

УДК 622.831.322

С.С. Андрейко, Т.А. Лялина, О.В. Иванов, Е.А. Нестеров

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТИЧЕСКОЙ ВЕЛИЧИНЫ ГАЗОВОГО ДАВЛЕНИЯ, СПОСОБНОГО ВЫЗВАТЬ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ ИЗ КРОВЛИ ПРИ ОТРАБОТКЕ СИЛЬВИНИТОВЫХ ПЛАСТОВ НА ВЕРХНЕКАМСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ

В процессе выполнения работ проведено геомеханическое моделирование напряженно-деформированного состояния пород кровли горных выработок и дана оценка критической величины газового давления приконтактных скоплений свободного газа, способного вызвать газодинамические явления из кровли горных выработок на сильвинитовых пластах.

Ключевые слова: калийные рудники, сильвинитовые пласты, газоносность, газодинамические характеристики, газодинамические явления, газовое давление, критическая величина, текущий прогноз.

В настоящее время в условиях рудников ОАО «Уралкалий» проводится большой объем подготовительных и очистных горных выработок по пласту В сильвинитового состава, пластам АБ, КрI, КрII и КрIII. Рабочие зоны в этих выработках, как правило, отнесены ко II группе опасности – опасные по газу и газодинамическим явлениям (ГДЯ). ГДЯ в силу большой мощности и внезапности представляют угрозу жизни шахтеров и могут нарушить ритмичность работы рудника.

В настоящее время установлено, что участки соляного породного массива, опасные по газодинамическим явлениям, обладают особенностями геологического строения, обуславливающими существенное отличие их газодинамиче-

ских характеристик, физико-механических свойств, а также напряженно-деформированного состояния от пород неопасных участков. На выявлении

Наименование пластов	Литогеологическая колонка	Мощность, м
Г		
В-Г		1,8
В		3,2
Б-В		1,6

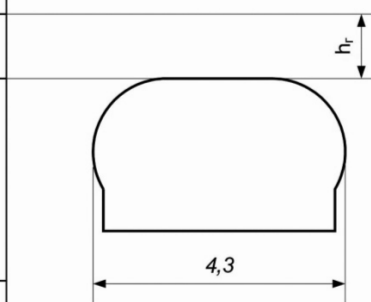


Схема к расчету критической величины газового давления, способного вызвать газодинамические явления из кровли при отработке пласта В сильвинитового состава в условиях рудника СКРУ-1

этих особенностей и основывается большинство методов прогноза зон, опасных по ГДЯ.

Все методы прогноза газодинамических явлений делятся на три вида: региональный, локальный и текущий. Региональный прогноз является долгосрочным, и под ним подразумевается предвидение реакции калийных пластов и вмещающих пород на проведение горной выработки. Локальный прогноз предусматривает оценку вероятности развития ГДЯ на горизонтах и пластах отдельных участков шахтных полей калийных рудников.

Текущий прогноз газодинамических явлений основан на непрерывных наблюдениях и анализе состояния призабойной части пласта. Текущий прогноз можно рассматривать как постоянное и наименее трудоёмкое защитное мероприятие. Как правило, при использовании методов текущего прогноза улавливаются предупредительные признаки и предвестники газодинамических явлений – различные шумы и потрескивания, связанные с разрушением и трещинообразованием в породах, колебанием газовыделений, деформирования и смещения кровли и почвы [1-7]. В настоящее время в калийных рудниках ОАО «Уралкалий» текущее прогнозирование опасности развития ГДЯ осуществляется путем замеров скорости нарастания давления газа в каждом шпуре профилактического и защитного бурения по мере проходки горной выработки с помощью прибора бароконтроля ПБ-2. Метод бароконтроля опасности возникновения ГДЯ из кровли выработок надежен, технологичен, отличается несложным аппаратным обеспечением и экономичностью. Однако, работы по уточнению для приборов текущего прогноза ПБ-2 критической

величины газового давления приконтактных газов в условиях отработки пласта В сильвинитового состава, пластов АБ, Кр II и проведения подготовительных выработок по пластам Кр I и Кр III на шахтных полях рудников СКРУ-1, СКРУ-2 и СКРУ-3 до настоящего времени не проводились.

Общие положения

Сегодня не вызывает дискуссий положение о том, что решающая роль в создании ситуации, опасной по ГДЯ в калийных рудниках, принадлежит газовому фактору. Поэтому и основные усилия направлены на создание методов прогнозирования, основанных на учете именно газового фактора. Эффективная борьба с газодинамическими явлениями и предотвращение воздействия их поражающих факторов на шахтеров возможно только при существовании надежных методов определения давления природных газов. Метод бароконтроля по физической сущности основан на определении давления в приконтактных скоплениях природных газов.

Для пород кровли в призабойных зонах горных выработок, где и проводится текущее прогнозирование опасности разрушения пород кровли под действием давления приконтактных газов, критическое давление определяется из выражения [8]:

$$P_{кр} = 0,7925 \sigma_p h^2_r / a^2. \quad (1)$$

Прибор ПБ-2 представляет собой быстродействующий герметизатор газа и установленный на нем манометр, шкала которого градуируется в долях S . На шкале цветной краской обычно наносится критическое ($S=1$) значение критерия опасности возникновения ГДЯ из кровли, которое определяется выражением (1).

Разнообразие горно-геологических условий отработки калийных пластов

предопределяет и дифференцированные, критические значения давления приконтактных газов не только по отдельным участкам Верхнекамского месторождения, но и по отдельным пластам с учетом положения кровли горных выработок относительно возможных скоплений свободных газов.

Как уже указывалось, предельное (критическое) давление свободных газов является функцией мощности защитного слоя h_r (расстояния до контура кровли выработки до газового скопления), пролета (ширины) выработки $2a$ и предела прочности пород кровли при растяжении σ_p . Количественные значения мощности защитного слоя h_r (расстояния до контура кровли выработки до газового скопления) определяются геологическими условиями залегания пласта, а значения предела прочности пород кровли при растяжении σ_p определяются экспериментальным путем в лабораторных условиях. В расчетах величины предельного (критического) давления свободных газов используются минимальные значения данных параметров. В связи с тем, что минимальные значения берутся из некоторых выборок данных требуется проведение проверки выборок значений мощности защитного слоя h_r и предела прочности пород кровли при растяжении σ_p на однородность, для этой цели применялся τ – критерий [9]. Результаты расчетов показали, что выборки значений h_r и σ_p можно считать однородными и полученные данные использовать при расчетах критического давления свободных газов в приконтактных скоплениях.

Определение критической величины газового давления, способного вызвать газодинамические явления при отработке при

отработке сильвинитовых пластов на Верхнекамском месторождении

При оценке критической величины газового давления, способного вызвать газодинамические явления из кровли при отработке сильвинитовых пластов, в соответствии с выражением (1), учитывались минимальные силы, способные нарушить устойчивое состояние пород.

В связи с тем, что в условиях рудника СКРУ-1 на пласте В сильвинитового состава применяются при проведении подготовительных и очистных выработок комбайны «Урал-10» и «Урал-20» это учитывалось в расчете критической величины газового давления, способного вызвать газодинамические явления из кровли при отработке пласта В сильвинитового состава. Схема к расчету критической величины газового давления, способного вызвать газодинамические явления из кровли при отработке пласта В сильвинитового состава комбайном «Урал-10» в условиях рудника СКРУ-1, представлена на рисунке.

При расчете критической величины газового давления принимались следующие значения исходных параметров: мощность защитного слоя h_r (расстояние от контура кровли выработки до газового скопления) определялось как минимальное расстояние от кровли выработки до контакта пласта каменной соли В-Г с пластом Г ($h_r = 1,4$ м); значение предела прочности пород кровли (пласта каменной соли В-Г) при растяжении σ_p принималось минимальным по результатам экспериментальных исследований ($\sigma_p = 0,71$ МПа); пролет (ширина) подготовительных и очистных горных выработок по пласту В сильвинитового состава принималась соответственно 4,3 м и 5,5 м. Отсюда, подставляя

Таблица 1

Результаты расчета критической величины газового давления, способного вызвать ГДЯ при проходке выработок по сильвинитовым пластам в условиях рудников СКРУ-1, СКРУ-2 и СКРУ-3

Рудник	Пласт	Критическая величина газового давления, способная вызвать ГДЯ, $P_{кр}$
СКРУ-1	В _с	0,2*
		0,15
	КрI, КрII, КрIII	0,15
СКРУ-2	В _с	0,15
		0,12
	КрI, КрII, КрIII	0,12
СКРУ-3	В _с	0,2*
		0,12
	КрI, КрII, КрIII	0,12

* для выработок шириной 4,3 м, в остальных случаях расчет производился для выработок шириной 5,5 м

численные значения в формулу (1) определим критическую величину газового давления для выработок шириной соответственно 4,3 м и 5,5 м, способного вызвать газодинамические явления из кровли при отработке пласта В сильвинитового состава в условиях рудника СКРУ-3:

$$P_{кр} = 0,7925 \sigma_p h_{г}^2 / a^2 = 0,7925 \times 0,71 \times 1,4^2 / 2,15^2 = 0,24 \text{ МПа};$$

$$P_{кр} = 0,7925 \sigma_p h_{г}^2 / a^2 = 0,7925 \times 0,71 \times 1,4^2 / 2,75^2 = 0,15 \text{ МПа};$$

Таким образом, для пласта В сильвинитового состава в условиях рудника СКРУ-1 критическая величина давления в скоплении свободного газа на контакте пласта каменной соли В-Г с пластом Г составляет 0,15 МПа (1,5 кг/см²) для выработок шириной 4,3 м и 0,2 МПа (2 кг/см²) для выработок шириной 5,5 м. Следовательно, при измерении скорости нарастания давления газа прибором бароконтроля ПБ-2 в загерметизированном шпуре за 30 с, на шкале манометра прибора критическим величинам скорости изменения давления соответствует величина давления, равная 0,15 МПа

(1,5 кг/см²) в выработках шириной 4,3 м и 0,2 МПа (2 кг/см²) в выработках шириной 5,5 м. При достижении стрелкой манометра за 30 с давления 0,15 МПа (1,5 кг/см²) в выработках шириной 4,3 м и 0,2 МПа (2 кг/см²) в выработках шириной 5,5 м участок кровли в выработке, проходимой по пласту В сильвинитового состава в условиях рудника СКРУ-1, от загерметизированного шпура до забоя считается опасным по ГДЯ из кровли.

Аналогично производился расчет критической величины газового давления, способного вызвать газодинамические явления при проходке выработок по пластам КрI, КрII и КрIII в условиях рудника СКРУ-1 и по сильвинитовым пластам в условиях рудников СКРУ-2 и СКРУ-3. Результаты расчетов представлены в таблице.

Заключение

В процессе выполнения работы по разработке критериев текущего прогноза выбросоопасности при отработке сильвинитовых пластов на Верхнекамском месторождении для приборов ПБ-2 установлены критические величины газового давления в приконтактных скоплениях свободного газа:

1. На контакте пласта каменной соли В-Г с пластом Г:

а). В условиях рудника СКРУ-1 критическая величина давления в скоплении свободного газа составляет 0,2 МПа (2 кг/см²) для выработок шириной 4,3 м и 0,15 МПа (1,5 кг/см²) для выработок шириной 5,5 м.

б). В условиях рудника СКРУ-2 критическая величина давления в

скопления свободного газа составляет 0,15 МПа (1,5 кг/см²).

в). В условиях рудника СКРУ-3 критическая величина давления в скоплении свободного газа составляет 0,2 МПа (2,0 кг/см²) для выработок шириной 4,3 м и 0,12 МПа (1,2 кг/см²) для выработок шириной 5,5 м.

2. Для пластов КрI, КрII и КрIII:

а). В условиях рудника СКРУ-1 минимальная критическая величина давления в скоплении свободного газа составляет 0,15 МПа (1,5 кг/см²).

б). В условиях рудника СКРУ-2 минимальная критическая величина

давления в скоплении свободного газа составляет 0,12 МПа (1,2 кг/см²).

в). В условиях рудника СКРУ-3 минимальная критическая величина давления в скоплении свободного газа составляет 0,12 МПа (1,2 кг/см²).

Таким образом, если во время проведения текущего прогнозирования при измерении скорости нарастания давления газа прибором бароконтроля ПБ-2 в загерметизированном шпуре за 30 с, стрелка манометра достигает критического давления, участок кровли в выработке, от загерметизированного шпура до забоя считается опасным по ГДЯ из кровли.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лаптев Б.В. Предотвращение газодинамических явлений в калийных рудниках / Б.В. Лаптев. – М.: – Недра. – 1994. – 138 с.
2. Специальные мероприятия по безопасному ведению горных работ на Верхнекамском месторождении калийных солей в условиях газового режима в ОАО «Уралкалий». – Пермь-Березники: 2005. – ОАО «Уралкалий». – 67 с.
3. Специальные мероприятия по безопасному ведению горных работ на Верхнекамском месторождении калийных солей в условиях газового режима в ОАО «Сильвинит». – Пермь-Соликамск: 2009. – ОАО «Сильвинит». – 75 с.
4. Андрейко С.С. Газодинамические явления в калийных рудниках: Генезис, прогноз и управление / С.С. Андрейко, П.А. Калугин, В.Я. Шерба – Мн.: Высшая школа. – 2000. – 335 с.
5. Проскураков Н.М. Внезапные выбросы породы и газа в калийных рудниках / Н.М. Проскураков – М.: Недра. – 1980. – 264 с.
6. Долгов П.В. Методы прогноза и предотвращения газодинамических явлений в калийных рудниках / П.В. Долгов, Г.Д. Полянина, А.Н. Земсков – Алма-Ата: Наука. – 1987. – 176 с.
7. Андрейко С.С. Газодинамические явления в калийных рудниках: методы прогноза и способы предотвращения. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та. – 2007. – 219 с.
8. Проскураков Н.М., Ковалев О.В., Мещеряков В.В. Управление газодинамическими процессами в пластах калийных руд. – М.: Недра, 1988. – 239 С.
9. Алексеев Ф.А. Основы прямых геохимических методов поисков нефтяных и газовых месторождений: Временное методическое наставление. – М.: 1967. – 527 с.

■ ■ ■ ■

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Андрейко Сергей Семенович – доктор технических наук, профессор, заведующий лабораторией, заведующий кафедрой, ssa@mi-perm.ru,

Лялина Тамара Александровна – yalina@MI-Perm.ru,

Иванов Олег Васильевич – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, miner@mi-perm.ru,

Нестеров Егор Анатольевич – младший научный сотрудник, mine_egor@mail.ru,

Горный институт Уральского отделения Российской академии наук Пермского национального исследовательского политехнического университета (лаборатория геотехнологических процессов и рудничной газодинамики).