УДК 622.01

Г.А.ХОЛОДНЯКОВ, *д-р техн. наук, профессор, verahol@bk.ru*
Н.С.ВАЙНОНЕН, *аспирант, n.vainonen@gmail.com*
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

G.A.HOLODNYAKOV, *Dr. in eng. sc., professor, verahol@bk.ru*
N.S.VAINONEN, *post-graduate student, n.vainonen@gmail.com*
National Mineral Resources University (Mining University), Saint Petersburg

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ДОБЫЧИ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ГРАНИЦ КАРЬЕРА

Произведен расчет конечной глубины карьера условного комплексного месторождения, представленного тремя полезными ископаемыми. Показано, что при разработке комплексных месторождений целесообразнее пользоваться коэффициентом добычи, а не коэффициентом вскрыши.

***Ключевые слова*:** границы карьера, коэффициент вскрыши, коэффициент добычи, допустимая себестоимость, конечная глубина карьера.

USE OF COEFFICIENT OF OUTPUT AT PIT DELIMITATION

In work it is settled an invoice the final depth of a pit of the conditional complex occurrence presented by three minerals. It is shown that when developing complex occurrence it is more expedient to use coefficient of output, instead of overburden ratio.

***Key words*:** open-pit boundary, overburden ratio, coefficient of output, possible producing cost, final depth of a pit.

Как известно, при определении границ открытых горных работ в качестве основного критерия используют граничный коэффициент вскрыши. При разработке комплексных месторождений, в которых большинство горных пород является полезным ископаемым, более целесообразно пользоваться понятием коэффициента добычи, т.е. доли данного полезного ископаемого в общем объеме горной массы в карьере.

Для одного полезного ископаемого[*]

$$n = \frac{1-m}{m}; \qquad (1)$$

$$m = \frac{1}{n+1}, \qquad (2)$$

где n – коэффициент вскрыши; m – коэффициент добычи.

Можно воспользоваться известной методикой[**], чтобы ввести в рассмотрение коэффициент добычи. Граничный коэффициент вскрыши

$$n_{\text{г}} = \frac{C_{\text{д}} - a}{b};$$

аналогично, в соответствии с формулами (1) и (2), граничный коэффициент добычи

$$m_{\text{г}} = \frac{b}{C_{\text{д}} - a + b}, \qquad (3)$$

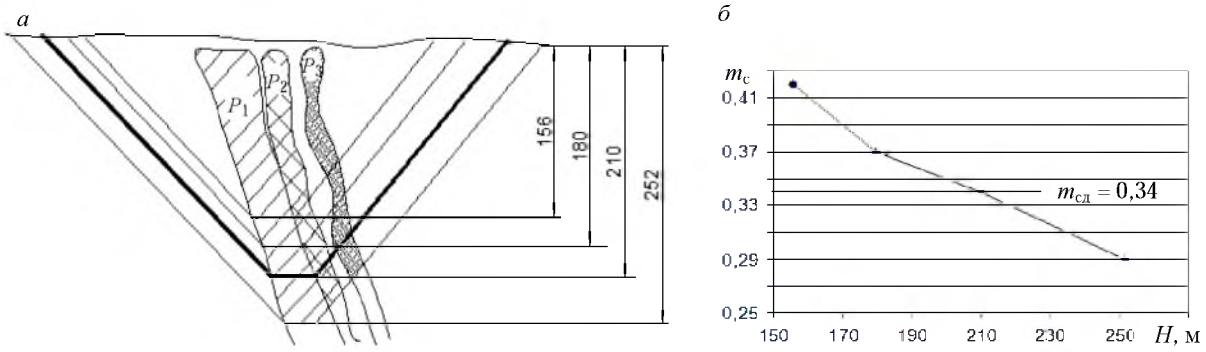
где $C_{\text{д}}$ – допустимая себестоимость руды; a – себестоимость добычи только руды (без погашения вскрышных пород); b – себестоимость вскрышных пород.

[*] *Холодняков Г.А.* Границы открытой разработки комплексных месторождений полезных ископаемых / Ленинград. горный институт. Л., 1986.

Holodnyakov G.A. Borders of open-cast mining of complex mineral deposits. Leningrad Mining Institute. Leningrad, 1986.

[**] *Арсентьев А.И.* Определение производительности и границ карьеров. М.: Недра, 1970.

Arsentyev A.I. Determination of productivity and borders of pits. Moscow: Nedra, 1970.



Комплексное месторождение: *а* – варианты глубины в метрах, *б* – график $m_i = f(H_i)$

Если из карьера добывается несколько полезных ископаемых, имеющих различную цену, то в формулу (3) можно ввести средневзвешенные показатели:

$$C_д = C_{д1}k_1 + C_{д2}k_2 + ... + C_{дi}k_i + ... + C_{др}k_p ; \quad (4)$$

$$a = a_1k_1 + a_2k_2 + ... + a_ik_i + ... + a_pk_p ,$$

где $C_{д1}$, $C_{д2}$, …, $C_{др}$ – допустимая себестоимость вынимаемых из карьера полезных ископаемых; k_1, k_2, …, k_p – доли каждого полезного ископаемого в общем объеме добываемых видов полезных ископаемых; a_1, a_2, …, a_p – себестоимость добычи каждого вида полезного ископаемого; сумма коэффициентов k_i должна быть равна единице.

Наиболее простым способом определения границ карьера при разработке крутопадающих месторождений является метод использования допустимого среднего коэффициента вскрыши*:

$$n_{сд} = \frac{n_г}{\lambda - \mu(\lambda - 1)} ,$$

где λ – коэффициент неравномерности вскрышных работ, обычно $\lambda = 1{,}10 \div 1{,}25$; μ – доля вскрышных пород, вынимаемых за счет капитальных затрат.

На каждом поперечном разрезе отстраиваются варианты границ карьера до получения условия

$$n_с \le n_{сд} ,$$

где $n_с$ – средний по карьеру коэффициент вскрыши.

Аналогичным образом можно получить допустимый средний коэффициент добычи:

$$m_{сд} = \frac{m_г[\lambda - \mu(\lambda - 1)]}{1 + m_г(\lambda - 1)(1 - \mu)} . \quad (5)$$

Тогда на каждом поперечном разрезе находят границы карьера из условия

$$m_с \le m_{сд} ,$$

где $m_с$ – средний по карьеру коэффициент добычи (включая все полезные ископаемые).

Например, крутопадающее месторождение (см. рисунок, *а*) содержит три вида полезных ископаемых: $C_{д1} = 620$ руб./м^3; $C_{д2} = 590$ руб./м^3; $C_{д3} = 330$ руб./м^3; средние по разрезу значения $k_1 = 0{,}59$; $k_2 = 0{,}24$; $k_3 = 0{,}17$; $a_1 = a_2 = a_3 = 210$ руб./м^3; $b = 160$ руб./м^3; $\lambda = 1{,}25$; $\mu = 0{,}12$.

По формуле (4) средневзвешенная допустимая себестоимость

$$C_д = 620 \cdot 0{,}59 + 590 \cdot 0{,}24 + 330 \cdot 0{,}17 =$$

$$= 563{,}5 \text{ руб./м}^3 .$$

По формуле (3) граничный коэффициент добычи

$$m_г = \frac{160}{563{,}5 - 210 + 160} = 0{,}3 \text{ м}^3/\text{м}^3 .$$

По формуле (5) допустимый средний коэффициент добычи

* *Арсентьев А.И.* Определение производительности и границ карьеров. М.: Недра, 1970.

Arsentyev A.I. Determination of productivity and borders of pits. Moscow: Nedra, 1970.

H_i, м	Q_i, тыс.м^3	Объем руды, тыс.м^3				k_1	k_2	k_3	$m_с$	$m_г$
		P_1	P_2	P_3	ΣP					
156	26910	6615	2772	1836	11223	0,25	0,1	0,07	0,42	0,30
180	35370	7695	3150	2214	13059	0,22	0,09	0,06	0,37	0,30
210	46620	8718	3363	3170	15251	0,19	0,08	0,07	0,34	0,30
252	68150	10935	4536	3564	19035	0,16	0,07	0,05	0,28	0,30

$$m_{сд} = \frac{0{,}3[1{,}25 - 0{,}12(1{,}25-1)]}{1 + 0{,}3(1{,}25-1)(1-0{,}12)} = 0{,}34 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

Намечаем варианты глубины карьера, считая основным полезным ископаемым первое (см. таблицу). Изменение среднего коэффициента добычи $m_с$ показано на рисунке, *б*, на глубине 210 м коэффициент $m_{сд} = 0{,}34$. Эта глубина и является конечной.

Очень интересная ситуация может получиться, когда все породы в карьере являются полезными ископаемыми. Тогда в любом контуре карьера средний коэффициент добычи $m_с = 1$. Здесь возможны два варианта.

Если граничный коэффициент добычи $m_г > 1$, то разработка этого месторождения открытым способом неэффективна, так как допустимая себестоимость полезного ископаемого будет выше фактической в карьере.

В этом случае остается возможность рассмотреть эффективность открытой разработки месторождения на одно или несколько полезных ископаемых. Если $m_г \le 1$ и $m_{сд} < 1$, то в любом контуре карьера $m_с > m_{сд}$ и границы карьера необходимо определять, исходя из потребностей в полезных ископаемых и нормативных сроков существования карьера. Причем одно или два полезных ископаемых будут основными, а остальные – попутными. Если основного полезного ископаемого требуется в год A_1 кубических метров и карьер должен существовать T лет, то границы карьера определяются теми контурами, запасы основного полезного ископаемого в которых $P_1 = A_1 T$.