© А.Д. Якименко, В.И. Голик,
Т.С. Цидаев, 2005

УДК 274.5

А.Д. Якименко, В.И. Голик, Т.С. Цидаев

УПРОЧНЕНИЕ МАССИВОВ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ТЕХНОГЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Семинар № 11

Технологии подэтажного обрушения при разработке техногенных месторождений эффективны в случае высокого содержания металлов. При благоприятных условиях потери полезного компонента могут быть доведены до 10 % при разубоживании 15 %. Увеличение высоты подэтажа до 20 м при шахматном расположении выпускных выработок позволяет увеличить выход чистой закладки с 37 до 45 % и снизить потери до 15 % при разубоживании 22 %.

Подэтажное обрушение чаще всего применяют в двух вариантах:

- обрушение с отбойкой подэтажа и выпуском закладки из-под обрушенных пород через выработки днища при мощности рудных тел более 2,5 м;
- подэтажный выпуск с оставлением в верхней части целика с последующей отбойкой его на пустую камеру и выпуском закладки под обрушенными налегающими породами при мощности менее 2,5 м.

При использовании первого варианта разубоживание достигает 40 %, потери – 15 %, а при использовании второго варианта – соответственно-40 % и – 25 %.

Наиболее рациональны комбинированные технологий упрочнения, включающие: инъекцирование обрушенных пород; создание искусственных комбинированных кровель, представляющих собой сплошную несущую потолочину; использование вариантов с подачей закладки на замагазинированную руду. Возможность отделения металлоносной закладки от налегающих пород обеспечивается применением перекрытий: бетонно-анкерное; дерево- и металло- канатное; вантовое.

Гибкое разделяющее дерево- канатное перекрытие состоит из несущих канатов, раскрепленных стяжками и деревянных чурок, нанизанных на монтажные канаты. Они обеспечивают ограждение закладки от налегающих пород как сверху, так и с торца массива, причем изменение мощности рудного тела не ухудшает качества выпуска. Перекрытие монтируется один раз в горизонтальной плоскости на каждом подэтаже - в вертикальной плоскости и присоединяется сначала к горизонтальной части в монтажной выработке, а затем друг к другу, т.е. нижнее - к верхнему перед отработкой верхнего подэтажа.

Основную нагрузку несут канаты, а часть ее несут монтажные канаты, соединяющие чурки. Ширина гибкого перекрытия зависит от соотношения ширины выработки и мощности рудного тела. При мощности рудного тела большей ширины выработки гибкое перекрытие монтируется в двух или нескольких рядом расположенных выработках.

Под гибким перекрытием возможна отработка одинарных или сдвоенных подэтажей. Погрузка руды производится через торец погрузочной выработки. На почве погрузочной выработки оставляют 1-2 м отбитой руды для предохранения гибкого перекрытия от повреждения при отработке нижележащего подэтажа.

Под гибким дерево- канатным перекрытием отрабатывался участок месторождения «Заозерное» в Северном Казахстане. Перекрытие между восстающими выработками настилалось по вентиляционному коллектору. Мощность рудного тела по коллектору больше ширины выработки на 0,5–0,7 м, поэтому ширина гибкого перекрытия равнялась ширине выработки. Разубоживание руды оказалось в три раза меньше по сравнению с базовым (14 %). Основная часть руды (80 %) была выпущена с разубоживанием 5-15%, остальная часть - с большим разубоживанием. Базовый вариант дал выход основной части руды с разубоживанием 30-60 % и лишь около 15 % руды - с разубоживанием до 15 %.

Вантовое перекрытие применяют при отработке потолочин и под- штрековых целиков. В

Таблица 1

Прочность закладки при высоте слоя 2 м

Показатели	**Параметры**			
Ширина и высота, м	15 х 6	15 х 9	15 х 12	15 х 15
Длина, м	5,6	7,8	9,4	10,6
Прочность, МПа (возраст 28 сут.)	3,0	4,2	5,1	5,7

Таблица 2

Моделирование экономических показателей выпуска закладки

Показатели	**Варианты**	
	1	**2**
Количество металлсодержащей закладки, тыс.т	50,0	50,0
Содержание металла в закладке, кг /т	200	200
Потери закладки при повторной добыче, дол. ед.	0,1	0,01
Разубоживание закладки породами, дол. ед.	0,20	0,05
Ценность закладки, руб/т	70	70
Затраты на выпуск металлсодержащей закладки, руб/т	15	15
Затраты на строительство перекрытия, руб/т	-	10
Всего условно-переменные затраты на добычу, руб/т	15	25
Ущерб от потерь металлосодержащей закладки, руб/т	7,0	0,07
Ущерб от переработки разубоживающих пород, руб/т	20	4
Прибыль от добычи закладки, руб/т	28	40,93
Экономический эффект на 1т запасов руды, руб	-	12,93
Суммарный экономический эффект, тыс. руб	-	2300

первом случае оно монтируется на штреке скреперования вышележащего блока. Потолочина и подштрековый целик обрушаются и выпускаются после отработки нижележащего блока. Во втором случае блок, включая потолочину и подштрековый целик, отрабатывается подэтажным маганизированием. Перекрытие монтируется на каждом подэтаже. Применение вантового перекрытия позволяет обойтись без междуэтажных целиков, отработка которых сопряжена с разубоживанием и потерями руды.

В подэтажном штреке в шпурах глубиной 1,5–3,0 м заделывают канаты. На канаты укладывают деревянный настил или сплетенную из канатов сетку с ячейкой 0,5 ×0,5 м. Нарезные работы в блоке заключаются в проведении подэтажных штреков сечением 4-5 м^2 из восстающих выработок. Перед началом работ на подэтажном штреке сооружается вантовое перекрытие. Между камерой и вантовым перекрытием оставляется целик, который отбивается в последнюю очередь. После выпуска закладки вантовое перекрытие взрывают.

На месторождении «Заозерное» для монтажа вантового перекрытия в штреке были пробурены шпуры глубиной 2,0 м под углом к горизонту 25–30^0 с интервалом 1,5 м. В них раствором марки М-300 забетонировали куски каната диаметром 30,5 мм. На закрепленные в шпурах канаты укладывали лес диаметром 18–20 см и длиной 3 м. При общем разубоживании -27 % около 37 % закладки вышло с разубоживанием до 15 %.

Достоинства вантового перекрытия - возможность отработки целиков вместе с выпуском камерных запасов с уменьшением разубоживания на 20 % по сравнению с базовым вариантом. Недостаток - область применения ограничивается шириной выработки в 3.5 м.

Жесткие перекрытия радикально повышают устойчивость массива. Прочность сплошной несущей железобетонной потолочины около 6-7 МПа, а допустимые обнажения потолочины не превышают 12 м. Потолочина сооружается выемкой руд горизонтальными слоями с твердеющей закладкой. Выработки заполняют твердеющей закладкой и связывают между собой железобетонными штангами. Длина погашаемой секции не превышает 20 м.

При создании облегченной искусственной потолочины в боках заходок с шагом 1 м устанавливаются железобетонные штанги диаметром 30, длиной 2 м. На почве заходок уклады-

вается арматура. Длина погашаемой секции - не более 20 м. При использовании варианта с упрочнением массива в ходе выпуска потолочина образуется путем укладки твердеющих смесей на выпускаемую закладку. Шаг образуемой потолочины от 4 м до 12 м. Металлсодержащая закладка заливается сначала твердеющей смесью с повышенным содержанием цемента (300 кг/м^3) и минимальным количеством воды для образования цементной «корки», препятствующей проникновению цементного раствора в руду. Затем подается основной объем твердеющей смеси (табл. 1).

Прочность твердеющей смеси $\sigma_{сж}$ назначается из условия устойчивости вертикального обнажения искусственного массива:

$$\sigma_{сж}^{обр} = \beta_1 \sin^2 \varphi (q_i + 0{,}5\gamma_з . h) . K_з, \qquad (1)$$

где $\beta_1 = \frac{[\sigma_{сж}^{обр}]}{[\sigma_{ср}^{сж}]}$ – коэффициент, учитывающий отношение предела прочности образцов закладки на сжатие $\sigma_{сж}^{обр}$ к пределу их прочности на срез $\sigma_{ср}^{обр}$; $\varphi = \frac{90 + \rho}{2}$ – угол наклона площадки среза, градус; ρ - угол падения искусственного массива, градус; q_i – нагрузка веса пород, МН/м^2; h – высота камеры, м; $K_з$- коэффициент запаса прочности закладки; $\gamma_з$ - объемный вес закладки, т/м^3.

Варианты выпуска закладки, различающиеся состоянием вмещающего массива, сравниваются между собой по критерию-прибыли, которая с учетом ущерба от потерь и разубоживания на 1 т извлекаемой горной массы вычисляется по формуле:

$$П = Ц_з - З_в - У_п - У_к \qquad (2)$$

$$П = [З_в \frac{Q_з + Q_п}{Q_з} + З_у \frac{Q_з + Q_п}{Q_з} + З_и \frac{Q_з + Q_п}{Q_з} + З_л \frac{Q_з + Q_п}{Q_з}] - П_{б.з} Ц_з^п (\frac{1 - П}{П}) - \frac{P}{(1 - P)} [(З_в + \frac{З_у}{\gamma})] \qquad (3)$$

где Ц з - ценность выпущенной закладки, руб/т; Ц $_з^п$ –ценность потерянной закладки, руб/т; $З_в$ – затраты на выпуск и транспорт закладки, руб/т; З $_у$ – затраты на упрочнение массива, руб/т; У $_п$ – ущерб от потерь закладки, руб/т; $У_R$ – ущерб от разубоживания закладки, руб/т; $Q_з$ – объем кондиционной закладки в границах камеры, м^3/блок; Q $_п$ - объем пород, примешиваемых к закладке, м^3/блок; $П_{б.з}$– потери относительно погашаемых балансовых запасов, дол. Ед.; Р– разубоживание закладки, дол. ед.; $П_з$ – потери закладки, дол. ед.; $\gamma_з$ - объемный вес закладки, т/м^3.

Для условий Садонского месторождения сравниваются варианты выпуска по базовой технологии и под перекрытием (табл. 2).

При разработке техногенных месторождений разубоживание является интегральным критерием, определяющим эффективность добычи. Уменьшение ущерба от разубоживания закладки налегающими и боковыми породами компенсирует увеличение затрат на добычу за счет применения самого дорогостоящего армобетонного комбинированного перекрытия. При использовании более дешевых дерево- канатных и вантовых перекрытий эффективность выпуска еще более возрастает.

В вариантах с перекрытиями размер прибыли существенно увеличивается в зависимости от объемов использования новой технологии. Большую часть прибыли обеспечивает уменьшение потерь и разубоживания в управляемом геомеханическом режиме. Фактический эффект еще больше, потому что при моделировании не учтено вредное влияние выдаваемых пород на окружающую среду, которое может не только достигать стоимости добытых полезных компонентов, но и превышать ее. Так, стоимость добываемой Садонским СЦК горной массы не превышает 25 млн. руб в год, а штрафы за нарушение экологии, значительную часть которых составляет излишне выданное на поверхность некондиционное сырье, достигают 15 млн. руб в год.

Коротко об авторах

Якименко А.Д. – инженер,
Голик В.И. – профессор, доктор технических наук,
Цидаев Т.С. – инженер,
Северо-Кавказский государственный металлургический институт.