

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ГЛУБОКИХ КАРЬЕРОВ БЕЗ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ПОРОД ВСКРЫШИ

А. Ю. Дриженко, А. А. Шустов, А. А. Адамчук, Государственное высшее учебное заведение “Национальный горный университет”, Украина

Рассмотрен вопрос выемки законтурных балансовых запасов полезных ископаемых в глубинной части карьерного поля. Представлены данные о технических показателях работы глубоких карьеров Украины и Казахстана. Предложено новое решение по сохранению горной массы в целике путем удержания ее железобетонными крепями. Показана схема последовательности отработки крутопадающего месторождения с минимальной выемкой пород вскрыши. Обоснована экономическая эффективность предложенных решений путем уменьшения объемов выемки пород вскрыши и снижения площади нарушенных земель.

Введение. Развитие горнодобывающей промышленности Украины в ближайшей перспективе связано с введением в эксплуатацию мощных пластов железных руд Криворожского железорудного бассейна, бурого угля Северо-Западного Донбасса, флюсовых известняков Центрального Донбасса и Крыма, строительных горных пород Центральной Украины. Эти месторождения характеризуются крутым падением (60 - 90°) и граничной глубиной открытой разработки 500 - 800 м [1].

С другой стороны, балансовые запасы полезного ископаемого действующих карьеров истощаются. Так, запасы железных руд карьера ЮГОКа обеспечены балансовыми запасами еще на 28 - 30 лет, Анновского карьера СевГОКа - на 20 - 25 лет, карьеры Первомайский СевГОКа и № 3 “АрселорМиттал Кривой Рог” - на 25 - 30 лет, карьера № 2-бис “АрселорМиттал Кривой Рог” и карьера ИнГОКа - на 15 - 20 лет [2], карьера № 1 ЦГОКа - на 17 - 22 года [3].

Состояние вопроса. Развитие открытых горных работ на глубоких карьерах ведет к увеличению объема выемки пород вскрыши, который влияет на рост себестоимости товарной продукции, а также является причиной утраты значительной площади земли под сооружение внешних отвалов и горных выработок. Действующие на сегодняшний день системы открытой разработки пород вскрыши горизонтальными слоями характеризуются выемкой основного объема пустых пород в первую треть срока эксплуатации месторождения с последующим их складированием во внешние отвалы высотой 120 - 180 м. Перенесение основного объема вскрышных работ возможно за счет отработки пород вскрыши крутонаклонными слоями. При достижении проектной глубины карьера имеется возможность ведения внутреннего отвалообразования в отработанной части карьера. Дальнейшее понижение горных работ приведет к увеличению параметров рабочей зоны по породам вскрыши и уменьшению ее по полезному ископаемому.

В этой связи актуальной научно-практической **задачей** является разработка способа вовлечения в эксплуатацию законтурных глубинных запасов полезных ископаемых на глубину до 1000 м с минимальным объемом выемки пород вскрыши при сохранении производственной мощности карьера по руде, способствующей полноценной работе комбинатов по производству товарной продукции. **Объектом** исследования является технология открытой разработки крутопадающих месторождений. **Предметом** исследования является технология открытой доработки законтурных запасов крутопадающих месторождений открытым способом. **Цель работы** заключается в обосновании перспектив открытой разработки глубинной части законтурных запасов крутопадающих месторождений с минимальной выемкой пород вскрыши. **Идея работы** заключается в обосновании целесообразности применения удерживающей наращиваемой крепи для удержания и сохранения пород вскрыши в целике, а также определении перспектив развития горных работ на глубине до 1000 м ниже земной поверхности.

Изложение основного материала. Анализ работы горнодобывающих предприятий

Украины и Казахстана (табл. 1, 2) показал, что полиметаллические руды обрабатываются карьерами с проектной глубиной до 500 м, а в отдельных случаях - 700 - 800 м. Размеры таких карьеров в плане составляют 1000 x 3500 м и более по поверхности, а их размеры по дну - от 300 до 1240 м. При этом число законтурных балансовых запасов полезных ископаемых составляет 600 - 1000 млн. т, основная часть которых расположена ниже отметки дна карьера. Вовлечение в эксплуатацию этих запасов приведет, во-первых - к повышению производственной мощности карьера по выемке пород вскрыши, что характеризуется возрастанием среднего и текущего коэффициентов вскрыши; во-вторых - к необходимости отвода охраняемых целиками объектов: рек, поселков, отвалов железнодорожных путей, фабрик и др.; в-третьих - к расширению площади горного отвода. Вследствие этих факторов возрастает себестоимость добычи сырой руды и производства рудного концентрата.

Таблица 1

Технические показатели работы карьеров Украины

Наименование показателя	Карьер № 2-бис “АрселорМиттал” Кривой Рог	Карьер № 3 “АрселорМиттал” Кривой Рог	Анновский карьер СевГОКа	Карьер № 1 ЦГОКа	Карьер № 3 ЦГОКа
Горизонтальная мощность залежи m_z , м	45 - 90	260 - 540	100 - 850	95 - 595	300 - 350
Угол падения залежи α , град	60 - 85	55 - 70	55 - 85	55 - 70	45 - 85
Глубина карьера H_k , м	415	500	450	500	545
Размеры карьера по поверхности: - ширина B , м - длина L , м	1200 2200	2000 2550	1500 7300	1630 4290	1360 1700
Размеры карьера по дну: - ширина b , м - длина l , м	100 400	450 800	30 4200	70 200	110 126
Годовая производительность карьера по руде $A_{ми}$, млн. т	10	16,55	10	5 - 6	1
Годовая производительность карьера по вскрыше $A_{вск}$, млн. м ³	16,7	39,4	18,77	10,4	1,87
Расстояние перевозки вскрыши $L_{тр}$, км	3	4	9	2	11
Объем породы вскрыши в карьере $V_{вск}$, млн. м ³	78,1	177,1	397,84	154,5	288,47
Законтурные балансовые запасы $V_{з.б.}$, млн. т	838,1	675,2	593,4	1060,6	841,7

Следует отметить, что значение результирующих углов откоса нерабочих бортов существенно влияет на предельный коэффициент вскрыши, по величине которого устанавливают границы карьеров и эффективность их разработки. С увеличением углов откоса нерабочих бортов и отдельных уступов значительно уменьшается объем пород вскрыши в пределах карьерного поля и повышается экономичность добычи железной руды.

Для обеспечения этого проводится специальная заоткоска уступов при постановке их в предельное положение и оборка заколов по плоскости подрыва экскаваторами.

Таблица 2

Технические показатели работы карьеров Казахстана

Наименование показателя	Качарский карьер	Сарбайский карьер	Южно-Сарбайский карьер	Соколовский карьер	Куржункульский карьер	Сорское месторождение	Шагыркульское месторождение
Отметка дна карьера, м	-570	-480	-340	-380	-215	80	-175
Глубина карьера H_k , м	764	680	530	570	405	148	440
Геологические запасы руды V_{ng} , млн. т	803,4	87,6	146,4	66,7	73,0	62,1	101,8
Содержание железа в руде: - в недрах, % - на фабрику, %	39,13 38,18	38,96 35,5	42,12 37,69	34,8 28,06	44,52 35,96	41,66 37,18	40,55 37,31
Эксплуатационные запасы руды V_{nu} , млн. т	824,1	91,7	164,8	69,4	95,4	69,4	111,02
Объем породы вскрыши в карьере (в т. ч. скальных) $V_{вск}$, млн. м ³	956,3 (574,1)	74,3 (62,5)	504,7 (208,8)	34,8 (34,8)	113,1	93,0 (26,5)	262,77 (140,6)
Средний коэффициент вскрыши $k_{ср}$, м ³ /т	1,16	0,81	3,45	0,5	1,19	1,34	2,37
Размеры карьера по поверхности: - ширина B , м - длина L , м	2900 3000	2500 3600	1900 3300	2000 3400	1500 1500	1200 2100	1500 2500
Размеры карьера по дну: - ширина b , м - длина l , м	175 430	80 1000	100 175	70 200	150 200	130 200	80 120

Поставленная задача решается тем, что в известном способе открытой разработки крутопадающих месторождений полезных ископаемых, которая включает подготовку карьерного поля, вскрытие, разработку горной массы с установленным темпом углубления и транспортирование ее на дневную поверхность и отличается тем, что предварительно на дневной поверхности строят подъемный скиповый комплекс. В процессе подготовки карьерного поля определяют зоны идентичных мощностей рудного тела, на каждой маломощной из которых в пределах к проектной глубине разработки строят приемные бункера с пошаговым перемещением один относительно одного под соответствующими скиповыми подъемниками. Вскрытие рабочих горизонтов осуществляют путем проведения выездных и разрезных траншей с движением фронта добывающих работ в противоположном от крепления направлении. Разрыхленную взрывом горную массу нагружают и транспортируют по разновидностям к приемным бункерам. Их, в соответствии с установленным темпом углубки, переносят поочередно один за другим вглубь карьера, наращивая крепления вертикальных оградительных стенок. Крепи сооружают сплошными по высоте в пределах узких зон идентичных мощностей рудного тела с открытым рабочим

пространством, добычные горизонты которого последовательно соединяют с центральной зоной карьера автомобильными съездами с возможностью выхода в направлении дневной поверхности. Рудное тело отработывают к проектной глубине карьера одновременно с вовлечением мощных зон рудного тела по обычной системе разработки.

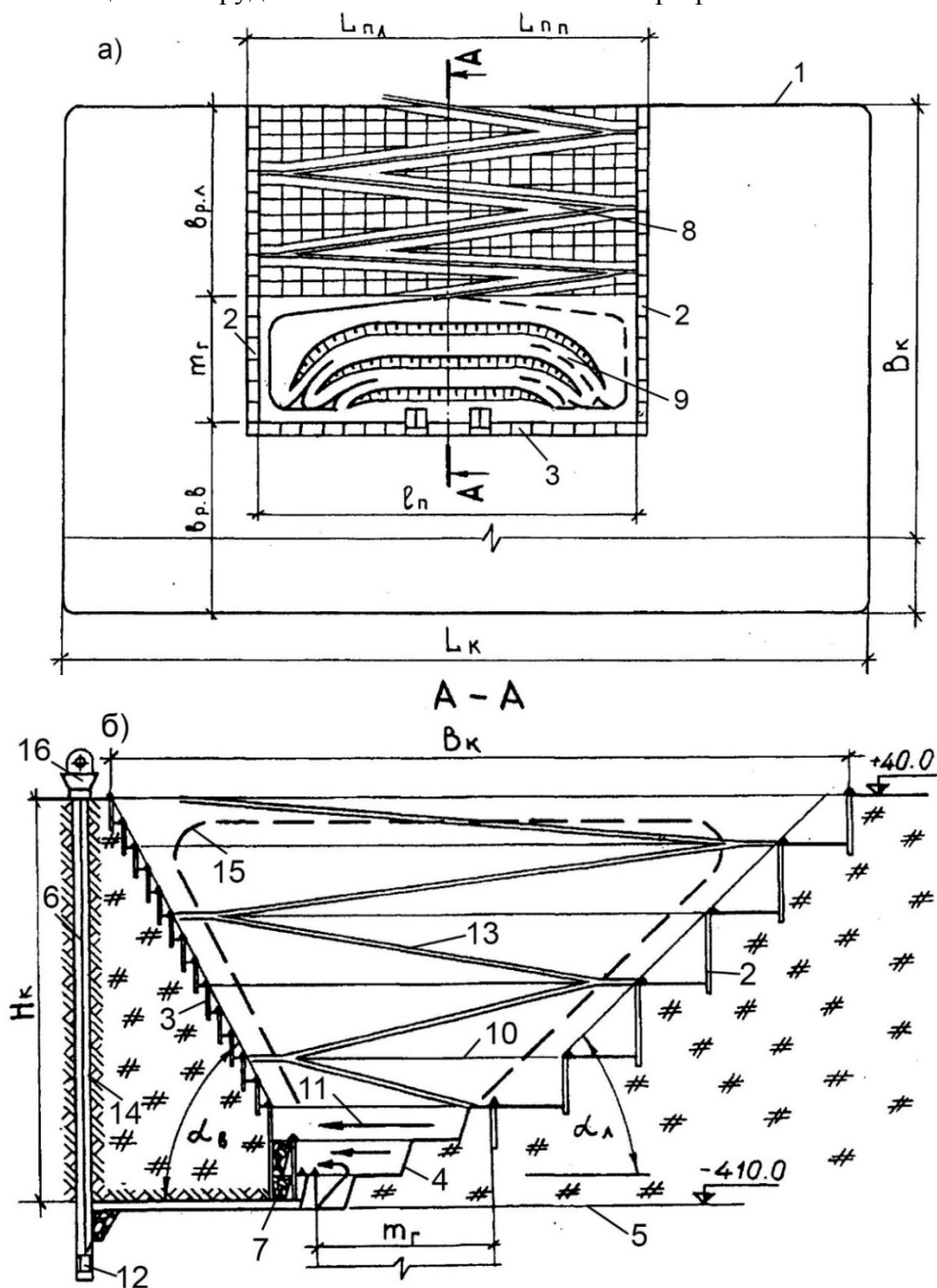


Рис. 1 Схема последовательности отработки крутопадающего месторождения:

а - вид в плане, б - вид в поперечном разрезе;

- 1 - контур карьерного поля на поверхности; 2, 3 - ограждающие железобетонные стенки в торцах карьерного поля и на его нерабочем фронтальном борту; 4 - рабочие уступы;
- 5 - проектная глубина разработки месторождения; 6 - подъемный скиповый комплекс;
- 7 - приемные бункеры скипового комплекса; 8, 9 - соответственно выездные и разрезные траншеи; 10 - рабочие горизонты карьера; 11 - направление движения загруженных и пустых автосамосвалов; 12 - скипы; 13 - автомобильные съезды; 14 - ствол скипового подъемника;
- 15 - контур рудного тела; 16 - выход транспортных коммуникаций на дневную поверхность

Способ открытой разработки крутопадающих месторождений может быть реализован следующим образом. Предварительно устанавливают контуры карьерного поля на земной поверхности и проектную глубину его разработки. Определяют целесообразные типы горнотранспортных машин и вспомогательное оборудование. Для организации их четкой работы в условиях систематического изменения текущей глубины карьера рассчитывают экономически целесообразное направление движения уступов в рабочей зоне карьера и ориентирование выездных траншей с транспортированием горной массы от экскаваторных забоев на дневную поверхность. С учетом постоянной интенсивности добычи железной руды принимают соответствующий возрастающий темп углубления горных работ, обусловленный уменьшением площади рудного тела с нарастающей глубиной карьера, определяют значение предельного коэффициента вскрыши. При этом устанавливают зоны маломощных, ориентировано в пределах 50 - 200 м, идентичных между собой по параметрам и глубине участков полезного ископаемого, которые характеризуются повышенными в несколько раз долевыми коэффициентами вскрыши. Их открытая разработка обычными технологиями будет резко повышать себестоимость добычных работ. Соответственно заявленному способу разработку ведут одновременно по всей площади карьерного поля 1 с эксплуатацией карьерных экскаваторов и автосамосвалов, снижая общий объем выемки пустых пород.

В торцах карьерного поля 1 и идентичных участках по простиранию месторождения вынимают только полезное ископаемое с креплением произведенного пространства железобетонными стенками 2, 3 на соответствующих маломощных участках месторождения. Рабочие уступы на этих маломощных участках с соответствующими площадками 4 перемещают вдоль простирания месторождения от границ карьерного поля 1 к его середине с формированием единого открытого рабочего пространства, где мощные рабочие участки обрабатывают в поперечном направлении к проектной глубине разработки месторождения 5. Для транспортирования полезного ископаемого на дневную поверхность при разработке маломощных участков на торцах карьерного поля 1 и идентичных участках по простиранию месторождения 3 сооружают скиповые подъемные комплексы 6 с приемными бункерами 7 на нижних рабочих площадках 4, соединяют их с рабочей зоной карьера соответствующими капитальными выездными 8 и разрезными 9 траншеями. Полезное ископаемое по разновидностям транспортируют только с подъемом на один уступ или по рабочему горизонту 10 в направлении 11 к приемному бункеру 7, где перегружают в скип 12 соответствующего подъемного комплекса 6. При понижении глубины разработки приемные бункера соответственно установленному темпу углубления переносят поочередно один за одним вглубь на более глубокие горизонты 4 с соответствующим наращиванием скипового ствола 14. Автосамосвалы в начале работы и по ее завершению перемещаются по автосъездам 13 и системе капитальных траншей с выходом на дневную поверхность. Систему капитальных траншей размещают на нерабочих бермах карьера с выходом выездной траншеи 8 и дальше на дневную поверхность. При этом месторождение центральной зоны карьера разрабатывают по обычной технологии с вскрытием каждого нижележащего горизонта 4 со стороны, противоположной выезду на дневную поверхность контура 1.

Мощные участки месторождения обрабатывают поперечными заходками с углублением в направлении от выезда из карьера. Благодаря ограждению стенками 2, 3 на маломощных участках рудного тела предупреждается разнос бортов карьера объемом V (млн. м³), и соответствующая площадь земной поверхности S (га), величины которых определяют по формулам:

$$V = 10^{-6} \cdot n \cdot H_k^2 \cdot ctg\alpha(L_M + m); \quad S = 2 \cdot 10^{-4} \cdot n \cdot H_k \cdot ctg\alpha(L_M + m); \quad (1)$$

где: n – количество маломощных участков в пределах карьерного поля, ед.; H_k – проектная глубина карьера, м; α – угол наклона нерабочего борта карьера, градусы; L_M, m – длина и горизонтальная толщина маломощных участков полезного ископаемого, м.

При этом одновременно ведут отработку только маломощных участков полезного ископаемого в пределах карьерного поля без разноса соответствующих бортов карьера по породам вскрыши контура 1 с использованием в качестве крепления выработанного пространства на всю глубину железобетонной стенки 2 и 3 и выдачу полезного ископаемого на дневную поверхность 1 скиповыми подъемниками 6.

Выводы:

Предложенная технология отработки маломощных участков карьерного поля без разноса нерабочих бортов позволяет получить в совокупности значительную экономию материальных и денежных ресурсов, а также предупредить от нарушения значительную площадь сельскохозяйственных угодий. Так, в условиях открытой разработки месторождений железистых кварцитов ПАО «Центральный ГОК» в пределах карьера №3 имеется возможность отрабатывать законтурные запасы руды мощностью 50-100 м без выемки пород вскрыши на торцевых участках длиной по 400 м на глубину до 500 м. Формирование выработанного пространства под углом 90° вместо 40° по аналогии с проектом позволит уменьшить объем выемки пород вскрыши на 300 млн. м³ и предупредить нарушение земной поверхности только карьером на площади 300 га. Кроме того, предупреждается также и нарушение поверхности земли внешним отвалом.

Общая эффективность предложенного способа будет обоснована в процессе выполнения проектной документации на разработку месторождения и существенно увеличена за счет уменьшения капитальных вложений на сооружение и эксплуатацию крутонаклонных скиповых подъемников с закреплением произведенного пространства глубоких карьеров вертикальными оградительными железобетонными стенками.

Список литературы

1. Дриженко А. Ю. Карьерные горнотранспортные системы / А. Ю. Дриженко. - ГВУЗ «НГУ», 2011. - 542 с.
2. Близнюков, В. Г. О необходимости реконструкции железорудных карьеров Кривбасса / В. Г. Близнюков, С. А. Луценко, А. В. Савицкий // Комбинированные технологии разработки месторождений глубокими карьерами и шахтами / Сборник научных трудов КНУ. – Кривой Рог: Дионис. – 2012. - С. 17 - 19.
3. Плотников В. Ф. Развитие сырьевой базы карьера №1 ОАО «Центральный горно-обогатительный комбинат» / В. Ф. Плотников, Е. М. Николенко, В. Г. Пилинский // Разработка рудных месторождений. - вып. 94. - 2011. - С. 3 - 5.

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЗАГРУЖЕННОСТИ ЭКСКАВАТОРНЫХ И АВТОМОБИЛЬНЫХ ЗВЕНЬЕВ КОМПЛЕКСОВ ЦИКЛИЧНО-ПОТОЧНОЙ ТЕХНОЛОГИИ КАРЬЕРОВ КРИВБАССА

*Е.К. Бабец, В.И. Чепурной, С.И. Ляш, З.С. Добровольская, С.И. Корняшик,
Научно-исследовательский горнорудный институт
ГВУЗ «Криворожский национальный университет», Украина,
А.В. Домничев, ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог», Украина*

На основании обработки результатов хронометражных наблюдений выполнен анализ и вероятностно-статическая оценка загруженности экскаваторных и автомобильных звеньев комплексов циклично-поточной технологии карьеров Кривбасса.

Введение. Комплексы циклично-поточной технологии (ЦПТ) являются важным звеном в структурной цепи разработки месторождений магнетитовых руд открытым способом. От