

УДК 622.646

Р.Г. Пепелев

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМ РАЗРАБОТОК С ОБРУШЕНИЕМ РУДЫ И ВМЕЩАЮЩИХ ПОРОД И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ИХ ИЗМЕНЕНИЯ

При отработке забалансовых руд ценных металлов дешевыми системами разработки требуется оптимизация их конструктивных и технологических параметров.

Ключевые слова: выпуск руды; подэтажное обрушение; матрица выпуска; оптимизация конструктивных и экономическая оценка технологических параметров систем разработки.

Существующая практика изменения того или иного класса систем разработок при разработке месторождений твердых полезных ископаемых подземным шахтным способом подтверждает ее прямую зависимость от ценности добываемого полезного ископаемого (табл. 1).

Для каждого вида полезного ископаемого существует диапазон содержания полезного компонента в руде, при котором экономически целесообразно применение той или системы разработки.

Так например, при отработке весьма ценных руд на руднике «Маяк» Норильского ГМК успешно применялась одна из самых дорогих систем разработок со слоевой выемкой с твердеющей закладкой, которая обеспечивала потери руды до 0,9 %, а разубоживание — до 1—1,5 %. Себестоимость добычи руды доходила до 22—24 руб/т (в ценах 1970—1980 гг.).

В это же время, при отработке железных руд себестоимость наиболее дешевых систем разработки составляла 1,9-2,2 руб/т для камерных систем разработки и систем этажного принудительного обрушения, 2,5—4 руб/т — для систем подэтажного обруше-

ния с использованием самоходной техники. Однако эти системы разработки предполагали потери руды 40—60 % (камерные), 10—15 % (этажного обрушения) и 15—25 % (подэтажного обрушения), что допустимо при отработке рядовых и бедных руд.

Характерной особенностью многих отрабатываемых месторождений металлических руд является постепенное уменьшение содержания полезного компонента от центральной части рудоносной толщи к периферийным ее частям. В любом случае, существует такое содержание (бортовое), при оконтуривании по которому обеспечивается максимальная прибыль (или минимальный ущерб) предприятия. Снижение бортового содержания возможно лишь при переходе на более дешевую технологию, которой свойственны свои характерные показатели извлечения, которые, как правило, значительно отличаются от показателей извлечения более дорогой технологии.

Таким образом, рассматривая возможность отработки забалансовых руд путем перехода на принципиально новые системы разработки (от систем 3-го к системам 2-го

Таблица 1

Основные характеристики разработки медно-никелевых руд различной ценности

Тип руды по ведущему металлу	Ценность руды	Содержание металла, %	Класс применяемой системы разработки	Пример системы разработки	Потери руды, %	Разубоживание руды, %	Себестоимость добычи и переработки (1970 г.), руб/т
Ni	Ценная	> 2	III	НСВ, ГСЗ	1—5	1—5	22—24
	Ср.ценн.	2 — 1	I + III	Кам+тв.закл	5—8	12—16	10—15
	Н.ценн.	1 — 0,5	II	П/Э обруш.	15—20	15—20	4—5
	борт	< 0,5	—	—	—	—	—

класса) необходимо учитывать, что ущерб от потерь и разубоживания руды при отработке забалансовых запасов ценных руд существенно отличается от соответствующих показателей при отработке балансовых запасов рядовых и средней ценности руд.

В связи с вышесказанным следует вывод, что при отработке руд ценных металлов более дешевыми системами разработки с целью минимизации ущерба от потерь и разубоживания руды, требуется оптимизация всех конструктивных и технологических параметров предлагаемых систем разработки и ее возможных вариантов. Нарушение этих параметров должно быть оценено количественно на основе ценности руды, подлежащей отработке.

Рассмотрим случай применения системы поэтажного обрушения (вариант с торцевым послойным выпуском — ПОТВП) для отработки ранее забалансовых руд Ждановского месторождения, на котором балансовые запасы медно-никелевых руд отработывались камерной двухстадийной системой разработки с твердеющей закладкой. Для рассматриваемого случая принимаем следующие обозначения параметров системы ПОТВП:

H — высота слоя выпускаемой руды, (м);

B — ширина слоя выпускаемой руды, (м);

d_T — толщина слоя выпускаемой руды, (м);

d_0 — толщина отбиваемой секции (кратна л.н.с), (м);

b — ширина погрузочно-доставочной выработки, (м);

h — высота погрузочно-доставочной выработки, (м);

Конструктивные параметры могут быть приняты независимо друг от друга по отдельным, обоснованным соображениям, связанным не только с геометризацией рудного тела, но и по горно-техническим и технологическим причинам.

Аналитическими расчетами доказано, что наилучшее извлечение из отбитого слоя руды достигается в том случае, когда фигура выпуска, соответствующая моменту окончания выпуска чистой руды, касается одновременно всех имеющихся контактов руды с обрушенными породами (верхнего, торцевого и бокового). Конструктивные параметры, при которых будет выполняться это условие, будут обеспечивать наилучшие, т.е. оптимальные показатели извлечения, а значения этих параметров будут называться оптимальными.

Учитывая вышесказанное, получены следующие соотношения конструктивных параметров, обеспечивающих оптимальные показатели выпуска руды:

$$H = 4td_T^2; B = 2d_T + b; d_O = \frac{d_T}{Kp.упл.},$$

где t — сыпучие свойства выпускаемой руды (м-1); $Kp.упл.$ — коэффициент разрыхления руды, отбитой в зажиме

Пример: При известных величинах $m=0,41$ м-1, $b=4$ м, $h=3$ м, коэффициент разрыхления руды и пород при выпуске $Kp.макс=1,5$ и $Kп.макс=1,6$, коэффициент разрыхления уплотненной породы $Kп.упл.=1,45$, заданной высоте подэтажа $H=20$ м: согласно (1) $d_T = 3,54$ м; $B = 11,1$ м и $d_O=2,62$ м (л.н.с. должна быть, очевидно, 2,62 м или 1,31 м или 0,87 м). Полученные значения параметров B и d_O являются оптимальными.

Технологический параметр R — последовательность отработки лент на подэтаже (три наиболее распространенных в практике варианта: E, C или I).

Вариант E — отбитый слой руды граничит с обрушенными породами только сверху и с торца (отсутствует боковое разубоживание, т.к. смежные по горизонтали забои располагаются в одну (Единую) линию, включая вариант бокового контакта выпускаемого слоя руды с массивом) — **вариант, характерный наилучшими показателями извлечения;**

Вариант C — отбитый слой руды граничит с обрушенными породами сверху, с торца и по одной из боковых сторон, а по второй боковой стороне — контакт с массивом или с замагазинированной рудой (фронт работ по горизонтали — Ступенчатый) — вариант, наиболее приме-

няемый в практике и характерный приемлемыми показателями для рядовых руд;

Вариант I — отбитый слой руды граничит с обрушенными породами сверху, с торца и по двум боковым сторонам (для отстающих в отработке забоев, при непланомерном (хаотичном) порядке отработки запасов блока или панели) — вариант Изолированного выпуска — вариант, наихудший по показателям извлечения и не рекомендуемый для использования.

Используя разработанную автором матрицу «Торцевой послыйный выпуск руды под обрушенными породами» рассчитаем показатели извлечения для варианта с оптимальными конструктивными параметрами, приведенными в примере (см. выше) при $Aруд=0,9$ %; $Aпор=0,3$ %; $Aрм.мин=0,5$ %, т.е. при

$$Rд.пред = \frac{0,9 - 0,5}{0,9 - 0,3} = 0,667.$$

Результаты расчета указанной системы разработки с оптимальными параметрами приведены в табл. 2.

Оценим влияние конструктивных параметров на показатели извлечения. Высоту подэтажа оставляем неизменной ($H=20$ м).

В табл. 3 приведены результаты расчета при значениях ширины B отработываемой ленты 11,1 м (оптимальное значение), 12 м, 13 м и 14 м.

В табл. 4 приведены результаты расчета при толщине слоя выпускаемой руды d , равной 2,5 м, 3,0 м, 3,5 м, 4,0 м и 4,5 м.

Для количественной оценки экономического ущерба при отклонении параметров системы разработки от оптимальных значений определен ущерб от потерь 1т руды $Уп$ и ущерб от примешивания 1т породы $Ур$ при отработке условного медно-никелевого месторождения:

Таблица 2

Показатели извлечения для варианта с оптимальными параметрами

Показатели выпуска для условий примера	Для варианта С
Балансовые запасы руды, м ³ масс /т., в т.ч.:	582 / 1746
попутная добыча, м ³ масс /т;	31 / 93
запасы очистной выемки, м ³ масс /т;	551 / 1653
запасы очистной выемки, м ³ (Кр=1,35) /т.	744 / 1653
Разубоживание в дозе выпуска, %	66,7
в т.ч. от верхних пород, %	52,8
от торцевых пород, %	9,3
от боковых пород, %	4,6
Добыто рудной массы при Кр.упл = 1,35, м ³	755
Засорение общее, %	15,5
в т.ч. от верхних пород, %	12,5
от торцевых пород, %	2,0
от боковых пород, %	1,0
Кол-во засоривших пород общее, м ³ /т при Кр=1,45	117 / 234
в т.ч сверху, м ³ /т	94 / 188
с торца м ³ /т	15 / 30
сбоку м ³ /т	8 / 15
Извлечение руды, общее, м ³ /т при Кр=1,35	642 / 1427
в связи с засорением породами, м ³	365 / 811
за счет ширины доставочной выработки, м ³	277 / 616
Потери руды, общие, % / т	13,6 / 226
Добыто рудной массы, т	1663
Коэффициент добычи, %	102

Таблица 3

Показатели выпуска при различных значениях В

Высота подэтажа, Н, м	20	20	20	20
Ширина ленты, В, м	11,1	12,0	13,0	14,0
Толщина выпускаемого слоя, d, м	3,54	3,54	3,54	3,54
Потери руды, %	13,6	20,3	26,7	32,2
Засорение руды, %	15,5	15,5	15,5	15,5

Таблица 4

Показатели выпуска при различных значениях d

Высота подэтажа, Н, м	20	20	20	20	20
Ширина ленты, В, м	11,1	11,1	11,1	11,1	11,1
Толщина выпускаемого слоя, d, м	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5
Потери руды, %	16,1	12,9	13,1	16,3	21,5
Засорение руды, %	23,6	16,6	15,9	19,2	26,8

• камерной, двухстадийной с твердеющей закладкой системой разработки

$$Уп = 700 \text{ руб/т}; Ур = 2600 \text{ руб/т};$$

• подэтажным обрушением с торцевым выпуском

$$Уп = 1300 \text{ руб/т}; Ур = 1400 \text{ руб/т}.$$

Таким образом, для рассмотренного примера, увеличение ширины ленты В на 0,9 м по сравнению с оптимальным вариантом (табл.2) повлечет увеличение потерь на $20,3 - 13,6 = 6,7$ %, что при запасах блока 200 000 т составит 13400т и принесет экономический ущерб около 17—18 млн руб.

Увеличение толщины отбиваемого слоя и получение толщины выпускаемого слоя руды d на 0,5 м больше оптимальной (табл.3) приводит к увеличению потерь с 13,1 % до 16,3 % с ущербом для аналогичного блока

$$У1 = 0,032 * 200000 * 1300 = \\ = 8,3 \text{ млн руб.}$$

В этом случае ухудшатся и показатели по засорению руды породой. Увеличение засорения 15,9 % до 19,2 %, т.е на 3,3 % приведет к ущербу

$$У2 = 0,033 * 200000 * 1,04 * 1400 = \\ = 9,6 \text{ млн руб.},$$

а суммарный экономический ущерб составит

$$У = У1 + У2 = 17,9 \text{ млн руб.}$$

Ранее (не для оптимальных параметров системы разработки) были оценены упомянутые выше технологические режимы отработки (Е, С и И) для одних и тех же конструктивных параметров и получены соответствующие значения показателей:

Режим Е С И

• для потерь 13,7 %; 16,1 %; 19,2 %;

• для засорения 16,8 %; 16,5 %; 14,4 %.

Экономическая оценка изменения технологического режима выпуска производится аналогично и не рассматривается в настоящей работе. **ГИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Пепелев Р.Г. — e-mail:pepelev@list.ru.

Московский государственный горный университет,
Moscow State Mining University, Russia, ud@msmu.ru

