

УДК 622.271

Г.М. Еремин

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОТРАБОТКИ НЬОРКПАХКСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ОТКРЫТЫМ СПОСОБОМ

Приведено обоснование целесообразности и необходимости доработки запасов руды в глубоком карьере открытым способом, когда применение подземного способа связано с вложением больших капитальных вложений. Особенно важно своевременное принятие такого решения при доработке маломощных рудных тел, находящихся в бортах и дне карьера, поскольку при ведении подземных работ они просто относятся к потерям. Показано, что за счёт применения крутых бортов карьера и временно нерабочих бортов (ВАБ) можно снизить эксплуатационные коэффициенты вскрыши до практически приемлемых значений (доработки запасов залежей апатит-нефелиновых руд Средней и Нижней Ньюоркпахкского месторождения ОАО «Апатит»).

Ключевые слова: доработка запасов карьера, крутые борта, снижение потерь руды.

В настоящее время значительное внимание уделяется особенностям разработки рудных тел с изменяющейся мощностью и угла падения с целью повышения полноты отработки запасов апатит-нефелиновых руд на карьерах и рудниках ОАО «Апатит».

Потери на открытых работах в три-пять и более раз меньше, чем на подземных. Это наглядно иллюстрируется примерами рудников ОАО «Апатит». На подземных рудниках применяется система разработки этажного принудительного обрушения руды и вмещающих пород. Потери при этой системе в среднем составляют 15—18 %, в отдельных случаях – до 22 %. Потери на открытых работах (Центральный и Восточный рудники) не превышают 4-6 %.

Выше было отмечено, что оконтуривание карьера по принципу равенства граничного и контурного коэффициентов вскрыши приводит к отработке верхней зоны месторождения с себестоимостью руды значительно меньшей, чем допускается граничным

коэффициентом вскрыши, что не позволяет полностью использовать преимущества открытого способа разработки. Проиллюстрируем это положение на примере установления границ Ньюоркпахкского карьера.

Ньюоркпахкское месторождение апатито-нефелиновых руд [1, 2, 3] относится к нагорно-глубинному типу и состоит из нескольких рудных тел. Проектом института «Гипроруда» отработка месторождения предусмотрена комбинированным способом в два этапа: сначала открытым (западная зона месторождения), а затем подземным (восточная часть месторождения под г.Суолуайв). Месторождение на участке г.Суолуайв представлено тремя рудными залежами: Верхней, Средней и Нижней. Верхняя залежь отрабатывается отдельным небольшим карьером, а разработка Средней и Нижней предусмотрена подземным способом. Запасы по месторождению и по способам разработки, а также показатели разработки по вариантам приведены в табл. 1 [1], табл. 2 [2].

Таблица 1

Сравнение показателей разработки Ньюкпахкского месторождения

Показатели	Варианты		
	комбинированный (проект)		открытая разработка всех запасов (большой карьер)
	карьер	подземный рудник	
Балансовые запасы кат В+С ₁ , млн т /4/	85,4	49,6	135,0
Извлекаемые запасы, млн т	82,8	33,7	131,0
Потери руды, млн т	2,6	15,9	4,0
Потери (в ведрах и эксплуатационные), %	3,0	32,0	3,0
Разубоживание, %	7,0	18,0	7,0
Промышленные запасы, млн т	88,8	41,0	140,4
Объем вскрышных пород в контурах карьера, млн м	90,6	–	300,0
Средний коэффициент вскрыши, м ³ /т	1,02	–	2,1
Производительность основного периода:			
по руде, млн т/год	6,0	2,0	8,0
по породе, млн м ³ /год	7,1	–	20,0
по горной массе, млн м ³ /год	9,3	–	22,8
Эксплуатационный коэффициент вскрыши основного периода, м ³ /т	1,2	–	2,5
Граничный коэффициент вскрыши			
м ³ /м ³	12,0	–	12,0
м ³ /т	4,1	–	4,1
Допустимая себестоимость руды, руб./т	7,6	7,6	7,6
Себестоимость:			
добываемой руды, руб./т	2,8	9,0	5,2
горной массы, руб./м ³	1,8	–	1,7
Дополнительные капитальные затраты по объекту, млн руб.	–	161,6	20-25
Выработка концентрата за весь срок отработки месторождения, тыс.т	41736		47393

Из табл. 1 следует, что при величине граничного коэффициента вскрыши 12 м³/м³ (4,1 м³/т) разница в затратах на 1 т добываемой руды для карьера при комбинированном варианте разработки составляет 4,8 руб., а при полной отработке запасов открытым способом – 2,4 руб., т.е. по отношению к допустимой себестоимости руды $C_d = n_r C_b + C_o = 4,1 \cdot 1,7 + 0,64 = 7,6$ руб./т, себестоимость руды из открытых работ, определенная проектом, составляет 37 %, а при

полной отработке запасов месторождения карьером – 68 %. Количество извлекаемой руды в варианте большого карьера на 14,5 млн т больше, чем при комбинированной разработке, при которой на подземных работах теряется в недрах из-за оконтуривания запасов 7,8 млн т, а эксплуатационные потери составляют 8,1 млн т. За счет меньшего разубоживания в варианте большого карьера содержание Р₂О₅ в добытой руде на 0,63 % больше, чем в варианте комбиниро-

Таблица 2

Параметры и показатели полной открытой разработки Ньюоркпахкского месторождения

Наименование параметров, показателей	Бортовое содержание P_2O_5 , %	
	4	2
Длина карьера по верху, м		2300
Ширина карьера по верху, м		1300
Глубина карьера, м		
максимальная		570
по замкнутому контуру (отм. +320 м)		200
Отметка дна карьера, м	+180	+120
Угол наклона борта в конечном положении в скальном массиве, град		45
Запасы руды в контурах карьера, млн т	148,2	175,6
Объем пустых пород в контурах карьера, млн м ³	345,6	336,2
Средний коэффициент вскрыши, м ³ /т	2,33	1,92
Прирезка к проектным границам		
запасы руды, млн т	63,6	90,8
объем пустых пород, млн м ³	255	245,6
средний коэффициент вскрыши, м ³ /т	4,01	2,70
Объем горнокапитальных работ, млн м ³	5,5	5,5
Возможная производительность карьера:		
по руде, млн т/год	7,5	8-8,5
по породе, млн м ³	20	16,8
Эксплуатационный коэффициент вскрыши основного периода, м ³ /т	2,5	2,1
Срок существования карьера, лет	25	28

ванной разработки. В результате из руды, добытой в большом карьере, можно будет выработать дополнительно 5,66 млн т апатитового концентрата. Кроме того, вариант комбинированной разработки дороже варианта большого карьера по капитальным затратам ориентировочно на 140 млн руб.

По работам, выполненным в Горном институте КНЦ РАН в 1986—88 гг. рассмотрена возможность отработки рудных тел Ньюоркпахкского месторождения апатит-нефелиновых руд в основном с позиций более полного извлечения запасов с меньшими потерями применением открытого способа разработки [1]. Также учтена возможность перехода на борт 2 % P_2O_5 . Поэтому включенные контур карьера запасы апатит-нефелиновых руд со-

ставили соответственно 140-146 и 175,6 млн т.

Поэтому в той или иной степени учтена возможность включения в отработку запасов, содержащихся в бортах и ниже дна карьера.

В силу ряда ограничений отработка этих запасов не могла быть включена в контуры открытого способа разработки проекта, составленного институтом Гипроруда в указанный период ведения горных работ на ОАО «Апатит».

В сложившихся условиях, когда имеет место доработка Ньюоркпахкским карьером запасов апатит-нефелиновых руд Главной и Верхней залежей и поставлен вопрос о целесообразности разработки запасов апатит-нефелиновых руд Средней и Нижней залежей открытым способом, поскольку отра-

ботка запасов руды в количестве 28,2 млн т (с учетом потерь) подземным способом не эффективна (большие капзатраты) и перерыв 2-3 летний в добыче руды, как правильно отмечено в работе [3]. Необходимо рассмотреть и оценить возможность разработки этих запасов открытым способом.

В настоящее время обосновано, что в глубоких карьерах (при большой высоте борта) за счет применения более крутых участков борта в глубоких зонах можно исключать от разнота от 50 до 80 млн м³ вскрышных пород.

Кроме того в современных условиях дефицита апатит-фосфорного сырья и цены апатитового и нефелинового концентратов целесообразно рассматривать ведение открытым горных работ с граничным коэффициентом более 12 м³/м³ и 13 м³/м³ до 15-16 м³/м³, поскольку оконтуренное карьерное поле будет дорабатываться через 20-25 лет (при производительности карьера 2-2,5 млн т/год), а за этот период повысятся цены на концентраты (даже с учетом инфляции).

Необходимо учитывать следующее обстоятельство. Выполненные в настоящее время оценки показали, что дополнительно полученное количество апатитового концентрата из руды, полученной за счет снижения потерь руды на карьерах в 2 раза может обеспечить получение экономического эффекта в размере 1 млн долл. США в год. Поэтому доработка рудных тел малой мощности 10-20 м может оказаться выгодной.

Для снижения затрат на удаление вскрышных пород и транспорт руды до перегрузочного пункта целесообразно рассмотреть применение ЦПТ в карьере. Аналогом для получения эффекта при применении ЦПТ могут служить карьеры ОАО «Ковдорский ГОК» и карьеры Кривого Рога и ряд других карьеров.

Снижение текущих и эксплуатационных коэффициентов вскрыши на карьерах достигается применением временно нерабочих бортов (ВНБ). При своевременном их создании и разноте не нарушается общий ритм, а величины коэффициентов могут быть снижены, по крайней мере, в 1,5-2 раза и более.

С учетом этих положений ниже рассмотрены варианты развития горных работ в карьере, позволяющие резко увеличить текущие коэффициенты вскрыши и довести доработку оставшихся запасов в контуре перспективного карьера, части запасов в бортах и дне карьера, а также с учетом возможного перехода на борт 2 % Р₂О₅.

На рис. 1 показан контур карьера по Гипроруде (2003 г.) в плане и поперечный разрез, с возможной отметкой дна +185 м и отм. дна +120 м (вариант Горного института КНЦ РАН при борте 2 %). Таким образом в контур карьера могут быть включены от 35,7 млн т (запасы Средней и Нижней залежей) до 45-50 млн т (рудные тела в бортовой и зоне дна карьера).

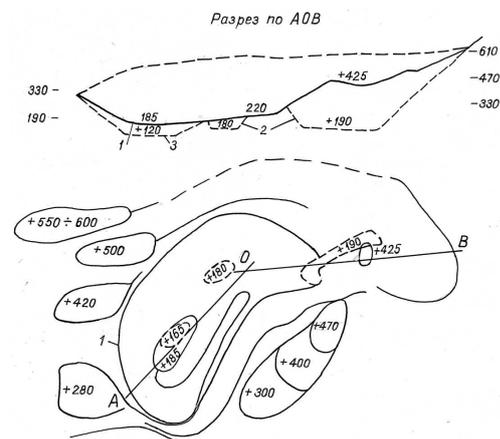


Рис. 1. Схема положения дна Ньоркхакского карьера при различных вариантах отработки участков месторождения (план и разрез): 1 – по проекту (дно +185 м); 2 – возможный вариант (дно +120 м по [1])

Как показали исследования ВНИМИ структура массива горных пород апатитового месторождения существенно не влияет на общую устойчивость бортов карьера, так как в пределах призмы возможного обрушения отсутствуют ослабленные поверхности большой протяженности. Структура пород оказывает влияние только на устойчивость отдельных уступов.

На графике рис. 2 приведено изменение включаемых в разработку объемов вскрышных пород по мере развития добычных работ в карьере (график $V = f(P)$) по проработкам Горного института КНЦ РАН (1986-1988 гг.) со значением величины коэффициента вскрыши основного эксплуатационного периода $2,5 \text{ м}^3/\text{т}$ кривая (1) и при применении более крутых бортов ($50-60^\circ$) вместо 45° (как рассмотрено в варианте ГоИ КНЦ РАН) снижение объемов вскрыши принято 50 млн м^3 , как минимальное на период предварительных оценок (кривая 2). При этом значение коэффициента вскрыши основного периода уменьшится до $2,34 \text{ м}^3/\text{т}$.

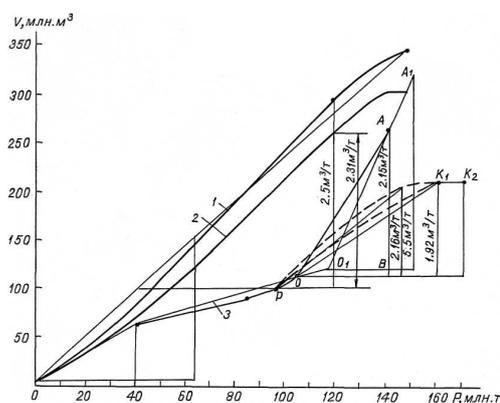


Рис. 2. Изменение нарастающих объемов породы вскрыши по мере развития горных работ в контуре карьера: 1 – график $V = f(P)$ по данным в работе [1]; $K_3 = 2,5 \text{ м}^3/\text{т}$; 2 – то же с учётом снижения объемов вскрыши при крутых бортах карьера ($\Delta V = 50 \text{ млн м}^3$); 3 – вариант отработки запасов в карьере (Верхняя и Главная залежи) $K_3 = 2,31 \text{ м}^3/\text{т}$

На графике проведено также изменение коэффициентов вскрыши по периодам ведения горных работ в карьере (3) с положением на завершающем этапе, когда средний коэффициент вскрыши при отработке запасов Средней и Нижней залежей составит $5,5 \text{ м}^3/\text{т}$ [3]. Снижение эксплуатационных коэффициентов вскрыши можно достичь применением ВНБ. Для этого в карьере, который вступил в стадию доработки, следует приступить к разносу участков борта с целью создания площадок для развития горных работ по отработке Средней и Нижней залежей с созданием ВНБ и последующего его разноса и перемещения.

При этом ширина рабочих площадок снижается до минимальных 30-35. Известен случай, когда с минимальными площадками работали карьеры «Печенганикель» ($B=25-30\text{м}$).

Аналогичная ситуация с разносом борта сложилась на карьере разрабатываемого месторождения Малый Куйбас [4], когда до достижения производительности карьера $A_p=2,4 \text{ млн т/год}$ развития работ велось с соотношением выемки породы и руды по зависимости:

$$V = K \cdot P, \text{ млн м}^3/\text{год}$$

где V – суммарная величина объема вскрышных пород; K – коэффициент; $K = 5 \div 6$; $K_{\text{ср}} = 5,5-5,6$; P – количество руды, млн т.

На графике рис. 2 показано, что за счёт применения ВНБ и дополнительно обрабатываемых запасов, отнесенным к потерям, можно снизить эксплуатационный коэффициент вскрыши до $2,2 \text{ м}^3/\text{т}$ (при крутых бортах карьера).

Не в связи со сценарием развития горных работ при большом карьере, а к создавшейся ситуации рассмотрен вариант доработки запасов, когда

средний коэффициент при разработке запасов в объеме 35,7 млн т составляет $5,5 \text{ м}^3/\text{т}$ [3] с достижением эксплуатационных коэффициентов $2,74 \text{ м}^3/\text{т}$ и только на предпоследнем этапе он достигнет $4,8 \text{ м}^3/\text{т}$.

За счёт повышения крутизны откосов уступов и участка борта до $60-65^\circ$ при доработке карьера дополнительно могут быть отработаны десятки и сотни тысяч тонн апатитовой руды с коэффициентом вскрыши $0,5-1 \text{ м}^3/\text{т}$, что подтверждает целесообразность использования предложения на практике.

Целесообразно также на отдельных участках отработать группы линзовидных рудных тел карьером с экс-

плуатационным коэффициентом вскрыши, близким к граничному (рис. 3).

На примере рудного тела месторождения «Плато Расвумчорр» и бокового рудного тела мощностью $t = 84 \text{ м}$ и с углом падения $\beta = 35-45^\circ$ выполнена оценка эффективности применения подступной отработки рудных контактов с целью снижения потерь и разубоживания руды.

В отличие от традиционного способа отработки контактных зон с совместным взрыванием руды и породы рассмотрен вариант бурения скважин на высоту подступа со стороны лежачего и висячего бока рудной залежи, обеспечивающие получение минимальных площадей треугольников теряемой руды и примешиваемой породы при добыче. В пределах рудного тела отработка слоя осуществляется на всю высоту уступа.

При выявленной закономерности уменьшения потерь и разубоживания руды с увеличением угла наклона рудной залежи и наоборот их увеличения при снижающейся мощности рудного тела достичь снижения потерь и разубоживания можно переходом к отработке рудного контакта, как со стороны лежачего бока, так и висячего боков залежи на высоту подступа – $7,5 \text{ м}$. Особенно существенно снижение потерь и разубоживания руды при отработке рудного контакта со стороны висячего бока залежи (в 2-3 раза).

Оценка затрат на дополнительное бурение скважин со стороны лежачего и висячего боков залежи (если по плану горных работ не предусмотрено заложение траншей) при снижении потерь руды и примешивания породы в 2 раза (6 % до 3 %) показала, что экономический эффект от сокращения потерь руды может составить $1,25 \text{ млн долл. в год}$.

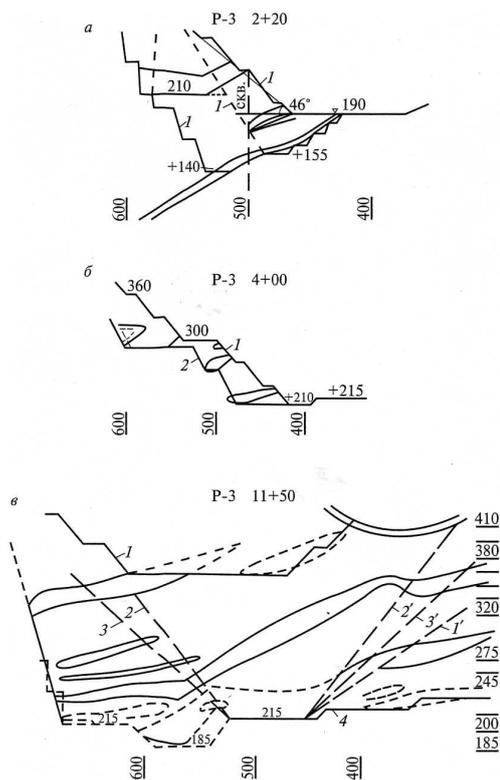


Рис. 3. Доработка маломощных рудных тел открытым способом (карьер «Ньоркпахк»): а, б, в (разрезы 2+20, 4+00, 11+50) — 1 — по проекту; 2, 3, 4 — возможные и предлагаемый варианты разработки рудных тел

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Архипов А.В., Родионов С.Н., Марков Е.Е. Особенности расчёта граничного коэффициента вскрыши и расширение границ карьеров при комбинированной разработке апатитовых месторождений / Апатиты. Изд. Кольского научного центра. Сб. науч. трудов. – 1988. – С. 63-73.
2. Мельников Н.Н., Беличенко Л.Ф. Повышение эффективности освоения и использования фосфатной рудносырьевой базы Кольского полуострова. Апатиты. Изд. Кольского научного центра. – 1986. – 196 с.
3. Окунович А.В., Рыжков А.Н. О важности своевременного принятия решений по выбору оптимального варианта отработки запасов (на примере Ньюаркхакского месторождения апатит-нефелиновых руд). М.: Горный журнал. – 2010. — № 4. – С. 98-100.
4. Бурмистров К.В., Колонюк А.А., Кидяев В.А. Выбор оптимального направления развития горных работ в период интенсивной разработки месторождения «Малый Куйбас». М.: Изд. МГГУ. Горно-анал. инф. бюлл. — № 7-10. С 302-306. **ПЛАЭ**

КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Еремин Георгий Михайлович – кандидат технических наук, научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения наук Горного института Кольского научного центра Российской академии наук, г. Апатиты, Мурманская область
E-mail: eremin@goi.kolasc.net.ru



РУКОПИСИ, ДЕПОНИРОВАННЫЕ В ИЗДАТЕЛЬСТВЕ «ГОРНАЯ КНИГА»

ДВУМЕРНАЯ МАТРИЦА ИННОВАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА УГЛЕДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ КАК ИНСТРУМЕНТ УПРАВЛЕНИЯ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ (№883/04-12 от 23.01.12)

Баташова А.Ф., Кодочигов В.Е.

Рассматривается применение показателя инновационного потенциала для формирования двумерной матрицы, используемой для принятия соответствующих управленческих решений в области инновационной деятельности.

Ключевые слова: уровень инновационного потенциала, угледобывающее предприятие, матрица оценки инновационного потенциала.

TWO-DIMENSIONAL MATRIX INNOVATION POTENTIAL COAL COMPANY AS A TOOL FOR INNOVATION GOVERNANCE

Batashova A.F., Kodochigov V.E.

The paper considers the use of indicators of innovative potential for the formation of two-dimensional matrix that is used to make appropriate management decisions in the field of innovation.

Key words: level of innovation capacity, coal mining enterprise, innovation capacity assessment matrix.