

$$Q_{-44 \text{ МРГ}} \sim LD^{2.5} \quad (6)$$

$$Q_{\text{Г МРГ}} \sim LD^3 \quad (7)$$

$$Q_{\text{с МРГ}} \sim LD^3 \quad (8)$$

Формулы (6-8) описывают потоки расчетного тонкого класса, гали и скрапа в мельнице второй стадии самоизмельчения МРГ. Поток расчетного тонкого класса в мельнице первой стадии ММС определяется (2) при  $n = 2,79$ , а поток гали в разгрузке ММС – формулой (3).

Использование этих зависимостей позволяет существенно повысить надежность расчетных оценок технологических параметров при проектировании обогатительных секций самоизмельчения железных руд.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Справочник по обогащению руд: Специальные и вспомогательные процессы / О. С. Богданов, В. И. Ревнивцев [и др.] – М.: Недра, 1983. – С. 74 – 77.

УДК 622.016.63

Инженеры В.А.Амелин, Б.В.Васильев,  
Л.В.Амелина, Т.Г.Войтович  
(ИГТМ НАН Украины)

### **ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ ГИПСОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В СЛОЖНЫХ УСЛОВИЯХ**

Виконано визначення раціональних параметрів камер і ціликів на гіпсових шахтах

### **TECHNOLOGICAL PARTICULARITY OF MINING GYPSUM FIELDS IN COMPLICATED CONDITION**

Appointed of rational parameters of chambers and pillars on the gypsum mine are implemented

Отработка мощных пластов гипса ведется камерно-столбовыми системами с неограниченно долгим поддержанием выработанного пространства для повторного их использования как уникальных подземных сооружений. Анализ показывает [1-3], что линейные размеры пролетов камер и целиков при разработке месторождений в зависимости от свойств пород и мощности пластов изменяются в больших пределах: пролеты камер – от 7 до 17 м, а высота целиков варьирует от 3 до 40 м. При этом минимальные сечения камер составляют 30-70 м<sup>2</sup>, средние – 150-200 м<sup>2</sup>, достигая в максимуме – 500-700 м<sup>2</sup>. Сложные горно-геологические и гидрологические условия, высокая литологическая и механическая неоднородность пород, влияние технологических и реологических процессов на состояние вмещающих пород, может привести к расслоению и обрушению защитных предохранительных пачек потолочин камер, деформированию, а иногда и к разрушению целиков. Эти факторы являются основными при выборе рациональных параметров камер и целиков.

По данным геологоразведочных работ продуктивная толща Бебьевского ме-

сторождения разделена на 10 пластов. В пределах полезной толщи выделяют 5 пластов гипса (I, III, V, VI, VIII, X), разделенных пластами ангидрита и доломита (II, IV, VII, IX) мощностью от 0,5 до 8,0 м. Основными промышленными пластами гипса считаются III + V + VI общей средней мощностью 11,0 м.

В пределах разведанной части месторождения установлено наличие двух водоносных горизонтов, из которых верхний приурочен к известнякам, залегающим в кровле гипса I пласта, а нижний к доломитам и мергелям, разделяющим V + VI и VIII пласты гипса. Верхний водоносный горизонт не имеет повсеместного распространения и на разработку гипса существенного влияния не оказывает. VII и IX доломитовые пласты обводнены с напорами вод 13,0 и 24,0 м соответственно. Наличие воды в этих пластах предполагает оставление защитных пачек гипса от прорыва воды в горные выработки.

На гипсах самарского яруса залегают отложения нижеказанского подъяруса, представленного крепкими известняками. Средняя мощность известняков – 10,0 м. Нижеказанские отложения покрываются глинисто-алевролитовой толщей нижнетатарского подъяруса мощностью 43,0 м. Общая средняя мощность пород, перекрывающих продуктивную толщу, составляет 60,0 м.

Бебьяевское месторождение разрабатывается с 1935 г. Система разработки – камерно столбовая при панельной подготовке шахтного поля. Параметры системы разработки следующие: ширина камер – 8,0 м, ширина сбоек – 4,0 м, высота камер 3,5 – 4,0 м, размеры целиков (столбов) 15,0 x 5,0 м. С целью предотвращения прорыва подземных вод в кровле и подошве камер оставлялись предохранительные защитные пачки гипса соответственно 1,6 и 1,5 м.

Мощность ранее извлеченного камерного запаса гипса на отработанной части шахтного поля от руддвора до 14 панельного штрека (74 га) не превышает 4,0 метров. Следовательно, появляется возможность дополнительного извлечения камерного запаса гипса в этих выработках при условии обоснования и расчетов устойчивости междуканерных целиков при увеличении высоты камер.

Наиболее перспективными для доработки камерного запаса гипса являются выработки на участке 12-13 и 13-14 панельных штреков.

Этот участок характеризуется выдержанной мощностью, с небольшим объемом притока воды и расположен поблизости от главного транспортного штрека.

Горно-геологические условия характеризуются геологическими скважинами №№ 118, 126, 121, 127, 122, 89, 90, 107 оконтуривающими данный участок, выполненными Камско-Волжской комплексной геологической экспедицией треста «Росгеонерудразведка» [4]. В таблице 1 приведены сводные показатели мощностей геолого-литологических разрезов массива на предполагаемых и доработке панелях.

Таблица 1 – Сводная таблица показателей мощности геолого-литологических разрезов породного массива в пределах 12-13 и 13-14 панельных штреков

№ скважины	Мощность литологической разности, м					
	общая мощность III+VI пластов гипса	мощность III+VI пластов гипса без предохранительных пачек в потолочине (1,6 м) и подошве (1,5 м)	налегающие породы	доломит	ангидрит	известняк
118	14,6	11,5	57,3	0,8	0,8	7,5
126	13,1	10,0	58,0	1,6	0,0	9,0
121	15,1	12,0	58,0	0,7	0,5	7,0
127	12,2	9,1	60,5	1,1	0,4	9,5
122	13,2	10,1	59,3	1,0	0,6	7,3
89	15,8	12,7	61,9	2,3	1,0	7,5

Анализ литолого-геологических разрезов показывает, что фактическая общая мощность продуктивных пластов (III + VI) варьирует от 12,2 до 15,8 м и с учетом оставления предохранительных пачек гипса в кровле и подошве камер (1,6 м и 1,5 м соответственно), высота камер может составлять от 9,1 до 12,7 м. В связи с этим появляется возможность дополнительно извлечь в кровле существующих камер до 4,0 – 5,0 м гипса.

Установлено, что по горно-геологическим условиям возможна доработка гипса в камерах высотой до 9,0-12,0 м. Поскольку длина и ширина целиков остается прежней (15,0 x 5,0 м), а высота увеличивается в два раза, необходимо убедиться, что запас прочности целиков будет соответствовать нормативным требованиям.

При ведении горных работ важно знать, при каких размерах обнажений пород не возникает угроза обрушений, вывалов, раздавливания целиков. Потерявшие частичную несущую способность породы могут под действием собственной массы обрушиться. После обрушения обнажение принимает устойчивую форму свода. Интенсивность развития обрушения горных пород в выработках зависит от величины сечения выработки, вида крепи, физико-механических свойств пород окружающих выработку и условий их нагружения.

Проявление процесса деформирования горных пород происходит более интенсивно в выработках с большой площадью обнажения и значительной мощностью разрабатываемого пласта.

Учитывая выше изложенное, расчет безопасных параметров системы разработки при доработке камерных запасов гипса связан с обработкой и анализом большого объема исходной информации, характеризующей геолого-механические и горнотехнические факторы месторождения и отдельных участков шахтного поля в частности.

В основу методики расчета положены теоретические разработки о возникающих растягивающих напряжениях. Идея метода заключается в представлении

механизма процесса разрушения горных пород при сжатии под действием внутренних растягивающих напряжений [5, 6].

Ранее, в рекомендациях по дополнительному извлечению гипса на отработанных шахтных полях выполнен расчет для проверки устойчивости целиков по методике ИГТМ АН УССР.

Геометрические размеры целика определяются из условия равновесия системы следующим соотношением [7].

$$(a + l) \cdot (b + l') \cdot \gamma \cdot H \cdot n = a \cdot b \cdot K_{\phi} \cdot K_c \cdot \sigma_p \cdot (1 + 2v^2)/v; \quad (1)$$

где:  $a$  – длина целика, м;  $b$  – ширина целика, м;  $l$  – пролет камеры, м;  $l'$  – пролет сбойки, м;  $\gamma$  – плотность налегающих пород ( $\text{т/м}^3$ );  $H$  – глубина залегания, м;  $n$  – коэффициент запаса прочности;  $K_{\phi}$  – коэффициент формы;  $K_c$  – коэффициент структурного ослабления массива;  $\sigma_p$  – предел прочности горных пород на растяжение, ( $\text{т/м}^2$ );  $v$  – коэффициент поперечных деформаций.

Коэффициент формы ( $K_{\phi}$ ) вычисляется из выражения по рекомендации ВНИИСоль [8].

$$K_{\phi} = \frac{0,21 \cdot \frac{h}{a} + 0,79}{0,7 \cdot \frac{h}{a} + 0,28},$$

где:  $h$  – высота камеры.

Коэффициент запаса прочности целика определяется из выражения (1).

$$n = \frac{a \cdot b \cdot K_{\phi} \cdot K_c \cdot \sigma_p \cdot (1 + 2v^2)/v}{(a + l) \cdot (b + l') \cdot \gamma \cdot H}, \quad (2)$$

Исходные данные для расчета коэффициента запаса прочности целиков:

$a = 15,0$  м;  $b = 5,0$  м;  $\sigma_p = 120$   $\text{т/м}^2$ ;  $v = 0,1$ ;  $l = 8,0$  м;  $l' = 4,0$  м;  $H = 60,0$  м;  $K_c = 0,9$ ;  $\gamma = 2,25$   $\text{т/м}^3$ .

Для расчета коэффициента запаса прочности целиков при различной высоте камер для условий Пешеланской шахты приняты исходные данные, полученные по результатам испытаний гипсоносных пород Бебьяевского месторождения гипса в Камско-Волжской комплексной геологической экспедиции, ДГУ (Днепропетровский горный университет) и ИГТМ НАН Украины [4]. Результаты расчетов приведены в табл. 2.

Результаты несущей способности целиков с учетом выемки дополнительной пачки гипса и увеличением высоты камеры до 8,0 м показали, что предложенная схема отработки камерного запаса обеспечивает нормативный запас прочности целиков, равный 3.

Таблица 2 – Результаты расчета коэффициента запаса прочности

Глубина, м	Ширина целика, м	Длина целика, м	Высота камер, м	Коэффициент запаса прочности целика (n)
60,0	5,0	15,0	4,0	5,3
	5,0	15,0	5,0	4,9
	5,0	15,0	6,0	4,6
	5,0	15,0	7,0	4,3
	5,0	15,0	8,0	4,1

Работы по отбойке гипса в потолочинах камер выполняются буровзрывным способом. Бурение шпуров осуществляется имеющимися на шахте буровыми установками УБШ-210, ЭБГП-1 или другим буровым оборудованием. Бурение шпуров – горизонтальное, вертикальное или наклонное. Все эти способы и параметры БВР ранее отработаны на Пешеланской шахте на экспериментальном участке по проекту института «Южгипростром».

Горизонтальное положение шпуров позволяет сформировать потолочину с минимумом заколов, что повышает безопасность ведения горных работ. Но при этом способе отбойки значительные объемы работ и их цикличность по обурированию, взрыванию и погрузочно-транспортным работам будут сдерживать производительность труда.

Более эффективным является расположение шпуров вертикально или с наклоном к горизонтали под углом 70-80° (аналог – отработка верхней пачки на гипсовых шахтах в Камском Устье, и Новомосковске). Это позволяет применять более прогрессивную поточную технологию. Обурирование потолочины осуществляется на всю длину камеры, затем производится взрывание зарядов в шпурах по 4-6 рядов за один цикл и также на всю длину камеры, а затем производится уборка отбитой горной массы.

В качестве взрывчатого вещества лучше применять простейшее ВВ – игданит, который получается путем смешивания аммиачной селитры с дизельным топливом. Однако, при отсутствии смесительных и пневмозарядных установок можно применить патронированные ВВ типа аммонит № 6 ЖВ и электродетонаторы замедленного, короткозамедленного и мгновенного действия.

Особенностью отбойки гипса при вертикальном и наклонном расположении шпуров, является то, что в потолочине остается «рваная» кровля, и возможно появление заколов, вывалов и отслоений. Поэтому появляется необходимость в оборке потолочины и приведении ее в безопасное состояние.

При заряджении шпуров обязательным является применение забойки из глинистого материала. Схему обурирования потолочин применить аналогично принятой на экспериментальном участке, начиная с 1,1-1,2 м в ряду и 1,2-1,3 м между рядами. В процессе отработки параметров принять оптимальные, способствующие качественному дроблению отбитой горной массы и получение максимального КИШ.

Погрузка отбитой горной массы выполняется имеющимися на шахте породопогрузочными машинами 1ПНБ2, 2ПНБ-2Б. Доставка до главного откаточно-

го штрека возможна самоходными вагонами 5BC-15 или породо-доставочной машиной ПД-5а. В районе главного откаточного штрека возможно создание площадки для аккумуляции горной массы с последующей перегрузкой ее в шахтный транспорт.

Для уточнения структуры вышележащего породного массива до ведения работ по отбойке гипса необходимо выполнить комплекс работ по контрольному бурению. Шаг бурения – 20,0-25,0 м. Мощность минимальной верхней защитной пачки гипса после дополнительного извлечения камерного запаса гипса должна составлять не менее 1,6 м.

Для повышения безопасности ведения горных работ и адаптации к новым технологическим параметрам камер и целиков горные работы рекомендуется выполнять в три этапа:

I этап – дополнительное извлечение камерного запаса гипса выполняется в нечетных камерах;

II этап – выполнение обследования состояния потолочин и целиков отработанных камер;

III этап - дополнительное извлечение камерного запаса гипса выполняется в четных камерах.

Обязательным условием является то, что работы необходимо производить от границы шахтного поля в сторону главного откаточного штрека.

В процессе доработки запасов гипса в потолочинах камер должен вестись постоянный контроль напряженно-деформированного состояния массива.

Целью контроля в гипсовых шахтах является своевременное выявление и предотвращение процессов разрушения гипса в целиках и потолочинах камер. Для контроля напряженно-деформированного состояния применяются следующие методы:

а) визуальный – обследование выработок с фиксацией участков геологических аномалий в потолочинах, почве и целиках;

б) инструментальный – средствами оперативного и постоянного контроля потолочин камер;

в) аналитический – обработка и анализ наблюдения визуального обследования и результатов измерений средствами постоянного и оперативного контроля потолочин.

Оперативное обследование потолочин камер может выполняться с помощью переносных средств контроля. Например – виброакустического индикатора «ДИКОН».

К долговременным средствам наблюдения относятся: планочные маяки, сигнализаторы и глубинные индикаторные станции.

Доработка запасов полезного ископаемого в кровле камер позволит дополнительно извлечь более 300 тыс. тонн списанных запасов гипса. Опыт ведения работ может быть распространен и на другие участки шахты, где в перспективе возможна дополнительная добыча более 4,0 млн. тонн.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Усаченко Б.М. Геомеханика подземной добычи гипса / Б.М. Усаченко. – Киев: Наук. думка, 1985.– 216 с.

2. Технологические решения по предотвращению поступления в подземные выработки Артемовской гипсовой шахты обрушающейся геомассы из провальных воронок на поверхности горного отвода/ В.А. Амелин //Геотехническая механика: Сб. науч. Тр. ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск: Полиграфист. – 2000, - Вып. № 23. – С. 184 – 189.

3. Амелин В.А., Л.В. Технологический контроль потолочин камер в гипсовых шахтах / В.А. Амелин, Б.В.Васильев, Л.В.Амелина. //Геотехническая механика: Сб. науч. Тр. ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск: Полиграфист. – 2010, - Вып. № 91. – С. 122 – 127.

4. О доразведке эксплуатируемого Бебяевского месторождения гипса в Арзамаском районе Горьковской области, проведенной в 1977-1979 г.г.: - Отчет / Камско-Волжская комплексная геологическая экспедиция. Горький, 1980.

5. Кирничанский Г.Т. Модель деформирования и разрушения горных пород/ Г.Т. Кирничанский, Б.М. Усаченко, М.Д. Хаит // Изв. Вузов. Горный журнал. – 1986. - №3. - С. 24 – 29.

6. Кирничанский Г.Т. К вопросу о разрушении горных пород. / Г.Т. Кирничанский, Б.М. Усаченко, М.Д. Хаит // Прикладная механика. – 1986. - Т.22. - № 4. - С. 83 – 88.

7. Усаченко Б.М. Геомеханические основы технологии подземной разработки месторождений гипса и охраны выработанных пространств / Б.М. Усаченко: Автореф. докт. дисс., Днепропетровск. 1986. – 31 с.

8. Исследование устойчивости кровли очистных камер и опорных целиков на гипсовых шахтах: Отчет/ ВНИИСоля: Рук. работы Савченко А.Ф., Артемовск, 1971, 96 с.

**УДК 622.831.322:622.232.06:532.5**

Канд. техн. наук В.И.Гаврилов  
(ИГТМ НАН Украины)

## **РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ БЕЗОПАСНОГО ВЕДЕНИЯ ГОРНЫХ РАБОТ ПРИ ОТРАБОТКЕ ВЫБРОСОПАСНЫХ ПЛАСТОВ ЩИТОВЫМИ АГРЕГАТАМИ**

Запропоновано технологичні схеми безпечною ведення гірничих робіт на напружених газонасичених вугільних пластах, що відпрацьовуються щитовими агрегатами, з застосуванням гідродинамічної дії через підземні свердловини.

## **DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY SAFE MINING OPERATIONS WHEN MINING OUTBURST HAZARD COALBEDS SHIELDS AGGREGATES**

The proposed technological scheme for safety mining on strained gassy coal beds, which are processed aggregates of shields, with the use hydrodynamic influence through underground wells.

Анализ горно – геологических и горнотехнических условий работы щитовых агрегатов позволяет отметить следующие закономерности и особенности проявления ГДЯ:

1) по виду большинство ГДЯ относится к внезапным выдавливаниям угля с попутным газовыделением – 75 % всех явлений, внезапные выбросы угля и газа – 20 %, внезапные обрушения с попутным газовыделением – 5 %.

2) максимум количества внезапных выдавливаний угля приходится на среднюю часть этажа – интервал  $(0,3-0,8)H_3$  от откаточного штрека.

Забои щитовых агрегатов, как правило, находятся в зоне влияния опорных нагрузок: временного опорного давления от движущегося забоя собственной полосы и остаточного опорного давления отработанной ранее полосы. Учитывая, что ширина зоны опорного давления на достигнутых глубинах разработки составляет