

В.В. ТЕРНОВОЙ, канд. геол.-минерал. наук, главный специалист, vvter@nickel.spb.ru
А.И. САМОЙЛЕНКО, главный специалист, aisam@nickel.spb.ru
О.И. ЦАРАКОВ, канд. экон. наук, ведущий инженер, oit@nickel.spb.ru
ООО «Институт Гипроникель»

V.V. TERNOVOY, PhD in the Field of Geological and Mineralogical Sciences, Chief Specialist, vvter@nickel.spb.ru

A.I. SAMOILENKO, Chief Specialist, aisam@nickel.spb.ru

O.I. TSARAKOV, PhD in the Field of Economics, Leading Engineer, oit@nickel.spb.ru
LLC «Institut Gipronickel»

ОБОСНОВАНИЕ МИНИМАЛЬНОГО ПРОМЫШЛЕННОГО СОДЕРЖАНИЯ ПОЛЕЗНОГО КОМПОНЕНТА ДЛЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КОМПЛЕКСНОГО МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

Рассмотрены проблемы, связанные с расчетом минимального промышленного содержания комплексных руд цветных металлов, на примере Ждановского месторождения медно-никелевых руд и перспективного Масловского месторождения платинометалло-медно-никелевых руд. Выполнен расчет минимального промышленного содержания никеля при технико-экономическом обосновании разведочных кондиций по действующим и скорректированным формулам. Проведен анализ полученных результатов.

Ключевые слова: комплексная руда, минимальное промышленное содержание, цветные металлы, обоснование кондиций.

THE BASIS OF MINIMAL INDUSTRIAL MAINTENANCE OF USEFUL COMPONENT FOR DEPOSITS OF COMPLEX MINERAL RAW MATERIAL

The problems of the calculation of the minimal industrial maintenance for complex ores of nonferrous metals are considered. Then the calculation of the minimal industrial maintenance of nickel according to different formulas for the technical-economic basis of exploratory conditions of concrete ore deposits and the analysis of results were carried out.

Key words: complex ore, minimal industrial maintenance, nonferrous metals, basis of conditions.

Геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых – важнейшая часть геолого-разведочного процесса, выполняемая на стадии поисковых, оценочных, разведочных работ и при эксплуатации месторождения.

В соответствии с методическими рекомендациями*, на основе данных поиско-

вых работ разрабатываются технико-экономические соображения (ТЭС), позволяющие принять обоснованное решение о целесообразности и сроках проведения оце-

сов месторождений твердых полезных ископаемых (кроме углей и горючих сланцев) / Минприроды. М., 2007. 49 с.

Methodic recommendations on technical-economic basis of conditions for the calculation of stocks of deposits of hard minerals (except coals and inflammable shales). Moscow, 2007, 49 p.

* Методические рекомендации по технико-экономическому обоснованию кондиций для подсчета запа-

ночных работ. После их завершения разрабатывается технико-экономическое обоснование (ТЭО), в котором, в частности, составляются временные разведочные кондиции, утверждаемые Государственной комиссией по запасам полезных ископаемых (ГКЗ), на основании которых производится подсчет запасов с постановкой их на государственный учет в качестве оперативных запасов. Временные разведочные кондиции разрабатываются по материалам оценочных работ или начальной стадии разведки месторождения и используются для предварительной оценки его масштабов, экономической значимости и обоснования целесообразности инвестирования дальнейших разведочных работ. По завершении последних разрабатываются постоянные разведочные кондиции.

В состав кондиций входит набор параметров, который определяется спецификой геологического строения месторождений и условиями их отработки. Одним из важных показателей кондиций для подземной отработки месторождений является минимальное промышленное содержание (МПС) полезного компонента в подсчетном блоке, т.е. содержание, при котором достигается равенство извлекаемой ценности минерального сырья эксплуатационным затратам на получение товарной продукции. Именно этот параметр служит основным критерием для отнесения руд к забалансовым при содержании полезного компонента в блоке в «вилке» между бортовым содержанием и МПС. Одним из условий отнесения руд к забалансовым является возможность сохранения их в недрах для возможной последующей отработки при изменении конъюнктуры рынка или новых технологических возможностей переработки полезного ископаемого. При открытой разработке месторождений МПС обычно не применяется, а к забалансовым относят руды (как правило, дефицитного сырья) с содержанием полезного компонента в блоках меньше бортового, с последующим их отдельным складированием.

С проблематикой определения МПС сталкивались все специалисты по геолого-экономической оценке месторождений, но особенно остро этот вопрос обнажился с

вводом методических рекомендаций 2007 г. В практике работ ООО «Институт Гипроникель» такая проблема возникла при разработке ТЭО разведочных кондиций Ждановского месторождения (Печенгский рудный район), а затем – Масловского месторождения (Норильский рудный район), на примере которых и рассмотрим некоторые методические аспекты определения МПС.

Ждановское месторождение вкрапленных медно-никелевых руд является основой минерально-сырьевой базы Кольской горно-металлургической компании и пересмотр параметров кондиций, утвержденных в 1986 г. и уточненных в 1992 г., был связан с переходом на подземную отработку запасов на руднике «Северный-Глубокий». Руды месторождения являются существенно никелевыми (около 85 % извлекаемой ценности), а в качестве попутных компонентов представлены медь (10 %), кобальт и платиноиды (в сумме около 5 %). В связи с этим, пересчет содержаний на условный никель признан нецелесообразным и в ТЭО кондиций в 2007 г. рассмотрены шесть вариантов бортовых содержаний никеля, %: 0,55; 0,50; 0,45; 0,40; 0,35 и 0,30.

В 2008 г. ООО «Институт Гипроникель» выполнил ТЭО временных кондиций для подсчета запасов платинометалльно-медно-никелевых руд Масловского месторождения, расположенного в непосредственной близости (около 15 км) от г.Норильска. Технико-экономические показатели добычи и переработки руд рассчитывались для бортовых содержаний условного никеля 0,4; 0,6 и 0,7 %. Коэффициенты для пересчета содержаний условного никеля определены, исходя из принятых для расчетов показателей извлечения и цен на металлы. Существенную долю извлекаемой ценности, помимо главного компонента – никеля (31-32 %), имеют медь (16 %), платина (28 %) и палладий (20 %), в связи с чем формула пересчета условного никеля имеет следующий вид:

$$\text{Усл.Ni} = 1\text{Ni} + 0,30\text{Cu} + 0,17\text{Pt} + 0,04\text{Pd}$$

или

$$\text{Усл.Ni} = 1\text{Ni} + 0,30\text{Cu} + 0,09(\text{Pt} + \text{Pd}).$$

Новыми методическими рекомендациями предложены формулы расчета МПС для одного компонента

$$C_{Ni} = \frac{(З + Н)100}{Ц_{Ni} I_{Ni} (1 - P)} \quad (1)$$

и при наличии попутных компонентов

$$C_{Ni} = \frac{(З + Н - П)100}{Ц_{Ni} I_{Ni} (1 - P)}, \quad (2)$$

где З – полная себестоимость добычи и переработки 1 т руды, руб.; Н – налоги и сборы, выплачиваемые независимо от получения прибыли, не включаемые в себестоимость продукции (налог на имущество) на 1 т руды, руб.; П – суммарная извлекаемая ценность попутных компонентов, приходящаяся на 1 т добытой руды, руб.; C_{Ni} – цена 1 т никеля, руб.; I_{Ni} – сквозное извлечение никеля в товарную продукцию, доли ед.; P – разубоживание, доли ед.

Формула (2) представляется не вполне корректной, так как себестоимость добычи и переработки 1 т руды уменьшается на величину извлекаемой из нее ценности попутных компонентов, которая зависит от колебаний цен на металлы. В случае значительного их увеличения МПС не будет иметь смысла. Так, при расчете МПС Ждановского месторождения в ценах на металлы, которые существовали в первой половине 2007 г. мы получим значение менее 0,15 %, т.е. меньше, чем содержание никеля в хвостах обогащения. При (теоретически возможном) увеличении цен, как на никель, так и на попутные компоненты в несколько раз МПС будет иметь отрицательное значение, что подтверждено расчетами.

В связи с этим, учет доли попутных компонентов через коэффициент к цене основного компонента, что было предусмотрено предыдущими методическими рекомендациями*, представляется более

* Методические рекомендации по технико-экономическому обоснованию кондиций для подсчета запасов месторождений твердых полезных ископаемых (кроме углей и горючих сланцев) / ГКЗ. М., 1999. 75 с.

Methodic recommendations on technical-economic basis of conditions for the calculation of stocks of deposits of

обоснованным и отвечающим сути того значения МПС, при котором затраты на добычу и переработку 1 т руды равны извлекаемой из нее ценности конечного продукта:

$$\text{Затраты} = \text{Извлекаемая ценность} \times \\ \times \text{Минимальное содержание} / 100.$$

В этом случае

$$C_{Ni} = \frac{(З + Н)100}{Ц_{Ni} I_{Ni} (1 + K)(1 - P)}, \quad (3)$$

где K – коэффициент, представляющий собой отношение извлекаемой стоимости попутных компонентов к основному, доли ед.

В табл.1 приведен расчет МПС никеля Ждановского месторождения по формулам (2) и (3) для средних значений показателей за период отработки.

Следует отметить, что формула (3) также не в полной мере выполняет свое предназначение – оценку содержания металла в руде, при котором суммарные затраты на производство равны извлекаемой ценности металла. Баланс числителя и знаменателя достигается дисбалансом МПС и извлечением металла. Невозможно получить то количество металла, которое учтено в формуле, из руды с рассчитанным МПС, так как показатели извлечения для этой руды значительно ниже, чем для усредненных значений при определенном бортовом содержании, которые использованы в формуле. Таким образом, рассчитанные МПС имеют явно заниженные значения.

Если исходить из равенства $(З + Н)100 = C_{Ni} I_{Ni} (1 + K)(1 - P)$, то при бортовом содержании никеля 0,4 % МПС будет иметь значение 0,45 % с соответствующим ему сквозном извлечении никеля 0,583 (извлечение в концентрат 62,3 % против 67,1 при среднем содержании никеля 0,59 %). Представляется, что именно такое значение МПС наиболее корректно отражает суть этого показателя. Экспертиза ГКЗ сочла приведенные расчеты МПС обоснованными и утвер-

hard minerals (except coals and inflammable shales). Moscow, 1999, 75 p.

дила значение 0,47 % (при бортовом содержании 0,4 % с учетом дополнительного пересчета с прогнозируемым увеличением разубоживания до 25-30 %).

В табл.2 приведен расчет МПС условного никеля Масловского месторождения по формулам (1)-(3) для средних значений показателей за период отработки.

Таблица 1

Расчет МПС никеля Ждановского месторождения

Показатель	Бортовое содержание никеля, %					
	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
Среднее содержание никеля в эксплуатационных запасах, %	0,74	0,69	0,64	0,59	0,54	0,51
Полная себестоимость добычи и переработки 1 т руды, руб.	1320	1289	1291	1280	1248	1240
Налог на имущество на 1 т руды, руб.	39,9	36,3	31,3	27,0	22,1	20,6
Суммарная извлекаемая ценность попутных компонентов на 1 т руды, руб.	424,6	387,7	353,8	322,6	286,5	268,2
Цена 1 т никеля, руб.	499576	499576	499576	499576	499576	499576
Сквозное извлечение никеля в товарную продукцию, доли ед.	0,672	0,657	0,642	0,627	0,608	0,598
Разубоживание, доли ед.	0,158	0,156	0,156	0,156	0,153	0,150
Коэффициент извлекаемой стоимости попутных компонентов к никелю, доли ед.	0,170	0,170	0,172	0,173	0,175	0,175
Минимальное содержание никеля:						
по формуле (2)	0,33	0,34	0,36	0,37	0,38	0,39
по формуле (3)	0,41	0,41	0,42	0,42	0,42	0,42

Таблица 2

Расчет МПС условного никеля Масловского месторождения

Показатель	Бортовое содержание условного никеля, %		
	0,70	0,60	0,40
Среднее содержание никеля в эксплуатационных запасах, %	0,37	0,34	0,29
Полная себестоимость добычи и переработки 1 т руды, руб.	2906,8	2782,2	2646,8
Налог на имущество на 1 т руды, руб.	139,7	124,2	103,7
Суммарная извлекаемая ценность попутных компонентов на 1 т руды, руб.	4519,7	4182,4	3548,7
Цена 1 т никеля, руб.	689204,5	689204,5	689204,5
Сквозное извлечение никеля в товарную продукцию, доли ед.	0,750	0,717	0,701
Разубоживание, доли ед.	0,187	0,182	0,175
Коэффициент извлекаемой стоимости попутных компонентов к никелю, доли ед.	2,4	2,5	2,5
Минимальное содержание условного никеля по формулам:			
(1)	0,72	0,72	0,69
(2)	-0,35	-0,32	-0,20
(3)	0,22	0,21	0,20

Как видно из табл.2, в случае расчета МПС никеля по формуле (2) его значение становится отрицательным, т.е. теряет всякий практический смысл. Формула (3) фактически определяет МПС никеля в руде, так как цена извлекаемого металла увеличена на долю попутных компонентов. Учитывая, что извлекаемая ценность никеля, заложенная в формуле условного никеля, составляет 31-32 % , значение условного никеля (при содержании никеля 0,20 %) будет составлять 0,65 %. Формула (1) определяет МПС никеля в руде, необходимое для окупаемости затрат в случае, если попутных извлекаемых компонентов нет, так как формулой они не учтены. Иначе говоря, значение 0,72 % фактически соответствует МПС условного никеля с учетом всех полезных компонентов, в том числе и не включенных в расчетную формулу ввиду их малой доли ценности (кобальт, золото, малые платиноиды).

Следует также отметить, что рассчитанные МПС имеют явно заниженные значения из-за дисбаланса МПС и извлечения металла. Если исходить из равенства: $(З + Н)100 = C_{Ni}Ц_{Ni}И_{Ni}(1 - P)$, то в руде с содержанием

условного никеля 0,65 % (а содержание собственно никеля при этом 0,21 %) с соответствующим ему сквозным извлечением никеля не более 60 % (против 76,4 % , принятого в расчете среднего содержания никеля 0,34 %), величина МПС условного никеля будет 0,75-0,8 % (никеля 0,23-0,24 %).

Таким образом, при расчете МПС для комплексных руд с явным преобладанием одного из компонентов наиболее правомерно использовать формулу, учитывающую повышение извлекаемой ценности металлов через соответствующий коэффициент в знаменателе. В случае более равномерного распределения основных компонентов в руде, обуславливающего необходимость определения условного содержания ведущего металла, для расчета его МПС вполне «работоспособна» наиболее простая формула, где влияние попутных компонентов никак не учитывается. В обоих случаях, чтобы избежать занижения показателей МПС, представляется необходимым делать поправку расчетного показателя извлечения металла, являющегося, в свою очередь, функцией минимального промышленного содержания.