

коэффициента и конечных контуров отработки карьера. Четвертый метод, исключая влияние субъективных факторов на определение граничного коэффициента вскрыши и конечных (перспективных) контуров отработки карьера.

На основе полученных значений текущих коэффициентов вскрыши при различных вариантах отработки месторождения был построен график изменения глубины карьера с нанесением граничных коэффициентов вскрыши определенных по различным методам оценки (табл. 3) и который представлен на рис. 1.

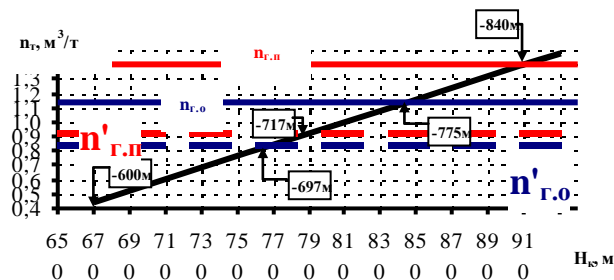


Рис. 1. График зависимости изменения глубины карьера от значений текущих коэффициентов вскрыши

На представленном графике также показаны возможные отметки дна карьера.

Результаты исследований по определению перспективных контуров отработки карьера Ингулецкого ГОКа показали, что минимальные значения текущих коэффициентов вскрыши достигаются при развитии карьера с граничным коэффициентом –  $0,83 \text{ м}^3/\text{т}$ , который определен по предложенному методу определения конечных контуров карьеров. Конечная глубина карьера будет составлять 766 м с нижней отметкой его дна -700 м.

Из изложенного можно сделать вывод, что при определении перспективных границ карьера необходимо исключать субъективные и учитывать только природные и технологические факторы: содержание железа в руде, выход концентрата, и объемы вскрышных работ и др.

Для этого впервые была разработана методика приведения цен к одному виду товарной продукции по цене одного процента железа в 1 т концентрата.

Данная методика позволяет исключить влияние субъективных факторов при проектировании границ открытых горных работ.

#### Список литературы

1. Нормы технологического проектирования горнодобывающих предприятий с открытым способом разработки месторождений полезных ископаемых, К.: - Министерство промышленной политики Украины, 2007.
2. Арсентьев А.И. Определение производительности и границ карьеров, М.: - Недра, 1970.
3. Близиюков В.Г. Определение главных параметров карьера с учетом качества руды, М.: - Недра, 1978.
4. Арсентьев А.И., Полищук А.К. Развитие методов определения границ карьеров. Л.: - Наука, 1967.
5. Ржевский В.В. Проектирование контуров карьеров. М.: - Металлургиздат, 1956.
6. Хохряков В.С. Проектирование карьеров. М.: - Недра, 1980.
7. Определение перспективных границ и производительности карьера Ингулецкого горно-обогатительного комбината //Отчет о НИР (промежут.), ГП «ГНИГРИ», № ГР 0107U00563 – Кривой Рог, 2007. – 65 с.

Рукопись поступила в редакцию 19.12.11

УДК 622.271+622.272: 553.311.2

В.В. ПЕРЕГУДОВ, д-р техн. наук, проф.,

В.Ф. ПЛОТНИКОВ, Е.М. НИКОЛЕНКО, В.Г. ПИЛИНСКИЙ, ГП «ГПИ «Кривбасспроект»

## РАЗВИТИЕ СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ ИНГУЛЕЦКОГО ГОРНООБОГАТИТЕЛЬНОГО КОМБИНАТА

### Запасы неокисленных кварцитов, открыто-подземный и подземный способы разработки

Предложены и обоснованы варианты расширения сырьевой базы Ингулецкого горно-обогатительного комбината за счет вовлечения в разработку запасов, сосредоточенных за проектным контуром карьера.

**Проблема и ее связь с практическими задачами.** Длительный период эксплуатации (более 50 лет) месторождений железистых кварцитов открытым способом в Криворожском бассейне показал достаточно высокие показатели освоения данного вида сырья, как в условиях

плановой, так и в условиях рыночной экономики. Добыча значительных объемов запасов неокисленных железистых кварцитов, по отношению к утвержденным, привела к некоторому ухудшению экономических показателей разработки месторождений за счет увеличения коэффициента вскрыши, с увеличением глубины разработки, отчуждения новых земель под отвалы, хвостохранилища и др. Остатки балансовых запасов в проектных контурах карьеров Криворожского бассейна варьируют в пределах 48-60%, по отношению к утвержденным. Кроме балансовых запасов, практически на каждом месторождении горно-обогатительных комбинатов, имеются забалансовые запасы неокисленных кварцитов. Их балансовая принадлежность не была определена по причине того, что они находятся за проектным, экономически и технологически обоснованным на определенный период контуром карьера. Вовлечение забалансовых запасов в разработку возможно только после определения их балансовой принадлежности в результате применения экономически обоснованной технологии их извлечения и проведения дополнительной разведки этих запасов. Как правило, значительная часть забалансовых запасов, по степени разведанности, соответствует категории  $C_2$ , реже -  $C_1$ . При наличии забалансовых запасов на месторождениях железистых кварцитов, расширение сырьевой базы горно-обогатительных комбинатов возможно за счет вовлечения этих запасов в разработку.

В качестве примера рассмотрено, как вариант, расширение сырьевой базы Ингулецкого горно-обогатительного комбината, обеспеченность которого балансовыми запасами неокисленных железистых кварцитов составляет, при проектной производительности, 48-50 лет. Начиная с 2022 г., в связи со значительным уменьшением активного фронта добычных работ, годовая производительность комбината снижается с 34 до 22 млн т. Восполнение выбывающих объемов добычи руды возможно за счет вовлечения в разработку забалансовых запасов неокисленных железистых кварцитов, находящихся за проектным контуром карьера. К таким относятся запасы магнетитовых кварцитов (38...90 маркшейдерская ось) в количестве 1099,6 млн т. и от 90 маркшейдерской оси на севере и далее на юге месторождения до 29...30 разведочного профиля запасы составляют 1010,0 млн т. Извлечение законтурных запасов открытым способом невозможно по причине приведения бортов карьера в отработанный вид к максимальному углу  $35^\circ$ . Часть законтурных запасов возможно извлечь дополнительно при постановке некоторых уступов под углом  $75^\circ$  путем контурного взрывания скважин малого диаметра. Максимальные объемы извлечения этих запасов открытым способом могут достичь 4-5 млн т в год во всем контуре карьера.

**Анализ открыто-подземного и подземного способов разработки.** Более перспективным и рациональным путем расширения сырьевой базы ИнГОКа будет являться открыто-подземный способ дальнейшей разработки месторождения магнетитовых кварцитов. Отработке подлежат запасы, находящиеся за проектным контуром в бортах карьера. Разрабатывать эти запасы предлагается открыто-подземным способом с транспортировкой руды в зону ведения открытых горных работ гор. -390 м и выдачей на поверхность существующим комплексом ЦПТ.

Подземные горные работы предусматривается вести совместно с открытыми горными работами и использованием выработанного пространства карьера, его транспортных коммуникаций, всей технологической инфраструктуры (электроснабжение, бытовой комплекс, коммуникации, техперсонал и т.д.). К извлечению принимаются запасы руды, находящиеся в этаже минус 120... -390 м, за проектным контуром восточного и западного бортов карьера (табл. 1).

Таблица 1

Запасы и качество неокисленных железистых кварцитов за проектным контуром карьера ИнГОК по этажам разработки (Восточный борт карьера)

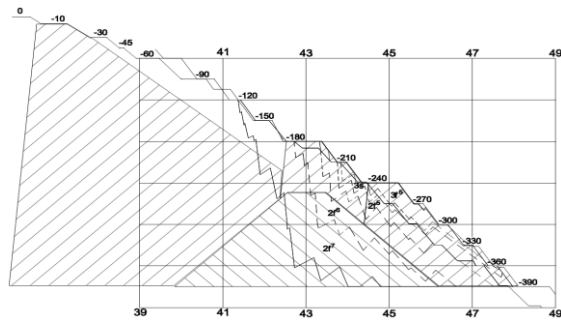
Этаж разработки	Геологические запасы, тыс.т		Массовая доля, %	
	балансовые	забалансовые	Fe <sub>общ.</sub>	Fe <sub>магн.</sub>
-120...-210 м	7805	1547	31,74	20,73
-210...-300 м	14665	12676	31,81	20,90
-300...-390 м	4339	24183	31,55	20,23
<b>Итого</b>	<b>26809</b>	<b>38406</b>	<b>31,68</b>	<b>20,58</b>



Западный борт карьера				
Этаж разработки	Геологические запасы, тыс.т		Массовая доля, %	
	балансовые	забалансовые	Fe <sub>общ.</sub>	Fe <sub>магн.</sub>
-120...-210 м	965	7660	31,86	21,24
-210...-300 м	6676	20459	31,67	21,53
-300...-390 м	6010	27346	31,71	21,52

<b>Итого</b>	<b>13651</b>	<b>55465</b>	<b>31,71</b>	<b>21,49</b>
--------------	--------------	--------------	--------------	--------------

Извлечение из недр запасов, находящихся за проектным контуром карьера, предполагается вести с применением системы разработки с принудительным обрушением руды и вмещающих пород. При разработке запасов западного борта карьера в зону сдвижения попадают конвейерный тракт «Восточный», дробильно-конвейерный комплекс горизонта минус 375 м и автомобильные дороги. Для охраны вышеуказанных объектов от вредного влияния подземных горных работ необходимо оставление предохранительных целиков. Расположение предохранительных целиков показано на рис. 1



**Рис. 1.** Разрез западного борта карьера по 50 оси:

-  - предохранительный целик конвейерного тракта «Восточный» и дробильно-конвейерного комплекса;
-  - предохранительный целик автодороги

В предохранительных целиках транспортных коммуникаций, ЦПТ и автодороги консервируется большая часть запасов неокисленных железистых кварцитов западного борта карьера (см. табл. 2).

Таблица 2

Запасы неокисленных железистых кварцитов в западном борту карьера ИнГОКа по этажам разработки с учетом оставляемых предохранительных целиков

Этаж разработки	Геологические запасы, тыс. т		Запасы в предохранительных целиках, тыс.т				Запасы вне предохранительных целиков, тыс. т	
			в том числе					
	балан- совые	заба- лан- совые	целик конвейера	целик автодороги	балан- совые	заба- лан- совые	балан- совые	заба- лан- совые
-120...-210 м	965	7660	0	0	677	1502	288	6158
-210...-300 м	6676	20459	9	2054	4986	15713	1681	2692
-300...-390 м	6010	27346	1038	13250	4196	14096	776	0
<b>Итого</b>	<b>13651</b>	<b>55466</b>	<b>1047</b>	<b>15304</b>	<b>9859</b>	<b>31311</b>	<b>2745</b>	<b>8850</b>

Отрабатывать запасы неокисленных железистых кварцитов за проектным контуром западного борта карьера, расположенные вне предохранительных целиков, технически и экономически нецелесообразно из-за их малого объема. Вовлечение в разработку зацеличенных запасов западного борта карьера открыто-подземным способом возможно после вывода с этого борта технологической цепочки транспортных коммуникаций.

Подземный способ разработки предусматривает извлечение из недр запасов неокисленных железистых кварцитов, находящихся за проектным контуром карьера от 90 оси до 29-30 профиля, отметка минус 400 м. Разработка возможна без технологической увязки с открытыми горными работами, но с определенной временной увязкой отработки подземным способом южного крыла месторождения во избежание подработки северного борта карьера. Запасы, подлежащие разработке приведены в табл. 3.

**Постановка задачи.** Таким образом, к отработке открыто-подземным способом предлагаются запасы неокисленных железистых кварцитов за проектным контуром восточного борта карьера на участке месторождения, расположенном в пределах маркшейдерских осей 36...62. Предположительно годовая производительность подземного комплекса по добыче неокисленных железистых кварцитов составит 4,0 млн т. Ввод в эксплуатацию дробильно-перегрузочного пункта (ДПП) горизонта минус 375 м, а следовательно и переход на открыто-подземный способ отработки месторождения предполагается осуществить в 2042 г. К моменту запуска ДПП в эксплуатацию производительность карьера по добыче руды открытым способом составит 14,0 млн т в год.

Следовательно, подъемных возможностей конвейерного тракта достаточно для транспортировки общего объема руды, добываемой как открытым так и подземным способом. Такая ситуация будет сохраняться на протяжении первых пяти лет работы ДПП -375 м «Восточный» (2042-2046 гг.). После 2046 г. и до конца отработки карьера (2065 г.), по причине снижения величины активного и общего фронтов, достижения карьером нижней отметки дна минус 600 м, произойдет дальнейшее падение производительности карьера по добыче полезного ископаемого открытым способом, при сохранении добычи руды подземным способом на уровне 4 млн т в год.

Таблица 3

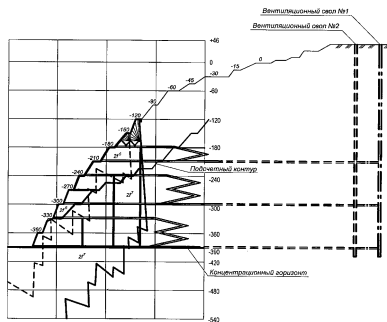
Запасы неокисленных железистых кварцитов за проектным контуром карьера  
в этажах 0... (-200 м) и (-200 м)...(-400 м)

Этаж разработки	Геологические запасы, тыс.т.	Массовая доля, %		Массовые доли железа во вмещающих породах, %			
		Fe <sub>общ</sub>	Fe <sub>магн.</sub>	висячий бок		лежащий бок	
				Fe <sub>общ</sub>	Fe <sub>магн.</sub>	Fe <sub>общ</sub>	Fe <sub>магн.</sub>
0...(-200 м)	251725	34,47	23,98	23,27	4,75	23,62	5,09
(-200 м)...(400 м)	227968	34,74	24,48	27,49	10,93	29,22	10,55
Всего	479693	34,60	24,22	25,38	7,84	26,42	7,82

Общая продолжительность отработки законтурных запасов восточного борта карьера в интервале глубин: горизонт -120 м...гор. -390 м, с учетом продолжительности периодов развития и затухания горных работ составит 18 лет.

Вскрытие участка месторождения за проектным контуром восточного борта карьера предполагается осуществить двумя вертикальными вентиляционными стволами, пройденными с дневной поверхности до горизонта -390 м вне зоны влияния подземных очистных работ. Основными откаточными горизонтами приняты: -210, -300 и -390 м. Горизонт -390 м является концентрационным. Высота этажа принята 90 м. Вентиляционные стволы №1 и №2 располагаются, соответственно, на южном и северном флангах участка, подлежащего подземной разработке. Такое расположение стволов позволит обеспечить надежное и эффективное проветривание подземных горных работ свежим воздухом, подаваемым с поверхности. Для строительства подземных откаточных выработок основных горизонтов предполагается проходка ряда вскрывающих штолен в восточном борту карьера на уровне этих горизонтов. Схема вскрытия восточного борта карьера показана на рис. 2.

Рис. 2. Схема вскрытия восточного борта Ингулецкого карьера



При вскрытии указанного участка месторождения с использованием подземного способа комплексы вертикальных вентиляционных и рудовыдающих стволов располагаются, соответственно, в центре, на южном и северном флангах участка. Такое расположение стволов позволит обеспечить надежное и эффективное проветривание горных работ, а также выдачу руды на дневную поверхность.

**Изложение материалов и результаты.** Для извлечения запасов неокисленных железистых кварцитов участка месторождения за проектным контуром восточного борта

карьера принимается система разработки этажного принудительного обрушения рудного массива и вмещающих пород. Участок месторождения, принятый к отработке, по простиранию делится на выемочные блоки. В свою очередь блок делится на выемочные панели. Подготовка блока к очистной выемке начинается с проведением откаточных и транспортных штолков, расположенных в висячем и лежащем боках рудной залежи, ортов-заездов, вентиляционных сбоек, блоковых вентиляционно-ходовых восстающих и буровых выработок. Очистные работы состоят из последовательно выполняемых операций, а именно, образования погрузочных камер, траншейной подсечки, формирования компенсационной камеры, непосредственно отбойки запаса очистной камеры и выпуска руды на подошву погрузочных камер. Разбуривание рудного массива веерами глубоких скважин целесообразно вести из выработок единого бурового горизонта по простиранию участка самоходными бурильными установками. С этой целью этажи разработки разделяются на подэтажные горизонты с проходкой буровых и вентиляционных выработок. Связь основных горизонтов с подэтажными выработками осуществляется системой наклонных съездов, проходимых под углом  $12^\circ$  к горизонтали. По наклонным съездам осуществляется передвижение самоходных бурильных установок для обуривания рудного массива с подэтажа на подэтаж в пределах обрабатываемого участка месторождения. Погрузочно-доставочными машинами отбитая руда из погрузочных камер доставляется в разгрузочные камеры, расположенные вблизи откаточного штолка основного горизонта. Руда аккумулируется в рудоспуске и перепускается на концентрационный гор. -390 м, где из рудоспуска грузиться с помощью вибролюков типа ЛШВ-3,35 либо ПВ-6 (конструкции НИПИ рудмаш) в автосамосва-

лы TORO 40 грузоподъемностью 40 т и транспортируется по откаточным выработкам концентрированного горизонта через штольни к ДПП гор. -375 м с дальнейшей выдачей на поверхность существующим транспортным комплексом ЦПТ карьера.

Ожидаемые технические показатели добычи неокисленных железистых кварцитов с применением системы разработки с этажным принудительным обрушением руды и вмещающих пород приведены в табл. 4.

Таблица 4

Ожидаемые технические показатели по системе разработки

Наименование показателя	Значение показателя
Запасы, принятые к отработке, тыс. т	65 214
Нормативные потери при добыче, %	15
Нормативное засорение при добыче, %	6
Коэффициент извлечения, тыс. т	0,904
Эксплуатационные запасы, тыс. т	58 953,4
Годовая добыча магнетитовых кварцитов, тыс. т	4000
Годовой объем извлечения пустых пород (с учетом горно-капитальных работ), тыс. т	400
Массовая часть железа в добытых магнетитовых кварцитах, %:	
общего	30,55
магнетитового	19,62
Качественные потери железа, %:	
общего	1,13
магнетитового	0,96

При извлечении запасов магнетитовых кварцитов подземным способом возможно применение следующих систем разработки:

- система разработки с принудительным обрушением руды и вмещающих пород;
- выемка запасов системой разработки камера-целик с оставлением междукамерных целиков;
- система разработки с закладкой выработанного пространства.

Из возможных вариантов подземной разработки месторождения наиболее привлекательным по техническим показателям является вариант этажно-камерной системы с закладкой выработанного пространства. Преимуществами этой системы над другими системами разработки является:

- полнота извлечения запасов;
- более низкие потери и засорения полезного ископаемого при извлечении;
- возможность складирования хвостов обогащения в очистное пространство подземных горных работ в виде компонента закладочной смеси;
- в связи с сохранением дневной поверхности от обрушения не требуется перенос русла реки Ингулец;

разработка руд этой системой исключает подработку окисленных кварцитов месторождения.

Технологические варианты разработки запасов месторождения в пределах маркшейдерской оси 90 до профиля 29-30 до отметки -400 м приведены в табл. 5.

Таблица 5

Технологические варианты разработки запасов подземным способом (м.о. 90 – пр. 29-30) до отметки -400 м

Наименование систем разработки	Производительность, млн т/год	Потери, %	Засорение, %	Перенос реки	Количество извлекаемых запасов, млн т	Приоритетный из вариантов
Этажно-камерная система разработки с принудительным обрушением руды	12	15	6	Требуется	433,76	
Выемка запасов системой разработки камера-целик с оставлением междукамерных целиков	5	60	4	----	199,87	
Система разработки с закладкой выработанного пространства	12	10	5	----	454,45	+

**Выводы.** Разработку законтурных запасов открыто-подземным способом возможно производить только на тех участках карьера, где закончено ведение горных работ и отсутствуют транспортные коммуникации. Добыча руды открыто-подземным способом будет являться компенсацией взамен выбывающих производственных мощностей при открытом способе разработки. Переход на совместный открытый и открыто-подземный способ разработки возможно производить только в восточном борту карьера. Вовлечение в разработку запасов западного

борта карьера открыто-подземным способом возможно после вывода с этого борта технологической цепочки транспортных коммуникаций.

При рассмотрении подземного способа разработки месторождения показана возможность расширения сырьевой базы комбината с учетом вовлечения в разработку запасов, сосредоточенных от маркшейдерской оси 90 до 29-30 профиля. Разработка этого участка месторождения подземным способом не зависит от горных работ карьера и может быть начата в любой момент для поддержания мощности комбината. Преимуществами варианта разработки участка подземным способом над открытым в границах 90 м. о. – профиль 30 являются:

более полное освоение запасов подземным способом по сравнению с открытым;

незначительное, 29 га против 960 га, отведение земель под отвалы при подземном и открытом способах разработки соответственно;

незначительное отведение земель (до 10 га) под промплощадки шахтных стволов;

возможность складирования хвостов обогащения в очистное пространство подземных горных работ в виде компонента закладочной смеси;

в связи с сохранением дневной поверхности от обрушения не требуется перенос русла реки Ингулец;

незначительная (100м) санитарно-защитная зона от вентиляционных стволов;

незначительные расходы на рекультивацию.

Развитие сырьевой базы ПАО «Ингулецкий ГОК» за счет вовлечения законтурных запасов карьера в разработку открыто-подземным способом и отработка участка месторождения подземным способом в границах 90 м.о. - профиль 30 позволит поддержать производственную мощность комбината, при тех же основных производственных фондах.

#### *Список литературы*

1. Нормы технологического проектирования горнодобывающих предприятий черной металлургии с подземным способом разработки. ВНТП-13-2-85, Гипроруда, 1986 г.

2. **Черных А.Д., Глушко П.И.** Комплексная открыто-подземная разработка железорудных месторождений. Киев. «Техника», 1991 г.

3. Комплексная разработка рудных месторождений. Под редакцией А.Д. Черных. Киев. «Техника». 2005 год.

4. **Николенко Е.М., Пилинский В.Г., Павленок Ф.Л.** Разработка законтурных запасов магнетитовых кварцитов Скелеватско-магнетитового месторождения открыто-подземным способом. «Металлургическая горнорудная промышленность» №1, 2008 г.

Рукопись поступила в редакцию 28.02.12

УДК 622. 272 : 553

В.В. ПЕРЕГУДОВ, д-р техн. наук, проф.,

В.Ф. ПЛОТНИКОВ, Е.М. НИКОЛЕНКО, В.Г. ПИЛИНСКИЙ, ГП «ГПИ «Кривбасспроект»

### **ИНТЕНСИФИКАЦИЯ РАЗРАБОТКИ АРТЕМОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ МАГНЕТИТОВЫХ КВАРЦИТОВ ПАО «ЦГОК»**

Предложен вариант увеличения производительности при разработке Артемовского месторождения неокисленных железистых кварцитов подземным способом.

#### **Неокисленные магнетитовые кварциты, подземный способ разработки**

**Проблема и ее связь с практическими задачами.** Разработка месторождений открытым способом, начатая в Криворожском железорудном бассейне в начале 60-х годов, показала высокие производственные и экономические показатели освоения данного вида железорудного сырья.

Проблемой открытого способа разработки является низкая степень освоения всех запасов месторождений, обусловленная глубиной разработки и граничным коэффициентом вскрыши. Запасы кварцитов, сосредоточенные за проектным контуром карьера, в настоящее время оцениваются как забалансовые и без определения балансовой принадлежности. Их разработку в дальнейшем предполагается производить как открыто-подземным, так и подземным способами [4,5].

В экологическом плане, к началу открыто-подземного и подземного способов разработки месторождений магнетитовых кварцитов, относительно земной поверхности уже будут образованы как отрицательные (чаши карьеров), так и положительные (отвалы пустых пород) формы рельефа, занимающие значительные площади. Уменьшение экологического ущерба, наносимо-