

А.Н. КОСТЯНСКИЙ, канд. техн. наук, научный сотрудник отдела открытых горных работ, И.Е. МЕЛЬНИКОВА, канд. экон. наук, ст. научный сотрудник научно-технического отдела, Государственное предприятие «Научно-исследовательский горнорудный институт»

ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА РУДЫ НА ВЕЛИЧИНУ ЭКОНОМИЧЕСКИ ЦЕЛЕСООБРАЗНОГО КОЭФФИЦИЕНТА ВСКРЫШИ

Представленная зависимость граничного коэффициента вскрыши учитывает содержание железа в добываемой руде и может быть использована при выборе рационального варианта развития карьера.

Представлена залежність граничного коефіцієнту розкриття в рахівує вміст заліза у руді, яка добувається і може бути використана при виборі раціонального варіанту розвитку кар'єру.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Современный горнометаллургический комплекс при наличии дорогостоящего обогащения предъявляет повышенные требования к технико-экономической оценке проектных решений. Практика работы горнодобывающих предприятий показывает, что геологическая информация, которая содержит данные о факторах, определяющих ценность промышленных запасов руды, является основой для проектирования добычных работ на действующих карьерах.

Главным показателем, определяющим этапы развития карьеров, является экономически целесообразный (граничный) коэффициент вскрыши K_g , при котором в данных условиях открытая разработка месторождения целесообразна.

Анализ публикаций. В основу определения значения этого коэффициента положено сравнение существующих и допустимых показателей добычи и переработки при открытой разработке месторождения [1].

Для того, чтобы учесть требования, предъявляемые к качеству руды, показатели для технико-экономической оценки технических решений определялись с учетом содержания полезного компонента в недрах [2, 3]. Однако при этом не достаточно изучен характер влияния горнотехнических показателей разрабатываемого месторождения на величину граничного коэффициента вскрыши, учитывая, что глубина карьера влияет на сами показатели.

При постановке задачи исследования о влиянии качества руды на граничный коэффициент вскрыши, принято предположение о наличии зависимости между глубиной горных работ и содержанием железа в добываемой руде. Исследование влияния качества руды на величину граничного коэффициента вскрыши, предусматривает составление зависимости, определяющей значение граничного коэффициента вскрыши и определение содержания железа в расчетном периоде работы карьера.

Граничный (экономически-целесообразный) коэффициент вскрыши определяется по формуле:

$$K_g = (\rho \cdot (C \cdot \gamma - C_{об.}) - b) / c, \text{ м}^3/\text{м}^3;$$

где: b - себестоимость добычных работ в карьере, грн./м³;

Π - цена товарной продукции (концентрата), грн./т;

c - себестоимость вскрышных пород, грн./м³;

$C_{об}$ - себестоимость переработки (обогащения руды) сырой руды, грн./т;

γ - выход концентрата, т/т (доли ед.);

ρ - объемный вес руды, т/м³

Величина $C_{об}$ определяется из выражения :

$$C_{об} = C_k \cdot \gamma \cdot b / \rho \text{ грн./т};$$

где C_k - себестоимость концентрата, грн./т.

Откуда:

$$K_z = (\rho \cdot (\Pi \cdot \gamma - C_k \cdot \gamma + b / \rho) - b) / c = \rho \cdot \gamma \cdot (\Pi - C_k) / c, \text{ м}^3/\text{м}^3;$$

или

$$K_z = \gamma \cdot (\Pi - C_k) / c, \text{ м}^3/\text{т}.$$

Величину Π можно выразить через затраты на 1 гривну товарной продукции - $3_{м.н.}$. Тогда $K_z = \gamma \cdot C_k \cdot (1 - 3_{м.н.}) / 3_{м.н.} \cdot c, \text{ м}^3/\text{т}$

Выход концентрата может быть определен как:

$$\gamma = (\alpha - \theta) / (\beta - \theta), \text{ доли ед.,}$$

где: α, β, θ - соответственно содержание металла в исходной руде, концентрате и в хвостах, проценты.

После подстановки значения γ в формулу определяющую величину K_z , она примет вид:

$$K_z = (\alpha - \theta) \cdot C_k \cdot (1 - 3_{м.н.}) / (\beta - \theta) \cdot 3_{м.н.} \cdot c, \text{ м}^3/\text{т}$$

Это выражение характеризует зависимость между содержанием железа α в руде и коэффициентом вскрыши K_z .

Однако вопрос прогнозирования основных показателей характеризующих работу железорудных карьеров до конца не решен, особенно, когда наблюдается изменчивость содержания железа в рудном массиве.

Для прогнозирования K_z , необходимо спрогнозировать содержание железа в рудном массиве и изучить его влияние на исследуемый показатель. Содержание железа можно определить расчетным путем и спрогнозировать его на будущий период отработки месторождения. Например, рассчитанная по совмещенным и погоризонтным планам на рассматриваемый период для условий ИнГОКа, величина содержания железа α с увеличением глубины карьера несколько возрастает (табл. 1). Следует ожидать, что эта зависимость имеет постоянную тенденцию для железорудных карьеров Кривбасса.

Таблица 1

Содержание железа магнитного в разнородностях для карьера ИнГОКа

Годы	Разновидности							Итого
	1	2	3	4	5	6	7	
2011	10	12	2	18	19	19	20	100
2013	11	12	2	19	19	19	18	100
2017	13	16	4	19	17	16	15	100
Содержание железа в разнородностях, процент.	29	32	20	28	18	26	18	

Эта тенденция объясняется увеличением доли руд с большим содержанием железа при понижении рабочей зоны карьера.

Качество руды является одной из важных составляющих, определяющих эффективность работы ГОКа, так как влияет на металлургическую ценность товарной продукции. Представляет интерес оценка содержания железа в проектируемый период работы карьера, которая может основываться на линейной зависимости этого показателя от глубины центра тяжести масс рудной рабочей зоны (рис. 1).

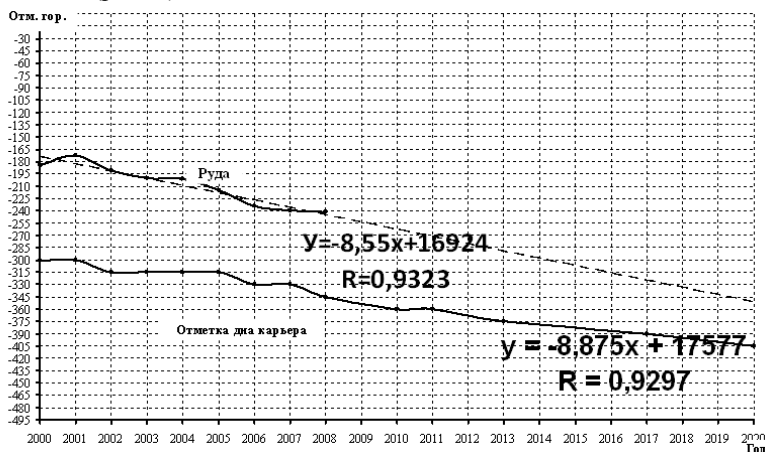


Рис. 1. Изменение отметки дна и центра тяжести масс рудной рабочей зоны карьера ИнГОКа за двадцатилетний период его работы

Зависимость содержания железа магнитного в руде от глубины центра тяжести масс рудной рабочей зоны представляет собой линейную функцию (табл. 2), которая позволила определить содержание железа на 2020 год.

Таблица 2

Прогнозируемое изменение содержания железа магнитного в карьере ИнГОКа за десятилетний период его работы

Показатели	Годы				
	2010	2011	2013	2017	2020
Средневзвешенная отметка центра тяжести масс рудной рабочей зоны, м	-262	-270	-288	-323	-345
Расчетное содержание железа магнитного, %	23,7	23,3	24,4	25,5	26,3

Как следует из анализа прогнозируемого содержания железа магнитного, его значение изменяется в пределах от 22-23 до 26 %. Кроме содержания железа в руде, зависимость, определяющая граничный коэффициент вскрыши, включает в себя себестоимость вскрышных пород – с. Установлено, что ориентировочная себестоимость вскрышных пород может быть определена по формуле:

$$c = \frac{C_k \cdot \rho^2_{\epsilon} \cdot \gamma \cdot \alpha}{\beta \cdot (\rho + K_m \cdot \rho^2_{\epsilon})}, \text{ грн/м}^3$$

где: $\rho_{\text{в}}$ – объемный вес вскрышных пород, м³/т;

$K_{\text{т}}$ – текущий коэффициент вскрыши, м³/т.

Подставив значение ε в формулу, определяющую граничный коэффициент вскрыши, получим:

$$K_{\varepsilon} = \frac{\beta \cdot (\rho + \rho_{\text{в}}^2 \cdot K_m) \cdot (1 - 3_{\text{м.н.}})}{3_{\text{м.н.}} \cdot \alpha \cdot \rho_{\text{в}}^2} \text{ м}^3/\text{т},$$

или с учетом извлечения металла в концентрат:

$$K_{\varepsilon} = - \frac{(1 - 3_{\text{м.н.}}) \cdot (\rho + \rho_{\text{в}} \cdot K_m) \cdot \varepsilon}{3_{\text{м.н.}} \cdot \rho_{\text{в}}^2 \cdot \gamma} \text{, м}^3/\text{т}$$

где ε – извлечение металла в концентрат, доли ед.

Извлечение металла зависит от содержания железа в исходной руде. Влияние этого показателя учитывалась при прогнозировании с помощью эмпирических зависимостей перспектив экономического развития горно-обогатительных комбинатов [3], откуда после преобразований получим зависимость извлечения железа в концентрат от содержания железа в исходной руде:

$$\varepsilon = 0,0375 \cdot K_{\text{з}} \cdot \alpha - 0,45$$

где $K_{\text{з}}$ – коэффициент захвата (отношение содержания железа общего к железу, связанному с магнетитом [4]), для карьеров Украины $K_{\text{з}}=1,37$.

Другое выражение описывает зависимость между извлечением железа в концентрат и затратами на товарную продукцию [3]:

$$3_{\text{м.н.}} = \frac{1}{4 \cdot \varepsilon - 2,05} \text{, гр./гр.}$$

После подстановки значения ε , величина $3_{\text{м.н.}}$ равна:

$$3_{\text{м.н.}} = \frac{1}{0,21 \cdot \alpha - 3,87} \text{, гр./гр.}$$

Подставив полученное выражения в зависимость, определяющую K_{ε} , получим:

$$K_{\varepsilon} = \frac{(0,21 \cdot \alpha - 4,86) \cdot \varepsilon \cdot (\rho + \rho_{\text{в}}^2 K_m)}{\rho_{\text{в}}^2 \cdot \gamma} \text{, м}^3/\text{т}.$$

На основе полученного выражения определим для условного карьера величину $K_{\varepsilon}=f(\alpha)$, с показателями усредненными по железорудным карьерам: Украины: $\rho=3.39 \text{ т/м}^3$; $\rho_{\text{в}}=2.78 \text{ т/м}^3$; $K_m=0.6 \text{ м}^3/\text{т}$; $\gamma=0.43$ доли ед.; $\varepsilon=0,8$ (табл. 3).

Таблица 3

Зависимость между величиной граничного коэффициента вскрыши и содержанием железа в исходной руде

Показатель	Содержание железа в исходной руде, %				
	24	25	26	27	28
Граничный коэффициент вскрыши, м ³ /т	0,35	0,75	1,16	1,57	1,97

Из сравнения полученных в сопоставимых условиях величин граничных коэффициентов вскрыши и содержания железа в руде (в процентах), при вы-

пуске в качестве товарной продукции концентрата, следует, что с увеличением содержания железа в добываемой руде значение граничного коэффициента вскрыши увеличивается.

Выводы. Каждое месторождение характеризуется индивидуальными параметрами, которые изменяются по мере увеличения глубины карьера. При проектировании реконструкции железорудных карьеров, неременным условием является учет основных показателей, определяющих эффективность открытых работ, к числу которых относится содержание железа в рудном массиве, которое влияет на экономически целесообразный коэффициент вскрыши и себестоимость товарной продукции.

Таким образом, принятие решения при сравнении вариантов развития карьера на основе граничного коэффициента вскрыши в с условиях, взаимосвязано с учетом качества руды прямо пропорциональной зависимостью, т. е. при увеличении содержания железа в исходной руде, наблюдается увеличение граничного коэффициента вскрыши.

Список литературы

1. Норми технологичного проектування гірничодобувних підприємств із відкритим способом розробки родовищ корисних копалин. Київ. Мінпромполітики України, 2007, -278 с.
2. Мосинец В.Н., Хохлов А.С. Граничный коэффициент вскрыши при разработке рудных месторождений./Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. -1973. -Вып. 2. -С. 63-65.
3. Блізнюков В.Г., Півень О.В., Плотніков О.В. Гірничо-геологічні фактори рентабельності гірничодобувних підприємств // Проблеми научного забезпечення гірничопромышленного комплексу України на порозі ХХІ века: Сб.научных трудов ГНИГРИ. -С. 116-119.
4. Кулиш Е.А., Плотников А.В. Геологические факторы экономической ценности железорудных месторождений. -К., 2005. -292 с.

УДК 004.358:65.014

Н.О. КАРАБУТ, старший преподаватель кафедры моделирования и программного обеспечения, Криворожский технический университет

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ПРИНЯТИИ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

Развитие имитационного моделирования позволяет моделировать сложные системы типа предприятий. Основным назначением моделей предприятий является их исследование с целью совершенствования системы управления.

Розвиток імітаційного моделювання дозволяє моделювати складні системи типу підприємств. Основним призначенням моделей підприємств з'являється їх дослідження з метою удосконалення системи управління.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Современный этап развития промышленности характеризуется усложнением связей и взаимодействия природных, экономических, организационных, эколого-