

Кожний з представлених ієрархічних рівнів систем являє собою сукупність факторів невідзначеності, що здійснюють суттєвий вплив на третю частину системи - ефективність мети функціонування гірничої системи кар'єр.

У процесі проектування необхідно враховувати вплив факторів всіх ієрархічних рівнів. Лише такий підхід дозволить створити проект гірничого підприємства, який має довготривалий життєвий цикл та забезпечити йому ефективне функціонування в сучасних умовах.

**Висновок.** Системний підхід є потужним інструментом дослідження складних систем з великою кількістю елементів та взаємозв'язків між ними, якою є виробнича соціально-економічна система кар'єр.

Особливістю даного підходу є одночасний розгляд кар'єра з двох точок зору:

кар'єр як система об'єкт, який складається із внутрішніх підсистем;

кар'єр як елемент систем більш високого ієрархічного рівня.

Така точка зору дозволить врахувати комплексний вплив внутрішніх та зовнішніх факторів на систему кар'єр. Використання даного підходу в процесі проектування здатне значною мірою підвищити ефективність функціонування майбутнього підприємства.

Подальшими дослідженнями необхідно визначити основні показники кожної підсистеми кар'єру та створити рейтингову шкалу їх оцінок.

#### *Список літератури*

1. Проектирование карьеров: Учебник / К.Н. Трубецкой, Г.Л. Краснянский, В.В. Хронин, В.С. Коваленко. - 3-е изд., перераб. - 2009. - М.: Высш. шк. - 694с.

2. Астафьев Ю.П., Давидович А.С., Бевз Н.Д., и др. Автоматизация планирования горных работ на железорудных карьерах. - М.: Недра, -1982.- 280 с.

Рукопис подано в редакцію 23.12.12

УДК 622.271

В.В. ПЕРЕГУДОВ, д-р техн.наук, проф., Б.Ф. КУЧЕР,  
В.Ф. ПЛОТНИКОВ, Е.М. НИКОЛЕНКО, ГП «ГПИ «Кривбасспроєкт»

### **УВЕЛИЧЕНИЕ ПОЛНОТЫ ОСВОЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ МАГНЕТИТОВЫХ КВАРЦИТОВ ПУТЕМ ПОСТАНОВКИ БОРТОВ КАРЬЕРОВ В КОНЕЧНОМ ПОЛОЖЕНИИ С КРУТЫМИ РЕЗУЛЬТИРУЮЩИМИ УГЛАМИ НАКЛОНА**

Предложен способ увеличения сырьевой базы ПАО «ЦГОК» путем постановки бортов карьера № 1 в конечном положении с крутыми результирующими углами наклона.

**Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.** Проектными решениями и рекомендациями научных организаций глубина карьера №1 ограничена отметкой 500 м. Дальнейшая углубка карьера может привести к отрицательным экономическим показателям, обусловленным высоким коэффициентом вскрыши и отведением под отвалы значительных площадей дневной поверхности.

**Анализ исследований и публикаций.** На сегодня имеется комплекс мероприятий, позволяющих поставить уступы карьеров в конечном положении, в устойчивом состоянии с крутыми углами. Это позволяет получить экономический эффект. До настоящего времени эти мероприятия на карьерах Криворожского бассейна не применялись.

**Постановка задач.** Целью является увеличение сырьевой базы карьеров и уменьшение отведения площадей дневной поверхности под отвалообразование.

**Изложение материалов и результаты.** Освоение большинства месторождений железистых кварцитов открытым способом, начатое в Криворожском железорудном бассейне в 60-х годах прошлого столетия, в настоящее время осложняется присущими для данного способа разработки проблемами, связанными с увеличением глубины разработки:

снижение производительности по добыче руды;

увеличение коэффициента вскрыши;

ограниченность площадей дневной поверхности, отводимых под отвалы.

Например, производительность карьера №1 ПАО «ЦГОК» по добыче магнетитовых кварцитов снизилась с 10,0 млн т/год в 1991 г. до 6,3 млн т/год в 2012 г. и имеет тенденцию к дальнейшему снижению. Коэффициент вскрыши при этом составил 0,87 м<sup>3</sup>/т.

В 2012 г. он составил 1,62 м<sup>3</sup>/т и на конечный IV этап отработки карьера, его значение достигнет 2,28 м<sup>3</sup>/т.

Неуклонное уменьшение емкостей отвального хозяйства требует периодического отведения новых площадей под отвалообразование. Емкости существующих отвалов, размещенных в зонах обрушения действующих шахт, не на угодьях и в ограждающей дамбе хвостохранилища практически исчерпаны. Для нормальной работы ГОКа необходим отвод дополнительных площадей, а это, в основном, земли сельскохозяйственного назначения.

Перечисленные факторы являются доминирующими в снижении рентабельности горнодобывающего производства и могут привести к его полной остановке.

Традиционно, для дальнейшей разработки месторождения предлагаются открыто-подземный и подземный способы.

Классически, момент перехода с открытого способа на подземный определяется по граничному (предельному) коэффициенту вскрыши. Его еще называют допустимым, иногда критическим или экономически допустимым.

По величине граничного коэффициента вскрыши устанавливают границы карьеров исходя из равенства себестоимости добычи руды открытым и подземным способами.

Прецедентов перехода разработки железистых кварцитов с открытого способа на подземный в Криворожском железорудном бассейне еще не было, но и самый производительный способ добычи – открытый, еще полностью не исчерпал свои возможности.

Остаток балансовых запасов неокисленных кварцитов, попадающих в проектный контур карьера не превышает 200 млн т. Запасы участка месторождения Большая Глееватка, в пределах которого работает карьер, составляют, до глубины 600 м, по второму и четвертому железистым горизонтам - 550 млн т. Освоение этих запасов возможно путем внедрения новых технологических решений, позволяющих без применения альтернативных способов разработки, расширить сырьевую базу карьера. При этом обязательными условиями при применении новых технических решений, будут являться сохранение производительности по добыче руды и сохранение, или снижение, коэффициента вскрыши.

К таким техническим решениям можно отнести увеличение результирующих углов бортов карьера до максимально возможных при обеспечении их устойчивости.

В мировой практике развиваются следующие тенденции увеличения крутизны результирующих углов наклона бортов карьера и откосов отвала на отдельных участках за счет:

повышение крутизны откоса уступа до коэффициента запаса его устойчивости - 1,00 (на 10-20°) с мониторингом в режиме реального времени положения борта или откоса, позволяющем в случае формирования оползня своевременно его обнаружить и с опасной зоны вывести людей и технику;

повышение крутизны откоса уступа до коэффициента запаса его устойчивости - 1,00 (на 10-20°) с применением робототехники и выводе рабочих с опасной зоны;

повышение крутизны откоса уступа до коэффициента запаса его устойчивости - 1,00 (на 10-20°) с применением крепления уступа в конечном положении.

повышение крутизны откоса уступа (на 5-10°) с сохранением коэффициента запаса устойчивости на нормативном уровне - 1,30 за счет тенденции повышения прочностных свойств горных пород карьера с понижением горных работ. Данный вариант в комбинации с вариантом 3 - самые перспективные для условий Глееватского карьера. Так, увеличение угла наклона борта карьера на конечном контуре приводит к весьма значительному уменьшению объема вскрышных работ с одной стороны и дополнительно вовлекаемым в отработку запасам донной части - с другой. В частности, увеличение угла наклона борта карьера на 1° с 39 до 40° при высоте борта 400 м обеспечивает снижение объема вскрышных пород в контуре карьера более чем на 345 тыс. м<sup>3</sup> на каждые 100 м периметра борта.

По другим источникам [1], каждый градус наклона борта приводит к изменению объема вскрышных пород от их общего объема и коэффициента вскрыши на 3-4 %. Принимая во внимание, что увеличить результирующий угол борта карьера на 5° и больше вполне реально, то реально и снизить коэффициент вскрыши, к примеру с 1,50 до 1,28.

В зарубежной практике работы карьеров в прочных скальных массивах есть примеры формирования конечных бортов с высокими значениями их углов. На карьерах Patabora (ЮАР), Cleveland Cliffs (США), Flintkote Mine, Westfrob Mine (Канада), Aitik (Швеция) к настоящему времени углы наклона бортов на конечном контуре составляют 50-80°. На карьерах Российской Федерации тоже есть опыт формирования крутых бортов карьеров за счет вертикальных откосов уступов: на карьере рудника «Железный» АО «Ковдорский ГОК», на карьерах добывающих Якутские алмазы, (рис. 1,2).



Рис. 1. Добыча алмазов в Якутии карьером с крутыми результирующими углами



Рис. 2. Формирование борта карьера с использованием вертикальных уступов высотой 24 м (основной карьер ОАО "Ковдорский ГОК")

Увеличение результирующего (генерального) угла наклона борта в целом, конструктивно достигается уменьшением количества и ширины предохранительных берм на нем, а также – увеличением углов откоса уступов в конечном положении.

Реализация подхода создания «крутых» бортов, возможна только при резком повышении культуры производства, организации новых служб и подразделений в составе предприятия, ужесточение технологической дисциплины ведения горных работ в карьере, приобретения дополнительного оборудования.

Правила охраны труда [2] ограничивают крутизну бортов карьера п. 1.8 раздела V, гласящего, что ширина бермы должна быть не менее 1/3 высоты объединенных уступов.

Теоретически, даже при вертикальных углах откосов уступов, нерабочий борт карьера может иметь результирующий угол откоса борта, не противореча Правилам охраны труда, не круче  $\alpha = 90 - \arctg(1/3) = 71,5^\circ$ , при этом все коммуникации необходимо проложить в бортах карьера.

Увеличение крутизны угла откоса уступа регламентируется, прежде всего, физико-механическими свойствами пород в массиве. Огромное влияние на ослабление прочностных свойств пород в массиве при постановке откосов уступов в конечном положение оказывают техногенные факторы - культура ведения взрывных работ.

Для сохранности прочностных свойств пород в массиве на предельном контуре карьера, в 100 метровой зоне от этого контура, взрывные работы необходимо вести при предварительно образованной щели в результате контурного взрывания. В этом случае выбуриваются скважины, и образовывается щель под углом устойчивости уступа.

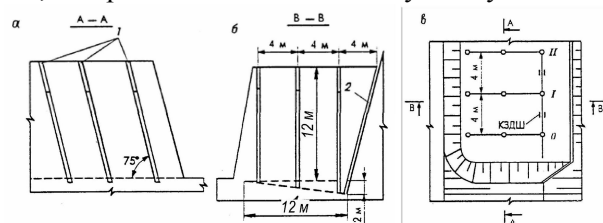
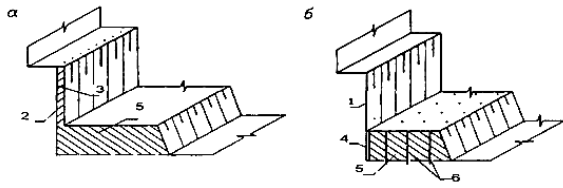


Рис. 3. Схема оформления экранирующей щели, заоткоски уступа и предохранительной бермы: 1 - отбойные наклонные скважины; 2 - предварительно пройденная экранно-отрезная щель; КЗДШ – пиротехнический замедлитель; 0, I, II... - очередность взрывания

На рис. 3 приведена схема заоткоски высокого уступа с проведением экранно-отрезной щели на всю высоту сдвоенного уступа и с созданием наклонной бермы при отработке нижнего подступа [3].

На рис. 4 показана схема отстройки вертикального уступа.



**Рис. 4.** Схема отстройки вертикального уступа: 1 - откос в конечном положении; 2 - скважина заоткоски; 3 - породный промежуток; 4 - щель; 5 - нижняя лента (блок) заоткашиваемого уступа; 6 - рабочие скважины

Обработка запасов карьера с вертикальным углом откоса сдвоенного уступа, поставленного в конечное, не рабочее положение, с одной стороны экономически крайне выгодна, а с другой

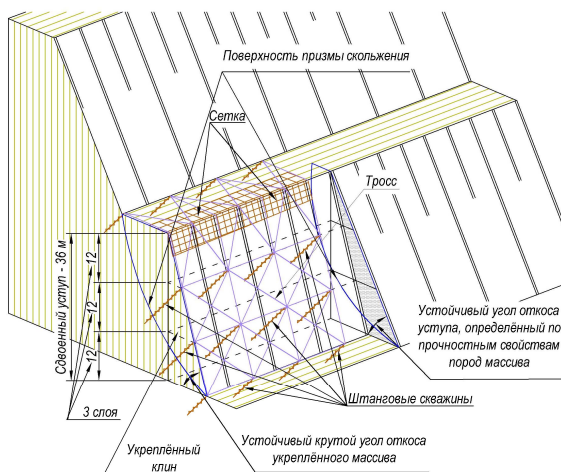
- в такой же степени и опасна. Риски заключаются в возможности внезапного выполаживания уступа или групп уступов, травмируя при этом людей, выводя из строя технику. Эту проблему решила корпорация «Казахмыс» (Казахстан) осуществляя работы под вертикальными откосами с помощью дистанционно управляемых погрузчиков.

Для повышения устойчивости откосов уступов в ослабленных зонах и в зонах с интенсивной трещиноватостью пород, необходимой мерой является их укрепление.

Опытном укрепительных работ на карьерах обосновано, что даже в слабых и сильновыветрелых породах, за счет их укрепления арматурой из стали и каната, можно создать устойчивый массив, отличающийся значительными прочностными свойствами. Укреплением участков уступов можно достичь повышения их крутизны на 10-20° [3].

На карьере № 1 ПАО «ЦГОК» - горные работы ведутся одним уступом высотой 18 м или слоями (подступами) высотой по 6 и 12 м, с постановкой на конечный контур сдвоенного уступа высотой 36 м (три слоя по 12 м). Ширина минимальной бермы будет составлять 1/3 высоты сдвоенного уступа или 12 м.

В породах со слабыми прочностными свойствами, работы ведутся двумя слоями сдвывая их при постановке в конечное положение.



**Рис. 5.** Фрагмент борта карьера, часть которого поставлена в крутое конечное положение и закреплена

Так как в соответствии с Правилами охраны труда, углы откоса уступов и бортов определяются проектом, то вполне возможно заложить углы наклона бортов круче расчетных, определенных в соответствии с естественными физико-механическими свойствами пород, при этом искусственно повысив прочностные свойства пород массива - коэффициент сцепления, путем упрочнения, крепления массива пород (рис. 5).

Согласно теории устойчивости откосов однородного массива, его сдвигание происходит по поверхности ослабления близкой по форме к круглоцилиндрической. При этом, в верхней

части находятся сдвигающие силы, а в нижней - удерживающие. Обе эти силы являются функциями от веса массива, формирующего сползающий клин. С повышением угла наклона борта, нижняя его часть, представляющая удерживающие силы обрабатывается и вывозится во вскрышу. В качестве компенсации, обеспечивающей устойчивость, к нижней части уступа прикрепляется (пришивается) адекватный по весу массив пород, находящийся за поверхностью скольжения посредством штанг. На рис. 5 представлен вариант, когда крутой угол уступа позволяет производить понижение горных работ, и приведена принципиальная схема крепления борта уступа карьера.

Скважины под анкера бурятся при постановке каждого слоя в конечное положение, горизонтальной строчкой с промежутком  $m \approx 4$  м. Промежуток является функцией от блочности массива -  $m = f(lb)$ . Забуриваются скважины в нижнюю бровку, угол наклона скважин - перпендикулярно плоскостям ослабления, поверхности скольжения. Глубина скважин определяется предполагаемым положением поверхности скольжения, которую необходимо перебурить и прикрепить к ней определенный вес массива.

Крепь устанавливается по мере выбуривания скважин. Между анкерами скважин натягивается трос. Верхняя часть уступа, во избежание осыпей, затягивается сеткой.

Установленное крепление позволит получить устойчивый откос сдвоенного уступа в конечном положении высотой 36 м, круче на 15°, т. е с углом наклона 80°.

Крепежные работы борта уступа - это альтернатива вскрышным работам. Для оценки эффективности крепежных работ приведем их показатели к альтернативным затратам на вскрышу.

На рис. 6 приведен разрез по 178 оси карьера.

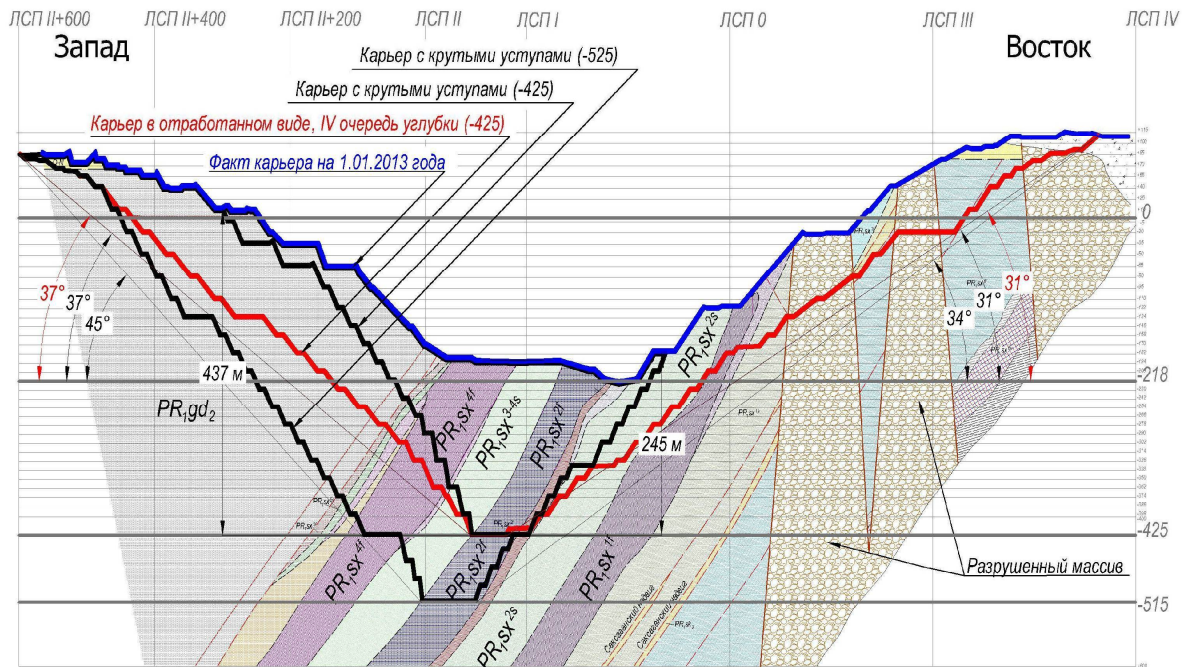


Рис 6. Разрез по 178 маркшейдерской оси Глееватского карьера

На разрезе отстроен контур карьера в отработанном виде в рамках IV очереди углубки до отметки минус 425 м, а также от этой отметки вверх отстроен контур карьера с крутыми уступами. В результате имеем сокращение объемов вскрышных работ с одной стороны и необходимость в крепении 437 м по вертикали западного и 245 м восточного бортов.

Результаты отработки по вариантам сведены в табл. 1.

Таблица 1

Сравнительная таблица технических показателей по вариантам отработки

Вариант отработки	Полный объем в контуре карьера, тыс. м <sup>3</sup>	Вскрыша, тыс.м <sup>3</sup>	Добыча, тыс.т	Коэффициент вскрыши, м <sup>3</sup> /т
IV очередь углубки до отметки минус 425, без крепления	169	138	102	1.35
Крутой борт до отметки минус 425, с креплением	70	44	86	0.51
Крутой борт до отметки минус 515, с креплением	174	130	145	0,9

Отработка карьера с обоснованно крутыми углами приводит к снижению вскрышных работ (только по одному разрезу) от 138 до 44 тыс. м<sup>3</sup> и добычных от 102 т до 86 тыс. т. В пересчете на одинаковую добычу 102 тыс. т, вскрышные работы снизятся с 138 тыс. м<sup>3</sup> до 52, всего на 86 тыс. м<sup>3</sup>, при этом необходимо закрепить западный борт на глубину 437 м, восточный борт на глубину 245 м, всего установить крепления на общую глубину 682 м. В целом по карьере извлекаемые запасы возрастут до 150 млн т.

**Выводы:** Расчет, выполненный по одному разрезу, показывает, что крепление бортов целесообразно и имеет положительный экономический эффект. Даже при нулевой эффективности крепления уступов, эффект от крепления по Глееватскому карьере:

приведет к снижению потребностей в емкостях отвалов;

позволит вести добычные работы, отказавшись от дорогостоящих и опасных вскрышных работ в зоне воронок и провалов восточного борта;

позволит эффективно эксплуатировать карьер ниже проектной отметки -425 м на 90 м, до отметки -515 м.

позволит достичь более высокой полноты отработки месторождения с увеличением сырьевой базы карьера на 150 млн т неокисленных кварцитов.

#### *Список литературы*

1. Оптимизация конструкций бортов карьеров Кольского полуострова в конечном положении. **Мельников Н.Н., Козырев А.А., Решетняк С.П., Каспарьян Э.В., Рыбин В.В.** (Горный институт КНЦ РАН); **Мелик-Гайказов И.В.**, (ОАО «Ковдорский ГОК»); **Свинин В.С., Рыжков А.Н.**, (ОАО «Апатит»).

2. Правила охраны труда при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом. НПА ОП 0.00-1.24-10.

3. **Еремин Г.М.** Отстройка крутонаклонных и вертикальных откосов и способы их крепления в нарушенных зонах.

Рукопись поступила в редакцию 23.12.12

УДК 622.349.5.012: 622.235

В.Н. ПУХАЛЬСКИЙ, Б.И. КРИВОХИН, ГП «ВостГОК»,  
Л.А. ШТАНЬКО, канд. техн. наук, Т.Т. СЕДУНОВА, ст.науч. сотр.,  
НИГРИ ГВУЗ «КНУ»

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОПУСТИМЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК ВЗРЫВНЫХ РАБОТ НА ЖИЛЫЕ ДОМА И ЗДАНИЯ ГОРОДА КИРОВОГРАДА**

Приведены результаты экспериментальных и аналитических исследований сейсмобезопасных параметров взрывной отбойки на шахте «Ингульская» ГП «Восточный горнообогатительный комбинат». Определены значения допустимых сейсмобезопасных параметров обеспечивающих допустимый уровень негативного импульсного воздействия на строительные конструкции жилых домов и зданий.

**Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.** Отработка Центрального месторождения урановых руд осуществляется Ингульской шахтой ГП «ВостГОК». Горные работы ведутся непосредственно под городской застройкой областного центра г. Кировоград.

Рудные залежи месторождения обрабатываются камерной системой (подэтажных штреков, ортов) с погашением выработанного пространства твердеющей закладкой.

Отработка руд осуществляется отбойкой глубоких взрывных скважин с применением Гаммонита 79/21 и Аммонита 6 ЖВ и применением в качестве средств инициирования электродетонаторов и НСИ.

К производству взрывных работ на ш. «Ингульская» предъявляются повышенные требования по обеспечению охраны окружающей среды и сохранности зданий и сооружений, расположенных в границах влияния взрывов. Крайне важным в этом случае является проведение сейсмометрических наблюдений уровня интенсивности воздействия сейсмических колебаний на жилые дома и здания расположенные в зоне ведения взрывных работ.

На шахте «Ингульская» постоянные сеймонаблюдения интенсивности сейсмозврывных колебаний проводятся на протяжении ряда лет при производстве взрывов с общей массой взрывчатых веществ от 200 кг до 1500 кг.

За время выполнения инструментальных наблюдений были зарегистрированы параметры сейсмических колебаний при взрывании блоков расположенных на отметках от -322 м до -190 м. Регистрацию прихода сейсмических волн фиксировали как непосредственно в эпицентре взрыва, так и на удалении до 1000 м [1].

**Анализ исследований и публикаций.** Анализ записей сейсмозврывных колебаний, зафиксированных сейсмо-приемниками, показал, что длительность колебательного процесса массива, служащего основанием фундаментов для жилых строений в районе ведения взрывных работ, как правило, не превышала 1 с и регламентируется применяемыми сериями замедлений во взрываемом блоке.