

УДК 622.013.364

**Ю.В. Волков, И.В. Соколов, А.А. Смирнов,  
Ю.Г. Антипин**

## **ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА РУДЫ В МАССИВЕ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОТРАБОТКИ КАМЕР**

*Систематизированы технически возможные варианты отработки камер с потенциально высоким разубоживанием, проведено экономико-математическое моделирование отработки камер с потенциально высоким разубоживанием.*

*Ключевые слова: руда, горный массив, разубоживание, добыча, очистные камеры, камерный запас.*

---

**О**bjectом исследования является технология отработки участков месторождения, в данном случае — камер, с потенциально высоким разубоживанием. Установлено, что на качество добытой руды влияет множество факторов, которые можно разделить на три группы: природные (горно-геологические); технологические; организационные (табл. 1). При негативном действии этих факторов возникают условия и реализуются процессы, в результате которых происходит значительное увеличение разубоживания руды по камере.

Технология отработки очистных камер с оставлением рудных предохранительных целиков позволяет существенно уменьшить величину разубоживания. Варианты расположения предохранительных целиков в зависимости от возможных факторов и процессов, повышающих разубоживание, представлены в табл. 1. Однако оставление предохранительных целиков ведет к увеличению потерь руды по камере. В связи с этим возникает необходимость в изыскании вариантов технологии отработки камерных запасов, позволяющих максимально снизить разубоживание

при приемлемых потерях руды по камере.

Анализ и обобщение зарубежной и отечественной практики подземной добычи руды с предохранительными целиками показали, что возможны следующие мероприятия по снижению уровня потерь и разубоживания руды по камере:

1. Изменение геометрических параметров очистной камеры.
2. Изыскание рациональных параметров предохранительных целиков кровли и висячего бока — толщины, высоты и длины.
3. Изыскание рациональной формы предохранительного целика.
4. Нетрадиционный порядок отработки и расположения камер.

Технически возможные варианты отработки камер с потенциально высоким разубоживанием систематизированы по следующим признакам — геометрические параметры камер, наличие и расположение предохранительных целиков, их размеры (табл. 2).

Проведено экономико-математическое моделирование отработки камер с потенциально высоким разубоживанием, при этом базовым вариантом

Таблица 1

**Варианты расположения предохранительных целиков в зависимости от факторов и процессов, увеличивающих разубоживание**

Основные факторы, влияющие на величину разубоживания	Условия для увеличения разубоживания	Процесс реализации разубоживания	Варианты расположения предохранительных целиков
1. Устойчивость вмещающих пород (природные)	Слабоустойчивые вмещающие породы висячего бока	Отслоение пород висячего бока камеры	У висячего бока
2. Устойчивость вышележащего закладочного массива (технологические)	Слабая устойчивость кровли камеры: а) низкая прочность закладочного массива; б) наличие массива обрушенных пород на днище вышележащей камеры образованного в период между окончанием очистной выемки и началом закладочных работ	Отслоение закладки и пород из кровли камеры	В кровле камеры
3. Интенсивность отработки и закладки камеры (организационные)	Низкая интенсивность	Отслоение одновременно пород висячего бока и кровли камеры	В кровле камеры и у висячего бока

Таблица 2

**Систематизация технически возможных вариантов отработки камер с потенциально высоким разубоживанием**

Изменяемые геометрические параметры камер, их комбинация		Выемка камер без предохранительных целиков (базовый вариант)	Выемка камер с оставлением предохранительных целиков		
			у висячего бока	в кровле камеры	в кровле камеры и у висячего бока
			Параметры предохранительных целиков		
			высота — $h_b$ толщина — $T_b$	длина — $l_k$ толщина — $T_k$	$h_b, T_b$ и $l_k, T_k$
		0	1	2	3
Ширина, $B$	1	<b>0.1*</b>	<b>1.1</b>	2.1	3.1
Длина, $L$	2	<b>0.2</b>	<b>1.2</b>	2.2	3.2
Высота, $H$	3	<b>0.3</b>	1.3	<b>2.3</b>	3.3
$HCL$	4	<b>0.4</b>	1.4	2.4	<b>3.4</b>
$BCH$	5	0.5	1.5	2.5	3.5
$LCH$	6	0.6	1.6	2.6	3.6
$BCLCH$	7	0.7	1.7	2.7	3.7

\* Первая цифра означает отсутствие (0) или наличие (1—3) целика, соответственно, у висячего бока, в кровле камеры и их сочетания. Вторая цифра — изменяемые геометрические параметры или их комбинацию (1—7). Выделены варианты принятые для моделирования.

технологии принята этажно-камерная система разработки этажа 670/750 м. Условия залегания рудного тела: средняя мощность 40 м, угол падения  $70^\circ$ , характерны для данного участка месторождения. Параметры камеры: длина 40 м, высота 80 м и ширина 20 м. Базовый вариант характеризуется средними по этажу 670/750 м показателями извлечения: разубоживание  $P = 10\%$  и потери  $\Pi = 2,5\%$ .

Для моделирования принято восемь вариантов отработки камерных запасов (см. табл. 2), которые наиболее соответствуют особенностям добычи руды в этаже 670/750 м.

Варианты 0.1; 0.2; 0.3; 0.4 являются производными от базового — оставление целиков не предусматривается, а улучшение показателей извлечения достигается изменением лишь геометрических параметров камеры.

Варианты 1.1; 1.2 соответствуют условиям устойчивой кровли и неустойчивого висячего бока. Здесь улучшение показателей извлечения достигается оставлением предохранительного целика у висячего бока с различными размерами и изменением геометрических параметров камеры — ширины и длины.

Вариант 2.3 соответствует условиям неустойчивой кровли и устойчивого висячего бока. Показатели извлечения улучшаются за счет оставления предохранительного целика в кровле камеры и изменением только высоты камеры.

Вариант 3.4 соответствует самым неблагоприятным условиям — неустойчивые кровля и висячий бок. Улучшение показателей извлечения достигается оставлением предохранительных целиков в кровле камеры и у висячего бока и изменением геометрических параметров камеры — высоты и длины.

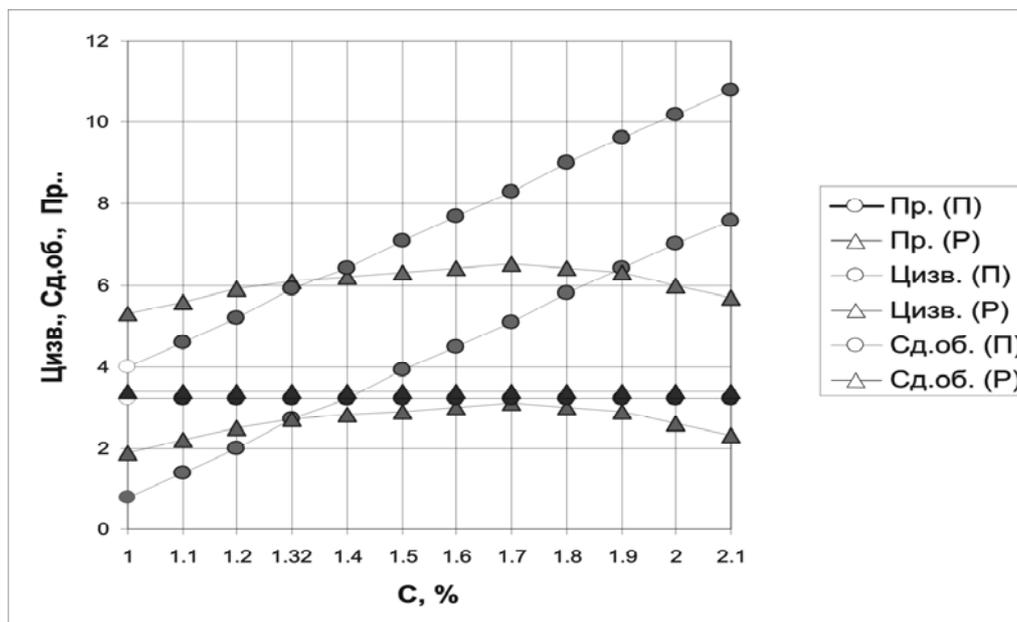
В процессе экономико-математического моделирования для каждого соотношения величин  $\Pi$  и  $P$  при различном содержании меди в балансовых запасах  $c$  (диапазон изменения от 1,0 до 2,1 %) определялись следующие показатели экономической эффективности — извлекаемая ценность  $U_{\text{изв}}$ , затраты на добычу и обогащение  $C_{\text{д.о}}$  и прибыль  $\Pi_r$ , отнесенные на 1 т балансовых запасов камеры.

Анализ изменения показателей эффективности  $C_{\text{д.о.}}$ ,  $U_{\text{изв}}$  и  $\Pi_r$  в зависимости от  $P$  и  $\Pi$  при различном  $c$  показал следующее (рис. 1):

- изменение  $P$  на 1 % ведет к изменению удельных  $C_{\text{д.о.}}$  на 3,9 руб., а изменение  $\Pi$  на 1 % — к изменению удельных  $C_{\text{д.о.}}$  на 3,8 руб. При этом  $c$  не влияет на изменение  $C_{\text{д.о.}}$ ;

- изменение  $\Pi$  на 1 % при  $c = 1,0\%$  изменяет удельную  $U_{\text{изв}}$  на 4,0 руб., а при  $c = 2,1\%$  — на 10,8 руб. То есть при повышении  $c$  влияние  $\Pi$  на удельную  $U_{\text{изв}}$  увеличивается. Изменение  $P$  на 1 % при  $c = 1,0\%$  изменяет удельную  $U_{\text{изв}}$  на 1,9 руб., при  $c = 1,7\%$  — на 3,1 руб., а при  $c = 2,1\%$  — только на 2,3 руб. То есть при повышении  $c$  влияние  $P$  на удельную  $U_{\text{изв}}$  имеет нелинейный характер с максимальным значением в точке  $c = 1,7\%$ . Таким образом, с увеличением  $c$  влияние  $\Pi$  на удельную  $U_{\text{изв}}$  по сравнению с  $P$  существенно увеличивается (в 2,1 раза при  $c = 1,0\%$  и в 4,7 раза при  $c = 2,1\%$ );

- изменение  $P$  на 1 % при  $c = 1,0\%$  изменяет удельную  $\Pi_r$  на 5,9 руб., при  $c = 1,7\%$  — на 7,0 руб., а при  $c = 2,1\%$  — лишь на 6,2 руб. То есть с увеличением  $c$  влияние  $P$  на удельную  $\Pi_r$  также имеет нелинейный характер с максимальным значением в точке  $c = 1,7\%$ . Изменение  $\Pi$  на 1 % при  $c = 1,0\%$  изменяет удельную  $\Pi_r$  на 0,2 руб., а при  $c = 2,1\%$  — на 7,0 руб. То есть, с увеличением  $c$  влияние  $\Pi$  на удельную  $\Pi_r$  усилива-



**Рис. 1.** Влияние содержания меди в балансовых запасах камеры с на удельные извлекаемую ценность  $\Pi_{изв}$ , затраты на добычу и обогащение  $C_{д.о}$  и прибыль  $Pr$  при изменении потерь  $\Pi$  и разубоживания  $R$  на 1 %

ется. Таким образом, до значения  $c = 2,05\%$  влияние  $R$  на удельную  $Pr$  выше, а с дальнейшим увеличением  $c$  влияние  $R$  ниже по сравнению с  $\Pi$ .

Результаты экономико-математического моделирования и построен-

ные на их основе зависимости, объективно отражают характер и степень влияния  $\Pi$  и  $R$  на показатели эффективности технологии отработки камер при различном содержании меди в балансовых запасах. **ИАБ**

#### Коротко об авторах

*Волков Ю.В.* — профессор, доктор технических наук, зав. лаборатории подземной геотехнологии ИГД УрО РАН;

*Соколов И.В.* — кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории подземной геотехнологии ИГД УрО РАН;

*Смирнов А.А.* — старший научный сотрудник, кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории подземной геотехнологии ИГД УрО РАН;

*Антипин Ю.Г.* — ведущий инженер лаборатории подземной геотехнологии ИГД УрО РАН, e-mail: geotech@igd.uran.ru

