УДК 622.8(043.3)

**С.В.СЛАСТУНОВ**

*Московский государственный горный университет*

# РАЗРАБОТКА И ИСПЫТАНИЕ ПРИРОДООХРАННОЙ ТЕХНОЛОГИИ РАЦИОНАЛЬНОГО КОМПЛЕКСНОГО ОСВОЕНИЯ ВЫСОКОГАЗОНОСНЫХ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ С ПОПУТНЫМ ИЗВЛЕЧЕНИЕМ И УТИЛИЗАЦИЕЙ УГОЛЬНОГО МЕТАНА

Разработана и прошла шахтную проверку технология дегазации угольных пластов с применением эффекта гидравлического удара и перераспределения горного давления в призабойной зоне скважин.

Базовая технология предусматривает гидравлическую обработку угольного пласта с нагнетанием воды под давлением 100-150 атм. Согласно предлагаемой технологии на стадии истечения воды из скважины в расчетном режиме гидравлические удары реализуют за счет циклического перекрытия потока воды, что вызывает импульсы давления с амплитудой 170-200 атм. Кроме того, разработан технологический вариант изменения горного давления в окрестности скважины за счет формирования щелей, расположенных по винтовой линии. В угольном массиве возникают касательные напряжения, что приводит к повышению его проницаемости.

Приведенные технологические варианты обеспечивают увеличение дебита угольного метана в 1,5-2 раза.

The technologies of degassing coal seams using water hammer effect and redistribution of rock pressure in a bore hole area close to a working face have been developed and tested in situ.

Basic technology includes coal seams being exposed to water injection under 100-150 atm. pressure. Under the technology suggested, at the hole water discharge stage in predesigned conditions, water hammer uses cyclic water flow closures to do its job. It causes pressure impulses of 170-200 atm. amplitude. Another technological version have been developed to change rock pressure in hole surrounding area due to the slots forming a helical line. Coal block developed tangential stress which increases its permeability.

Given technological versions ensure 1,5-2 times in coal methane discharge.

В настоящее время из шахт выделяется свыше 7,5 млрд м$^3$ метана в год, а утилизируется только несколько процентов от этого количества, что наносит ущерб окружающей среде. Природоохранные технологии комплексной подготовки высокогазоносных угольных пластов в обязательном порядке должны предусматривать извлечение и утилизацию угольного метана, в настоящее время являющегося масштабным техногенным отходом.

Природоохранные технологии комплексного освоения углегазовых месторождений с попутным извлечением и утилизацией угольного метана должны решить одновременно несколько задач: использовать извлеченный метан для выработки электроэнергии, тепла и т.п., уменьшить выбросы метана в атмосферу, снизить объем выделения метана в горные выработки и тем самым повысить безопасность и эффективность добычи угля.

Целью предлагаемого проекта является создание и освоение природоохранных, экологически чистых технологий заблаговременного извлечения метана на стадии подготовки к разработке высокогазоносных угольных месторождений (их участков, шахтных полей) для сокращения эмиссии метана в атмосферу за счет его улавливания,

подготовки и утилизации, а также обеспечения технической и экологической безопасности подземных горных работ, предотвращения катастрофических техногенных явлений (взрывы газа и пыли, внезапные выбросы угля и газа и др.).

В соответствии с указанной целью в проекте решались следующие основные задачи:

- научное обоснование и создание новых эффективных природоохранных технологий заблаговременного извлечения (добычи) метана из высокогазоносных угольных пластов, в том числе подверженных влиянию горных работ на стадии их подготовки к разработке;
- разработка, опытно-промышленная проверка и освоение перспективных технологий и технических средств для заблаговременного извлечения (добычи) метана из высокогазоносных угольных пластов на основе применения инженерных методов воздействия на горный массив.

Работы по заблаговременному извлечению метана из неразгруженных угольных пластов в странах бывшего СССР проводились на шахтах Донецкого и Карагандинского бассейнов. Основной целью являлось обеспечение безопасных условий для последующего ведения горных работ, причем возможность выбора благоприятных с точки зрения газоотдачи участков отсутствовала. Природная проницаемость угольных пластов составляла сотые или тысячные доли миллидарси. В качестве базового воздействия применялось гидрорасчленение угольных пластов.

Совершенствование способов заблаговременного извлечения метана из угольных пластов в настоящее время осуществляется в следующих основных направлениях[*]:

- совершенствование технологии воздействия в режиме кавитации, которое включает выбор и разработку рабочих агентов и режимов воздействия, обеспечивающих реализацию механизма самоподдерживающегося разрушения угля в широком диапазоне горно-геологических условий;
- гидровоздействие вспенивающимися жидкостями с подачей в пласт в определенном режиме выбранных солей и кислот с обеспечением термодинамических условий, способствующих бурному выделению углекислого газа;
- поэтапная гидродинамическая обработка угольных пластов, использующая эффект набухания угля во время гидровоздействия;
- обработка угольных пластов с использованием эффекта гидроудара.

Достаточно высокая энергоемкость процесса расчленения определяется тем, что раскрытие трещин в напряженном газонасыщенном пласте возможно только под давлением, обеспечивающим преодоление сил горного давления и осуществление необходимых деформаций трещинообразования. В этих условиях большой интерес представляет использование энергии содержащегося в угле газа и сил горного давления для разрушения угля, что обеспечивает снижение энергоемкости процесса, интенсификацию трещинообразования и улучшает условия поддержания трещин в раскрытом состоянии, за счет частичной разгрузки угольного пласта. Технологически процесс инициирования самоподдерживающегося разрушения угля реализуется при нагнетании рабочего агента в пласт с последующим резким сбросом давления. В результате этого происходит разрушение и выброс угля и газа из пласта. Режим силового воздействия и режим выдачи угольного штыба повторяется многократно. Созданная таким образом протяженная щелевидная полость формирует вокруг себя в угольном пласте зону высокой трещиноватости и газопроницаемости, разгруженную от горного давления, в которой открытие трещины за счет разгрузки их от горного давления обеспечивает резкий рост газопроницаемости угля, а наличие частично разрушенного угля увеличивает скорость газовыделения, десорбирующегося из угля газа, за счет возникновения новых поверхностей дегазации. Следует отметить, что зона пониженных (снятых) напряжений развивается во времени.

Исследования процесса инициирования выброса угля из скважины при закачке и

[*] *Пучков Л.А.* Извлечение метана из угольных пластов / Л.А.Пучков, С.В.Сластунов, К.С.Коликов; Московский горно-геологический ун-т. М., 2002.

резком стравливании рабочих агентов (режима кавитации) проведены на ряде скважин полей шахт им. В.И. Ленина и «Казахстанская». Вес извлеченного после выбросов угля достигал 3-5 т.

Исследованиями установлено, что провоцирование выброса угля из прискважинной части техногенного коллектора, формируемого в зоне заблаговременной дегазационной подготовки, достигается при закачке порции жидкости со скоростью 60-80 л/с в объеме свыше 800 м$^3$ и давлении на устье скважины 9,0-11,5 МПа. Сброс давления необходимо производить после закачки порции воды. Интенсивность извлечения метана при этом способе воздействия в 1,7-1,9 раза выше, чем среднестатистическая интенсивность извлечения метана из скважин, обработанных по традиционной технологии.

При изучении гидровоздействия вспенивающимися рабочими жидкостями в ходе лабораторных исследований были определены составы рабочих жидкостей, возможность интенсификации активного воздействия на периферийную часть зоны гидрорасчленения за счет увеличения в 1,3-1,5 раза реальных темпов внедрения вспененной жидкости. Кроме того, установлено, что равномерность и качество обработки повышается за счет большей проникающей способности вспененной жидкости, обладающей меньшей вязкостью в мельчайшие поры и трещины пласта. Технология обеспечивает интенсивный вынос рабочей жидкости из трещин гидрорасчленения находящимся в ней газом.

Основными критериями являлись объем и интенсивность газовыделения в ходе реакции соли с кислотой, а также допустимость их использования с учетом последующей отработки запасов угля. В результате испытаний была отработана технологическая схема воздействия, при этом скорость закачки возросла на 12-15 л/с, а давление расчленения на 2,0-3,0 МПа. В настоящее время начато освоение экспериментальной скважины, по результатам которого будет сделана окончательная оценка эффективности данной технологии. Планируется проведение следующего эксперимента с параметрами, обеспечивающими увеличение скорости нагнетания на 30-40 л/с, что позволит значительно увеличить радиус воздействия способа.

Поэтапная обработка угольного пласта основана на использовании набухания угля в результате увеличения его влажности при наличии свободного объема. Для увеличения радиуса воздействия необходимо увеличивать вязкость или темп закачки. Увеличение скорости нагнетания ограничено возможностями насосного оборудования. Следует также учитывать целесообразность минимизации объемов закачки жидкости в пласт. Одним из направлений совершенствования технологии активного воздействия является использование поэтапной обработки угольного пласта. При выдержке рабочей жидкости в результате набухания угля происходит временное снижение проницаемости. Последующая обработка после окончания процесса набухания, но до перехода рабочей жидкости в сорбционный объем, фактически приводит к увеличению удельного темпа закачки. В лабораторных условиях интенсивное набухание образцов продолжается 2-3 суток. В пластовых условиях длительность этого процесса следует оценивать 10-15 сутками. Рабочая жидкость с течением времени переходит из фильтрационного объема в сорбционный объем угля и частично во вмещающие породы. В соответствии с рекомендациями и проектом при обработке скважины № 28 была осуществлена следующая последовательность операций:

- кавернообразование по слабой части пласта;
- закачка 2000 м$^3$ воды со скоростью 72 л/с;
- промежуточная выдержка рабочей жидкости в течение 15 суток для реализации процесса набухания угля;
- проведение второго этапа с закачкой 2950 м$^3$ воды со скоростью 80 л/с;
- выдержка рабочей жидкости в течение 8-9 месяцев для реализации эффекта замещения метана;
- освоение скважины с извлечением рабочей жидкости из техногенного коллектора станком-качалкой.

Предварительные результаты показывают увеличение газовыделения на 20-30 % по сравнению с традиционной технологией.

Основным технологическим этапом выполнения отчетного проекта в 2003 г. был этап разработки и апробации технологии обратного гидроудара*.

Технология воздействия с использованием эффекта гидроудара базируется на создании гидравлических ударов во время сброса рабочей жидкости из скважины. Одной из основных задач в этом случае является определение продолжительности перекрытия потока, которая зависит от размеров гидравлической системы. На стадии истечения воды из скважины в расчетном режиме гидравлические удары реализуют за счет циклического перекрытия потока воды, что вызывает импульсы давления с амплитудой 170-200 атм. Кроме того, разработан технологический вариант изменения горного давления в окрестности скважины за счет формирования щелей, расположенных по винтовой линии. В угольном массиве возникают касательные напряжения, что приводит к повышению его проницаемости.

Рассмотренные технологические варианты обеспечивают увеличение дебита угольного метана в 1,5-2 раза.

В рамках исследований 2003 г. была разработана методика метанодобываемости шахтных полей, необходимая для технико-экономического обоснования приведенных выше работ.

В настоящее время метан, извлекаемый при заблаговременной дегазации на шахте «Казахстанская», сжигается в факелах, что обеспечивает значительное снижение выбросов парниковых газов в атмосферу. Так 1 т $CO_2$ образуется при сжигании 512 м$^3$ $CH_4$, которые при выбросе в атмосферу эквивалентны 7,16 т $CO_2$. Следовательно, сжигание каждой 1000 м$^3$ метана эквивалентно снижению выбросов $CO_2$ на 12 т, т.е. при сжигании в факеле 20 м$^3$/мин метана ежегодное снижение выбросов составит 126 тыс.т $CO_2$. Ранее он использовался в шахтной котельной. Опыт отработки запасов угля на шахтах Карагандинского бассейна показал, что в зонах заблаговременной дегазации снижение газообильности соответствует объемам заблаговременного извлечения. Это позволяет рассматривать метан, извлекаемый заблаговременно на полях действующих угольных предприятий, как шахтный. Соответствующие работы целесообразно включать в разряд перспективных при разработке механизма торговли квотами парниковых газов.

---

Пат. 2188322 РФ. Способ гидравлической обработки угольного пласта / Л.А.Пучков, С.В.Сластунов, Г.Г.Каркашадзе, К.С.Коликов; Опубл. 07.09.2001.