© П.К. Гаркушин, А.В. Болотников, Ф.Т. Мурзабеков, 2008

УДК 622.834

П.К. Гаркушин, А.В. Болотников, Ф.Т. Мурзабеков

УСТОЙЧИВОСТЬ ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ИЗ РАЗНОВЫСОКИХ КАМЕР И ЦЕЛИКОВ

Семинар № 17

Одним из путей повышения интенсивности очистной выемки является разработка месторождений полезных ископаемых камерами повышенной этажности. Это, возможно, прежде всего, при отработке мощных и крутопадающих залежей сдвоенными или строенными этажами с перепуском руды на концентрационный горизонт. Наибольшая эффективность добычи достигается при разработке рудных залежей системой подэтажного обрушения с торцовым выпуском руды, которая позволяет совместить буровые и доставочные горизонты, исключить междуэтажные и междублоковые целики, воронки и дучки. В комплексе с самоходным оборудованием бесподсечная отработка позволяет повысить производительность забойного рабочего до 100 т/ч·см. Однако разработка месторождений системами с обрушением руды и вмещающих пород приводит к значительному оседанию земной поверхности, проникновению вод в горные выработки. Поэтому отработка запасов в предохранительных целиках под водными объектами, промплощадками, магистральными дорогами и т.д. производится сплошной камерной системой, т.е. с отработкой и закладкой камер через одну (Таштагольский, Шерегешский рудники).

Камерами повышенной этажности до 245 м производится отработка запасов на руднике Флин-Флон в Канаде с закладкой песком через скважины с поверхности, твердеющей закладкой на рудниках Геко, Эльдорадо (Канада), Оутокумпу (Финляндия), на руднике Маунт-Айза (Австралия), на Запорожском ЖРК, на Гайском, Зыряновском, руднике Жолымбет и др. [1].

Непременными условиями безопасной отработки калийных месторождений являются минимальное оседание земной поверхности и сохранение сплошности водозащитной толщи. Достигается это путем возведения в выработанном пространстве жестких геомеханических систем с запасом прочности междукамерных целиков не менее 2,5. Для снижения потерь полезного ископаемого на 10 – 20 % в процессе отработки залежей необходимо формировать стандартные геомеханические системы из неограниченной последовательности жесткопластичных целиков с запасом прочности не менее 1,7, а затем за счет возведения комбинированных барьерных полос и ликвидационного заполнителя повышать запас прочности целиков до 2,5, т.е. создавать жесткую геомеханическую систему, обеспечивающую длительную устойчивость налегающих пород и земной поверхности.

Отработка запасов Стебникского месторождения производилась в основном системой этажных и подэтажных ортов камерами, ориентирован-ными вкрест

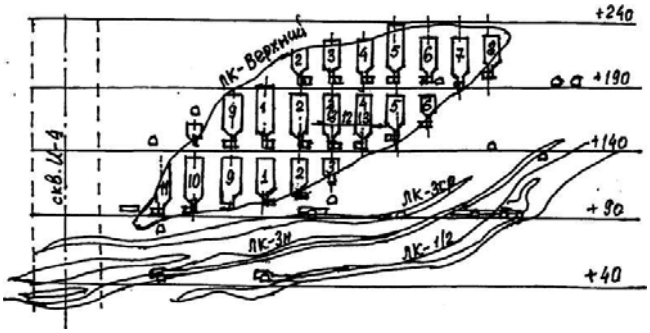

Рис. 1. Отработка пласта ЛК – Верхний системой открытых камер с жесткими целиками

простирания залежей, шириной 8–15 м, высотой 50–80 м

при ширине междукамерных целиков 10–12 м (Ст КР-1). На руднике СтКР-2 ширина камер составляла A = 15 м, целиков a = 12 м, высота 44-65 м, длина до 100-200 м. Системой подэтажных штреков были отработаны зоны выклинивания на флангах некоторых пластов (СтКР-1), в двух экспериментальных камерах №45-46 была отработана междуэтажная потолочина, их высота превысила 100 м; на этом же пласте №14 четыре камеры (№ 39, 40, 41, 42) были отработаны длиной по простиранию 42 м, но можно было отработать длиной до 100 м. Это подтверждают аналитические расчеты и зарубежный опыт. Несколько камер на пласте Основной отработаны с перепуском руды через щель в междуэтажной потолочине на нижележащий концентрационный горизонт. В целом Стебникское месторождение имеет идеальные условия для внедрения восходящей отработки запасов каинито-лангбейнитовых руд, особенно на СтКР-1, где стволы пройдены до нижней границы залежей и оборудованы клетевыми подъемами [2].

В условиях Калуш–Голынского месторождения высокими камерами отработаны пласты ЛК-1/2, ЛК – Верхний, К-1. Пласт ЛК-1/2 был отработан на глубине 176 м камерами шириной A = 13 м, высотой h = 45 м при ширине междукамерных целиков a = 12 м. Их запас прочности превышал 1,7. После заполнения 6 камер сухой породной закладкой и галечником был возведен комбинированный барьерный целик, за счет которого запас прочности остальных жестко-пластичных целиков в блоке превысил 2,5 [3]. Таким образом, на практике была возведена стандартная геомеханическая система.

Пласт ЛК – Верхний (рис. 1) был отработан камерами шириной A = 13 м и высотой до 50 м при ширине междукамерных целиков a = 12 м. Устойчивость геомеханической системы на неограниченное время была обеспечена за счет оставления жестких целиков с запасом прочности не менее 2,5 без закладки и без учета ликвидационного заполнителя (рассолов).

Отличительной особенностью пласта К-1 является то, что его запасы были отработаны камерами повышенной этажности через одну [4].

Ширина камер составляла A = 13 м, междукамерных целиков a = 12 м (рис. 2). Высота камер повышенной этажности (двухэтажных) №4, 6, 8, 11 достигала 73 м, одноэтажных - № 1, 2, 3, 5, 7, 9, 10 – не более 30 м. Таким образом, для охраны выработанного пространства была сформирована нестандартная геомеханическая система, включающая две одинарные H – образные геомеханические опоры и одну сдвоенную (или Ж – образную). В практике разработки рудных месторождений геомеханических систем из разновысоких камер и целиков не существует, метод количественной оценки устойчивости отсутствует.

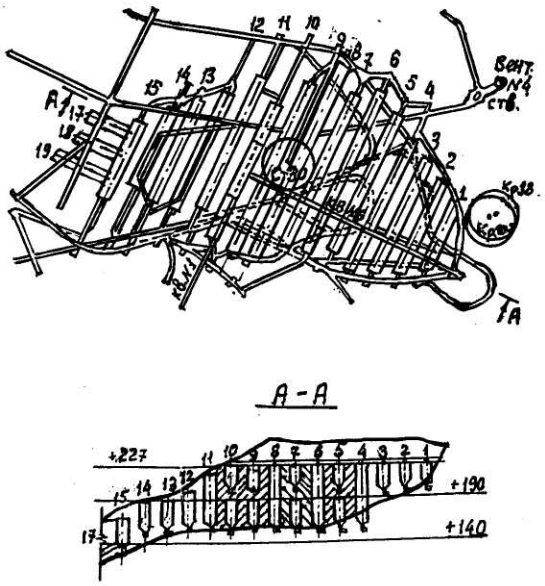

Рис. 2. Отработка пласта К-1 камерами повышенной этажности через одну

Оценка устойчивости нестандартной геомеханической системы производилась нами следующим образом. В первую очередь определялся запас прочности высокого (двухэтажного) целика без учета связи с потолочиной. Применительно к рассматриваемым условиям глубина разработки до кровли целика H = 78 м, плотность налегающих пород $\gamma = 2,2$ т/м^3, ширина камер A = 13 м, междукамерных целиков a = 12 м, плотность руды $\gamma_0 = 2,3$ т/м^3, максимальная высота целика h = 73 м было установлено, что n = 2,7. Запас прочности высокого целика больше нормативного значения 2,5. Значит, пласт К-1 можно было отработать камерами высотой 73 м, но существует еще одно ограничение: если отношение (h:a)>4, то такой целик может быть разрушен вследствие продольного изгиба [5]. В нашем случае h:a = 73:12 = 6,08>>4. Чтобы не произошло продольного изгиба, целик должен иметь ширину порядка 20 м, ширина камеры соответственно будет A = 22 м. В условиях Калуш–Голынского месторождения ширина добычных камер не превышала 15 м за исключением обособленных (одиночных) и камер выщелачивания.

Поэтому и возник вариант Н-образной геомеханической опоры. Что касается устойчивости короткого (одноэтажного) целика, то его запас прочности для верхнего этажа равен n = 5,2, для нижнего n = 4,1, что значительно превышает нормативное значение. Вследствие этого раздельно- этажная отработка привела бы к большим потерям полезного ископаемого с такими параметрами.

Назначение междуэтажной потолочины в Н – образной опоре состоит в том, что она препятствует развитию поперечной деформации целиков и, с другой стороны, предотвращает продольный изгиб целика.

При ликвидации выработанное пространство рудника Ново-Голынь объемом в 12 млн м^3 было заполнено ненасыщенными рассолами (250 г/л) с Домбровского карьера. Надо полагать, что донасыщение рассолов до 350-400 г/л произошло за счет растворения отбитой руды в камерах. По данным натурных наблюдений в днище каждой из камер осталось не менее 2 тыс. т отбитой руды. Возможно донасыщение рассолов за счет смачивания поверхности камер и незначительного растворения целиков, но его величина не превысит глубину нарушения взрывными работами 0,5 м, которая вычитается предварительно при определении их запаса прочности. С учетом увлажнения, гидро-статического давления рассолов на кровлю камер и

стенки целиков запас прочности высокого целика должен возрасти до значения, полученного из нижеприведенной формулы [6]

$$n = \frac{100R\sqrt{\frac{(a-1)^3}{h}(1+2K_0\frac{\gamma_P H_P}{100R_P}\lambda}}{\gamma H(A+a)+\gamma_0 h_a - \gamma_P H_P A},$$

где, кроме известных обозначений, R – предел прочности рудосодержащих пород на одноосное сжатие, МПа; (а-1) – ширина междукамерного целика без зоны нарушения взрывными работами, H_P – высота столба рассолов, м; γ_P – плотность рассолов, т/м^3; λ - степень заполнения камер рассолами; R_P – предел прочности рудосодержащих пород на растяжение; K_0 – коэффициент, характеризующий уровень трещинообразования.

При значениях исходных данных R = 40 МПа, a = 12 м; h = 73 м; K_0= =0,4; γ_P = 1,25 т/м^3; H_P = 78 м; λ = 1; R_P = 2 МПа; γ = 2,2 т/м^3; H = 78 м; A = 13 м; γ = 2,3 т/м^3; запас прочности двухэтажного целика составит

$$n = \frac{100\cdot 40\sqrt{\frac{(12-1)^3}{73}(1+2\cdot 0,4\frac{1,25\cdot 78}{100\cdot 2}1}}{2,2\cdot 78(13+12)+2,3\cdot 73\cdot 12-1,25\cdot 78\cdot 13} = \frac{20137}{5034} = 4,0.$$

Из расчета видно, что запас прочности междукамерного целика за счет давления рассолов на стенки камеры и кровлю повысился в 1,5 раза. Следовательно, длительная устойчивость нестандартной геомеханической системы будем обеспечена. Убедиться в этом можно по результатам измерения деформации поверхности, которая до ликвидации рудника не превышала 100 мм за 25 лет после отработки.

Однако следует добавить, что отработка рудных месторождений камерами повышенной этажности, кроме известных преимуществ, обладает одним существенным недостатком: в случае прорыва вод весьма затруднительно предотвратить затопление незаложенной камеры большого объема, что больше всего опасно для соляных рудников. Так, например, после закачки около 100 тыс. м^3 тампонажного раствора не удалось ликвидировать течь на Стебниковском калийном руднике № 2 в камеры № 115-116 пласта №10. Поэтому с точки зрения надежности гидрозащиты следует считать оптимальным вариант отработки калийных и каменно-соляных месторождений в восходящем порядке [2].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Хомяков В.И.* Зарубежный опыт закладки на рудниках. - М.: Недра, 1984.
2. *Патент* РФ № 2235879. Способ разработки соляных залежей. / П.К. Гаркушин, БИПМ, 2004, № 15.
3. *Гаркушин П.К.* Расчет комбинированных барьерных полос из рудных целиков и закладки. ФТПРПИ, 1986, № 3, С. 56-59.
4. *Тарасов Б.Г., Гаркушин П.К., Глоба В.М.* Комплексное освоение калийных месторождений Предкарпатья. - Львов, Выща школа, 1987, 128 с.
5. *Методы* расчета целиков и потолочин камер рудных месторождений. / А.М. Ильштейн, Ю.М. Либерман, Е.А. Мельников, В. Рахимов, В.М. Рыжик.- М.: Наука, 1964, 144 с.
6. *Гаркушин П.К.* Определение параметров камерной системы разработки.- Новочеркасск, ЮРГТУ (НПИ), 2004, 23 с. ГИАБ

Коротко об авторах

Гаркушин П.К., Болотников А.В., Мурзабеков Ф.Т. – ЮРГТУ (НПИ).

Доклад рекомендован к опубликованию семинаром № 17 симпозиума «Неделя горняка-2007». Рецензент д-р техн. наук, проф. *Е.В. Кузьмин.*