

УДК 622.273

Т.М. Аханов, Г.А. Прокушев

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ РАЗРАБОТКИ И ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИИ НА ЭТАПЕ ДОРАБОТКИ ЖЕЗКАЗГАНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Рассмотрено состояние горных работ на Жезказганском месторождении, отражены особенности перехода на его повторную отработку и разработку наклонных рудных залежей. Предложены перспективные варианты комбинированной выемки рудных залежей, отличающиеся совмещением камерно-столбовой и подэтажной систем разработки.

Ключевые слова: камерно-столбовая система, повторная разработка, гидравлическая закладка, обрушение кровли, извлечение целиков, потери, разубоживание руды.

За 80 лет с начала восстановления добычи руды и перехода к разработке Жезказганского меднорудного месторождения в промышленных масштабах, технология подземных горных работ развивалась в соответствии с существовавшими концепциями рационального использования минеральных ресурсов недр.

До окончания строительства обогатительной фабрики в поселке Кенгир месторождение обрабатывалось выборочно, исходя из необходимости добычи медной руды, пригодной по своему качеству для непосредственной плавки на Карсакпайском медеплавильном заводе. Освоение производства медного концентрата из добываемой руды позволило перейти к более планомерной отработке месторождения, хотя выборочная отработка участков с богатым содержанием меди, особенно в период Отечественной войны, еще находила достаточно широкое применение.

На первом этапе освоения месторождения применялась технология сплошной выемки изолированных рудных залежей с нерегулярным оставле-

нием целиков для поддержания выработанного пространства. После утверждения разработанного Гипроцветметом проекта, освоение Жезказганского месторождения велось, исходя из концепции планомерной отработки рудных залежей в отведенных для каждой шахты полях. С 1942 года по проекту Гипроцветмета обширные рудные залежи начали обрабатываться камерно-столбовой системой с оставлением для поддержания налегающей толщи пород ленточных панельных и междукамерных столбчатых целиков.

Первый случай обрушения выработанного пространства с выходом на поверхность произошел на шахте Петро с образованием провала площадью 3000 м². Глубина разработки на участке обрушения составляла 30—40 м при мощности выработанного пространства 4-8 м. Количество разрушенных междукамерных целиков составляло 18, площадь обрушения кровли отработываемой залежи в шахте достигла 3100 м².

Следующее обрушение, произошедшее на шахте Кресто-Запад в 1957-58 годах, носило более мас-

штабный характер. При выемочной мощности рудной залежи 4-20 м и глубине разработки 64-160 м, площадь обрушения кровли в шахте достигла 91,24 тыс. м², на поверхности — 89,06 тыс. м², количество разрушенных междукамерных целиков 333, а образовавшийся на поверхности провал имел глубину 15—20 м.

В результате анализа механизма разрушения междукамерных целиков, носившего цепной характер, Гипроцветметом было принято решение о переходе на отработку месторождения камерно-столбовой системой с регулярным оставлением через 120-150 м барьерных целиков шириной 15-30 м.

Исходя из теории свода естественного равновесия, была предложена и реализована в проекте расчетная схема, по которой междукамерные целики в процессе отработки камер должны воспринимать вес налегающих пород, ограниченных высотой образующегося свода давления. Более массивные барьерные целики, согласно этой концепции, должны воспринимать нагрузку от полного веса столба горных пород налегающей толщи, а также дополнительное давление от веса горных пород, находящихся над сводом естественного равновесия, опирающимся на барьерные целики.

В течение почти 20 лет после обрушения пород налегающей толщи с выходом провала на поверхность на шахте Кресто-Запад других столь масштабных проявлений горного давления не наблюдалось. Однако, начиная с 70-х годов прошлого века массовые обрушения налегающей толщи пород стали приобретать регулярный и все более угрожающий безопасности людей и устойчивости горного производства характер. Площади об-

рушения кровли в шахтах в отдельных случаях достигали 470—920 тыс. м², а количество разрушившихся целиков доходило до 2000—4500. Глубина разработки рудных залежей, при которой развивавшиеся во времени обрушения кровли выработанного пространства выходили на поверхность, составляла от 160 до 450 м.

Из целого ряда выявленных причин массовых обрушений толщи налегающих пород над выработанным пространством следует выделить в качестве основных: фактор времени, обуславливающий постепенное снижение несущей способности целиков из-за влияния сейсмичности промышленных взрывов по отбойке руды; неравномерную деформацию разных опорных целиков, приводящую к перераспределению на них нагрузки; частичную, а в отдельных случаях, полную выемку панельных и барьерных целиков; многоярусность выработанных пространств на участках отработки перекрывающихся сближенных рудных залежей.

За период подземной отработки Жезказганского месторождения камерно-столбовой системой в недрах было образовано выработанное пространство объемом 321787,1 тыс. м³. В таблице представлены объемы погашенных пустот по применяемым способам их погашения в 2008 году и с начала эксплуатации месторождения.

Общий объем остаточных не погашенных пустот на 01.01.2009 г. составляет 179109,2 тыс. м³. В 2008 году на рудниках Жезказгана образовано пустот при очистных работах и при проведении горно-подготовительных выработок 6913,3 тыс. м³. С учетом объема погашения пустот в этом году, равного 6662,2 тыс. м³, произошел прирост общего накопленного

Таблица

Распределение объемов погашенных пустот по способам погашения

Способ погашения пустот	Объем погашенных пустот			
	В 2008 г.		С начала отработки	
	тыс. м ³	%	тыс. м ³	%
Самообрушение налегающих пород	3107,3	46,64	75869,2	53,03
Принудительное обрушение кровли	1659,5	24,91	18232,5	12,74
Закладка пустот	207,6	3,12	21260,8	14,86
Складирование породы в камерах	1685,8	25,30	27699,2	19,36
Итого	6662,2	99,97	143061,7	99,99

объема пустот по месторождению на 251,1 тыс. м³.

К настоящему времени из Жезказганского месторождения извлечено около 1 млрд. т руды. В выработанном пространстве оставлено 166,8 млн т руды с содержанием меди в 1,75 раза превышающим ее содержание в руде текущей добычи. Распределение потерь руды по их местонахождению составляет в процентном отношении: панельные целики — 7,08, междуканальные целики — 54,27, барьерные и массивные целики — 18,05, в кровле и рудных мостах — 9,85, в почве камер — 4,16, в кромках залежей — 3,76.

В связи с сокращением активных запасов балансовой руды в Центральном поле месторождения корпорацией принято направление на расширение объемов повторной разработки и перемещение основных объемов добычи руды в горные районы, где сосредоточены крупные запасы руды в залежах наклонного и крутого падения.

В последние 10—15 лет на рудниках Жезказгана начинает широко применяться технология извлечения междуканальных целиков с обрушением налегающих пород в вариантах выемки целиков из свободного выработанного пространства и через полевые выработки. При выемке из открытого выработанного пространства междуканальный целик, разбуренный вертикальными рядами

взрывных скважин (шпуров) взрывают с направленным отбросом отбиваемой руды в пространство между тремя смежными целиками, ожидающими своей очереди отработки. При подготовке к отбойке опережение буровых работ принимается не менее 2-х рядов целиков. Для предотвращения преждевременного обрушения непосредственной кровли и перекрытия навала отбитой из целика руды породой, отбойку руды ведут с оставлением не извлекаемой части целика сечением 4—5 м². Временный поддерживающий консольную кровлю сигнальный целик обычно раздавливается при выемке очередного ряда междуканальных целиков.

Отстой рабочего забоя после взрывных работ, до начала выполнения погрузки руды, выдерживается в течение не менее 1 смены для стабилизации перераспределения нагрузок на ожидающие своей очереди выемки целики. В рабочей панели в течение 1 смены производится отбойка не более одного целика за прием. Составными частями организации и контроля работ по выемке целиков являются следующие операции:

- оборка образующихся заколов с поверхности целиков и кровли камеры с помощью устройства ОКН-2Б (конструкции института ЖезказганНИПИцветмет), обеспечивающего приведение забоя в безопасное состояние при его высоте до 11,5 м;

- технологические перерывы после взрыва и в период посадки непосредственной кровли;

- непрерывный мониторинг состояния налегающей толщи пород с оперативной оценкой ее сейсмической активности.

Погрузка отброшенной взрывом отбитой из целика руды в зоне жесткого поддержания кровли осуществляется ПДМ типа ТОРО — 40Д, оставшаяся на месте взрыва целика руда убирается с использованием системы дистанционного управления ТОРО-ТЕЛ. Выемка междукамерных целиков по данной технологии в благоприятных условиях обеспечивает общее извлечение руды из погашаемой очистной панели на уровне 0,95—0,97, при разубоживании руды налегающими породами 6—8 %.

Выемка целиков из открытого выработанного пространства требует строгого соблюдения технологической дисциплины, осуществляется только в устойчивом выработанном пространстве, поддерживаемом междукамерными целиками с остаточным запасом прочности не менее 1,2—1,5, при постоянном мониторинге состояния выработанного пространства с использованием региональной радиотелеметрической системы автоматизированного контроля сейсмических событий в режиме реального времени.

Выемка целиков через полевые выработки не предъявляет особых требований к устойчивости выработанного пространства. При данной технологии предусматривается отбойка руды из целика в зажиме обрушенных пород. Для заполнения камер обрушенными породами производится предварительная отрезка целиков по верхнему основанию путем взрывания скважин, пробуриваемых через тело целика в кровлю на высоту 1,5—2 м.

Самообрушение пород кровли на рудниках Жезказгана, как показывает практика, обычно происходит после разрушения 8—9 рядом расположенных целиков и достижения площади обнажения неподдерживаемой кровли около 4,5—6,5 тыс. м². При наличии в кровле слоев серого песчаника, она обычно обрушается крупными глыбами размером до 2,5х3х4 м, что не создает достаточно плотной забутовки пространства вокруг целика. В этих условиях отбиваемая из целика глубокими скважинами руда выбрасывается за пределы зоны выпуска и теряется в крупных пустотах между породными глыбами обрушенных налегающих пород. Отсутствие плотного бокового подпора обрушенных пород не дает в полной мере реализовать преимущества отбойки руды в зажиме на податливую уплотняющуюся под действием взрыва среду. При этом руда из отбитого целика не дробится взрывом до кондиционной крупности, что создает ощутимые трудности при ее выпуске на доставочную полевую выработку, обуславливающие повышенные потери — до 45—50 % при разубоживании извлекаемой руды до 25—30 %.

В значительной мере вышеупомянутые недостатки устраняются при использовании для погашения камерного выработанного пространства мелкозернистой гидравлической закладки. Даже при закладке камер с оставлением пустоты под кровлей на высоту 1—1,2 м, взрыв целика в круговом зажиме на вертикальный цилиндрический откос песчаного закладочного материала обеспечивает перемещение контакта руда-закладка в расходящихся радиальных направлениях с выдавливанием закладочного материала вверх по вертикали, что обеспечивает заполнение пустоты вокруг целика под кровлей. Прессующее действие взрыва на закладочный

материал в условиях, приближенных к условию всестороннего сжатия, обеспечивает повышение плотности пористой закладки и существенное увеличение сцепления зерен между собой, что надежно предотвращает сползание стенок сформированного уплотненного искусственного массива в зону выпуска руды (рис. 1).

На промышленной площадке Анненского рудника построен и функционирует современный автоматизированный закладочный комплекс, обеспечивающий приготовление гидрозакладочной смеси из текущих флотационных хвостов обогатительной фабрики № 3. При годовом объеме перерабатываемой фабрикой руды 3,8 млн т, учитывая ограничение по содержанию в закладочном материале шламовой фракции, максимальная объемная производительность установки ограничена уровнем 1 млн м³ в год.

Закладочный комплекс оснащен современными средствами управления, контроля и документирования оценок параметров качества искусственного массива. Контроль закладочных работ производится с документированием основных паспортных данных и физических показателей: рудник, шахта, горизонт, залежь, участок, общий объем пустот, проектный объем закладки, номер замера, дата, время, плотность подаваемой пульпы на батарею гидроциклонов, объем поданной закладочной смеси, объем уложенного закладочного массива, объем поступившей в выработанное пространство технологической воды, расход электроэнергии.

Использование системы автоматизированных задвижек: переключателей потоков исходной пульпы и готовой гидрозакладочной смеси, технологической воды, сжатого воздуха, обеспечивает оперативное управление запуском, остановкой, промывкой трубопроводов и заданием управляе-

мых параметров режима работы закладочного комплекса.

За время работы нового комплекса в выработанном пространстве уложено около 6,5 млн м³ гидравлической закладочной смеси. Достигнутые показатели закладочных работ: годовая производительность до 1 млн м³, себестоимость возведенного искусственного массива около 0,8 доллара за 1 м³, способствуют достижению более высокой эффективности и безопасности применения технологии добычи руды с гидравлической закладкой выработанного пространства.

Гидравлическая закладка выработанного пространства обеспечивает благоприятные условия для плавной посадки расслаивающейся подработанной толщи горных пород на поверхность закладочного массива, что практически исключает, при достижении полноты закладки 0,92—0,95, вероятность проявления в подходных горных выработках опасных динамических явлений в виде, например, воздушной высокоскоростной волны.

По данным геологических материалов более половины общих остаточных балансовых запасов руды Жезказганского месторождения на настоящее время находится в залежах наклонного и крутого падения. Применительно к Анненскому и Акчий-Спасскому горным районам, доля наклонных и крутопадающих залежей в общих запасах балансовой руды увеличивается до 88 %. В маломощных рудных залежах (мощностью 1,5—3 м) в этих районах содержится 19 % балансовых запасов руды, в рудных телах средней мощности (3—10 м) — 40,2 %, в мощных рудных телах (10—18 м) — 31,5 % и в рудных телах большой мощности (более 18 м) — 9,3 %.

Длительная отработка Жезказганского месторождения камерно-столбо-

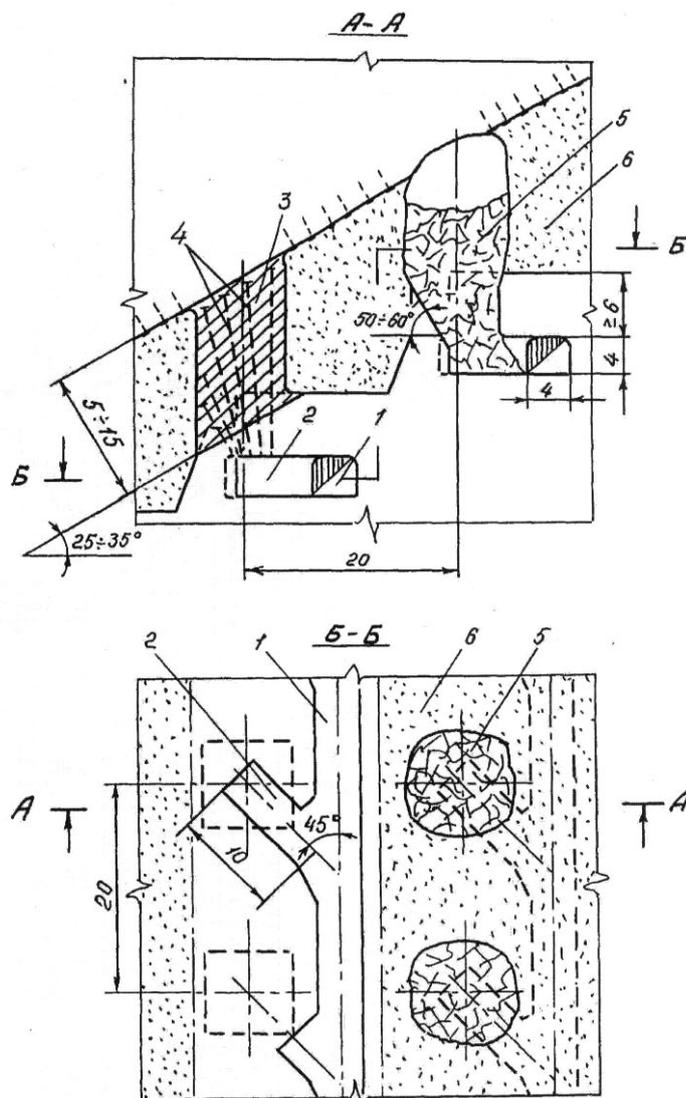


Рис. 1. Типовая схема выемки из закладочного массива междокамерных целиков на наклонной залежи с отбойкой и выпуском руды через полевые буро-погрузочные заезды: 1 — доставочный штрек; 2 — буро-погрузочный заезд; 3 — междокамерный целик; 4 — взрывные скважины; 5 — отбитая руда; 6 — закладочный массив (гидрозакладка)

вой системой разработки позволила достичь технико-экономических показателей, сопоставимых по своему уровню с открытым способом разработки. Так, при производительности труда горнорабочего 150—200 т/смену, се-

бестоимость добычи руды не превышает 12—12,5 доллара/т, разубоживание руды находится в пределах 5—7%. Поэтому при разработке эффективных вариантов технологии для наклонных рудных залежей камерно-столбовая

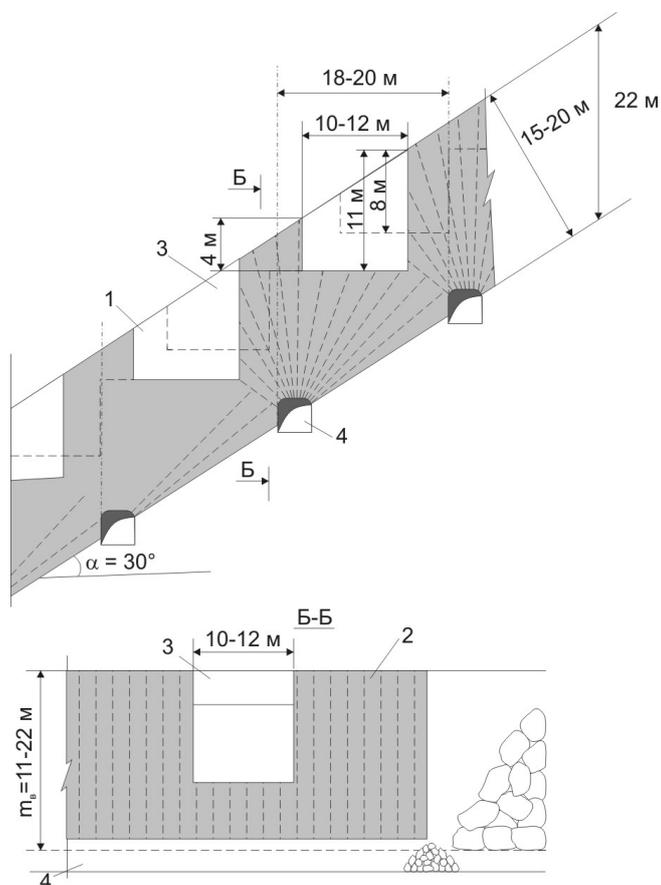


Рис. 2. Схема отработки наклонных рудных залежей мощностью 15-20 м: 1 — очистная камера; 2 — междукамерный целик; 3 — вентиляционная сбойка; 4 — буропогрузочный штрек

система принимается, как составная часть комбинированной технологии.

На наклонных рудных залежах мощностью от 4 до 10 м с углом падения 15—35° выемка руды производится камерами, располагаемыми по диагонали к простиранию рудного тела с подъемом их под углом до 10—12°. Выемка камер начинается от диагональной разрезной выработки, соединяющей доставочную и вентиляционную выработки. При отработке между очистными камерами оставляются ленточные целики шириной до

8 м, просекаемые затем сбойками шириной 9 м. Образованные таким образом столбчатые междукамерные целики приобретают квадратное или прямоугольное сечения 8x8 или 8x10 м, в зависимости от действующей нагрузки. Формирование междукамерного целика производят встречными сбойками из смежных вышележащей и нижележащей камер.

После выемки камеры на всю длину панели, а иногда с отставанием на 60—80 м, производят выемку междукамерных столбчатых целиков с обрушением налегающих пород. При погашении выработанного пространства обуривание и взрывание междукамерных целиков высотой до 12 м производится шпурами, а при большей их высоте — скважинами, пробуриваемыми из буропогрузочных ортов. Выемка целиков ведется совместно с треугольными рудными целиками, оставленными в почве камеры для придания ей горизонтального профиля в поперечном сечении. Ориентация шпуров (скважин) принимается по диагонали сечения междукамерного целика таким образом, чтобы отбиваемая взрывом руда направленно отбрасывалась в зону между тремя соседними целиками.

При разработке наклонных рудных залежей мощностью более 10—12 м, после извлечения камерных запасов и обрушения кровли, приступают к выемке оставшегося нижнего слоя зале-

жи и междукамерных ленточных целиков путём подэтажной отбойки и выпуска руды на проходимые на контакте с лежащим боком буродоставочные выработки (рис. 2).

Исходя из опыта отработки и анализа перспектив развития горных работ на этапе доработки запасов Жезказганского месторождения, считаем необходимым сделать следующие выводы.

- Высокомеханизированная добыча руды при камерно-столбовой системе разработки обеспечивает достижение технико-экономических показателей подземной технологии, сопоставимых по своему уровню с технологией открытых горных работ.

- Длительная разработка Жезказганского месторождения камерно-столбовой системой привела к накоплению в недрах свободного выработанного пространства объемом около 180 млн м³, что обусловило проявление ряда имевших место внезапных обрушений толщи налегающих пород на больших площадях и создало серьезные проблемы по обеспечению эффективной повторной отработки месторождения с одновременным погашением пустот.

- В целях предотвращения случаев массового разрушения междукамерных целиков и внезапных обрушений налегающих пород на больших площадях при отработке месторождения будет исключено проведение опережающей выемки нагруженных панельных, барьерных и массивных целиков.

- В выработанном пространстве Жезказганского месторождения оставлено в целиках различного назна-

чения более 166 млн т руды с высоким содержанием металла, для извлечения которой требуется применение новой перспективной технологии повторной разработки.

- Огромные объемы накопившихся на месторождении пустот и сравнительно ограниченные возможности дальнейшего развития производственной мощности закладочного комплекса вынуждают сделать выбор в качестве основного способа погашения образующегося выработанного пространства — принудительное обрушение налегающей толщи пород.

- Основные объемы закладочных работ будут сосредоточены на участках повторной разработки месторождения для повышения технологических свойств формируемого искусственного массива с целью увеличения показателей полноты и качества извлекаемой из целиков руды при их отработке через полевые выработки.

- Основной технологией подземной добычи руды на Жезказганском месторождении на ближайшие годы выбрана комбинированная система разработки, основанная на применении камерно-столбовой системы, обеспечивающей выемку максимального объема «чистой» руды и создание при этом подсечного пространства для принудительной посадки кровли, и системы с обрушением руды и налегающих пород в модификациях, включающих подэтажную выемку междукамерных целиков и нижней части мощной рудной залежи. **Т/АБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Аханов Т.М. — кандидат технических наук, генеральный директор ТОО «Корпорация Казахстан»,

Прокушев Г.А. — доктор технических наук, профессор, советник управления горных работ.