдерских отделов шахт, входящих в состав рудника им. Дзержинского, в зонах его обрушения находится 100 млн т неизвлеченной руды с содержанием железа 46,3-58,14 % [2].

Кроме того, как показывают данные лабораторных исследований [2], в зонах обрушения шахтных полей рудника «Ингулец» осталось 13868,2 тыс. т неизвлеченных запасов богатых руд с 62 % содержанием железа и более 30000 тыс. т выщелоченных джеспитов, которые можно использовать для получения чугуна.

Для принятия решения о целесообразности повторной открытой разработки месторождений, эксплуатируемых рудниками им. Карла Либкнехта и им. Кирова, необ-

ходимо проведение более детальных исследований, так как потерянные запасы железорудного сырья находятся в зонах активного обрушения.

Анализ существующего опыта освоения таких месторождений показывает:

1. Выполненные до настоящего времени научно-исследовательские работы, относящиеся к освоению безвозвратно потерянных минеральных ресурсов, посвящены в основном постановочным вопросам.

2. Совершенно не рассмотрены особенности выбора и обоснования технологий разработки крутопадающих месторождений с нарушенной устойчивостью массивов горных пород.

3. Существующие технологические схемы открытой разработки крутопадающих месторождений мало или совсем не пригодны для повторного освоения месторождений, эксплуатируемых ранее подземным способом.

Основным препятствием освоения месторождений с нарушенной устойчивостью массивов горных пород является отсутствие специальных технологических схем, обеспечивающих эффективное и безопасное ведение горных работ в условиях возможности неоднократного возникновения нештатных аварийных ситуаций в рабочей зоне карьера, обусловленных спецификой эксплуатации таких месторождений.

В этой связи, применяемые технологические схемы для отработки таких массивов должны:

- обеспечить заданную производительность карьера по добычным и вскрышным работам;

- обеспечить минимальную концентрацию горного оборудования в рабочей зоне карьера;

- вывести процесс вскрытия и подготовки выемочного слоя из потенциально опасной зоны, а также удалить вскрывающие и подготовительные выработки как можно дальше от неё;

- иметь дублированные и независимые грузотранспортные коммуникации на каждом выемочном слое;

- снизить дальность транспортирования в рабочей зоне карьера.

Проведенные предварительные исследования показали, что результативное решение указанных выше задач возможно только при

принятии нестандартного решения – сформировать рабочую зону карьера наклонными выемочными слоями, угол наклона которых равен руководящему углу наклона транспортных коммуникаций, а их высота – определяется параметрами экскавационного оборудования.

Сущность разработанной технологической схемы, предназначенной для расконсервации и отработки бортов карьера, устойчивость массива горных пород которых ослаблена подземными горными выработками, представленной на рисунке 1, заключается в следующем.

Для обеспечения безопасной эксплуатации месторождений с нарушенной устойчивостью породного массива горную массу, заключенную в контурах борта карьера, отработывают наклонными выемочными слоями, которые сочетают в себе функции выемочных слоев и транспортных коммуникаций. При этом рабочая зона расконсервируемого борта карьера формируется поперечными добычными блоками, которые являются верхним основанием наклонных вскрывающих выработок, и диагональными блоками, образующимися при разносе боковых сторон этих выработок.

В период основного срока разбортовки карьера вскрытие и подготовка наклонных выемочных слоев к их отработке осуществляется не в самой нижней части борта карьера, как это общепринято при существующих способах отработки крутопадающих месторождений, а в самой верхней части борта карьера, расположенного в противоположном торце. В этом случае нарезка нового наклонного слоя осуществляется путем проходки горизонтальной бермы и разрезной траншеи для организации движения транспортных средств. Отработка наклонных слоев осуществляется поперечными блоками с горизонтальной установкой экскаваторного оборудования.

При таком формировании рабочей зоны на борту карьера достигается необходимая рассредоточенность горного оборудования (расстояние между поперечными экскаваторными блоками составляет 350-400 м).

Кроме того, так как разбортовка осуществляется наклонными слоями, то: во-первых, поперечный блок наклонной плоскости постепенно приближается к возможным пустотам, образованным подземными

работами, вследствие чего сдвигание горных пород может произойти не по всей площади выемочного слоя, а только в самой нижней точке. В этом случае объем разведочного бурения с установкой датчиков наблюдения за состоянием горного массива резко снижается.

Во-вторых, в связи с тем, что угол наклона выемочных слоев равен руководящему углу наклона транспортных коммуникаций, то устраняется необходимость не только дублирования, но и проведения их вообще, так как, по сути, вся площадь наклонных слоев является транспортными коммуникациями. В этом случае сдвигание горных пород и, как следствие, образование воронок обрушения, не вызывает полной остановки производственных процессов в карьере. Следующим положительным моментом совмещения функциональности выемочного слоя с транспортными коммуникациями является обеспечение сокращения длины транспортных коммуникаций в рабочей зоне карьера, так как транспортное средство из экскаваторного забоя к пункту разгрузки перемещается по кратчайшему пути.

Немаловажным достоинством этой технологической схемы является то, что в случае возникновения аварийной обстановки (сдвигание горных пород, повлекшее образование воронок обрушения в любой части обрабатываемого борта карьера), производственная деятельность не будет полностью заблокирована. В этом случае

производство горных работ будет остановлено только в той части рабочей зоны, где произошло образование воронок обрушения.

Эффективность разработанной технологической схемы, рабочая зона которой сформирована наклонными выемочными слоями, рассмотрена на примере отработки восточного борта карьера № 1 ПАО ЦГОКа.

В настоящее время карьером № 1 ПАО ЦГОКа разрабатываются магнетитовые кварциты первого $K^{1ж}_2$, второго $K^{2ж}_2$ и четвертого $K^{2ж}_2$ железистых пластов Саксаганской антиклинали. При глубине карьера 500 м его длина составит 4000 м, а ширина – 1700 м. Карьер расположен в зонах сдвигания горных пород и земной поверхности бывших рудников им. Фрунзе, им. Коминтерна и им. К. Либнехта. С углублением карьера и расширением его границ все большая его часть оказывается в зонах возможного воронкообразования. Наибольшая опасность при углублении карьера до глубины 500 м может возникнуть при разное восточного борта, поскольку он находится в зоне влияния подземных выработок бывшего рудника им. Коминтерна и частично рудника им. Фрунзе.

Расконсервацию и отработку восточного борта предусматривается осуществить наклонными выемочными слоями (угол наклона которых равен 70%) в соответствии с технологической схемой, представленной на рисунке 1.

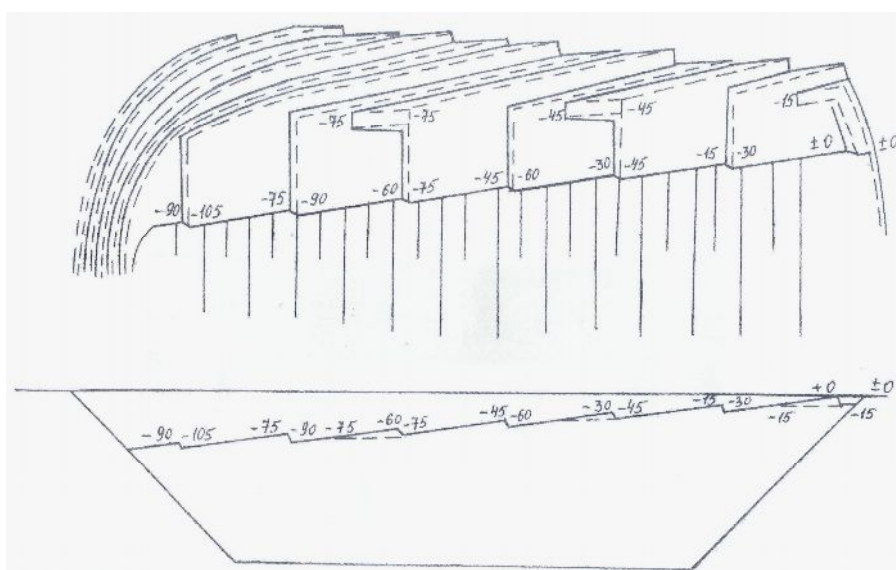


Рисунок 1 – Технологическая схема отработки бортов карьеров с нарушенной устойчивостью массивов горных пород

Выемочно-погрузочные работы при расконсервации восточного борта осуществляются карьерными экскаваторами ЭКГ-8И. Наклонные выемочные слои обрабатываются поперечными экскаваторными блоками с горизонтальной установкой экскаваторного оборудования.

Транспортирование вскрыши производится автосамовалами грузоподъемностью 120-130 т непосредственно в отвал или на перегрузочные пункты, руды – на перегрузочные пункты. Транспортирование горной массы с перегрузочных пунктов осуществляется железнодорожным транспортом на

тепловозной тяге по существующим выездным траншеям. С перегрузочных пунктов руда транспортируется на фабрику, а вскрышные породы – в отвалы.

На основе исследований, проведенных ИПШЕ НАН Украины, разработан план горных работ Глееватского карьера, подтверждающий целесообразность формирования рабочей зоны восточного борта наклонными слоями и обеспечивающий извлечение плановых объемов горной массы в условиях возможного возникновения зон обрушения (рисунок 2).



Рисунок 2 – План горных работ Глееватского карьера при формировании рабочей зоны восточного борта наклонными слоями: выделено подземные пустоты, выработки, зоны возможного обрушения

На рисунке 3 представлен общий вид Глееватского карьера. Объем производства вскрышных и добычных работ по отработке восточного борта карьера наклонными и горизонтальными слоями согласно «ГЭО определения дальнейшего способа разработки Глееватского карьера с отработкой балансовых запасов до глубины 500 м» представлен в таблице 1.

Сравнительный анализ режимов горных работ по отработке восточного борта карьера (рисунок 4) показывает, что при формировании рабочей зоны наклонными и горизонтальными

слоями (классическая технологическая схема) на протяжении первой трети срока отработки борта меньший объем производства вскрышных работ (при равном уровне добычи полезного ископаемого) соответствует технологической схеме, которая осуществляет отработку горных пород наклонными слоями (рисунки 2-3).

Разница в динамике вскрышных работ этих вариантов в горно-капитальный период достигает 4-5 млн м³ при снижении средней дальности транспортирования горной массы на 1,3 - 1,5 км на каждом горизонте.

Таблица 1. Объем производства горных работ по отработке восточного борта карьера согласно «ТЭО определения дальнейшего способа разработки Глееватского карьера с отработкой балансовых запасов до глубины 500 м»

Отметка слоя	Накл. слоями на юг		Отметка гор-та	Гориз. слоями	
	Руда, тыс. т	Вскрыша, тыс. м ³		Руда, тыс. т	Вскрыша, тыс. м ³
+166 ÷ +082		4808,6	+105P		
+070		2 294,9	+095P		
+058		3 899,6	+085P		632,9
+046		4 903,3	+075P		1 306,9
+034		6 060,9	+065P		2 211,7
+022		7 425,6	+055P		3 027,3
+010	6,6	8 983,4	+040P		4 310,7
- 002	69,3	10 737,3	+025P		5 998,9
- 014	265,8	12 698,0	+010P		8 107,9
- 026	681,3	14 598,3	- 005P		10 304,9
- 038	1 297,5	16 595,9	- 020P	7,7	12 809,8
- 050	2 036,6	18 647,8	- 035P	170,7	15 538,0
- 062	2 826,5	20 708,9	- 050P	521,0	18 510,6
- 074	3 729,9	22 808,1	- 065P	1 296,5	21 216,1
- 086	4 741,9	24 928,3	- 080P	2 386,1	24 003,4
- 098	5 913,9	27 043,7	- 095P	3 708,2	26 415,9
- 110	7 250,4	29 151,4	- 110P	5 610,7	28 799,3
- 122	8 653,2	31 066,1	- 122P	7 535,4	30 388,1
- 134	9 959,5	32 944,2	- 134P	9 831,7	31 861,5
- 146	11 593,3	34 719,1	- 146P	12 796,8	33 292,5
- 158	13 717,4	36 539,0	- 158P	14 675,7	34 909,9
- 170	16 324,2	38 267,3	- 170P	17 062,5	36 594,0
- 182	19 198,1	39 941,0	- 182P	19 630,1	38 392,3
- 194	22 465,4	41 495,8	- 194P	22 198,0	40 052,8
- 206	26 339,4	42 838,4	- 206P	25 131,7	41 740,2
- 218	30 184,3	44 093,9	- 218P	27 955,4	43 498,9
- 230	33 800,4	45 284,5	- 230P	31 105,4	45 356,9
- 242	36 913,3	46 480,6	- 242P	33 770,3	47 356,8
- 254	39 515,1	47 807,8	- 254P	37 171,0	49 354,1
Всего	297 483,3	719 350,7		271 944,9	655 992,3
Коэф. вскрыши	2,418			2,412	

Снижение объема производства вскрышных работ и дальности транспортирования горной массы обеспечит снижение себестоимости добычи полезного ископаемого, что особенно важно в начальный период расконсервации борта карьера.

Таким образом, разработанные технологические схемы отработки бортов карьеров с нарушенной устойчивостью массивов горных пород, решают поставленные задачи.

Кроме того, они являются ярким примером того, как можно существенно увеличить минерально сырьевую базу, вовлекая в разработку подработанные подземными работами участки месторождений, минеральное сырье которых ранее считалось безвозвратно потерянным. Всё это будет способствовать рациональному функционированию природно-ресурсной составляющей стратегии устойчивого развития.



Рисунок 3 – Общий вид Глееватского карьера (ЦГОК №1) при формировании рабочей зоны восточного борта наклонными слоями

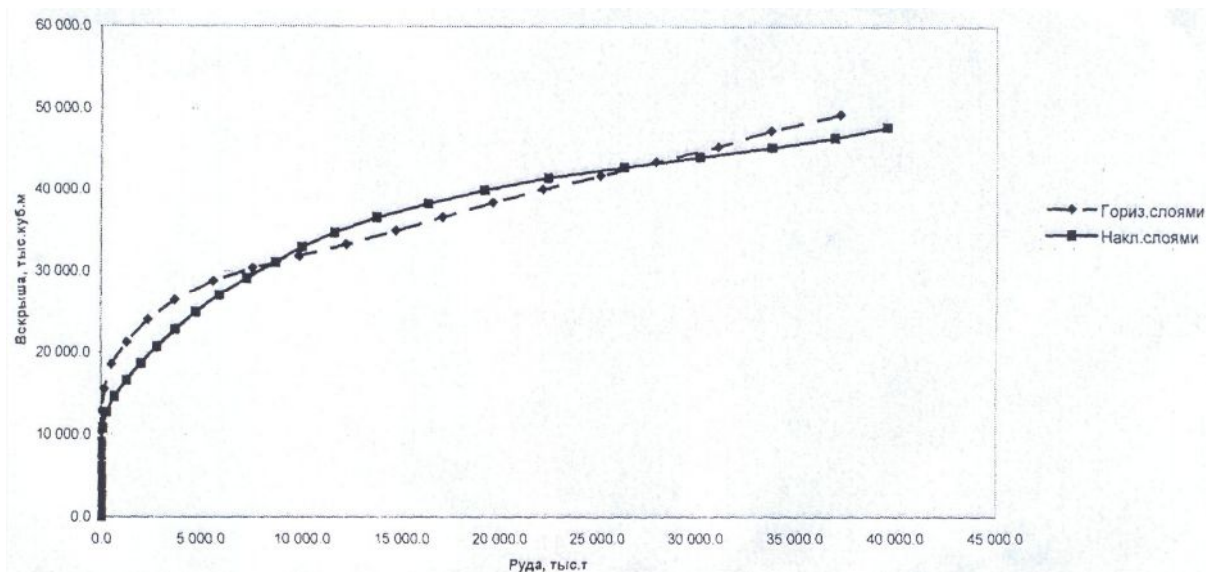


Рисунок 4 – График режимов горных работ при формировании рабочей зоны борта карьера наклонными и горизонтальными слоями согласно «ТЭО определения дальнейшего способа разработки Глееватского карьера с отработкой балансовых запасов до глубины 500 м»

Перечень ссылок

1. Шапар А.Г. Про концепцію переходу України до сталого розвитку / А.Г. Шапар // Екологія і природокористування. – 2006. – №9. – С. 37-62.
2. Полищук А.К. Открытая повторная разработка железорудных месторождений / А.К. Полищук – К. : Вища школа, 1972. – 192 с.
3. Формирование и разработка техногенных железных и марганцевых руд. [А.Г. Шапарь, А.Ю. Вилкул, П.И. Копач, Л.В. Якубенко]; под ред. чл.-корр. НАН Украины А.Г. Шапаря. – Днепропетровск : Монолит, 2012. – 140 с.

*Стаття надійшла до редколегії 04.04.2013 р. російською мовою.
Стаття рекомендована членом редколегії канд. техн. наук М.А. Ємцем.*

П.І. КОПАЧ*, Л.В. ЯКУБЕНКО*, О.А. СОВА**

**Інститут проблем природокористування та екології НАН України,
м. Дніпропетровськ, Україна*

***Державне підприємство «Науково-дослідний гірничорудний інститут»,
м. Кривий Ріг, Україна*

ТЕХНОЛОГІЧНІ СХЕМИ ВІДПРАЦЮВАННЯ БОРТІВ КАР'ЄРІВ З ПОРУШЕНОЮ СТІЙКІСТЮ МАСИВІВ ГІРСЬКИХ ПОРІД

Обґрунтована необхідність і розроблені технологічні схеми відпрацювання бортів кар'єрів, стійкість масивів гірських порід яких порушена підземними гірничими виробками.

Ключові слова: мінерально-сировинні ресурси, втрачені і розубожені руди, стійкість масивів гірських порід, технологічні схеми.

P.I. KOPACH*, L.V. YAKUBENKO*, O.A. SOVA**

**Institute for Nature Management Problems and Ecology of National Academy
of Sciences of Ukraine, Dnipropetrovsk, Ukraine*

***State Enterprise "Scientific Research Institute of Mining", Krivoy Rog, Ukraine*

TECHNOLOGICAL SCHEMES OF MINING PIT WITH BROCKEN STABILITY OF ROCK MASSES

The necessity is justified and technological schemes of mining pit with brocken stability of rock masses under the influence of underground mine are developed.

Keywords: raw mineral-material resources, lost and downgraded ore, stability of arrays of mountain breeds, flowsheets.