

УДК 622.272

Е.В. Гуриева, Т.Т. Исмаилов

ПОВЫШЕНИЕ ПОЛНОТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕДР ИНТЕНСИФИКАЦИЕЙ ВЫПУСКА ПРИ ДОБЫЧЕ ПОТЕРЯННЫХ РУД

При эксплуатации сложно-структурных скальных месторождений полнота использования недр может быть повышена повторной разработкой потерянных руд, но повышенные потери слежавшихся руд при выпуске снижают экономическую эффективность добычи. Инициирование процесса выпуска руд зарядами ВВ в скважинах повышают полноту использования недр, но для широкого использования технологии проходки взрывных и контрольных скважин в разрушенном массиве необходимо обоснование экономической целесообразности и технологической возможности.

Одним из направлений решения проблемы повышение полноты использования недр является интенсификация истечения слежавшихся руд взрыванием зарядов ВВ в сооружаемых в разрушенном массиве скважинах. Взрывные и контрольные скважины в разрушенном массиве сооружают бурением с одновременной обсадкой скважины трубами без передачи на них нагрузок от крутящего момента. Интенсификация истечения слежавшихся руд взрыванием зарядов ВВ в скважинах нередко компенсирует увеличение затрат на реализацию технологии с получением прибыли.

В ходе наших исследований:

- определены соотношения между геометрическими размерами рудного

массива, коэффициентом разрыхления руд, расположением выпускных выработок и показателями полноты использования недр;

- уточнены закономерности образования вторичных рудных массивов, распределения в них полезных компонентов и подвижности слежавшихся руд при повторном выпуске;

- уточнена кинематика и динамика работы бурового снаряда, скорость и затраты мощности при проходке скважин и предельная глубина бурения в зависимости от величины сопротивления перемещению труб в разрушенном массиве.

Комплексными исследованиями в условиях Садонского месторождения сформулирована концепция управления эффективностью повторной разработки месторождений скальных руд и математическая модель эколого-экономической оценки технологии.

Садонский полиметаллический пояс включает более 150 полиметаллических месторождений и рудопроявлений: Згидское, Садонское, Холстинское, Архонское, Хаником-Какадурское, Ногкауское, Фаснальское, Буронское, Кадатское, Левобережное и др. Руды Садонских месторождений содержат галенит, сфалерит, пирит, пирротин, халькопирит и минералы. Из жильных минералов преобладают кварц, кальцит и хлорит.

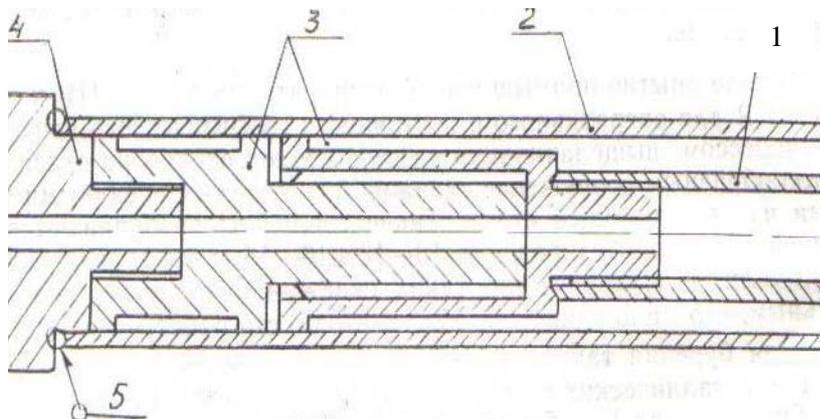


Схема бурового снаряда для установки обсадных труб в процессе бурения: 1 - буровой став; 2 - обсадная труба; 3 - шлицевой разъединитель; 4 - переходник; 5 - сварочный шов

В результате совместного влияния природных и технологических факторов в Садонских месторождениях потеряно до 2 млн т руды, 50 тыс. т свинца и 70 тыс. т цинка. До 70 % потерянных запасов представлено катоморфизованной, плотной массой, свойства которой определяются временем, свойствами и условиями среды. При первичной разработке Садонского месторождения потеряно не менее 50% металлов от добытого.

Варианты повторной отработки запасов на Садонском месторождении от носятся к классу систем с обрушением, повышение эффективности которых зависит от полноты выпуска руды.

Повторная разработка Садонских руд начата в 1942 г. На уровне откаточного горизонта к местам локализации потерянных руд проходили выработки, из которых выпуск руды производили до тех пор, пока содержание металлов не снижалось ниже допустимого. Зависания руды при выпуске ликвидировали зарядами ВВ.

Из применяемых способов закрепления стенок скважин: известкование, силикатизация, электрохимическая

обработка, цементация, термообработка, глинизация, замораживание, уплотнение и т.п. наиболее целесообразно бурение одновременно с установкой обсадных труб без передачи на последние нагрузок от крутящего момента. Буровой снаряд состоит из коронки или долота, наружной не вращающейся трубы и внутренней трубы или штанги (рисунок).

Выпуск руды исследовали на геометрически подобной модели в масштабе 1:100. Горизонтальные размеры модели 10–60 см, высота 60 см. Размеры воронок 6·6 см, диаметр выпускного отверстия – 2 см, количество рядов в модели – 10, число выпускных выработок в ряду – 1, расстояние между ними – 6 см с расположением в шахматном порядке.

Материал для моделирования - раздробленная и отсеянная руда с одинаковым содержанием металла крупностью: 1-3 мм – 20%, 3-5 мм – 20%, 5-7 мм – 30%, 7-9 мм – 30%, разубоживающей породы – 5мм. Содержание влаги до 6%, глинистых частиц - 6%. Модель засыпана на высоту 35 см рудой и поверх ее на высоту 25 см породой с содержанием металлов 0,01 %.

Таблица 1

Качество руды в зависимости от объема выпуска и высоты этажа

Активная высота этажа, м	Объем выпущенной рудной массы, %					
	100		115		130	
	R, %	П, %	R, %	П, %	R, %	П, %
10	39	39	43.7	32.3	54.2	30.0
15	32	32	38.2	26.8	48.4	25.4
20	27	27	32.4	21.3	42.2	19.0
25	24.1	24.1	27.6	16.6	37.7	14.3
30	22.6	22.6	26.3	15.2	35.7	12.5
35	19.8	19.8	25.3	14.1	31.1	9.8
40	17.1	17.1	21.5	11.8	29.7	8.5
60	11.7	11.7	18.8	8.0	27.1	5.6

Примечание: R- разубоживание руды; П – потери руды

Падение лежачего бока 85° , всячьего бока - 80° . Объем руды в модели - 30000 см^3 .

Результаты моделирования использованы для описания закономерностей изменения размеров фигуры выпуска и объема выпуска руды определенного качества в зависимости от высоты массива. Сведения о распределении металлов по данным геологической документации в период первичной отработки блока, и полученные закономерности изменения его позволяют судить о целесообразности повторной разработки запасов.

Между разубоживанием, потерями руды и объемом выпущенной руды установлена корреляция (табл. 1).

Выпуск металлоносной массы подчиняется законам истечения сыпучей среды. Однако, проработка растворами природного выщелачивания искажает форму и размеры фигуры выпуска. Истечение происходит не из эллипсоида вращения, а из объема трехосного эллипсоида, усеченного плоскостью выпускного отверстия.

Естественное заклинивание пород в данном случае проявляется как негативный фактор. При уменьшении площади подсечки необходимо разрушение вторичных несущих породных конструкций.

При выпуске руды развиваются стадии единого процесса:

- свободным истечением выпускается часть руды в основании массива до образования кровли из заклинившихся рудно-породных блоков;

- под воздействием внутренних и внешних факторов самозаклинивание перестает существовать и истечение продолжается;

- на новом уровне в рудном массиве вновь образуется система заклинившихся рудно-породных блоков.

Условием истечения слежавшихся руд является разрушение конструкции из заклинившихся структурных блоков.

Скорость бурения вертикальных скважин по интервалам глубины измеряли так же при осевых усилиях 800 -2000 кг и скоростях вращения 120; 200 и 280 об/мин. Абсолютное максимальное значение скорости - 320 см/мин, минимальное - 5 см/мин; среднее - 110 см/мин (табл. 2 и 3).

Технология разработки включает в себя совокупность общепринятых элементов и отличается тем, что на стадиях эксплуатационной разведки и выпуска руды используются скважины в разрушенных породах.

Величина возможных отклонений скважин при горизонтальных и на-

клонных скважин: угловые - 0,05-0,06 град/м, линейные - 3,5-4,0 см/м.

Показателями экономической целесообразности технологии повторной отработки служат прибыль, доход и достижение отраслевого уровня рентабельности. Формирование рыночных цен на металл оказывает существенное влияние на обоснование бортового содержания металла в потерянной руде. Моделирование влияния потерь и разубоживания на себестоимость добычи руды и металлургического передела для условий Садонского месторождения позволило получить коррелятивные зависимости между количеством добытого металла и содержанием металлов в руде.

Оптимизация границ бортового содержания металла в руде влияет на формирование издержек при обогащении. Если предельное бортовое содержание металла в руде равно 0,9%, то с учетом снижения потерь при добыче оно составит 0,7%, что важно для поддержания сырьевой базы предприятия.

Прибыль при добыче, транспортировке, обогащении и металлургической переработке металлоносных масс с учетом ущерба от потерь и разубоживания:

$$\begin{aligned}
 \Pi = & \left[3_g \frac{Q_3 + Q_n}{Q_3} + 3_y \frac{Q_3 + Q_n}{Q_3} + \right. \\
 & \left. + 3_H \frac{Q_3 + Q_n}{Q_3} + 3_{II} \frac{Q_3 + Q_n}{Q_3} \right] - \\
 & - K_r \Pi_3'' \left(\frac{1 - \Pi}{\Pi} \right) - \frac{R}{(1 - R)} \left[\left(3_g + \frac{3_y}{\gamma} \right) \right]
 \end{aligned}$$

40

Таблица 2

Скорость проходки скважин при осевом усилии 800 кг

Скорость вращения, об./мин.	Скорость проходки, см/мин.		
	минимальная	средняя	максимальная
120	8	42	76
200	28	77	126
280	54	123	192

Таблица 3

Скорость проходки скважин при осевом усилии 2000 кг

Скорость вращения, об./мин.	Скорость проходки, см/мин.		
	минимальная	средняя	максимальная
120	86	172	258
200	137	216	296
280	168	260	351

где Π_3 - ценность 1 т выпущенной руды, руб/т; $\Pi_{3п}$ - ценность потерянной руды, руб/т; 3_v - затраты на выпуск и транспорт руды, руб/т; 3_y - затраты на упрочнение рудного массива, руб/т; $Y_{п}$ - ущерб от потерь 1 т руды, руб/т; Y_R - ущерб от разубоживания 1 т руды, руб/т; Q_3 - объем кондиционной руды в границах камеры, м³/блок; $Q_{п}$ - объем пород, примешиваемых к руде, м³/блок; K_r - потери относительно погашаемых балансовых запасов, доли единицы; R - разубоживание руды, доли ед.; Π - потери руды, доли ед.

Для условий Садонского месторождения сравниваются варианты технологий: вариант 1 - выпуск по базовой технологии и вариант 2 - выпуск с помощью скважин.

При варианте 1 неизбежны потери слезавшейся руды, вплоть до 100% от имеющихся запасов, при небольших эксплуатационных расходах. При варианте 2 обеспечиваются приемлемые потери, но увеличиваются расходы на сооружение скважин в разрушенной руде.

Таблица 4

Эффективность технологии с интенсификацией выпуска руд

Показатели	Единицы	Варианты	
		1	2
Балансовые запасы руд	тыс. т	100	100
Содержание металла в запасах	%	6	6
Количество металлов в запасах	тыс. т	6	6
Потери руды при выпуске	%	50	10
Разубоживание руды породами	%	50	50
Количество добываемой горной массы	тыс. т	100	140
Содержание металла в горной массе	%	3	3.8
Количество добытого металла	тыс. т	3	5.4
Извлекаемая ценность 1 т концентрата	т. руб.	40	50
Стоимость добытых металлов	т. руб.	120000	270000
Затраты на добычу 1 т горной массы	т. руб.	1.1	1.5
Затраты на добычу руд при горном переделе	т. руб.	110000	210000
Прибыль от добычи руд	т. руб.	10000	60000
Удельная прибыль на 1 т запасов руды	руб./т	10	60
Экономический эффект на 1 т запасов руды	%	100	160

При моделировании приняты стоимостные значения по состоянию в 2003-04 г. Затраты на бурение приняты в размере 40% от затрат на добычу, которая взята по плану 2004 г. Установлено, что вариант с бурением скважин на 50 руб./т предпочтительнее. Снижение потерь руды на 40 % при одинаковом разубоживании компенсирует существенное увеличение затрат на добычу за счет применения скважин (0,4 т. руб./т или 36%) (табл. 4).

Радикальное уменьшение потерь руды и некоторое уменьшение разубоживания налегающими и боковыми породами при более точном контроле

размещения руд компенсирует увеличение затрат на добычу за счет применения использования взрывных и контрольных скважин. При использовании более дешевых способов бурения в разрушенных породах эффективность выпуска еще более увеличивается.

При существенном увеличении эксплуатационных затрат вариант с скважинами обеспечивает прибыль в зависимости от объемов использования новой технологии. Большую часть прибыли обеспечивает извлечение руд с уменьшением потерь.

ТАБ

Коротко об авторах

Гуриева Е.В. - инженер, СКГМИ;

Исмаилов Т.Т. - кандидат технических наук, доцент Московский государственный горный университет.

Рецензент д-р техн. наук, проф. *В.И. Камашенко.*