

Список літератури

1. Симоненко В.І. Розробити технологічні основи еколого- й енергозберігаючого виробництва при видобутку твердої нерудної сировини в межах санітарно-захисних зон [Текст] / Звіт про НДР (заключний) / Державний ВНЗ «НГУ». – Керівник В.І. Симоненко. - № ДР 011U000532. – Дніпропетровськ, 2011. – 315 с.
2. Симоненко В.І., Гриценко Л.С. Оцінка технології відпрацювання нерудних кар'єрів з підтриманням безпеки в зменшеній санітарно-захисній зоні // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. - № 1. – 2014. – с. 80-85.
3. Семенов Н.П. Перспективы развития минерально-сырьевой базы промышленности строительных материалов УССР; под ред. акад. АН УССР Н.П. Семенов, к.т.н. Г.М. Бакланова. – К.: Наук. Думка, 1976. – 224 с.
4. Ясыркин А.И. Схема развития металлургического комплекса Украины до 2010 г. Флюсодоломитные предприятия. Т. 13, 57, 86, 60 / Укрпипроруда: Руководитель: А.И. Ясыркин. – №ГР 99-НИР-4217-ПЗ.З. – Харьков, 1994. – 80 с.
5. Симоненко В.И., Черняев А.В. К установлению зависимости между параметрами системы разработки при отработке нерудных месторождений с внутренним отвалообразованием // *Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. тр./ Ин-т геотехнической механики им. М.С. Полякова НАН Украины.*– Днепропетровск, 2006.– Вып. 62. – С.93-97.
6. Симоненко В.И. Новая концепция открытой разработки нерудных месторождений скального минерального сырья // *Сб. науч. тр. НГА Украины.*– Днепропетровск: РИК НГА Украины. – 2001. – № 12. – С.155-160.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ КОНТУРОВ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ КАРЬЕРОВ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬ ТОВАРНОЙ ПРОДУКЦИИ ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ КОМБИНАТОВ

В.Г. Близнюков, С.А. Луценко, И.В. Баранов. Государственное высшее заведение «Криворожский национальный университет», Украина

Для дальнейшей перспективы открытой разработки месторождений, в условиях когда рабочие борты большинства железорудных карьеров достигли по поверхности проектных отметок, необходимы пересмотр и корректировка глубины отработки этих карьеров и их конечных контуров. В статье, на примере карьера Полтавского ГОКа и Первомайского карьера ПАО «Северный ГОК» показано определение перспективных контуров железорудных карьеров, которые обеспечивают конкурентоспособность товарной продукции горно-обогатительных комбинатов. Выполнены исследования изменения наибольшего текущего коэффициента вскрыши в зависимости от увеличения проектной глубины карьера.

Как показывает практика, глубину и положение конечных контуров большинства крупных карьеров по мере отработки месторождений полезных ископаемых неоднократно пересматривают и корректируют. При этом обязательным является определение перспективных контуров карьера. Необходимость уже сейчас определять перспективные границы карьера обусловлена тем, что после того как горные работы по поверхности достигнут проектных отметок, карьер будет работать в режиме ежегодного снижения (выбытия) производственной мощности, а для подготовки перекрытия такого выбытия потребуется 5-7 лет при любом способе разработки. При этом увеличится глубина разработки месторождения, а большая часть верхних горизонтов рабочей зоны будет погашена, что потребует вовлечения значительно большего объема инвестиций на освоения запасов за утвержденным проектным контуром карьера. С определением перспективных

конечных контуров карьера произойдет изменение объемов вскрышных пород, руды и ее качества, при которых необходимо установить его производственную мощность и период работы комбината.

Пересмотр и корректировка конечных контуров карьера выполняется на основе определения граничного коэффициента вскрыши при сравнении подземного и открытого способов разработки. В большинстве случаев по конкурентоспособности горные предприятия с подземным способом разработки несравнимы с горно-обогатительными комбинатами по объемам производства.

В настоящее время в теории и практике проектирования нет единого метода определения границ карьеров, разрабатывающих крутопадающие залежи. Существует несколько общеизвестных принципов обоснования глубины карьеров, основанных на сравнении одного из коэффициентов вскрыши (средний, первоначальный, контурный, текущий, усредненный эксплуатационный) или суммы этих коэффициентов с граничным (экономически целесообразным) коэффициентом вскрыши.

При определении границ карьеров по применяемым расчетным принципам граничный коэффициент вскрыши рассчитывается по технико-экономическим показателям, достигнутым на базовых горных предприятиях на момент проектирования, и его величина является постоянной, при этом не учитывается, что экономические показатели и коэффициенты вскрыши базовых предприятий (карьер-конкурентов) со временем изменяются. Поэтому при определении границ действующего карьера граничный коэффициент вскрыши необходимо определять с учетом возможного изменения объемов выемки вскрышных пород и добычи руды на предприятиях-конкурентах.

Вопросом определения границ карьеров занималось большое количество ученых. Наибольший вклад [1-5] в теории проектирования границ открытых горных работ принадлежат А.И. Стешенко, И.А. Кузнецову, П.И. Городецкому, А.И. Арсентьеву, В.В. Ржевскому, В.С. Хохрякову, В.Г. Ближнюкову, А.К. Полищуку. Исследования по определению перспективных границ отработки карьеров проводились Академией горных наук Украины [6] и Государственным высшим учебным заведением «Криворожский национальный университет» [7]. В этих работах в основу определения граничного коэффициента вскрыши было положено сравнение показателей работы исследуемых предприятий с показателями подобных горно-обогатительных комбинатов. Экономическая эффективность и срок работы предприятия, полнота использования запасов полезных ископаемых и объемы инвестиций прямо зависят от границ открытых горных работ. Цена товарной руды (продукции), которая зависит от ее качества, всегда определяла границы открытых горных работ. Однако на различных горнодобывающих предприятиях товарная продукция одного и того же качества может иметь различную цену реализации, что в свою очередь может внести ошибку при определении конечных контуров карьеров. Поэтому предложена методика определения граничного коэффициента вскрыши, которая позволяет избежать влияния неприродных и нетехнологических факторов на цену концентрата [8]. На основе проведенных исследований была разработана новая методика определения границ карьеров [9], с учетом изменения граничного коэффициента вскрыши во времени, которая позволяет определять конечную глубину проектируемого карьера с учетом возможного изменения объемов выемки вскрышных пород и добычи руды на базовых предприятиях-конкурентах, т.е. с учетом изменения их текущих коэффициентов вскрыши. Это дает возможность предприятию оставаться конкурентоспособным в течение всего срока эксплуатации месторождения.

Целью данной работы является исследование изменения наибольшего текущего коэффициента вскрыши в зависимости от увеличения проектной глубины карьера, а также динамики с течением времени текущих коэффициентов вскрыши по горно-обогатительным комбинатам (ГОК) и горнодобывающим предприятиям Украины. Такое исследование даст возможность решить вопрос определения перспективных границ железорудных карьеров в зависимости от влияния технологических показателей карьер-конкурентов. В конечном

итоге перспективные контуры должны обеспечить минимальное значение коэффициента вскрыши в целом по карьере [10].

Для выполнения исследований за основу были взяты карьер Полтавского ГОКа и Первомайский карьер ПАО «Северный ГОК».

Месторождение, разрабатываемое карьером Полтавского ГОКа, было разделено на 18 участков. При построении разрезов по этим участкам, контуров карьера и положения горных работ по мере их понижения были приняты углы откосов бортов карьера к моменту их погашения согласно значениям, предложенным институтом «Южгипроруда», а углы рабочих бортов карьера согласно значениям, фактически достигнутых в карьере на 01.01.2014 г.

Для исследования были приняты три варианта конечной глубины карьера. При этом нижняя отметка дна карьера в замковой части месторождения изменялась от -510 м до -710 м с интервалом понижения 80 и 120 м

Определение граничного коэффициента вскрыши и конечной глубины карьера на различных участках месторождения выполняли по разработанным методикам [8, 9]. Их суть состоит в исключении влияния субъективных факторов на цену товарной продукции, которые делают неточным применение существующих методов определения конечных контуров карьеров. Методика определения границ карьеров предусматривает применение граничного коэффициента вскрыши как величины не постоянной, а изменяющейся во времени, и такой, которая зависит от изменения текущих коэффициентов вскрыши на карьерах-конкурентах. Поэтому граничный коэффициент вскрыши для карьера Полтавского ГОКа определяли с учетом возможного изменения во времени объемов вскрышных пород, руды и текущих коэффициентов вскрыши на базовых предприятиях-конкурентах. Для исследования были взяты показатели работы Северного, Центрального и Ингулецкого ГОКов. Карьеры Южного ГОКа и «АрселорМиттал Кривой Рог» были исключены по причине того, что эти карьеры находятся в стадии реконструкции.

Наглядно изменение текущих коэффициентов вскрыши с течением времени карьеров выше указанных ГОКов представлено на рис. 1.



Р

Рис. 1. Динамика текущих коэффициентов вскрыши на карьерах Кривбасса по годам эксплуатации: 1 – карьер № 4 ЦГОК; 2 – карьер № 1 ЦГОК; 3 – карьер № 3 ЦГОК; 4 – Анновский карьер СевГОК; 5 – Первомайский карьер СевГОК; 6 – карьер ИнГОКа; 7 – карьер № 3 АМКР; 8 – карьер № 2-бис АМКР; 9 – карьер ЮГОКа

Представленные текущие коэффициенты вскрыши послужили основой для определения граничных коэффициентов вскрыши для карьера Полтавского ГОКа.

Поэтому принцип определения перспективных границ карьера Полтавского ГОКа можно сформулировать следующим образом: в любой период разработки экономические показатели производства и реализации железорудной продукции карьера Полтавского ГОКа должны быть ниже либо равны аналогичным показателям Первомайского карьера ПАТ «СЕВГОК».

Выполнив замеры и расчеты по каждому участку месторождения построили графики изменения наибольших текущих коэффициентов вскрыши в зависимости от изменения глубины горных работ $n_{т.мах} = f(h_{г.р.})$ и от увеличения конечной глубины карьера $n_{т.мах} = f(H_{к.})$. Для определения граничных коэффициентов вскрыши для различных участков месторождения на графиках $n_{т.мах} = f(h_{г.р.})$ нанесли кривую изменения текущих коэффициентов вскрыши Северного ГОКа. Затем определяли точки пересечения кривых отражающих изменение наибольших текущих коэффициентов вскрыши на различных участках месторождения с линией граничного коэффициента вскрыши. Для наглядности, определение граничных коэффициентов вскрыши для различных участков месторождения представлено на рис. 2 на примере участка XII.

Точка пересечения (точка А, рис. 2) линии изменения наибольших текущих коэффициентов вскрыши на этом участке с линией отражающей граничный коэффициент вскрыши определяет значение граничного коэффициента вскрыши для данного участка, которое составляет $1,57 \text{ м}^3/\text{т}$.

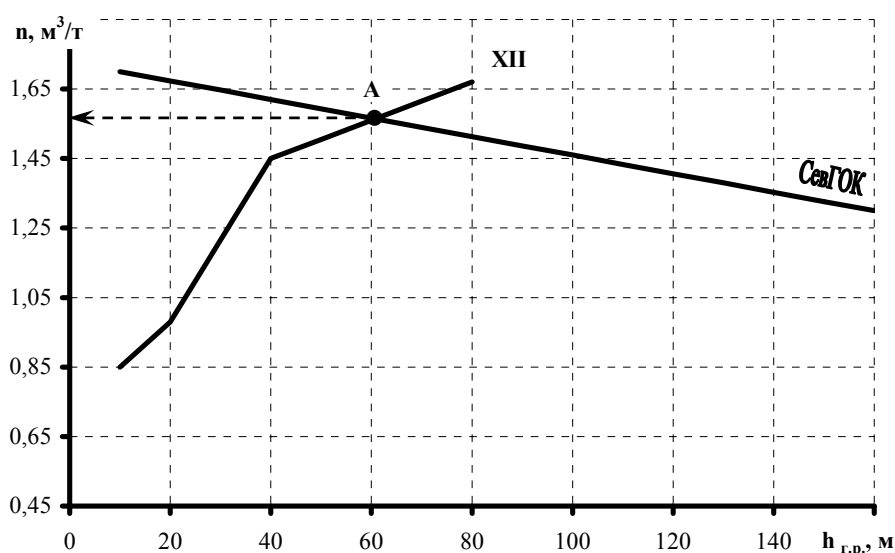


Рис. 2. Графическое определение граничных коэффициентов вскрыши для различных участков месторождения

Установив значения граничного коэффициента вскрыши по каждому участку разрабатываемого месторождения, определили перспективную глубину карьера Полтавского ГОКа. Для этого за основу были взяты графики изменения наибольших текущих коэффициентов вскрыши в зависимости от увеличения конечной глубины карьера $n_{т.мах} = f(H_{к.})$. Наглядно определение перспективной глубины карьера на различных участках месторождения представлено на рис. 3 на примере того же участка.

Определение перспективной глубины карьера для XII-го участка выполнялось следующим образом: от точки С на оси ординат, которая соответствует значению граничного коэффициента вскрыши для данного участка, провели линию до пересечения с кривой изменения наибольших текущих коэффициентов вскрыши от увеличения конечной глубины карьера, которое показано на рис. 3 точкой D. От этой точки провели линию до пересечения с осью абсцисс. Это пересечение определяет значение перспективной глубины карьера Полтавского ГОКа для данного участка, которое составляет 480 м.

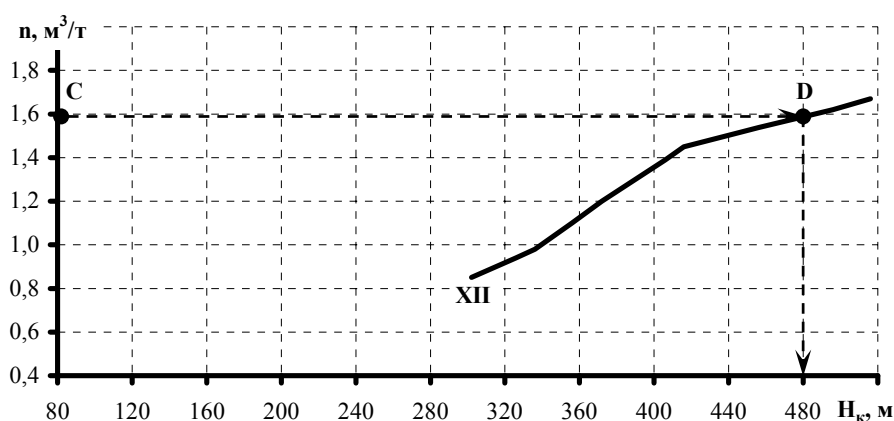


Рис. 3. Графическое определение перспективной глубины карьера на различных участках месторождения

После определения перспективной глубины карьера на каждом исследуемом участке месторождения отстроили рациональные контуры отработки карьера.

В результате проведенных исследований было установлено, что перспективная глубина карьера Полтавского ГОКа на участке с наибольшей горизонтальной мощностью рудной залежи составит около 880 м.

Перспективная глубина карьера по исследуемым участкам месторождения представлена в таблице 1.

Таблица 1 Перспективная глубина карьера Полтавского ГОКа на исследуемых участках месторождения

	Участки месторождения															
	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII
Перспективная глубина карьера, м	516	641	716	776	876	656	665	600	616	480	295	566	275	395	325	100

Для определения перспективных границ Первомайского карьера ПАО «Северный ГОК» были приняты также три варианта конечной глубины карьера. При этом нижняя отметка дна карьера в замковой части месторождения изменялась от -565 м до -665 м с интервалом понижения 50 и 120 м

При построении контуров карьера и положения горных работ по мере их понижения приняты значения углов откосов бортов карьера к моменту их погашения согласно значениям, представленным в работе [11]. Углы рабочих бортов карьера приняты согласно значениям, которые фактически достигнуты на Первомайском карьере.

Подвигание бортов карьера по каждому из рассматриваемых вариантов осуществляли в северном, южном и западном направлениях. По результатам расчетов построили графики изменения наибольших текущих коэффициентов вскрыши в зависимости от увеличения конечной глубины карьера $n_{max} = f(H_k)$ (рис. 4). Исходным для расчетов принято положение горных работ на 01.01.2014 г.

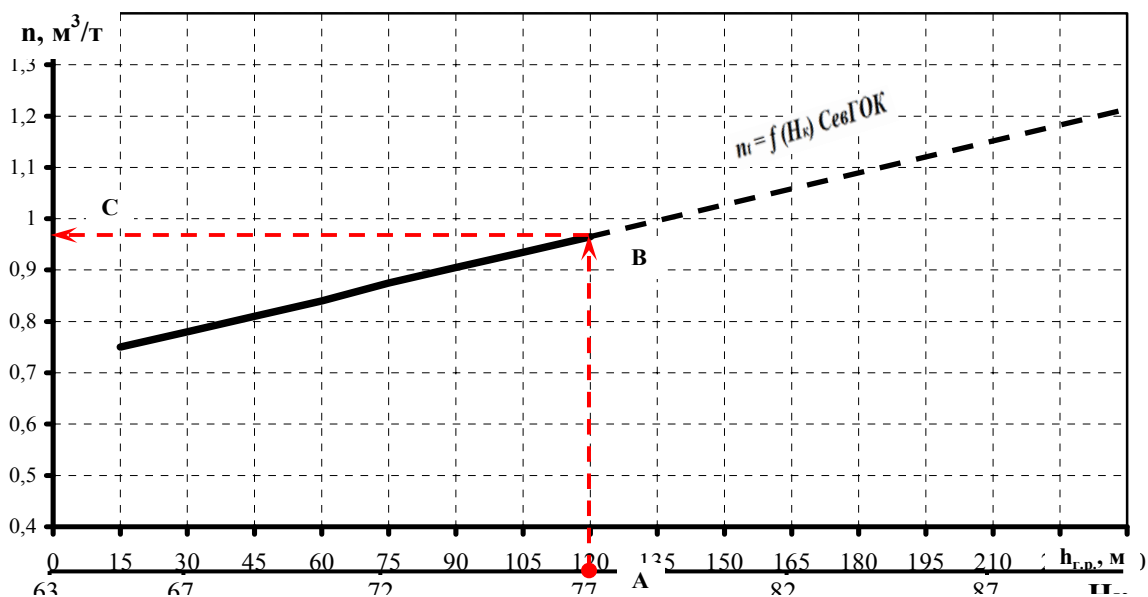


Рис. 4. Графики изменения наибольших текущих коэффициентов вскрыши в зависимости от увеличения конечной глубины карьера.

Анализ вариантов конечной глубины карьера показал, что максимальная перспективная глубина карьера, при которой нет ограничений развития контуров по поверхности составляет 770 м (сплошная линия $n_{max} = f(H_k)$ на рис. 4), при этом граничный коэффициент вскрыши составляет $0,97 \text{ м}^3/\text{т}$ (рис. 4 линия А-В-С). При увеличении перспективной глубины Первомайского карьера необходимо будет выполнить не только перенос (ликвидацию) отвалов на северном и юго-западном бортах карьера, но и перенос (или снос) транспортных коммуникаций, зданий и сооружений (пунктирная линия $n_{max} = f(H_k)$ на рис. 4).

Определение граничного коэффициента вскрыши и конечной глубины карьера выполняли аналогично, как и для карьера Полтавского ГОКа по разработанным методикам [8, 9]. Определим перспективные границы Первомайского карьера, которые обеспечат экономические показатели добычи руды и производства концентрата на уровне не ниже подобных экономических показателей по сравнению с каждым из выше перечисленных ГОКов (рис. 1).

Для этого на графике изменения наибольших текущих коэффициентов вскрыши в зависимости от изменения конечной глубины карьера отразим кривую выбранного граничного коэффициента вскрыши.

Затем определим точку пересечения кривой, отражающей изменение наибольших текущих коэффициентов вскрыши с линиями граничных коэффициентов вскрыши. От точек пересечения проводим вертикальные линии к оси абсцисс и определяем перспективную глубину карьера по сравнению с каждым ГОКом.

В качестве примера рассмотрим определение глубины Первомайского карьера по сравнению с экономическими показателями работы ПГОКа (рис. 5).

На рисунке 5 отмечаем точку пересечения (точка А) линии отражающей изменение наибольших текущих коэффициентов вскрыши с линией, отражающей граничный коэффициент вскрыши (граничный коэффициент вскрыши составляет $n_{гр} = 0,84 \text{ м}^3/\text{т}$, из этой точки проводим вертикальную линию на ось абсцисс и определяем перспективную глубину Первомайского карьера, которая составляет 705 м.

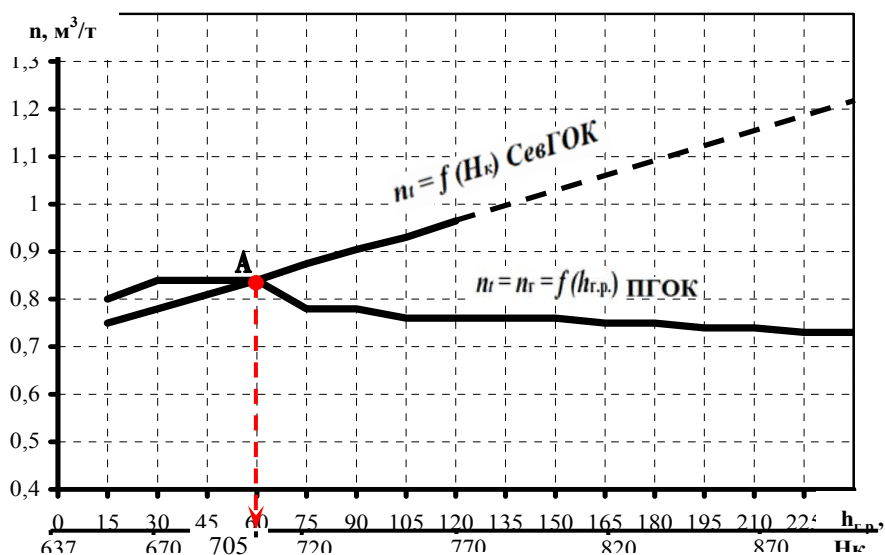


Рис. 5. Графическое определение глубины Первомайского карьера

Перспективные границы Первомайского карьера, которые обеспечат экономические показатели добычи руды и производства концентрата на уровне не ниже подобных экономических показателей по сравнению с ГОКа и горнодобывающими предприятиями Украины (ЮГОКа, ЦГОКа, АМКР, ПГОКа и ИнГОКа, КЖРК) представлены в таблице 2.

Таблица 2. Перспективная глубина Первомайского карьера (H_k) и ее увеличение, определенные по равенству экономических показателей горнодобывающих предприятий-конкурентов

Показатели	Предприятия-конкуренты					
	ПГОК	ЮГОК	АМКР	ЦГОК	ИнГОК	КЖРК
Глубина карьера (H_k), м	705	810	890	>890	>890	>890
Прирост глубины карьера (ΔH_k), м	35	140	220	>220	>220	>220

Из таблицы видно, что при увеличении конечной глубины Первомайского карьера минимум до 705 м (прирост глубины относительно действующего проекта составит 35м) экономические показатели добычи и производства концентрата будут не хуже чем на Полтавском ГОКе. Из этого следует, что по сравнению с другими ГОКа Украины эти показатели тем более будут не хуже.

В случае установления перспективной глубины карьера по экономическим показателям базовых предприятий-конкурентов ГОКов и горнодобывающих предприятий Кривого Рога перспективная конечная глубина Первомайского карьера, обеспечивающая конкурентоспособность его товарной продукции, составит минимум 810 м (прирост глубины относительно действующего проекта составит 140 м). Однако при данной глубине карьера контуры по поверхности требуют переноса части Северного автоотвала и транспортных коммуникаций практически по всему периметру карьера.

Максимальная перспективная глубина карьера, при которой нет ограничений развития контуров по поверхности составляет 770 м (прирост глубины относительно действующего проекта составит 100 м). Т.е. при глубине разработки месторождения 770 м обеспечивается конкурентоспособность товарной железорудной продукции Первомайского карьера на внутреннем рынке Украины. Поэтому, в качестве перспективной конечной глубины Первомайского карьера рекомендуется глубина 770м.

По проведенным исследованиям можно сделать следующие выводы. Установлено, что прирост запасов руды, при отработке карьера Полтавского ГОКа в перспективном контуре, составляет 1363,2 млн. т. Средний коэффициент вскрыши в перспективном контуре карьера составит 0,91 м³/т (при разработке месторождения в утвержденном проектом контуре – 0,43 м³/т). При производительности карьера по руде на уровне 29,872 млн. т в год срок его работы, в утвержденном проектом контуре, составит 28 лет. При отработке карьера в расширенном контуре с той же годовой производительностью, срок работы будет составлять 74 года.

Прирост запасов руды в перспективном контуре отработки Первомайского карьера составляет более 130 млн. т. При разработке месторождения в перспективном контуре отработки карьера коэффициент вскрыши будет составлять 0,81 м³/т. При разработке месторождения в перспективных контурах отработки карьера срок его эксплуатации может быть продлен до 43 лет против 37 при работе в утвержденном контуре отработки.

Список литературы

1. Арсентьев А.И. Определение производительности и границ карьеров / А.И.Арсентьев. – 2-е издание переработанное и дополненное – М.: Недра, 1970. – 319 с.
2. Арсентьев А.И. Развитие методов определения границ карьеров. / А.И.Арсентьев, А.К.Полищук // Л.: - Наука, 1967.
3. Ржевский В.В. Проектирование контуров карьеров. / В.В.Ржевский. – Москва.: - Metallurgizdat, 1956.
4. Хохряков В.С. Проектирование карьеров. / В.С.Хохряков – М.: - Недра, 1980.
5. Близнюков В.Г. Определение главных параметров карьера с учетом качества руды. / В.Г. Близнюков – М.: Недра, 1978. – 151 с.
6. Определение перспективных границ и производительности Первомайского карьера ПАО «СевГОК»: Отчет о НИР (заключит. Том I)//Академия горных наук Украины. № ГР 0115U002577.-Кривой Рог. 2014.- 93 с.
7. Определение перспективных границ карьера, обеспечивающих конкурентоспособность железорудной продукции Полтавского ГОКа: Отчет о НИР (заключит.)//Государственное высшее учебное заведение «Криворожский национальный университет». № ГР 011U003099.- Кривой Рог. 2014.-115 с.
8. Близнюков В.Г. Исключение субъективных факторов при определении конечных контуров железорудных карьеров в составе ГОКов / Близнюков В.Г., Баранов И.В., Савицкий А.В. // Вісник Криворізького національного університету : Зб. наук. праць. – 2012. – Вип. 31. – С.3–6.
9. Луценко С.А. Определение границ карьеров, обрабатывающих мощные крутопадающие залежи / С.А. Луценко // Горный журнал. Известия высших учебных заведений – 2016. – №4. – С.10–17.
10. Нормы технологического проектирования горнодобывающих предприятий с открытым способом разработки месторождений полезных ископаемых, К.: - Министерство промышленной политики Украины, 2007.
11. Научно-исследовательская работа «Определение рациональной стратегии развития транспортной схемы Первомайского карьера ПАО «СЕВГОК».- «МИ-ЦЕНТР», г. Кривой Рог, 2013.