

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СПОСОБОВ УЧЕТА ПОЛНОТЫ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ПОЛЕЗНОГО ИСКОПАЕМОГО В КАРЬЕРАХ

Д.Г. Холодняков, ОАО «Гипроруда», Россия

Полнота извлечения полезного ископаемого из недр характеризуется минимальными значениями потерь балансовых запасов и количеством засоряющих пород в добываемой рудной массе. При расчете разубоживания необходимо учитывать не только засорение полезного ископаемого, но и количество и качество потерянной части запасов.

Одной из важнейших проблем рационального использования недр является требование дальнейшей разработки и совершенствования существующих способов учета полноты извлечения полезного ископаемого из недр. Эффективность контроля за соблюдением установленного нормативами количества и качества извлекаемых запасов зависит как от достоверности данных, так и от применяемой методики учета. Показателями, контролирующими количественную сторону процесса добычи полезного ископаемого, являются абсолютная и относительная величина потерь балансовых запасов - η , а также количество засоряющих пород в добываемой рудной массе - ρ , которые в относительном выражении определяются по формулам:

$$\eta = \frac{P}{B} 100, \% \quad \rho = \frac{V}{D} 100, \% \quad (1)$$

где P – потери балансовых запасов, т; B – количество погашенных балансовых запасов, т; V – количество засоряющих пород в рудной массе, т; D – количество добытой рудной массы, т.

Показателем, характеризующим качественную сторону процесса засорения, является абсолютная и относительная величина изменения содержания полезного компонента в добытой рудной массе по сравнению с его содержанием в погашенных балансовых запасах. Относительная величина этого показателя характеризуется коэффициентом потери качества полезного ископаемого в процессе добычи – разубоживанием.

$$R = \frac{c - a}{c} 100, \% \quad (2)$$

где c – среднее содержание полезного компонента в балансовых запасах, %; a – среднее содержание полезного компонента в добытой рудной массе, %.

Величина разубоживания зависит от количества и качества потерянной части балансовых запасов, а также от количества и качества засоряющих пород, попавших в добытую рудную массу.

Коэффициенты потерь руды, ее засорения и разубоживания являются необходимыми и достаточными для контроля извлечения запасов при открытом способе разработки полезных ископаемых. Необходимые для расчета коэффициентов исходные данные: B, a, c, D во всех случаях определяются непосредственно, величины P и V могут быть определены либо путем непосредственных измерений, либо косвенно.

Во всех случаях при учете полноты извлечения запасов желательно стремиться к тому, чтобы величины P и V , входящие в уравнения (1), определялись методом непосредственных замеров. При объективной невозможности определения этих величин непосредственным способом, рекомендуется пользоваться аппаратом формул косвенного метода.

Методика учета потерь и засорения, путем непосредственных измерений в соответствии с «Отраслевой инструкцией по определению, учету и нормированию потерь при разработке железорудных, марганцевых и хромитовых месторождений...» мало применима в тех случа-

ях, когда известна область наиболее вероятного образования потерь и засорения (при открытом способе разработки эта область приурочена к зонам контактов рудных тел с вмещающими породами).

Коэффициенты потерь руды и ее засорения вычисляются с теми или иными погрешностями, обусловленными ошибками определения исходных данных. Поэтому при использовании этих показателей для характеристики полноты и правильности отработки недр неизбежно встает вопрос о степени их достоверности.

Оценка точности определения указанных коэффициентов является составной частью контроля производства и должна сопровождать учет потерь руды и засорения. Следует отметить, что нет необходимости производить оценку точности всякий раз, если технология добычи и приемы измерений при получении исходных данных остаются неизменными, а горно-геологические условия - однообразными.

Исходными данными при непосредственном определении потерь и засорения являются: количество и качество (B, c) погашенных балансовых запасов, количество и качество добытой рудной массы (D, a), величина потерь (P) балансовых запасов и количество некондиционных руд и засоряющих пород, попавших в добытую рудную массу (V).

Средние квадратические ошибки коэффициентов потерь и засорения руды (1), а также разубоживания (2), рассчитанные по формуле ошибки функции от измеренных величин, будут соответственно равны:

$$M_{\eta} = \pm \frac{\eta}{100} \sqrt{M_{\Pi}^2 + M_B^2}, \%; \quad M_{\rho} = \pm \frac{\rho}{100} \sqrt{M_B^2 + M_D^2}, \% \quad (3)$$

где η - относительная величина потерь руды, %; M_{Π}, M_B - относительные ошибки определения количества потерь руды и погашенных балансовых запасов; ρ - относительная величина засорения добытой руды, %; M_B, M_D - относительные ошибки определения количества засоряющих пород и добытой рудной массы;

$$M_R = \pm \frac{a}{c} \sqrt{M_c^2 + M_a^2}, \% \quad (4)$$

где R - разубоживание руды, %; M_c, M_a - относительные ошибки определения содержания полезного компонента в погашенных запасах и добытой рудной массе.

При косвенном учете потерь и засорения средние квадратические ошибки коэффициентов потерь руды и засорения должны рассчитываться по формулам

$$M_{\eta} = \pm \frac{\sqrt{B^2(c-\vartheta)^2 M_{\vartheta}^2 + D^2(a-\vartheta)^2 M_D^2 + \eta^2(c_{\Pi}-\vartheta)^2 M_{\Pi}^2 + B^2 c^2 M_c^2 + D^2 a^2 M_a^2 + \eta^2 c_{\Pi}^2 M_{c_{\Pi}}^2 + V^2 M_{\vartheta}^2}}{B(c_{\Pi}-\vartheta)} \quad (5)$$

$$M_{\rho} = \pm \frac{\sqrt{B^2(c-c_{\Pi})^2 M_{\vartheta}^2 + D^2(a-c_{\Pi})^2 M_D^2 + \eta^2 c_{\Pi}^2 M_{c_{\Pi}}^2 + V^2 \vartheta^2 M_{\vartheta}^2 + B^2 c^2 M_c^2 + D^2 a^2 M_a^2}}{D(c_{\Pi}-\vartheta)} \quad (6)$$

где $M_{\vartheta}, M_D, M_{\Pi}, M_B, M_c, M_a, M_{c_{\Pi}}$ - относительные ошибки определения величин B, D, η, V, c, a ; c_{Π} - содержание полезного компонента в потерянной части балансовых запасов, %.

Необходимо отметить, что если ошибки параметров, входящих в формулы для расчета средних квадратических ошибок M_{η}, M_{ρ}, M_R , не приведены к уровню технических (случайных) ошибок (то есть к уровню не более 2-3% относительных), то определение ошибок M_{η}, M_{ρ}, M_R по формуле ошибки функции от измеренных величин недопустимо.

Среднее содержание полезного компонента в потерянном полезном ископаемом отличает-

ся от среднего в погашенных запасах (содержание полезного компонента обычно закономерно повышается от периферии залежи к ее центру).

Засорение – это только одна из причин изменения содержания добытой рудной массы, и, если игнорировать вторую причину – потери руды с содержанием, отличным от среднего в погашенных запасах, то это может приводить к появлению грубых ошибок при определении качества добытой рудной массы.

В условиях открытой разработки месторождений потери и засорение происходят, в основном, в зонах контактов рудных тел с вмещающими породами.

Исходя из условий залегания и угла наклона плоскости забоя экскаваторной заходки, приконтурная зона потерь и засорения может захватывать полосу шириной не более 10-15 м в обе стороны от контакта.

Уравнения баланса руды и металла будут при этом следующие:

$$B = D + P - V \quad (7)$$

$$B \cdot c = D \cdot a + P \cdot c_n - V \cdot v$$

где v - содержание полезного компонента в засоряющих породах, %;

c_n - то же в потерянной части балансовых запасов, %

Решая уравнения (7) относительно неизвестных P и V , получим:

$$P = \frac{B(c - v) - D(a - v)}{c_n - v} \quad (8)$$

$$V = \frac{B(c - c_n) - D(a - c_n)}{c_n - v} \quad (9)$$

Выражая величину потерь и засорения в процентах, будем иметь:

$$\eta = \frac{B(c - v) - D(a - v)}{B(c_n - v)} 100, \% \quad (10)$$

$$\rho = \frac{B(c - c_n) - D(a - c_n)}{D(c_n - v)} 100, \% \quad (11)$$

В частном случае при $c_n = c$ формулы (10) и (11) приобретут вид:

$$\eta = \left[1 - \frac{D(a - v)}{B(c - v)} \right] 100, \% \quad (12)$$

$$\rho = \frac{c - a}{c - v} 100, \% \quad (13)$$

В табл. 1 приведен пример расчета потерь руды, засорения и разубоживания по формулам (2), (10), (11), (12), (13), причем, во всех случаях было принято: $B = 1000$ тыс. т, $c = 27\%$, $D = 950$ тыс. т, $P = 100$ тыс. т, $V = 50$ тыс. т (остальные исходные данные см. в табл. 1, причем принятый в таблице диапазон изменения содержаний " c_n " и " v " характерен для разрабатываемых месторождений Соколовско-Сарбайского ГПО).

Из примера следует, что если не учитывать содержание полезного компонента в теряемой руде, то при $c_n \neq c$ коэффициенты потерь и засорения, рассчитанные по формулам (12) и (13), могут значительно отличаться от фактических. Возможны даже случаи, когда количество засоряющих пород (V) получается отрицательным (такой факт имеет место всякий раз, когда теряется руда с содержанием ниже среднего в погашенных балансовых запасах), что не имеет никакого логического смысла.

Доказательство этого утверждения вытекает из сопоставления потерь, вычисляемых по формулам (10) и (12):

$$\eta_{(10)} = \eta_{(12)} \frac{c - v}{c_n - v}, \quad (14)$$

Из формулы (14) следует, что если содержание полезного компонента в теряемой руде

ниже среднего в погашенных запасах ($c_n < c$), то величина потерь, рассчитанная по формуле (12) будет всегда ниже фактического уровня, и наоборот, при $c_n > c$ будет иметь место завышение фактических потерь руды.

Таблица 1

Расчет потерь, засорения и разубоживания

Исходные данные			Потери руды				Засорение				Разубоживание R , %		
			ф-ла (12)		ф-ла (10)		ф-ла (13)		ф-ла (11)		от V	от P	Общие
c_n , %	b , %	a , %	η , %	P, т.т.	η , %	P, т.т.	ρ , %	V, т.т.	ρ , %	V, т.т.	ф. (19)	ф.(18)	ф. (2)
17	0	26,63	6,3	63	10	10	1,4	13	5,3	50	5,3	-3,9	1,4
17	10	27,16	4,1	41	10	10	-	-8	5,3	50	3,3	-3,9	-0,6
17	15	27,42	1,7	17	10	10	0,9	-33	5,3	50	2,3	-3,9	-1,6
							3,5						
22	0	26,10	8,2	82	10	10	3,3	3,1	5,3	50	5,3	-2,0	3,3
22	10	26,63	7,0	70	10	10	2,2	21	5,3	50	3,4	-2,0	1,4
22	15	26,90	5,8	58	10	10	0,8	8	5,3	50	2,4	-2,0	0,4
							0						
27	0	25,58	10	100	10	10	5,3	50	5,3	50	5,3	0	5,3
27	10	26,10	10	100	10	10	5,3	50	5,3	50	3,3	0	3,3
27	15	26,37	10	100	10	10	5,3	50	5,3	50	2,3	0	2,3
							0						
32	0	25,05	12,1	121	10	10	7,2	69	5,3	50	5,3	2,0	7,3
32	10	25,58	13,0	130	10	10	8,3	79	5,3	50	3,3	2,0	5,3
32	15	25,84	14,2	142	10	10	9,7	92	5,3	50	2,3	2,0	4,3
							0						

Необходимо отметить, что во всех случаях фактические величины потерь и засорения, полученные по формулам (10) и (11), составляют соответственно 10% и 5,3%, а содержание полезного компонента в добытой руде (a) по сравнению с содержанием в погашенных запасах (c), различное. Таким образом, характеризуя извлечение запасов только коэффициентами потерь и засорения, мы контролируем только количественную характеристику и не получаем оценки извлечения качества. Контроль качественной стороны процесса должен осуществляться при помощи коэффициента разубоживания R (2) или коэффициента извлечения качества [1,2].

Формула определения разубоживания кроме функции контроля за вовлечением в добываемую руду пород и некондиционных руд используется и при установлении величины плановых показателей содержания полезного компонента в добытой руде

$$a_{пл.} = c - \frac{c - \epsilon}{100} R_n, \% \quad (15)$$

где R_n - величина нормативного разубоживания, %

Если $c_n \neq c$, то расчет планового содержания должен производиться по формуле

$$a_{пл.} = c - \frac{c - \epsilon}{100} \eta_n + \frac{c - c_n}{100} \cdot \frac{100 - R_n}{100 - \eta_n} \eta_n, \% \quad (16)$$

где η_n - величина нормативных потерь руды, %

Формула (16) получена из (11) и с учетом того, что

$$D = B - P_n + V_n = B - \frac{B \eta_n \%}{100} + \frac{D \rho_n \%}{100} = B \frac{100 - \eta_n}{100 - \rho} \quad (17)$$

где ρ_n - величина нормативного засорения, %;

P_n, V_n - соответственно нормативные потери балансовых запасов и нормативное количество засоряющих пород, т.

Доли коэффициента разубоживания за счет потерь руды (R_p) и за счет засорения (R_v) должны определяться по формулам:

$$R_p = - \frac{c - c_n}{c} \cdot \frac{100 - \rho}{100 - \eta} \eta \quad (18)$$

$$R_v = \frac{c - \epsilon}{c} \rho, \quad (19)$$

где η и ρ - фактические или нормативные величины потерь и засорения. По этим формулам (18) и (19) рассчитаны значения, представленные в двух предпоследних колонках табл. 1.

Таким образом, альтернативой физическому процессу, связанному с потерями полезного ископаемого, является его засорение. При расчете потерь качества полезного ископаемого в процессе добычи (разубоживания) необходимо учитывать не только засорение полезного ископаемого, но и количество и качество потерянной части балансовых запасов.

Список литературы

1. Омельченко А.Н., Глейзер М.И. О подсчете размера эксплуатационных потерь и разубоживания руды. // Горный журнал, № 7, 1963.
2. Гипроруда. Мероприятия по снижению потерь при добыче руд черных металлов и методика их экономической оценки. Л., 1982.