

У ході проведених досліджень було встановлено, що величина тиску у межах фігури випуску знаходиться у прямій пропорційній логарифмічній залежності від інтенсивності протікання технологічного процесу випуску, еквівалентної ширини очисної панелі, об'ємної ваги обвалених пустих порід, які вміщують рудний масив, потужності рудного покладу, глибини ведення очисних робіт і оберненій пропорційній залежності від класу розробки покладу, а область зони пониження тиску у процесі випуску рудної маси знаходиться у пропорційній залежності від інтенсивності його протікання і кількості випускних виробок з яких одночасно здійснюється випуск. Що дасть можливість проводити прогностичні розрахунки показників вилучення руди у діапазоні інтенсивності протікання технологічного процесу випуску в межах від 1,5 до 12 т/м² за добу у разі застосування високопродуктивної самохідної навантажувально-доставочної техніки у процесі розробки покладів природно-багатих залізних руд технологією підповерхового обвалення на великих глибинах.

Список літератури

1. Инструкция по нормированию, прогнозированию и учету показателей извлечения руды из недр при подземной разработке железорудных месторождений. / **Азарян А. А., Колосов В. А., Моргун А. В.** [и др.] – Кривой Рог: Минерал, 2012. – 135 с.
2. **Косенко А. В.** Комп'ютерне моделювання технологічного процесу випуску руди для умов розробки покладів природно-багатих залізних руд різної міцності / **А. В. Косенко** // Молодий вчений. – 2017. – №10. – С. 59-64.
3. **Черненко А. Р.** Подземная добыча богатых железных руд / **А. Р. Черненко, В. А. Черненко.** – М.: Недра, 1992. – 224 с.
4. **Brown E. T.** Block Caving Geomechanics / **E. T. Brown.** – Queensland, 2002. – 515 p.
5. **Vidyapati Vidyapati.** Constitutive modeling of dense granular flow based on discrete element method simulations: a thesis submitted for the degree of Doctor of Philosophy / **Vidyapati Vidyapati.** – Iowa, Iowa State University, 2012. – 168 p.
6. **Matthew Edward Pierce.** A model for gravity flow of fragmented rock in block caving mines: a thesis submitted for the degree of Doctor of Philosophy / **Matthew Edward Pierce.** – Queensland, 2010. – 63 p.
7. **Michael Ivan Kosowan.** Design and Operational Issues for Increasing Sublevel Cave Intervals at Stobie Mine: a thesis submitted to the School of Mining Engineering in conformity with the requirements for the degree of Master of Applied Science / **Michael Ivan Kosowan.** – Ontario, 1999. – 143 p.
8. **Castro R. L., Vargas R., F. de la Huerta** // The Journal of The Southern African Institute of Mining and Metallurgy. – 2012. – volume 112. – Pp. 871-876.
9. Применение метода дискретных элементов для моделирования процессов в горно-металлургической промышленности // **Феоктистов А. Ю., Каменецкий А. А., Блехман Л. И.** [и др.] // Записки Горного института. – 2011. – Т.192 – С. 145-149.
10. Визначення та контроль допустимих розмірів конструктивних елементів систем розробки залізних руд / **Є. К. Бабец, С. В. Сиротюк, В. В. Царіковський** [та ін.] – К.: Мінпромполітики, 2010. – 121 с.

Рукопис подано до редакції 11.04.2018

УДК 622.271.0123.004.15

С. А. ЖУКОВ, д-р техн. наук, проф., Криворожский национальный университет
А.Н. КОСТЯНСКИЙ, канд техн. наук, НИГРИ, Криворожский национальный университет

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЛУБИНЫ ЭТАПА ДЕЙСТВУЮЩЕГО ЖЕЛЕЗОРУДНОГО КАРЬЕРА ПРИ РАЗРАБОТКЕ НАКЛОННЫХ И КРУТЫХ ЗАЛЕЖЕЙ

Цель. Определение глубины следующего этапа отработки железорудного карьера при разработке наклонных и крутых залежей с учетом влияния его основных параметров с помощью предложенного показателя, а также последующий анализ полученных результатов расчета.

Методы исследования. Анализ и обобщение литературных источников, а также ранее выполненных исследований. Системный подход к учету влияющих факторов на основе изучения количественных зависимостей и применения аналитических методов исследования при решении аналогичных задач позволил проводить обработку и интерпретацию полученной информации при определении глубины следующего этапа отработки карьера. С использованием аналитико-математического метода установлен показатель для достоверной оценки и технико-экономического сравнения расчетных параметров карьера при обосновании глубины дальнейшего этапа его разработки.

Научная новизна. При установлении аналитической зависимости оценочного показателя для обоснования экономичности следующей очереди углубки действующего железорудного карьера, в качестве которого принимается величина эксплуатационного коэффициента вскрыши, наряду с наиболее значимыми технико-экономическими показателями товарной продукции, учитывается также качество добываемой руды выраженное содержанием железа

соответствующим глубине рассматриваемого этапа отработки карьера. При этом анализ изменения коэффициента вскрыши от содержания железа в руде показывает, что данная функция характеризуется линейной зависимостью, что позволяет прогнозировать данный показатель на будущие периоды

Практическое значение. Определение эксплуатационного коэффициента вскрыши для установления глубины данного этапа развития карьера при разработке наклонных и крутых залежей на основе приведенных аналитических зависимостей, несмотря на то, что аналитический расчет глубины карьера считается приближенным, облегчает решение этой задачи по сравнению с графическим, графоаналитическим методами или методом сравнения вариантов. Оценка технических решений на основе данного показателя и установленных зависимостей поможет обосновать экономичность и рациональность решения по дальнейшей разработке карьера с учетом качества руды.

Результаты. В работе показана возможность использования полученных зависимостей при добыче железных руд применительно к конкретным горно-техническим условиям на примере карьера ИнГОКа. Прогнозируется падение производительности карьера по неокисленной руде, если при его дальнейшей отработке не будет заранее подготовлена компенсация выбытия фронта работ по руде, особенно в его южной части. Оценка технических решений на основе показателя и установленных зависимостей поможет обосновать экономичность и рациональность решений по дальнейшей разработке карьера с учетом качества руды.

Ключевые слова: глубина карьера, аналитический метод, коэффициент вскрыши

doi: 10.31721/2306-5435-2018-1-104-96-102

Проблема и ее связь с основными научными и практическими заданиями. Основной технологической целью горнодобывающего предприятия с открытым способом разработки является обеспечение безубыточной добычи руды в карьере в границах установленных контуров до его конечной глубины. В то же время применение известных методов не всегда решает задачи перспективного развития открытых горных работ при разработке наклонных и крутых залежей, принимая во внимание, что до настоящего времени для значительной части карьеров отсутствуют окончательные технические решения на весь период отработки из-за неопределенности в связи с предельной глубиной отработки месторождения.

Анализ исследований и публикаций. В процессе отработки карьерного поля положение рабочего борта карьера постоянно меняется, дно понижается, что приводит к необходимости реконструкции карьера для вовлечения в переработку дополнительных запасов руды.

Перспективы развития открытого способа разработки полезных ископаемых определяются, прежде всего, горно-геологическими условиями месторождения. Как известно, процесс разработки наклонных и крутопадающих железорудных месторождений закономерно приводит к увеличению глубины карьера, росту объемов вскрышных пород, вызывает постоянное возрастание текущего коэффициента вскрыши. Основной объем выемки горной массы на таких карьерах в ближайшие десятилетия будет производиться с более глубоких горизонтов, что в итоге увеличивает расстояние ее доставки. На фоне ухудшающихся условий разработки нижних горизонтов железорудных карьеров, усугубляется их главная проблема – транспортная.

При этом эффективность открытого способа при совокупном учете условий разработки минеральных ресурсов, зависит от правильности и обоснованности проектных решений, что имеет большое значение, поскольку производительность современных железорудных карьеров может превышать 30 млн. т/год.

В период эксплуатации карьера разрабатываемого наклонные и крутые залежи в результате постоянного роста его глубины сопровождающегося удорожанием доставки горной массы, после достижения допустимой себестоимости добычи полезного ископаемого часто возникает вопрос о целесообразности проектирования следующего этапа его углубки. При этом возрастание расстояния перевозки в сочетании с другими негативными факторами приводит к неизбежному увеличению себестоимости добываемой руды, удорожает товарную продукцию и ухудшает ее конкурентоспособность. Это противоречие диктует необходимость совершенствования методического подхода к определению глубины очередного этапа разработки действующих железорудных карьеров, поскольку в последнее время все чаще возникает вопрос об обосновании целесообразности следующего этапа их углубки.

Во многом параметры карьера зависят от его конечной глубины [1- 7]. Эта величина определяется в настоящее время существующими методами установления границ карьеров [2-8], среди которых в горной науке получил распространение аналитический метод. При этом на размер карьера оказывает влияние такой параметр, как величина углов откосов бортов карьера, которая зависит не только от глубины карьера, но и от физико-механических свойств слагающих его борта пород, условий их залегания, и в большинстве случаев может изменяться в диа-

пазоне от 30° до 45° . Следует отметить, что с расширением границ карьера увеличивается коэффициент вскрыши, возрастает коэффициент горной массы, может ухудшиться качество сырой руды, что в целом приведет к снижению качества и соответственно цены концентрата.

Постановка задачи. В этой связи, при установлении глубины очередного этапа открытых работ целесообразно учитывать качество руды, которое в значительной мере определяет эффективность технологии процессов добычи, переработки: сортировки, дробления и обогащения на ГОКе с получением товарной продукции.

Изложение материала и результаты. Проблема рациональной глубины особенно актуальна для крупных железорудных карьеров, так как допущенные отклонения ухудшают технико-экономические показатели добычи полезного ископаемого и производства товарной продукции.

Рассмотрим определение глубины карьера на примере крутопадающей залежи с использованием аналитической зависимости, в которой в качестве исходных данных будет учитываться показатель качества руды.

Увеличение глубины карьера, разрабатывающего крутую залежь, вызывает постоянное возрастание текущего коэффициента вскрыши – K_m . При достижении некоторой промежуточной глубины H_n значение текущего коэффициента вскрыши (K_m) станет равным граничному, т.е. $K_m = K_c$. Ориентировочная глубина карьера [9] в конкретных условиях в период эксплуатации, когда рабочие борта карьера подойдут к верхним проектным контурам находится по формуле, м

$$H_n = \frac{H_c \cdot (ctg\beta + ctg\gamma) + d_2 - d_1}{ctg\alpha + ctg\theta}, \quad (1)$$

где H_c – конечная глубина карьера, м; β, γ – соответственно углы откосов нерабочих бортов карьера со стороны лежачего и висячего боков залежи, град.; α, θ – углы откоса рабочих бортов карьера со стороны лежачего и висячего боков залежи, град.; d_1 – ширина дна карьера в рабочем положении, м; d_2 – ширина проектного дна карьера, м.

При дальнейшем увеличении глубины карьера, экономическая целесообразность открытых горных работ обеспечивается без увеличения текущего коэффициента вскрыши и без дальнейшего расширения верхнего контура карьера на поверхности, т.е. при работе в границах последнего. При этом горные работы на верхних уступах по мере углубки карьера последовательно прекращаются, углы откоса рабочих бортов α, θ постепенно увеличиваются и при глубине карьера H_c достигают значения угла погашения, который соответствует конечной глубине карьера.

Как известно, классически установление конечных контуров карьера определяется величиной граничного коэффициента вскрыши на основе сопоставления удельных стоимостных показателей подземного и открытого способов разработки полезного ископаемого или по допустимой себестоимости добычи исходя из заключительных затрат на единицу товарной продукции, выходу ее из сырой руды и затрат на обогащение [1]. После достижения допустимой себестоимости добычи полезного ископаемого, как правило, рассматривается вопрос о целесообразности следующего этапа углубки карьера.

В расчетах, для решения главных вопросов проектирования и определения конечной глубины карьера широко применяется метод В.В. Ржевского [10-12], в котором при определении глубины карьера используется принцип, основанный на сопоставлении текущего и граничного коэффициентов вскрыши, м³/т

$$K_m \leq K_c, \quad (2)$$

где K_c – граничный или экономически целесообразный коэффициент вскрыши. К этой же формуле пришел другой ученый [13].

Очевидно, что показатели (K_c, K_m) определяемые на основе принятых к расчету параметров карьера, являются одними из важнейших при установлении глубины открытых работ. Однако для обоснования контуров очередного этапа углубки железорудного карьера, в том числе с помощью экономически целесообразного коэффициента вскрыши, рекомендуется учитывать качество руды, которое характеризуется содержанием магнитного железа.

Для оценки экономичности следующей очереди углубки карьера установим формулу, определяющую оценочный показатель с учетом величины допустимого [14] содержания железа [15] в руде, который найдет применение для обоснования последующих этапов углубки и расширения карьера.

Воспользуемся известной зависимостью, определяющей величину предельного коэффициента вскрыши с учетом влияния показателей качества руды [15] для месторождений, разработка которых подземным способом исключается, м³/т

$$K_m = \frac{(\alpha_\phi - \alpha_{np.min}) \cdot U_k \cdot K_u \cdot K_o}{C_\phi \cdot 100}, \quad (3)$$

где α_ϕ – фактическое содержание магнитного железа в руде, %; $\alpha_{np.min}$ – минимальное промышленное содержание железа в руде, %; U_k – цена концентрата, грн./т; K_u – коэффициент извлечения железа из руды при обогащении, доли ед.; K_o – коэффициент извлечения руды при добыче (с учетом потерь и разубоживание), доли ед.; C_ϕ – себестоимость 1 м³ вскрышных пород.

В работах [16-18], величина максимального коэффициента вскрыши определяется с помощью аналитической зависимости, м³/т

$$K_3 = \frac{[(U_k - C_k) \cdot \gamma - \Delta Z_{mp.}] \cdot (1 - i)}{C_\phi} + K_m, \quad (4)$$

где C_k – себестоимость товарной продукции (концентрата) горнодобывающего предприятия грн./т; γ – выход концентрата из руды, доли ед.; K_m – текущий коэффициент вскрыши за последний год работы карьера, м³/т; $\Delta Z_{mp.}$ – увеличение транспортных затрат при углубке карьера, грн./т; i – налог на прибыль, доли ед.

Из уравнения (3) найдем выражение, определяющее U_k и подставим его в формулу (4). После преобразований получим новую зависимость, определяющую величину экономически целесообразного коэффициента вскрыши с учетом содержания железа в руде, без учета цены товарной продукции, м³/т

$$K_3 = \frac{(\alpha_\phi - \alpha_{np.min}) \cdot [(C_k \cdot \gamma + \Delta Z_{mp.}) \cdot (1 - i) - K_m \cdot C_\phi] \cdot K_u \cdot K_o}{C_\phi \cdot [100 \cdot (1 - i) \cdot \gamma - (\alpha_\phi - \alpha_{np.min}) \cdot K_u \cdot K_o]}. \quad (5)$$

В полученной зависимости (5) при определении максимального расчетного эксплуатационного коэффициента вскрыши (K_3), как показателя обосновывающего экономичность следующей очереди углубки карьера, учитывается содержание железа в руде, но исключается цена товарной продукции ГОКа, тем самым уменьшая влияние субъективного рыночного фактора на величину оценочного показателя.

Большинство железорудных карьеров для доставки горной массы с нижних горизонтов обычно используют комбинированный транспорт, где в качестве магистрального применяют конвейерные подъемники. При этом на карьерах Кривбасса, кроме карьеров ЦГОКа, для транспортировки руды применяют комбинированный автомобильно-конвейерный транспорт.

Рассмотрим условный карьер (рис. 1), где размещен перегрузочный пункт (ПП- №1) конвейерного подъемника. При расширении и углубке карьера до проектного контура конвейерный подъемник удлиняется и сооружается на нижележащем горизонте второй перегрузочный пункт- (ПП- №2). Как следует из рис.1, в исходном положении карьера при глубине H_m , вынутые объемы горной массы доставляют на ПП №1 с высотой подъема автотранспортом h_{a1} , а при понижении дна карьера до глубины проектного контура (H_z) объемы горной массы доставляют на ПП №2 с высотой подъема h_{a2} . С учетом необходимости сохранения рациональной высоты подъема технологического автотранспорта, как более дорогого вида, удорожание транспортирования горной массы ΔZ_{mp} произойдет за счет удлинения конвейерного подъемника, которое будет пропорционально увеличению высоты подъема транспортируемой горной массы. Тогда в соответствии с рис.1 величина ΔZ_{mp} находится по формуле (данные по карьере ИнГОКа за 2008-2009 г.), грн./т

$$\Delta Z_{mp} = \frac{(H_z - H_m - h_{a2} + h_{a1}) \cdot c_{к.н.}}{1000 \cdot \sin \beta} = \frac{(600 - 450 - 90 + 110) \cdot 2,0}{1000 \cdot 0,2419} = 1,5, \quad (6)$$

где H_m – текущая глубина карьера, м; h_{a1} – высота рабочей зоны обслуживаемой автотранспортом в настоящее время, м; h_{a2} – то же при достижении карьером проектной глубины, м; β – максимальный угол наклона конвейерного подъемника, град.; $c_{к.н.}$ – себестоимость перевозки 1 т·км горной массы конвейерным подъемником, грн.

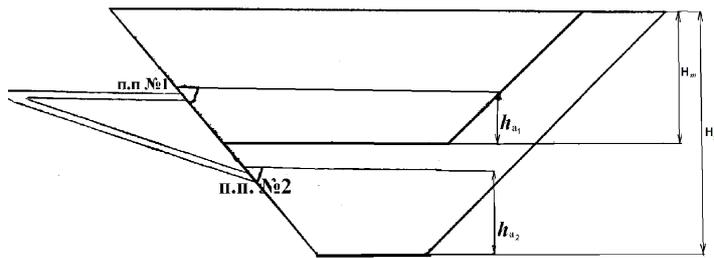


Рис. 1. Схема к расчету затрат от удлинения конвейерного подъемника при углубке карьера

Определим показатель K_3 в условиях приближенных к карьере ИнГОКа. Согласно формуле (5) показатель рассчитанный по данным за 2009 г. [19] равен, $\text{м}^3/\text{т}$

$$K_3 = \frac{(23,6 - 14) \cdot [(210 \cdot 0,4 + 1,5) \cdot (1 - 0,18) - 0,4 \cdot 35] \cdot 0,9 \cdot 0,985}{[100 \cdot (1 - 0,18) \cdot 0,4 - (23,6 - 14) \cdot 0,9 \cdot 0,985] \cdot 35} = 0,56 \quad (7)$$

Как видно из приведенного выражения (5) на величину K_3 кроме прочих параметров оказывает влияние a_{ϕ} и $a_{np.min}$. Анализ графиков функции $K_3 = f(a_{\phi}; a_{np.min})$ (рис.2) показывает, что она характеризуется линейной зависимостью, которая позволит при необходимости прогнозировать данный показатель на будущие периоды.

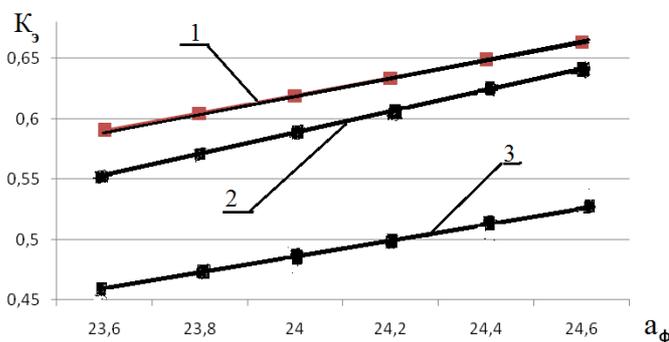


Рис. 2. Зависимость величины K_3 ($\text{м}^3/\text{т}$) от содержания магнитного железа: 1 - при $a_{np.min} = 13\%$; 2 - при $a_{np.min} = 14\%$; 3 - при $a_{np.min} = 15\%$

Ингулецкий ГОК имеет самые сложные по сравнению с остальными комбинатами геологические условия. Несмотря на это, расширение территории разработки месторождения ИнГОК позволит поддерживать производительность ГОКа еще на 50-60 лет [20] с одновременным

увеличением коэффициента вскрыши. Перспективные параметры карьера будут составлять: протяженность более 6 км, ширина – порядка 3,5 км, а глубина карьера через три-четыре десятилетия может достигнуть 650 м. В предстоящие годы будет обостряться проблема поддержания производственных мощностей карьера ИнГОК по условиям нарастающих ограничений по горно-техническим возможностям, а его эксплуатация в существующих проектных контурах может привести к выбытию производственной мощности. Данное утверждение базируется на исследованиях специалистов НИГРИ (в настоящее время НИГРИ ГВУЗ «КНУ») по вопросам выбора направления развития горных работ в НИР «Установление режима горных работ и разработка календарных планов развития карьера ОАО «ИнГОК» до 2020 г.», где определены оптимальные параметры системы разработки и другие технологические решения. В работе доказана реальная возможность существенного падения достигнутой производительности карьера по неокисленной руде, если не будет скорректирован режим горных работ и заранее не подготовлена компенсация выбытия фронта работ по руде. В этой связи планируется северным бортом Ингулецкого карьера выходить за проектные границы существующего карьера. В то же время на карьере производились горные работы по развитию его юго-восточного борта и в северном направлении.

При поиске рационального режима горных работ ориентировочно определен критический период для карьера ИнГОК, что указано в упомянутом отчете НИР по установлению режима горных работ. На основе результатов НИР институтом «Кривбасспроект» было выполнено ТЭО расширения перспективных границ карьера ИнГОК.

За рассмотренный период (2009 г.) текущий коэффициент вскрыши карьера ИнГОК был $0,4 \text{ м}^3/\text{т}$ [19], а расчетная величина экономически целесообразного коэффициента вскрыши равна $K_3 = 0,56 \text{ м}^3/\text{т}$ (7). При этом может быть использован принцип (2), согласно которому при дальнейшей отработке карьера величина текущего коэффициента вскрыши не должна превышать величину K_3 , т.е. $K_m \leq K_3$. В рассмотренном случае условие безубыточности соблюдается, т.к. $K_m = 0,4 \leq K_3 = 0,56 \text{ м}^3/\text{т}$. Это показывает, что на данном этапе дальнейшая эксплуатация карьера ИнГОК обеспечит безубыточность производства товарной продукции.

Таким образом, полученная зависимость позволяет установить величину оценочного пока-

зателя (эксплуатационного коэффициента вскрыши- K_v) для обоснования целесообразности дальнейшего этапа углубки карьера с учетом качества руды и удорожания ее транспортирования при понижении горных работ в карьере. При этом, следует отметить, что различные варианты глубины отработки карьера требуют различающихся между собой параметров схемы вскрытия, объемов транспортирования вскрышных пород, емкости отвалов и т. д.

Выводы. Оценка технических решений с помощью предложенного показателя поможет обосновать экономичность и рациональность решения по выбору глубины дальнейшего этапа разработки железорудного карьера с учетом качества руды, но без влияния рыночного субъективного фактора. Предлагаемый методический подход учитывает минимальное количество необходимых параметров характеризующих работу карьера и может применяться при проектировании горнорудных предприятий осуществляющих разработку железорудных месторождений открытым способом. Хотя аналитический расчет глубины карьера является приближенным, он облегчает решение этой задачи графическим, графоаналитическим методами или методом сравнения вариантов.

Дальнейшие исследования должны быть направлены на выявление закономерных связей между различными технико-экономическими показателями отработки для совершенствования оценки долговременных периодов эксплуатации карьера и планирования следующих очередей углубки в соответствии с запасами полезного ископаемого.

Список литературы

1. Норми технологичного проектування гірничодобувних підприємств із відкритим способом розробки родовищ корисних копалин. Міністерство промислової політики України. – К.: 2007. – 279 с.
2. **Близнюков В.Г.** Определение главных параметров карьера с учетом качества руды. – М.: Недра, 1978. – 151 с.
3. Отчет о НИР «Определение перспективных границ и производительности карьера Ингулецкого горно-обогатительного комбината» (промежут.). Часть 1, ГП «НИГРИ», Рук. **В.Г. Близнюков.**-№ ГР 0107U005663. – 65 ст.
4. **Близнюков В.Г., Баранов И.В.** Наука в решении проблем горнорудной отрасли/ В.Г. Близнюков., И.В. Баранов Геотехнические проблемы комплексного освоения недр. Сборник научных трудов. Выпуск 4 (94). Екатеринбург, 2008 г. Российская академия наук. Уральское отделение. Институт горного дела. (ИГД), ст.75-81.
5. **Шешко Е.Ф.** Открытая разработка месторождений полезных ископаемых.-М.: Углетехиздат. 1951.-562 с.
6. Теория и практика открытых разработок./ **Н.В.Мельников, А.И.Арсентьев** и др. – М.: Недра, 1979. – 630 с.
7. Горное дело /**Ю.П. Астафьев, В.Г. Близнюков** и др.// – М.: «Недра»,1980. – 367 с.
8. **Близнюков В.Г., Вилкул Ю.Г., Ковальчук В.А.** Критерий эколого-экономической оценки деятельности горных предприятий / **В.Г. Близнюков, Ю.Г. Вилкул, В.А. Ковальчук**//Разработка рудных месторождений. Республиканский межведомственный научно-технический сборник. Вып. 54. Кривой Рог. 1993. – С.3-8.
9. **Костянский А. Н.** Определение глубины перехода от открытых горных работ к подземным при доработке месторождения / А. Н. Костянский, В. И. Чепурной, Б. Е. Яценко // Форум гірників – 2013: матеріали міжнар. конф., 2-5 жовтня 2013 р.- Дніпропетровськ, 2013. – Т.1. – С. 140-144.
10. **Арсентьев А.И.** Определение производительности и границ карьера. Государственное научно-техническое издательство литературы по горному делу. М. 1961, 242 с.
11. **Ржевский В.В.** Исследование режима горных работ карьера. Автореферат. М., 1955.
12. **Ржевский В.В.** Проектирование контуров карьеров. М.: Государственное научно-техническое издательство литературы по черной и цветной металлургии. 1956. – 229 с.
13. **Ван Чжень-шань.** Определение производственной мощности карьера. Шеньян. 1956. Шеньянский угольный проектный институт КНР (на китайском языке).
14. Горная энциклопедия. В пяти томах. Москва. Издательство: Советская энциклопедия. – 1984-1991г. – 2900 с.
15. **Погребницкий Е.О., Терновой В.И.** / Геолого- экономическая оценка месторождений полезных ископаемых. Ленинград. «Недра». Ленинградское отделение. 1974. – 302 с.
16. **Костянский А.Н., Мельникова И.Е.** Влияние качества руды на величину экономически целесообразного коэффициента вскрыши / **А.Н. Костянский, И.Е. Мельникова**// Качество минерального сырья. Сб. научн. трудов, АГНУ КТУ.- Кривой Рог. КТУ. – 2011. – С. 342-346.
17. **Костянский А.Н.** Прогнозирование эксплуатационного коэффициента вскрыши в условиях работы глубоких железорудных карьеров. / **А.Н. Костянский** // Форум гірників. Матеріали міжнародної конференції 13-15 жовтня 2008 р. Національний гірничий університет. Дніпропетровськ. 2008, С.173-177.
18. **Романенко А.В., Костянский А.Н.** Максимальный текущий коэффициент вскрыши как показатель для оценки периодов отработки глубоких карьеров./ **А.В. Романенко, А.Н. Костянский** //Збірник наукових праць за результатами роботи Міжнародної науково-технічної конференції (Кривий Ріг, 22-23 квітня 2011 р.). ДП «НДГРІ». С. 41-42.
19. Технико-экономические показатели горнодобывающих предприятий Украины в 2008-2009 г., ГП «НИГРИ», Кривой Рог, 154 стр.
20. ИнГОК намерен расширять границы карьера и увеличивать производство. // Источник: <http://ukmadra.net/news/470.html>//Асоціація недропользователей Украины. Geonews.com.ua

Рукопись поступила в редакцию 12.04.2018