

УДК 622.271.33: 622.12

В.Г. БЛИЗНЮКОВ, д-р техн. наук, проф.,
С.А. ЛУЦЕНКО, И.В. БАРАНОВ, кандидаты техн. наук, доц.
Криворожский национальный университет

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ КОНТУРОВ КАРЬЕРОВ, РАЗРАБАТЫВАЮЩИХ КРУТОПАДАЮЩИЕ ЖЕЛЕЗОРУДНЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Необходимость в определении перспективных конечных границ железорудных карьеров обусловлена тем, что после выхода горных работ на проектный контур карьеры будут 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. В статье, на примере Первомайского карьера ПАО «Северный ГОК» показано определение перспективных контуров отработки карьера, выполнены исследования изменения наибольшего текущего коэффициента вскрыши в зависимости от увеличения проектной глубины карьера. Перспективные границы Первомайского карьера ПАО «Северный ГОК» обеспечат экономические показатели добычи руды и производства концентрата на уровне не ниже экономических показателей подобных горно-обогатительных комбинатов. По результатам проведенных исследований установлено, что прирост запасов руды в перспективном контуре отработки карьера составляет более 130 млн т. При этом дополнительный объем вскрышных работ составит в размере 260 млн м³. Коэффициент вскрыши в утвержденном проектном контуре отработки карьера составляет 0,6 м³/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).

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. В настоящее время на большинстве карьеров Кривбасса горные работы на верхних горизонтах подходят к границам карьера по поверхности. Этот период (10-12 лет) будет характеризоваться наибольшим эксплуатационным коэффициентом вскрыши. Именно за это время себестоимость руды и в целом затраты на производство концентрата достигнут допустимой величины. Величина эксплуатационного коэффициента вскрыши этого периода, определяющая конечные границы карьеров, может быть уменьшена за счет выбора направления развития горных работ и определения рациональных контуров карьеров по поверхности. Уменьшение эксплуатационного коэффициента позволит расширить конечные границы карьеров, тем самым увеличить запас руды в контурах карьеров и промышленный потенциал горно-обогатительных комбинатов.

Кроме того, своевременное определение конечных контуров карьеров позволяет планировать потребность в земельных площадях под поверхностные здания и технологические сооружения, обеспечивающие нормальную работу горно-обогатительных комбинатов на длительное время. При этом немаловажное значение имеет и социальный фактор.

Необходимость уже сейчас определять перспективные конечные границы карьера обусловлена тем, что после указанного выше периода 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.

Анализ исследований и публикаций. 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. Близнюкову, 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 пока-

зателями 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 течении всего срока эксплуатации месторождения.

Постановка задачи. Целью данной работы является исследование изменения наибольшего текущего коэффициента вскрыши в зависимости от увеличения проектной глубины проектируемого карьера, а также динамики с течением времени текущих коэффициентов вскрыши по ГОКах и горнодобывающим предприятиям Украины. Такое исследование даст возможность решить вопрос определения перспективных границ проектируемых железорудных карьеров в зависимости от влияния технологических показателей карьеров-конкурентов. В конечном итоге перспективные контуры должны обеспечить минимальное значение коэффициента вскрыши в целом по карьере [10].

Изложение материалов и результаты. Для выполнения исследований за основу был взят Первомайский карьер ПАО «Северный ГОК». Для определения рациональной глубины Первомайского карьера наметили несколько вариантов контуров карьера по поверхности (рис. 1).

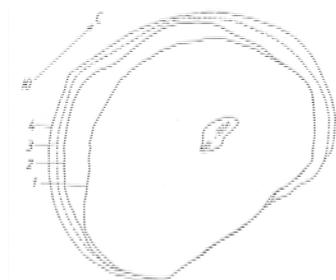


Рис. 1 Возможные контуры Первомайского карьера по поверхности: 1 - современное положение горных работ; 2 - контур карьера по первому варианту; 3 - по второму варианту; 4 - по третьему варианту

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

Для этих вариантов были приняты следующие конечные глубины карьера H_k :

I вариант - нижняя отметка дна карьера «-565 м», $H_k=670$ м;

II вариант - положение дна карьера через 50 м, т.е. нижняя отметка дна карьера «-615 м», $H_k=720$ м;

III вариант - положение дна карьера через 120 м, т.е. нижняя отметка дна карьера в замковой части месторождения «-665 м», $H_k=770$ м.

Характеристика Первомайского карьера по исследуемым вариантам представлена в табл. 1.

Таблица 1

Эксплуатационная характеристика Первомайского карьера			
Показатели	Варианты конечной глубины карьера, H_k		
	I вариант	II вариант	III вариант
Углы откосов рабочих бортов α , град	16-20	16-20	16-20
Наибольший текущий коэффициент вскрыши n_t , м ³ /т	0,78	0,87	0,965
Глубина горных работ с наибольшим текущим коэффициентом вскрыши H_T , м	-355	-400	-445

По каждому из рассматриваемых вариантов, для определения максимальных текущих коэффициентов вскрыши, отстроили положение горных работ в момент их выхода по уровню

дневной поверхности на проектные (конечные) контуры карьера. При построении календарных планов горных работ были использованы рекомендации «МИ-ЦЕНТР» [11]. Подвигание бортов карьера по каждому из рассматриваемых вариантов осуществляем в северном, южном и западном направлениях. Подвигание борта в восточном направлении не целесообразно, в связи с наличием на нем фабрики. Далее по каждому варианту производим расчеты объемов выемки руды и вскрышных пород и определяем максимальные текущие коэффициенты вскрыши.

По результатам расчетов построили графики изменения наибольших текущих коэффициентов вскрыши в зависимости от увеличения конечной глубины карьера $n_{m\max} = f(H_k)$ (рис. 2). Исходным для расчетов принято положение горных работ на 01.01.2014 г.

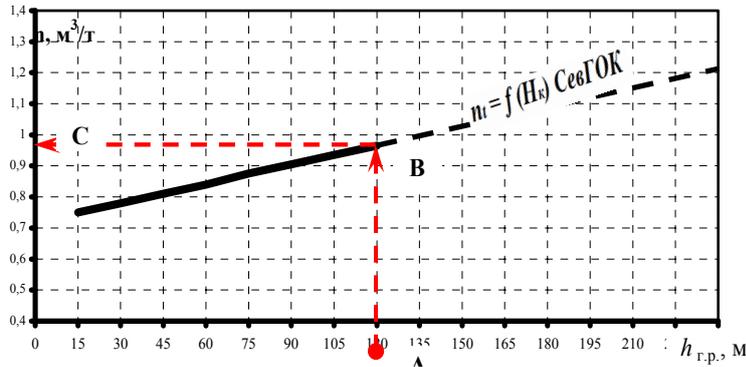


Рис. 2. Графики изменения наибольших текущих коэффициентов вскрыши в зависимости от увеличения конечной глубины карьера

Анализ вариантов конечной глубины карьера показал, что развитие контуров карьера по поверхности ограничивается наличием (за исключением отвалов на северном и юго-западном бортах карьера) транспортных коммуникаций, зданий и сооружений. Максимальная перспективная глубина карьера, при которой нет ограничений развития контуров по поверхности составляет 770 м (сплошная линия $n_{m\max} = f(H_k)$ на рис. 2), при этом граничный коэффициент вскрыши составляет $0,97 \text{ м}^3/\text{т}$ (рис. 2 линия А-В-С). При увеличении перспективной глубины Первомайского карьера необходимо будет выполнить не только перенос (ликвидацию) выше указанных отвалов, но и перенос (или снос) транспортных коммуникаций, зданий и сооружений (пунктирная линия $n_{m\max} = f(H_k)$ на рис. 2).

Определение граничного коэффициента вскрыши и конечной глубины карьера на различных участках месторождения производили 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 применения граничного коэффициента вскрыши как величины не постоянной, а изменяющейся во времени, и такой, которая зависит от изменения текущих коэффициентов вскрыши на карьерах-конкурентах. Согласно этих методик граничный коэффициент вскрыши для Первомайского карьера определяли с учетом возможного изменения во времени объемов вскрышных пород и руды на базовых предприятиях-конкурентах. Для этого проследили динамику (рис. 3) с течением времени текущих коэффициентов вскрыши по ГОКа и горнодобывающим предприятиям Украины (ЮГОКа, ЦГОКа, АМКР, ПГОКа и ИнГОКа, КЖРК).

Определение перспективных границ Первомайского карьера, которые обеспечат экономические показатели добычи руды и производства концентрата на уровне не ниже подобных экономических показателей по сравнению с каждым из перечисленных ГОКов.

Для этого на графике изменения наибольших текущих коэффициентов вскрыши в зависимости от изменения конечной глубины карьера отразим кривую выбранного граничного коэффициента вскрыши (рис. 4а, б).

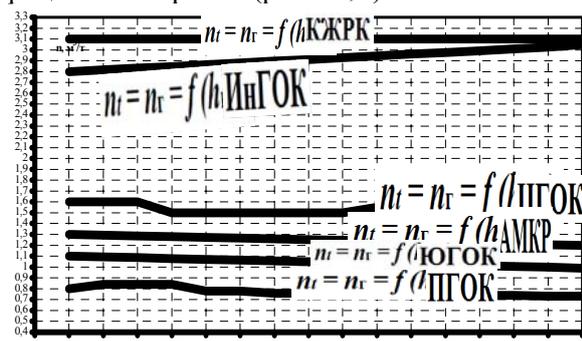


Рис. 3. Изменение во времени текущих коэффициентов вскрыши (граничных для Первомайского карьера) по карьерам-конкурентам

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 сравне-

нию с каждым из перечисленных ГОКов.

В качестве примера рассмотрим определение глубины Первомайского карьера по сравнению с экономическими показателями работы ПГОКа и ЮГОКа.

По сравнению с ПГОКом. На рис. 4а отметим точку пересечения (точка А) линии отражающей изменение наибольших текущих коэффициентов вскрыши с линией отражающей граничный коэффициент вскрыши (граничный коэффициент вскрыши составляет $n_{гр}=0,84 \text{ м}^3/\text{т}$).

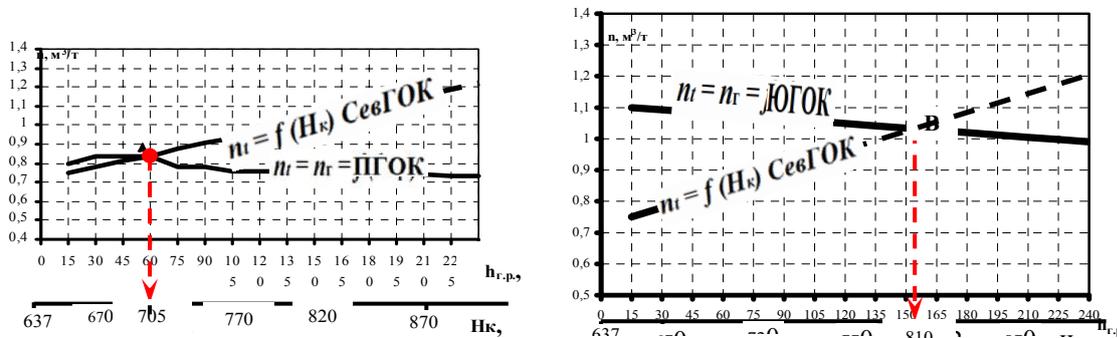


Рис. 4а,б. Графическое определение глубины Первомайского карьера

После этого из точки А проводим вертикальную линию на ось абсцисс и определяем перспективную глубину Первомайского карьера ($H_k=705 \text{ м}$). По сравнению с ЮГОКом. На рис. 4б отметим точку пересечения (точка В) линии отражающей изменение наибольших текущих коэффициентов вскрыши с линией отражающей граничный коэффициент вскрыши (граничный коэффициент вскрыши составляет $n_{гр}=0,84 \text{ м}^3/\text{т}$).

После этого из точки В проводим вертикальную линию на ось абсцисс и определяем перспективную глубину Первомайского карьера $H_k=810 \text{ м}$.

Перспективные границы Первомайского карьера, которые обеспечат экономические показатели добычи руды и производства концентрата на уровне не ниже подобных экономических показателей по сравнению с ГОКами и горнодобывающими предприятиями Украины (ЮГОКа, ЦГОКа, АМКР, ПГОКа и ИнГОКа, КЖРК) представлены в табл. 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 табл. видно, что при увеличении конечной глубины Первомайского карьера минимум до 705 м (прирост глубины относительно действующего проекта составит 35 м) экономические показатели добычи и производства концентрата будут не хуже чем на Полтавском ГОКе.

Из этого следует, что по сравнению с другими ГОКами 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 770 м.

Выводы. Подсчитаны погоризонтные объемы выемки руды и вскрышных пород в перспективном контуре отработки карьера.

Прирост запасов руды в перспективном контуре отработки карьера составляет более 130 млн т.

При этом дополнительный объем вскрышных работ составит в размере 260 млн м³. Коэффициент вскрыши в утвержденном проектном контуре отработки карьера составляет 0,6 м³/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.** – М.: - Металлургиздат, 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: Кривий Ріг: КНУ, 2012. - Вип. 31. - С.3-6.
9. **Близнюков В.Г.** Совершенствование методов определения границ карьеров / **Близнюков В.Г., Баранов И.В., Савицкий А.В.** // Гірничий вісник. - Кривий Ріг: КНУ, 2015. - Вип. 99. - С.3-9.
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.

Рукопись поступила в редакцию 04.04.16