

С.Н. Ширяев¹, П.Г. Агеев², А.А. Черепов¹, О.А. Петрова³, В.Н. Фрянов⁴

¹ООО «Распадская угольная компания»

²ООО «Георезонанс»

³Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева

⁴Сибирский государственный индустриальный университет

ОБОСНОВАНИЕ НАПРАВЛЕНИЙ РАЗВИТИЯ СПОСОБОВ И СРЕДСТВ ДЕГАЗАЦИИ УГОЛЬНЫХ ШАХТ

Одной из проблем современных угольных шахт в России и за рубежом является высокая природная метаносность угольных пластов на глубине более 400 м, которая приводит к выделению метана в количестве более 20 м³/т добытого угля. Для оценки влияния метаносности угольных пластов на темпы проведения подготовительных выработок на шахтах Кузбасса проведены натурные исследования. На рис. 1 показаны гистограммы распределения фактических и плановых темпов подвигания подготовительных забоев на пласте 48 шахты «Ерунаковская VIII», Кузбасс. Отчетливо проявляется стохастический характер распределения темпов подвигания подготовительных забоев. Отклонения фактических темпов проведения выработок от плановых в среднем по отдельным подготовительным забоям достигают 21 %.

Одной из причин снижения темпов подвигания подготовительных забоев являются их про-

стои и выполнение вспомогательных работ. Для оценки вида простоев проведены хронометражные наблюдения длительности процессов и операций, выполняемых в подготовительном забое. По результатам статистической обработки хронометражных наблюдений установлено, что в условиях шахты «Распадская-Коксовая» полезный фонд рабочего времени составляет 85,8 %. Структура видов простоев в одном из подготовительных забоев шахты «Распадская-Коксовая» показана на рис. 2.

Основная доля простоев подготовительных забоев (67 %) связана с реализацией мероприятий по дегазации углепородного массива и обеспечением регламентированных Правилами безопасности [1] параметров шахтной атмосферы.

Проведенный расчет и анализ хронометражных наблюдений по другим подготовительным и очистным забоям показал, что при устранении

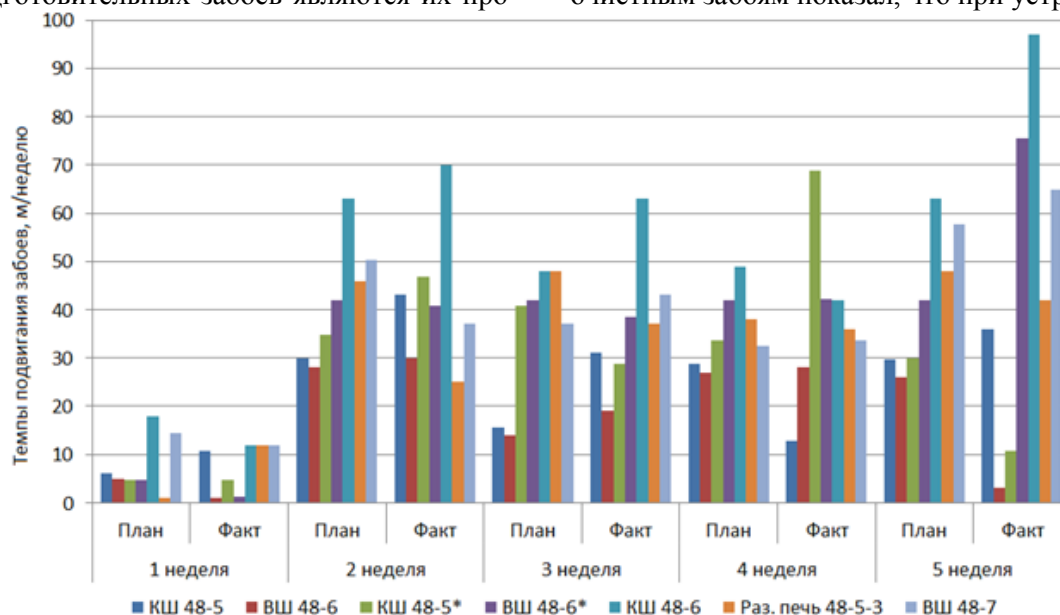


Рис. 1. Графики изменения темпов подвигания подготовительных забоев шахты «Ерунаковская-VIII», Кузбасс: КШ 48-5 – конвейерный штрек 48-5; ВШ 48-6 – вентиляционный штрек 48-6; КШ 48-5* – конвейерный штрек 48-5; ВШ 48-6* – вентиляционный штрек 48-6 (встречный забой); КШ 48-6 – конвейерный штрек 48-6; разрезная печь 48-5-3 – разрезная печь 48-5-3; ВШ 48-7 – вентиляционный штрек 48-7

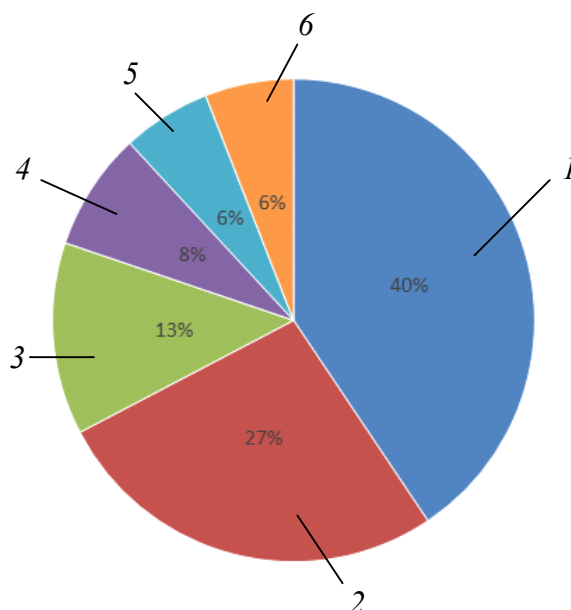


Рис. 2. Распределение простоев в проходческих забоях шахты «Распадская-Коксовая», октябрь 2016 г.:
 1 – бурение профилактических скважин; 2 – превышение уровня CH_4 ; 3 – прочие организационные простои;
 4 – ремонты оборудования; 5 – отсутствие электроэнергии; 6 – поломка ленточного конвейера

влияния негативных факторов, связанных с газовыделением, темпы проведения горных работ можно увеличить в 1,3 раза, а добычу угля из очистных забоев в 1,4 раза. Следовательно, проведение исследований взаимодействия геомеханических и газодинамических процессов в угленосном массиве с целью устранения ограничений по газовому фактору является актуальной научно-практической задачей.

Для решения поставленной задачи проведены анализ и оценка эффективности способов и средств извлечения метана углеметановых пластов при их подземной разработке [2 – 6]. Выделены перспективные технологии извлечения метана на стадиях подготовки и отработки угольных месторождений, эффективность которых указана в табл. 1.

Наиболее эффективно происходит дегазация угольных пластов при активном воздействии на угольный пласт (табл. 1). Целью такого воздействия является повышение газопроницаемости угольного пласта. Среди способов активного воздействия на угольный пласт следует выделить следующие: гидрорасчленение, пневмовоздействие, пневмогидроимпульсное воздействие, воздействие физическими полями, вибрацией, пульсацией, нагнетанием и сбросом давления флюида, плазменно-импульсная дезинтеграция массива горных пород и др.

Дегазация с предварительным гидрорасчленением угольных пластов осуществляется через скважины поэтапно: гидродинамическое воздействие, освоение скважин в виде выдержки рабочей жидкости в пласте, промывка скважины, каптаж

метана самоистечением или с помощью вакуум-насосной установки. Примером применения активного воздействия на угольный пласт являются технологические решения по извлечению метана из угленосного массива, предложенные в работе ученых Республики Казахстан [7]. Авторы утверждают, что применение нескольких техногенных воздействий на породы через скважины, пробуренные с земной поверхности, не обеспечивает проектный дебит метана. Из 150 скважин в Карагандинском угольном бассейне только одиночные скважины давали приток газа 3 – 4 тыс. $\text{м}^3/\text{сут}$. Отмечается высокая трудоемкость и энергоемкость применения гидравлического разрыва пласта при низкой эффективности этого способа. Причинами снижения газоотдачи пласта после его гидрорасчленения является блокирование метана в порах и запыление трещин набухающими глинистыми частицами.

Перспективным направлением повышения проницаемости угольных пластов при заблаговременной дегазации является плазменно-импульсная дезинтеграция массива горных пород.

Технология заблаговременной дегазации свиты углеметановых пластов с использованием предварительной плазменно-импульсной дезинтеграции массива горных пород и снижения уровня воды в массиве горных пород с целью извлечения вместе с водой газа и мелкодисперсных частиц угля разработана ООО «Георезонанс» [8 – 12].

Сущность метода состоит в следующем. После бурения с земной поверхности скважины в нее вставляется скважинный источник сейсмической энергии, который состоит из плазменно-

Т а б л и ц а 1

Способы и схемы дегазации углеметановых пластов

Способы и схемы дегазации источников метановыделения	Условия применения	Период каптажа метана, месяц	Коэффициент дегазации	
			без воздействия на угольный пласт	при активном воздействии на угольный пласт
Заблаговременная дегазация	Неразгруженные пласты, скважины пробуренные с земной поверхности	24 – 48	0,30 – 0,50	0,50 – 0,70
Предварительная дегазация	Неразгруженные пласты, скважины пробуренные из подземных выработок	6 – 12	0,15 – 0,25	0,20 – 0,50
Текущая дегазация	Неразгруженные пласты, барьерные или забойные скважины, пробуренные из подземных выработок	1 – 2	0,15 – 0,30	0,20 – 0,45
Дегазация подработанных пластов и выработанных пространств	Скважинами, пробуренными с земной поверхности	3 – 12		
	Скважинами, пробуренными из подземных выработок	3 – 12	0,30 – 0,40	0,50 – 0,80

импульсного разрядника, блока накопителей электрической энергии, зарядного устройства, системы управления механизмом подачи проводника для замыкания электродов [8]. Под влиянием интенсивного расширения плазменного канала между специальными электродами скважинного источника сейсмической энергии возникают мощные волны сжатия, а при замыкании проводников происходит взрыв и формируется мощная ударная волна, сжимающая и растягивающая окружающую среду. В горном массиве возникают микротрещины, которые заполняются водой и газом. В процессе откачки воды насосами по трещинам формируются фильтрационные потоки, в которых пузырьки газа являются «наездниками» на молекулах воды. В итоге вместе с водой и в затрубном пространстве дегазационной скважины выделяется метан. Уровень воды, необходимый для миграции воды и газа, регулируется с помощью автоматизированной системы управления технологическими процессами эксплуатации дегазационных скважин.

Результаты внедрения плазменно-импульсной дегазации углепородной толщи на шахте «Еруновская VIII» в Кузбассе представлены на рис. 3.

Процесс дегазации после плазменной дезинтеграции угольных пластов после начала откачки воды, как правило, характеризуется повышением дебита метана. Однако дебит метана неустойчивый, что связано с недостаточной надежностью оборудования и несоответствием теоретических положений фильтрации водогазовой среды в угольных пластах.

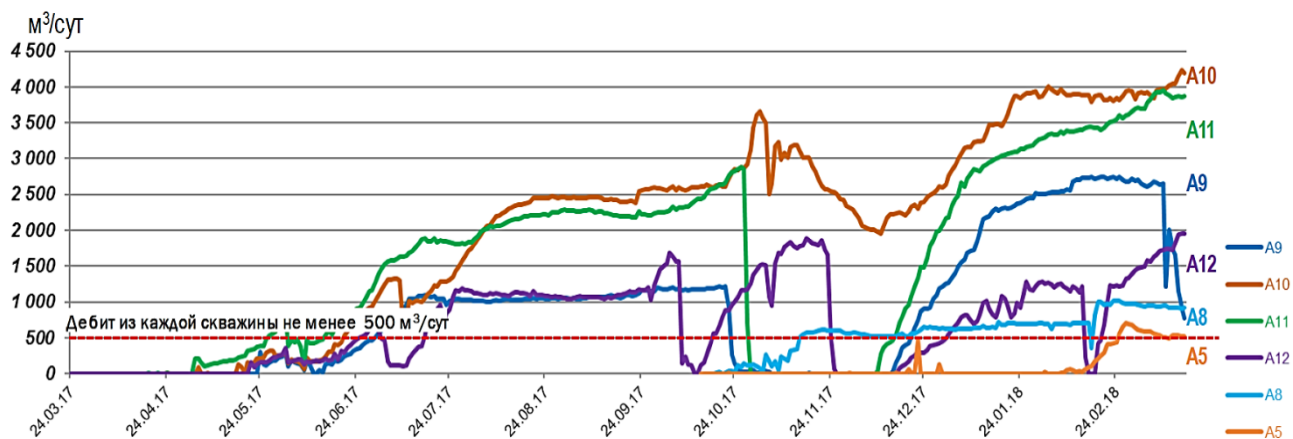


Рис. 3. Дебит метана при дегазации углеметановых пластов по скважинам после плазменно-импульсного воздействия на горный массив

Т а б л и ц а 2

Условия применения плазменно-импульсного воздействия (ПИВ) на угольный пласт и скважин направленного бурения (СНБ), 2017 г.

Показатель	Значение показателя при применении	
	ПИВ	СНБ
Количество скважин	В работе 4 скважины из 8 (А9-А12)	Отбурено 10 скважин (9,7 км)
Параметры дегазируемого участка		
- запасы угля в блоке, тыс. т	750	600
- запасы метана, тыс. м ³	18 000	12 000
- природная газоносность, м ³ /т	24	20
Начало работы скважин	Май 2017 г.	Май 2017 г.
Результаты работы скважин		
- средний дебит метана из одной скважины, м ³ /сут.	1 025	1 904
- объем извлеченного метана, тыс. м ³	615	2 865
- снижение газоносности в расчетном блоке, м ³ /т	0,8	4,8
- остаточная газоносность, м ³ /т	23,2	15,2
Стоимость извлечения 1 м ³ СН ₄ , руб., за 5 мес.	97,5	8,5
Затраты, млн. руб.	на 4 скважины 60	на 10 скв. 24,2 (стоимость 1 м скважины 2 500 руб.)
Время работы скважин до запуска лавы, год	4	1

Перспективным направлением повышения эффективности дегазации угольных пластов является применение скважин направленного бурения. Эффективность этого способа доказана на шахтах Австралии. На шахтах Кузбасса в настоящее время осуществляется опытно-промышленное внедрение скважин направленного бурения [3, 4]. При этом бурятся дегазационные скважины длиной 1200 м диаметром 93 мм. Устье скважины обсаживается медной трубой на 12 м. В скважину, на всю ее глубину, вводится полиэтиленовая труба для дренажа газа от дна скважины (происходит увеличение скорости движения газовой смеси). В дальнейшем на устье скважины происходит отделение газа от капель воды и по скважине газ дренирует на поверхность. Выход метана составляет 95,5 %. На поверхности газ сжигается. Дегазация проводится за два года до начала работы очистного забоя и за 9 месяцев до начала работ по проведению выработок, оконтуривающих выемочный участок.

В табл. 2 и 3 приведены данные для сравнения эффективности двух способов дегазации в условиях шахты «Ерунаковская VIII» в Кузбассе.

Как следует из анализа результатов промышленного применения, оба способа являются перспективными и обеспечивают устойчивую работу очистных и подготовительных забоев за счет сокращения их простоев по газовому фактору.

Выводы. Согласно результатам анализа применение плазменно-импульсного воздействия на угольный пласт и скважин направленного бурения является перспективным, обеспечивает высокие месячные темпы проведения подготовительных выработок 200 – 400 м и добычу угля из одного очистного забоя 15 – 30 тыс. т в месяц. Удельные затраты на извлечение метана с применением скважин направленного бурения на порядок ниже по сравнению с дегазацией после плазменно-импульсного воздействия на угольный массив.

Т а б л и ц а 3

Извлечение метана с применением плазменно-импульсного воздействия на угольный пласт и скважин направленного бурения, 2017 г.

Способ дегазации	Извлечение метана, тыс. м ³					
	май	июнь	июль	август	сентябрь	итого
ПИВ, выемочный участок 48-9	15	48	141	203	207	615
СНБ, выемочный участок 48-6	60	388	670	1181	557	2856