

# Определение рациональной полноты извлечения балансовых запасов при разработке рудных месторождений



**С. А. Филиппов**, директор, д-р техн. наук

НП «Саморегулируемая организация «Национальная ассоциация по экспертизе недр»

*Важнейший вопрос рационального использования запасов полезных ископаемых – определение оптимальной полноты извлечения полезных компонентов в конкретных горно-геологических, технологических и экономических условиях горных предприятий. Предлагаемый метод расчета этого показателя позволяет вскрыть резервы повышения эффективности работы горных предприятий, достигнуть максимальной прибыли на каждую тонну добытой рудной массы*

Главным показателем использования балансовых запасов при разработке месторождения является **полнота их извлечения**, под которой понимается отношение количества полезных компонентов, содержащихся в добытой рудной массе, к количеству полезных компонентов, содержащихся в отработанных балансовых запасах [1]. Однако такое определение «полноты извлечения запасов» недостаточно полно отражает результаты работы горных предприятий по следующим соображениям:

1. Количество полезных компонентов в добытой рудной массе не означает, что именно это количество компонентов добыто из балансовых запасов, так как при добычных работах к рудной массе примешиваются вмещающие породы, в которых также могут содержаться полезные компоненты. Таким образом, часть потерянных балансовых запасов может замещаться примешанными в рудную массу породами. Именно это является главной причиной завышения показателей полноты извлечения балансовых запасов [2].

2. Количество полезных компонентов в добытой рудной массе всегда больше количества полезных компонентов, содержащихся в готовой продукции, полученной из рудной массы после обогащения и металлургического передела. Это положение приводит к завышению показателей полноты извлечения из балансовых запасов. Следовательно, оценку полноты извлечения запасов необходимо выполнять по количеству полезных компонентов, содержащихся в готовой продукции. Необходимо отметить, что под «готовой продукцией» понимается такое состояние полезных компонентов, в котором они готовы для реализации.

3. В настоящее время при определении полноты извлечения запасов не учитывается влияние экономических и экологических факторов, что во всех случаях приводит к нерациональной отработке балансовых запасов.

Используется несколько методов оценки полноты извлечения запасов полезных ископаемых.

## I. Метод оценки полноты извлечения запасов по количеству добытой рудной массы, извлеченной из отработываемых балансовых запасов.

Основным показателем оценки в этом методе является коэффициент извлечения количества руды  $K_{\text{кон}}$  [1, 2]:

$$K_{\text{кон}} = D / B, \quad (1)$$

где  $D, B$  – масса добытой рудной массы и балансовых запасов, т.

Другими показателями оценки полноты извлечения запасов являются коэффициенты потерь руды  $K_n$  и примешивания пород  $K_{\text{пр.п}}$ :

$$K_n = P / B; \quad (2)$$

$$K_{\text{пр.п}} = V / B, \quad (3)$$

где  $P, V$  – масса потерянной руды и примешиваемых пород, т.

В некоторых работах, в частности [1], отмечается взаимосвязь между коэффициентами полноты извлечения запасов и потерь руды:

$$K_{\text{кон}} = 1 - K_n. \quad (4)$$

Этот метод не позволяет дать объективную оценку полноте извлечения запасов по следующим причинам [2, 3]:

1. При одинаковой величине потерь отработка запасов различных добычных блоков может характеризоваться различной полнотой извлечения, поскольку качество теряемой руды разное.

2. Часть потерянных запасов руды не учитывается вследствие замещения ее в добытой рудной массе примешиваемыми породами.

*Пример.* При отработке двух блоков с запасами  $B_1 = 60000$  т и  $B_2 = 62250$  т добыто рудной массы из первого блока  $D_1 = 50000$  т, из второго –  $D_2 = 51667$  т. При этом потери и примешивание пород составили: в первом случае –  $P_1 = 15000$  т,  $V_1 = 5000$  т, во втором –  $P_2 = 18250$  т,  $V_2 = 7667$  т. Коэффициенты извлечения из каждого блока – соответственно  $K_{\text{кон}1} = 0,83$  и  $K_{\text{кон}2} = 0,83$ , т. е. полнота извлечения одинаковая. Но при этом коэффициент потерь из второго блока  $K_{n2} = 0,28$ , из первого –  $K_{n1} = 0,25$ . Разница в потерях есть следствие

примешивания пород в разных количествах – соответственно 5000 и 7667 т. В то же время, согласно расчету по формуле (4)  $K_{п2}$  и  $K_{п1}$  должны быть одинаковыми.

3. При отработке одинаковых по запасам добычных блоков с равными величинами потерь руды, количества добытой рудной массы из блоков будут отличаться за счет разного количества примешиваемых пород.

*Пример.* При  $B_1 = B_2 = 100000$  т и  $K_{п1} = K_{п2} = 0,2$  количества примешиваемых пород  $B_1 = 10000$  т и  $B_2 = 5000$  т. Тогда количество рудной добытой массы  $D_1 = 90000$  т и  $D_2 = 85000$  т. По формуле (4)  $K_{коп1} = K_{коп2} = 0,8$ , но фактически  $K_{коп1} = D_1/B_1 = 0,9$  и  $K_{коп2} = D_2/B_2 = 0,85$ .

Очевидно, что запасы 1-го блока отработаны полнее, чем запасы 2-го блока, но из 1-го блока добыто 90000 т при потерях 30000 т и примешанных породах 20000 т, а из 2-го – добыто 85000 т при потерях 20000 т и примешанных породах 5000 т. Следовательно, запасы 2-го блока отработаны полнее, чем 1-го, так как  $K_{п2} < K_{п1}$ .

Рассмотренные примеры наглядно показывают, что в большинстве производственных ситуаций невозможно объективно оценить полноту извлечения запасов по показателям  $K_{коп}$  и  $K_{п}$ .

## II. Метод оценки полноты извлечения запасов по количеству извлеченных из недр полезных компонентов (по количеству добытого металла)

Здесь основным показателем оценки полноты извлечения является коэффициент извлечения из недр полезного компонента [1]:

$$K_{и} = D\alpha_{р,м} / B\alpha_{б}, \quad (5)$$

где  $\alpha_{р,м}$ ,  $\alpha_{б}$  – содержание полезных компонентов соответственно в добытой рудной массе и балансовых запасах, доли единицы.

С учетом (1) формула (5) принимает вид:

$$K_{и} = K_{коп} K_{квч}, \quad (6)$$

где  $K_{квч} = \alpha_{р,м} / \alpha_{б}$  – коэффициент изменения качества руды, характеризующий суммарное влияние всех факторов (примешивание пород, потери обогащенной мелочи и др.), снижающие содержание полезного компонента в рудной массе.

Другими показателями оценки полноты извлечения запасов являются коэффициенты потерь металлов (полезных компонентов) и примешивания металлов с прихватываемыми вмещающими породами [1, 3]:

$$K_{п}^* = P\alpha_{п} / B\alpha_{б}; \quad K_{прп}^* = V\alpha_{прп} / B\alpha_{б}, \quad (7)$$

где  $\alpha_{п}$ ,  $\alpha_{прп}$  – содержание полезных компонентов в потерянной руде и примешиваемых породах.

В работах [1–3] раскрыты взаимосвязи между перечисленными показателями полноты извлечения из недр полезных компонентов:

$$K_{и} = (1 - K_{п}) (1 - K_{пр}); \quad (8)$$

$$K_{и} = (1 - K_{п}^*). \quad (9)$$

Вводится также новый показатель, характеризующий снижение качества балансовых запасов – коэффициент разубоживания.

$$K_{р} = (1 - K_{квч}) = \alpha_{б} - \alpha_{р,м} / \alpha_{б}. \quad (10)$$

Данный метод определения полноты извлечения запасов позволяет правильно оценивать полноту отработки запасов различными технологическими способами и схемами благодаря использованию не только количественных, но и качественных показателей. В то же время в некоторых производственных ситуациях этот метод не дает объективной оценки полноты извлечения запасов.

*Пример 1.* При отработке двух блоков  $K_{п1} = K_{п2}$ . Следовательно, вполне очевидным является вывод о том, что запасы блоков отработаны с одинаковой полнотой. Но это возможно только в частном случае, когда  $K_{квч1} = K_{квч2}$  и  $K_{коп1} = K_{коп2}$ .

Интересен случай, когда при разных значениях  $K_{коп}$  и  $K_{квч}$  значения коэффициентов извлечения полезных ископаемых из недр одинаковые, например  $K_{и} = 0,9$ , что возможно при  $K_{коп} = 1,25 \cdot 0,75$  и  $K_{коп} = 1,05 \cdot 0,86$ , т. е. по величине  $K_{и}$  нельзя объективно оценить полноту отработки запасов блоков.

*Пример 2.* При отработке двух блоков  $K_{п1} < 1$ , но  $K_{п1} > K_{п2}$ . Следовательно, можно сделать вывод о том, что запасы 1-го блока отработаны полнее, чем запасы 2-го блока. Это возможно при условии  $K_{коп1} > K_{коп2}$  и  $K_{квч1} > K_{квч2}$ . Однако не исключаются и другие случаи:

$K_{п1}$	0,95	0,94	0,88	0,85	0,78	0,75	0,72
$K_{п2}$	0,92	0,92	0,82	0,80	0,74	0,73	0,70
$K_{коп1}$	1,03	1,06	1,02	1,01	0,95	0,93	0,92
$K_{коп2}$	0,96	0,97	0,89	0,88	0,84	0,85	0,83
$K_{квч1}$	0,92	0,88	0,86	0,84	0,82	0,80	0,78
$K_{квч2}$	0,96	0,94	0,92	0,90	0,88	0,86	0,84

Из приведенных данных видно, что рудная масса, поступающая из вторых блоков, более высокого качества, и при обогащении из нее будет получено больше металла, чем из рудной массы, поступившей из первых блоков. Следовательно, оценка полноты отработки запасов блоков по приведенным данным необъективна, так как, во-первых, из руды низкого качества извлекается меньшее количество металла, чем из руды высокого качества, и, во-вторых, для получения заданного количества металла требуется переработать большее количество рудной массы низкого качества.

*Пример 3.* Особый интерес представляет случай, когда отработка запасов добычных блоков характеризуется следующими показателями:

$K_{п1}$	1,02	1,05	1,08	1,10	1,12	1,15
$K_{п2}$	0,88	0,90	0,92	0,94	0,95	0,96
$K_{коп1}$	1,22	1,25	1,26	1,25	1,24	1,26
$K_{коп2}$	0,96	0,96	0,98	0,99	0,99	0,99
$K_{квч1}$	0,82	0,84	0,86	0,88	0,90	0,91
$K_{квч2}$	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97

По вышеприведенным данным видно, что запасы первых блоков, для которых  $K_{п1} > 1$ , отработаны значительно полнее, чем запасы вторых, так как  $K_{п1} > K_{п2}$ . Но такая полнота достигается за счет примешивания большого количества вмещающих пород, что приводит к значительному разубоживанию руды.

Таким образом, в данном методе оценки полноты извле-

чения запасов не учитывается тот фактор, что часть потерянных запасов металла (полезного компонента) замещается в рудной массе полезными компонентами (металлом), содержащимся в примешиваемых породах. Это создает иллюзию высокой полноты извлечения при высоких фактических потерях полезных компонентов.

### III. Метод оценки полноты извлечения запасов по количеству извлеченных из недр ценностей, заключенных в балансовых запасах

Основным показателем оценки полноты извлечения запасов является коэффициент извлечения из недр ценностей [1]:

$$K_n^i = \frac{D C_{p,m}}{B C_o} \quad (11)$$

где  $C_{p,m}$ ,  $C_o$  – ценности, которые могут быть извлечены из каждой тонны добытой рудной массы и балансовых запасов руды, руб/т.

$$C_{p,m} = \sum \alpha_{p,m,i} \varepsilon_{об,i}^{p,m} \varepsilon_{m,ni} C_{опт,i}; \quad (12)$$

$$C_o = \sum \alpha_{o,i} \varepsilon_{об,i}^o \varepsilon_{m,ni} C_{опт,i}; \quad (13)$$

где  $\alpha_{p,m,i}$ ,  $\alpha_{o,i}$  – содержание  $i$ -го полезного компонента соответственно в рудной массе и балансовых запасах, доли единицы;  $\varepsilon_{об,i}^{p,m}$ ,  $\varepsilon_{об,i}^o$  – извлечение  $i$ -го полезного компонента при обогащении соответственно рудной массы и балансовых запасов, доли единицы;  $\varepsilon_{m,ni}$  – извлечение  $i$ -го полезного компонента при металлургическом переделе, доли единицы;  $C_{опт,i}$  – отпускная цена на  $i$ -й полезный компонент, получаемый из рудной массы и балансовых запасов руды, руб/т.

Другими показателями оценки в этом методе являются коэффициенты потерь ценностей  $K_n^i$  и примешивания ценностей  $K_{пр,n}^i$ , определяемые по формулам [2]:

$$K_n^i = \frac{P C_n}{B C_o}; \quad (14)$$

$$K_{пр,n}^i = \frac{B C_{пр,n}}{B C_o}; \quad (15)$$

где  $C_n$ ,  $C_{пр,n}$  – ценности, которые могут быть извлечены из каждой тонны потерянных руд и примешанных пород, руб/т.

$$C_n = \sum \alpha_{n,i} \varepsilon_{об,i}^n \varepsilon_{m,ni} C_{опт,i}; \quad (16)$$

$$C_{пр,n} = \sum \alpha_{пр,n,i} \varepsilon_{об,i}^{пр,n} \varepsilon_{m,ni} C_{опт,i}; \quad (17)$$

где  $\alpha_{n,i}$ ,  $\alpha_{пр,n,i}$  – содержание  $i$ -го полезного компонента соответственно в потерянных запасах и примешанных породах, доли единицы.

По сравнению с первыми двумя методами, третий имеет следующие преимущества:

1. Полнота извлечения запасов оценивается по конечной продукции горно-металлургического производства, так как здесь рассматриваются стадии добычи, обогащения и металлургического передела полезного ископаемого.

2. При оценке учитываются количественные, качественные и ценностные показатели полноты извлечения запасов:

$$K_n^i = K_{кон} K_{квч} K_{об}^{p,m}; \quad (18)$$

$$K_n^i = K_{кон} K_{квч}^i = K_{кон} C_{p,m} / C_o$$

$$\text{и } K_n^i = K_n K_{квч}^{n,i} = K_n K_{квч}^n K_{об}^i; \quad (19)$$

$$K_{квч}^{n,i} = C_n / C_o \text{ и } K_{пр,n}^i = K_{пр,n} K_{квч}^{пр,n,i}; \quad (20)$$

$$K_{квч}^{пр,n,i} = C_{пр,n} / C_o \text{ и } K_{пр,n}^i = K_{пр,n} K_{квч}^{пр,n,i} K_{об}^{пр,n,i}. \quad (21)$$

3. Учитывается влияние горно-геологических, технических, технологических, организационных и экономических факторов на полноту извлечения балансовых запасов.

4. Показатели данного метода включают в себя показатели оценки полноты, используемые в первом и втором методах, и раскрывают их взаимосвязи (формулы 18–21).

5. Учитывается влияние уровня совершенства применяемых технологических схем добычи, обогащения и металлургического передела полезных ископаемых.

Оценка полноты извлечения запасов по третьему методу позволяет:

- установить объективную картину полноты извлечения ценностей из отработанных балансовых запасов месторождения;
- учесть влияние ценностей примешанных пород на фактическую величину потерь ценностей, заключенных в теряемых запасах месторождения;
- получить сравнительную оценку полноты извлечения ценностей в различных горно-геологических и технологических условиях.

Анализ показателей всех рассмотренных методов оценки полноты извлечения запасов позволил установить взаимосвязи между ними и сделать вывод о том, что метод оценки полноты извлечения запасов по ценности является наиболее полным и объективным.

В результате анализа изменения коэффициента извлечения из недр ценностей установлены пределы его изменения.

**В первом случае**, когда  $K_n^i < 1$ , т. е. когда  $K_{кон} K_{квч} K_{об}^{p,m} < 1$  или  $K_n K_{об}^{p,m} < 1$ , величина извлеченной из недр ценности меньше величины ценности, заключенной в балансовых запасах.

**Во втором случае**, имеющем теоретический характер,  $K_n^i = 1$ , т. е. извлечение ценностей из недр равно количеству ценностей в балансовых запасах руды данного участка месторождения. При  $K_{кон} K_{квч} K_{об}^{p,m} = 1$ , т. е. при  $K_n^i = 0$  и  $K_{пр,n}^i = 0$ , вариант отработки нереализуем вследствие несовершенства современных схем и способов добычи руды, ее дальнейшего обогащения. При условии  $K_n K_{квч} K_{об}^o = K_{пр,n} K_{квч}^{пр,n} K_{об}^{пр,n}$  в потерянных запасах руды содержится незначительное количество полезных компонентов, а полезные компоненты при обогащении хорошо извлекаются из примешанных пород. Таким образом, при выполнении вышеуказанного условия необходимо пересмотреть условия на данный вид полезных компонентов и решить вопрос о переводе забалансовых рудных запасов в балансовые.

**Третий случай** предполагает ситуацию, когда величина извлечения из недр ценностей превышает величину ценностей, заключенных в балансовых запасах, т. е. когда  $K_n^i > 1$  или  $K_{кон} K_{квч} K_{об}^{p,m} > 1$ . Это противоречит принципам геолого-экономической оценки рудных месторождений и имеет место лишь при значительных ошибках выявления качественной характеристики балансовых запасов руды того или иного месторождения либо при выборочной отработке богатых участков месторождения.

Для формирования оценки эффективности извлечения балансовых запасов при разработке месторождения необходимо обосновать оптимальные значения этого показателя. Тогда обеспечивается возможность сравнения фактического уровня полноты извлечения и использования ресурсов с оптимальным уровнем и выбора пути достижения последнего.

Полнота извлечения запасов, при которой обеспечивается прибыльность работы горного предприятия, оценивается по коэффициенту извлечения из недр полезного компонента [4, 5]:

$$K_{ni} = \frac{(1 - K_{ni} + K_{np,ni}) \left( \sum_{j=1}^m C_j + P_{y,ni} \right)}{K_{об}^{р,м} \cdot \underline{C}_{6i}} \rightarrow \text{opt} \text{ где } \sum C_j - \text{суммарные затраты}$$

на единицу готовой продукции, включающие затраты всех стадий от разведки до получения готовой продукции, руб/т;  $j=1, 2, 3, \dots, m$  – статьи затрат на получение готовой продукции;  $P_{y,ni}$  – удельная прибыль предприятия, руб/т;  $i=1, 2, 3, \dots, n$  – исследуемые варианты;  $\sum C_j + P_{y,ni} = \underline{C}_{р,м}$  – извлекаемая ценность из 1 т добытой рудной массы, руб.

Выражение (1.23) является целевой функцией, которую можно представить в виде  $K_{ni} = K_{тдо} K_{кач}^a \rightarrow \text{opt}$ , где  $K_{тдо} = (1 - K_n + K_{np,n}) / K_{об}^{р,м}$  – коэффициент технологии добычи и обогащения рудной массы, характеризующий эффективность применяемых технологических схем добычи рудной массы и ее переработки;  $K_{кач}^a = \underline{C}_{р,м} / \underline{C}_6$  – коэффициент изменения качества добываемой рудной массы по ценности, оценивающий долю ценностей, получаемых из 1 т балансовых запасов руды.

Установлено, что с увеличением потерь руды при различных значениях примешивания пород величина  $K_{тдо}$  снижается, а при увеличении количества примешиваемых пород для одинаковых значений коэффициента потерь руды  $K_n$  величина  $K_{тдо}$  возрастает. Как правило,  $K_{тдо}$  снижается более высокими темпами при снижении коэффициента примешивания пород  $K_{np,n}$  и менее высокими – при снижении коэффициента потерь руды  $K_n$ . Следовательно, качество добываемой рудной массы целесообразно повышать за счет снижения примешивания рудовмещающих пород.

Анализ структуры коэффициента  $K_{тдо}$  позволяет сделать следующие выводы.

**1.** Если  $K_n = K_{np,n} = 0$ , то  $K_{тдо} = 1$ . Но тогда и  $K_{об}^{р,м} = 1$ . Это идеальный вариант отработки запасов, при котором отсутствуют потери руды и примешивание пород, обеспечивающий наибольшую полноту извлечения запасов. Следовательно,  $K_{тдо}$  является показателем полноты извлечения запасов в данных технологических условиях.

**2.**  $K_{тдо} < 1$  при условии соблюдения неравенства  $(K_n - K_{np,n})(1 - K_{об}^{р,м})$ , полученного путем преобразования неравенства  $(1 - K_n + K_{np,n}) / K_{об}^{р,м} < 1$ . С технологической точки зрения это означает, что полнота

извлечения запасов снижается за счет повышенных потерь руды (при этом имеют место как потери руды, так и примешивание пород).

**3.**  $K_{тдо} > 1$  при условии  $K_n - K_{np,n} < 1 - K_{об}^{р,м}$ .

В технологическом отношении это означает снижение полноты извлечения запасов за счет повышенного примешивания пород.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать заключение о том, что высокая полнота извлечения запасов с технологической точки зрения обеспечивается при  $K_{тдо} \rightarrow 1$ . Если значение  $K_{тдо}$  стремится к 1 слева, в интервале от 0 до 1, то полнота извлечения запасов достигается в основном за счет уменьшения потерь руды, если справа, в интервале от 1 до 4, – то полнота извлечения достигается преимущественно за счет снижения количества примешиваемых пород. Этот путь в большинстве случаев является наиболее предпочтительным.

Для анализа полноты извлечения из недр полезных компонентов представим выражение (22) в виде

$$K_{ni} = K_{тдо} K_{эф}^a, \quad (23)$$

где  $K_{эф} = (\sum C_j + P_{y,ni}) / \underline{C}_6$  – коэффициент относительной экономической эффективности, определяющий, какая часть ценности 1 т балансовых запасов руды реализуется в виде готовой продукции.

Анализ структуры формулы (23) позволяет сделать следующие выводы:

1) значение коэффициента относительной экономической эффективности может быть больше или меньше 1, либо равным 1, т. е.  $1 \nmid K_{эф} \leq 1$ ;

2) при  $K_{эф} = 1$ , т. е. при  $\sum C_j + P_{y,ni} = \underline{C}_6$ , добываемая рудная масса обеспечивает прибыльность работы горного предприятия в данных технологических условиях;

3) при  $K_{эф} < 1$ , т. е. при  $\sum C_j + P_{y,ni} < \underline{C}_6$ , добываемая рудная масса обеспечивает либо прибыльность работы горного предприятия ( $P_{y,ni} > 0$ ), либо безубыточность его работы ( $P_{y,ni} = 0$ ). Но ни в том, ни в другом случае не обеспечивается полнота извлечения балансовых запасов руды с точки зрения оптимального использования запасов недр;

4) при  $K_{эф} > 1$ , т. е. при  $\sum C_j + P_{y,ni} > \underline{C}_6$ , добываемая рудная масса приносит горному предприятию убытки ввиду либо заниженной отпускной цены (входящей в  $\underline{C}_6$ ) на готовую продукцию, либо повышенных затрат на получение готовой продукции  $C_j$  вследствие применения устаревших технологий добычи и переработки рудной массы или вследствие низкой полноты извлечения запасов.

Следовательно, логично предположить, что конкретному сочетанию горно-геологических, технических, технологических, организационных и экономических условий отработки месторождения соответствует оптимальная полнота извлечения из недр полезных компонентов ( $K_n^{opt}$ ), при которой обеспечивается получение максимальной прибыли на каждую тонну добытой рудной массы.

Максимальное значение коэффициента полноты извлечения из недр полезных компонентов рассчитывается по формуле [2]:

$$K_n^{\max} = K_{н.ф}^н / K_{об}^{\text{р.м}} = (1 - K_n K_{квч}^н K_{об}^н + K_{пр.п} K_{квч}^{\text{нр.п}} K_{об}^{\text{нр.п}}) / K_{об}^{\text{р.м}} \quad (24)$$

где  $K_{н.ф}^н$  – фактическое значение коэффициента извлечения из недр ценностей при данных технологических схемах добычи и обогащения рудной массы.

Оптимальное значение  $K_n$  находится в пределах:

$$(1 - K_n + K_{пр.п}) \sum C_j / (K_{об}^{\text{р.м}} C_0) \leq (1 - K_n + K_{пр.п}) (\sum C_j + P_{уд}) / (K_{об}^{\text{р.м}} C_0) \leq K_{н.ф}^н / K_{об}^{\text{р.м}} \quad (25)$$

Анализ показывает, что значение коэффициента изменения качества руды не может превышать 1, в виду несовершенства технологии добычи и обогащения, т. е.  $K_{квч} < 1$ . С учетом этого можно составить выражение:

$$K_{квч} = (\sum C_j + P_{уд}) / K_{об}^{\text{р.м}} C_0 \leq 1, \quad (26)$$

по которому рассчитывается максимальная прибыль от каждой тонны добытой рудной массы (руб/т) в конкретных технологических и экономических условиях:

$$P_{уд}^{\max} = C_0 K_{об}^{\text{р.м}} - \sum C_j \quad (27)$$

С учетом вышеизложенного составлен алгоритм расчета оптимальной полноты извлечения полезных компонентов из недр  $K_n^{\text{опт}}$ :

1. Установить фактические значения показателей  $K_n$ ,  $K_{пр.п}$ ,  $K_{об}^{\text{р.м}}$ .

2. Определить ценность 1 т балансовой руды по формуле  $C_0 = \sum \alpha_0 \varepsilon_0 \varepsilon_{м.н} C_{\text{опт}}$ .

3. Определить суммарные затраты на получение готовой продукции ( $\sum C_j$ ).

4. Вычислить значение  $K_n^{\text{опт}}$  по формуле (24).

5. Определить максимальную удельную прибыль предприятия  $P_{уд}^{\max}$  по формуле (27);

6. Вычислить оптимальное значение коэффициента  $K_n^{\text{опт}}$  по формуле

$$K_n^{\text{опт}} = (1 - K_n + K_{пр.п}) (\sum C_j + P_{уд}^{\max}) / K_{об}^{\text{р.м}} C_0.$$

#### Список литературы

1. *Технико-экономическая оценка извлечения полезных ископаемых из недр*/М. И. Агошков, В. И. Никаноров, Е. И. Рыжов и др. – М.: Недра, 1974.
2. *Фефелов В. С.* Анализ уравнения баланса ценностей для подземных рудников//Комплексное использование минерального сырья, 1986. – № 10. – С. 83–88.
3. *Юматов Б. Н., Секисов Г. В., Буянов М. И.* Нормирование и планирование полноты и качества выемки на карьерах. – М.: Недра, 1987.
4. *Фефелов В. С., Филиппов С. А.* Определение оптимальной полноты извлечения запасов на горных предприятиях//Горный журнал, 1990. – № 2. – С. 11–12.
5. *Филиппов С. А.* Основные положения теории рациональной разработки месторождений полезных ископаемых//Горный вестник Узбекистана, 1997. – № 1. – С. 60–70. ■

УДК 622.524.31.29

© М. В. Рыльникова, А. Ф. Илимбетов, И. А. Абдрахманов, 2006

## КОМПЛЕКСНОЕ ОСВОЕНИЕ медноколчеданных месторождений Южного Урала\*

**М. В. Рыльникова**, проф., д-р техн. наук

Институт проблем комплексного освоения недр РАН

**А. Ф. Илимбетов**, директор, канд. техн. наук

Бурибаевский ГОК

**И. А. Абдрахманов**, директор

Учалинский ГОК

В СССР развитие горнодобывающей промышленности по отраслевому принципу предполагало формирование предприятий, ориентированных на извлечение только основных компонентов, содержащихся в рудах месторождения. Так, на медноколчеданных месторождениях извлекали базовые компоненты – медь, цинк, серу и дополнительно оценивали содержание в соответствующих концентратах золота и серебра. Полный химический анализ на содержание в рудах и отходах их переработки редких металлов и редкоземельных элементов, платино-

*Длительное освоение медноколчеданных месторождений Урала физико-техническими способами привело к существенному истощению балансовых запасов и снижению их качества, а также к накоплению на поверхности большого количества отходов горно-металлургического производства в виде складированных хвостов обогащения и металлургических шлаков, отвалов некондиционных руд и вмещающих пород, промышленных стоков. Вовлечение в эксплуатацию более бедных руд сопровождается увеличением объемов добычи и неизбежным ростом отходов их переработки. Комплексное освоение уральских медноколчеданных месторождений, представленных многокомпонентными рудами сложного вещественного состава, позволит решить не только вышеперечисленные, весьма актуальные для действующих горных предприятий проблемы, но и расширить минерально-сырьевую базу горнодобывающих регионов и отдельных предприятий, повысить эффективность их производства и конкурентоспособность на мировом рынке сырья.*

\* Грант РФФИ 06-05-64541.