

ним підприємствам, а також збільшити прибуток внаслідок відмови від збагачення добуваного вугля.

Список літератури

1. Антипова Н.П. Розробка тонких пластів – основний резерв зростання обсягу вугледобування // Уголь України. – 2007. – №7. – С. 13–16.
2. Аналіз умов обробки тонких пологих угольних пластів і оцінка впливу їх розробки на екологію і земну поверхню / Коров'яка Е.А., Яворський В.Н., Долгий А.А. // Матер. міжнарод. конф. „Школа підземної розробки“. – Ялта, 2007. – С. 317–322.
3. Bondarenko V., Dychkovskiy R. Features of Extraction of Thin and Rather Thin Coal Seams in Works of the Scientists of the Underground Mining Faculty (National Mining University). – London. Leiden, New York, Philadelphia, Singapore: Balkema, 2006. – P. 21–26.
4. Петенко І.В., Белявцев Ю.М. К вопросу экономики исчерпаемых ресурсов // Проблемы развития внешнеэкономических связей и привлечения иностранных инвестиций: региональный аспект: – Сб. научн. тр. – Донецк: ДонНТУ, 2009. – С. 1060–1063.
5. Жуков В.Е., Алексеев А.Д., Грядущий Б.А. Закладка выработанного пространства основа совершенствования горного производства // Уголь Украины. – 2008. – №10. – С. 13–17.
6. Формирование качества добываемого угля при обробке пласта сложного строения / Бузило В.И., Кошка А.Г., Сердюк В.П., Наливайко Я.М., Дяченко А.П. // Матер. міжнарод. конф. „Школа підземної розробки“. – Ялта, 2009. – С. 106–110.
7. Совершенствование механизма стимулирования повышения качества добываемого угля при розробке

маломощных пластов / Халимендик Ю.М., Усатенко А.В., Моисеев А.С. // Економічний вісник національної гірничої академії України, – Дніпропетровськ: РИК НГА України. – 1999, т.1. – С. 115–117.

Робота більшості очисних вибоїв у Західному Донбасі пов'язана з вимушеним присіканням бічних порід, що негативно позначається на якості вугілля, що видобувається. Через значну експлуатаційну зольність шахти відмовляються від відпрацювання раніше розкритих вельми тонких пластів, які враховуються як балансові запаси, що призводить до зменшення терміну служби підприємства. Для відпрацювання вельми тонких пластів пропонується роздільне виймання вугілля, як найбільш реальна технологія, що не вимагає істотного переоснащення вибоїв. Для підтвердження її ефективності в статті наведені дані економічних розрахунків.

Ключові слова: *запаси, очисний вибій, зольність, роздільне виймання*

Work of the majority of stopes in the Western Donbas is connected with forced coal-cutting with stone, this affects negatively the quality of extracted coal. Because of considerable operational ash content, mines refuse to mine earlier uncovered rather thin layers, which are registered as balance reserve, this leads to reduction of service life of the enterprise. To mine rather thin coal seams it is offered selective mining of coal, as the most real technology which does not demand essential re-equipment of stopes. Results of economic calculations confirming its efficiency are resulted in the article.

Keywords: *stocks, stope, ash content, selective mining*

Рекомендовано до публікації д.т.н. В.І. Бондаренком 15.05.10

УДК 622.817.4

© Коров'яка Е.А., Астахов В.С., Токар Л.А., 2010

Е.А. Коров'яка, В.С. Астахов, Л.А. Токар

ГИДРАТООБРАЗОВАНИЯ ПРИ ДОБЫЧЕ ШАХТНОГО МЕТАНА И ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ

Ye.A. Korovyaka, V.S. Astakhov, L.A. Tokar

FORMATION OF GAS HYDRATES WHILE MINE METHANE EXTRACTING AND POSSIBLE METHODS OF THE PROBLEM-SOLVING

Видвинуто предположение о том, что в некоторых случаях при добыче шахтного метана одной из существенных проблем может стать образование газовых гидратов. Исходя из анализа методов борьбы с гидратами, выявлены способы их адаптации для решения данной проблемы при добыче шахтного метана. Стратегически средствами борьбы с гидратами при попутной добыче шахтного метана станут результаты исследований причин гидратообразования, которые будут использоваться при проектировании технологических схем.

Ключевые слова: *угольные месторождения, дегазация, шахтный метан, газотранспортная сеть, газовые гидраты, методы борьбы*

Добыча метана на угольных месторождениях является в настоящее время одним из актуальных вопросов для Украины. Решение этого вопроса позволит, с одной стороны, обеспечить нашу страну этим ценнейшим

энергоносителем, с другой – технология его добычи основана на применении различных способов дегазации, применение которых приведет к увеличению безопасности разработки угольных месторождений.

Однако, несмотря на перспективность данного направления, освоение запасов шахтного метана на сегодняшний день ведется лишь несколькими отдельными горнодобывающими предприятиями страны. Существующая технология дегазации не позволяет получить достаточно качественный газ. Отсутствие эффективных способов утилизации низкокачественного шахтного метана и комплексного подхода к его извлечению приводит к тому, что он выбрасывается в атмосферу. Обусловлено это тем, что технология подземной добычи угля не предусматривает попутное извлечение метана.

Комплексный подход к данной проблеме, позволяющий связать технологию добычи угля и метана в единую систему, повысит рентабельность угольных шахт, безопасность труда и обеспечит энергетическую независимость нашей страны.

Постановка проблемы. Результаты анализа промышленной добычи шахтного метана в Донбассе, выявили ряд наиболее вероятных проблем, не имеющих место при ведении дегазационных работ.

Экспертная оценка данных по шахтам Красноармейского угледобывающего района показала, что одной из существенных проблем при промышленной добыче шахтного метана может стать образование газовых гидратов. Эта проблема давно существует на предприятиях, ведущих промышленную разработку месторождений природного газа, и решается с переменным успехом.

Анализ состояния проблемы. Вероятность образования газовых гидратов при промышленной добыче шахтного метана вполне реальна. Многие компоненты шахтного метана: метан, этан, пропан, изобутан, углекислый газ, азот (см. табл.) обладают схожими физико-химическими свойствами гидратообразования. Все перечисленные компоненты образуют соединения с водой, так называемые газовые гидраты – твердые кристаллические вещества (похожие по внешнему виду на спрессованный снег), которые при высоких давлениях существуют при положительных температурах.

Таблица

Средний химический состав шахтного метана

Компонент	Содержание, % (мол.)	Компонент	Содержание, % (мол.)
CH ₄	87,2	C ₅ H ₁₂	0,3
C ₂ H ₆	7,6	N ₂	0,4
C ₃ H ₈	3,1	CO ₂	0,1
n-C ₄ H ₁₀	0,8		
изо-C ₄ H ₁₀	0,5		

Газовые гидраты образуются путём внедрения в пустоты кристаллических структур, составленных из молекул H₂O, молекул газа (М). Общая формула газовых гидратов – М·nH₂O, где значение n изменяется от 5,75 до 17 в зависимости от состава газа и условий образования гидратов.

По результатам анализа различных технологических схем добычи шахтного метана, дегазации и горно-геологических условий Красноармейского угле-

добывающего района на примере шахт „Красноармейская – Западная №1“, „Добропольская“, „Краснолиманская“, „Белозерская“, „Алмазная“ удалось спрогнозировать ряд технологических участков и диапазон физических условий образования гидратов.

Так, например, при гидроимпульсном воздействии с целью повышения эффективности дегазации в угольный пласт подается рабочая жидкость (чаще – обычная вода) под давлением в диапазоне 1–8 МПа импульсами с интервалом 0,01–0,1с. В результате воздействия через образовавшиеся системы трещин в скважину устремляется газ. Вследствие чего пластовое давление газовой смеси в некоторых случаях достигает 8–10 МПа [1]. Наличие воды или водных растворов газа при таком давлении в скважине делает возможным образование гидратов даже при положительных температурах (рис. 1). Подобные физические условия существуют и при применении гидро-разрыва для опережающей дегазации угольных пластов вне зон скопления свободного газа.

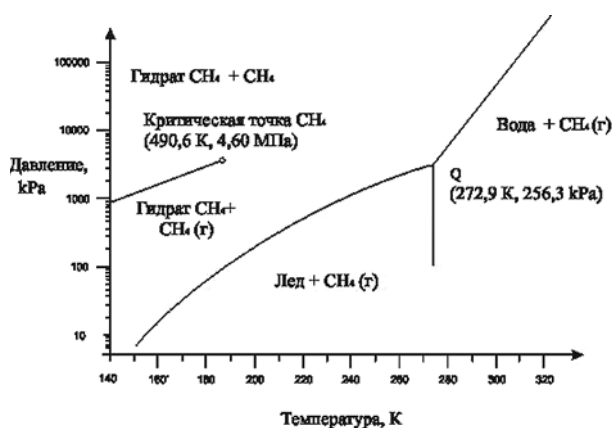


Рис. 1. Условия гидратообразования метана

В некоторых случаях высокое давление газа, вызванное горнодинамическими процессами и обводненностью скважин, может также привести к образованию гидратов. Это может происходить даже при отсутствии стороннего воздействия.

На основе анализа условий образования и разложения гидратов газов (рис. 1, 2) выдвинуто предположение о том, что в некоторых случаях высвобождающийся газ создает в системах полостей истечения высокое давление, которое при наличии воды обеспечивает образование газовых гидратов. Это приводит к закупорке микрополостей и трещин. Результатом может быть снижение дебита газа или полное прекращение газовой выделения.

В системах добычи газа техногенные гидраты могут образовываться в призабойной зоне и стволе скважины, в шлейфах и внутрипромышленных коллекторах, в системах промышленной и заводской подготовки газа, а также в магистральных газотранспортных системах [2].

Негативные проявления присутствия гидратов газов в системе добычи шахтного метана могут проявляться по-разному. „Ледяные пробки“, способные образовываться в участковых газопроводах, скважи-

нах, сборных коллекторах и других элементах, могут существенно снижать пропускную способность газотранспортной сети, дебит газа из скважин, а в некоторых случаях – полностью отсекают скважины. По-

добного рода изменение физических параметров газотранспортной сети существенно снижают производительность и безопасность горных работ, а в некоторых случаях может привести к аварии.

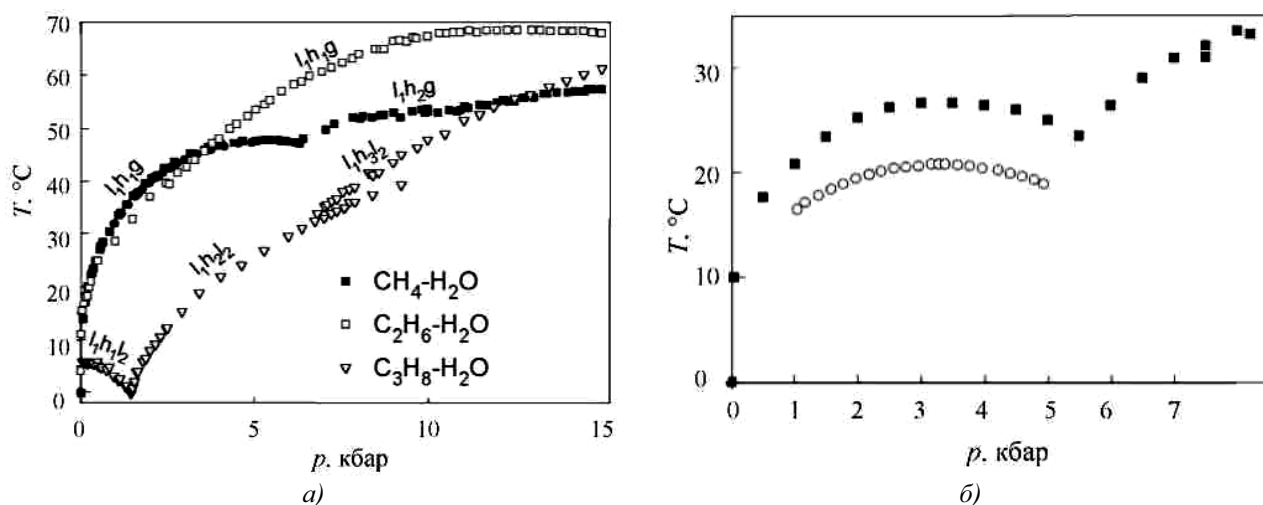


Рис. 2. Кривые разложения гидратов: в системах „вода – метан, этан, пропан“ (а); $\text{CO}_2\text{-H}_2\text{O}$ в системе диоксид углерода – вода (■, о – данные разных источников [3]) (б)

Способы решения проблемы. Большая часть элементов системы промышленной добычи природного газа присутствует в технологических схемах добычи шахтного метана.

Исключением является подземная часть транспортного газопровода, в котором газ транспортируется за счет депрессии, создаваемой вакуумным насосом. Пониженное давление исключает возможность образования газовых гидратов даже при низких температурах. Данный способ транспортировки может рассматриваться как одно из возможных решений проблемы гидратообразования при добыче шахтного метана.

При промышленной добыче природного газа применяются следующие методы борьбы с гидратами:

- ингибиторный метод;
- термический метод;
- метод с применением поверхностно-активных веществ (ПАВ) и др.

Исходя из анализа методов борьбы с гидратами, выявлены способы их адаптации для решения данной проблемы при добыче шахтного метана. К ним можно отнести дегидратацию, повышение температуры транспортируемого газа, снижение давления транспортировки, добавление ингибиторов и ПАВ на наиболее вероятных участках образования газовых гидратов.

Термический метод является одним из первых методов и заключается в повышении температуры газа выше предела гидратообразования при данном давлении. Но относительно большие энергзатраты и неравномерность распределения положительного эффекта все чаще и чаще вынуждают отказываться от него. Однако при добыче шахтного метана в подземных условиях, где изменения температуры внешней среды предельно прогнозируемы и возможно использование

энергии технологических потерь (отвод тепла от работающего электрооборудования, рудничной атмосферы, массива пород и т.п.), этот метод может оказаться вполне приемлемым.

Вероятны случаи, когда применение термического метода технически невозможно – например, при формировании ледяной пробки в устье скважины. Тогда целесообразно применять ингибиторные методы или метод борьбы с гидратами с применением ПАВ.

Ингибиторные методы борьбы с гидратами заключаются в использовании растворов неэлектролитов, низших алифатических спиртов и гликолей, которые вызывают резкое увеличение индукционного периода образования газовых гидратов (главным образом это низкомолекулярные водорастворимые полимерные композиции).

ПАВ обеспечивает многофазный транспорт углеводородных систем в режиме гидратообразования без отложения гидратов в промышленных коммуникациях.

Оптимизация методов решения проблемы. Перспективным направлением при освоении метана в условия Донецкого угольного бассейна будет формирование технологических схем с учетом возможности образования гидратов. Первичными методами решения проблем образования газовых гидратов в действующих технологических системах будут элементы, осуществляющие простейшую осушку газа на выходе из скважин, более сложные дегидратационные устройства на магистральных участках газопроводов, добавление ингибиторов и ПАВ на участках вероятного гидратообразования.

Стратегическими средствами борьбы с гидратами при попутной добыче шахтного метана станут результаты исследований причин гидратообразования, которые будут использоваться при проектировании техно-

логических схем. Внедрение технологий, позволяющих повысить качественный состав добываемого шахтного метана, станет одним из прогрессивных энергосберегающих способов ликвидации образования газовых гидратов при транспортировке и последующей переработке добытого газа.

Список литературы

1. Нетрадиционные способы предотвращения выбросов и добычи угля / Софийский К.К. и др. – М.: Недра, 1994. – 192 с.
2. Истомин В.А., Якушев В.С. Газовые гидраты в природных условиях. – М.: Недра, 1992. – 236 с.
3. Манаков А.Ю., Дядин Ю.А. Газовые гидраты при высоких давлениях // Журнал Российского химического общества им. Д.И. Менделеева, 2003. – Т. XLVII. – №3.

Висунуто припущення про те, що в деяких випадках при видобутку шахтного метану однією з істотних проблем може стати утворення газових гідратів. Виходячи з аналізу методів боротьби з гідратами, виявлені способи їх адаптації для рішення даної

проблеми при видобутку шахтного метану. Стратегічними засобами боротьби з гідратами при попутному видобутку шахтного метану стануть результати досліджень причин гідратоутворення, які використовуватимуться при проектуванні технологічних схем.

Ключові слова: *вугільні родовища, дегазація, шахтний метан, газотранспортна мережа, газові гідрати, методи боротьби*

It has been putted forward the assumption that in some cases formation of gas hydrates can become one of the main problems while mine methane extracting. On the basis of studying of methods aimed at hydrate control there are identified ways of their adaptation while solving the problem during mine methane extraction. Results of studying of underlying condition of hydrating should become strategic means against hydrates during associated mine methane extraction.

Keywords: *coal deposits, degassing, mine methane, gas-transport network, gas hydrate, methods of controlling*

Рекомендовано до публікації д.т.н. Л.Н. Шириним 11.06.10

УДК 622-112.3+519.2

© Мещанинов С.К., Кипко А.Э., 2010

С.К. Мещанинов, А.Э. Кипко

КОМПЛЕКСНЫЙ КРИТЕРИЙ ОЦЕНКИ АВАРИЙНОСТИ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ПРОТЯЖЕННОЙ ГОРНОЙ ВЫРАБОТКИ В ЗОНАХ ОБВОДНЕННЫХ ТЕКТОНИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ

S.K. Meshchaninov, A.E. Kipko

COMPLEX CRITERION OF ACCIDENT RATE ESTIMATION DURING BUILDING AND EXPLOITATION OF EXTENSIVE MINE WORKING IN THE AREAS OF FLOODED GEOLOGICAL VIOLATIONS

Приведен анализ степени аварийности горной выработки как сложной технической системы, пройденной в тектонически нарушенных обводненных горных породах. При разработке критерия, развитие аварии в горной выработке рассматривается как многомерный групповой деградационный процесс, на базе которого сформирована процедура контроля технического состояния выработки. Предложенный критерий основан на использовании алгоритма экстраполяции.

Ключевые слова: *сложная техническая система, критерий, нарушенность, аварийность, тектонические нарушения*

Введение. Одним из основных факторов, снижающих скорость проходки шахтных стволов и других капитальных горных выработок, а также существенно осложняющих их дальнейшую эксплуатацию, является обводненность горных пород. Оценка степени аварийности той или иной горной выработки, пройденной или проходимой в зоне обводненных тектонических нарушений, позволяет, в первую очередь, исключить или, по крайней мере, значительно уменьшить последствия возможных негативных проявлений горного давления. Кроме того, предварительное подавление водопритоков при проходке ка-

питальных горных выработок в сложных горно- и гидрогеологических условиях, которое является главным из путей повышения эффективности шахтного строительства – весьма дорогой путь обеспечения их надежной работы в будущем. Оценка степени аварийности каждой конкретной выработки сможет позволить скорректировать мероприятия по подавлению водопритоков, сделать их более рациональными и, в ряде случаев, снизить расходы на проведение этих мероприятий.

Постановка задачи. На сегодняшний день к наиболее опасным факторам, в результате которых про-