

К.К. Софийский, д.т.н.,
А.П. Петух, к.т.н., Э.И. Мучник, к.т.н.
(ИГТМ НАН Украины),
Д.М. Житленок, к.т.н.,
В.О. Московский, инж.
(ГП «Дзержинскуголь»)

ЯВЛЕНИЕ САМООРГАНИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ ДЕГАЗАЦИИ И ДЕФОРМАЦИИ УГЛЕПОРОДНОГО МАССИВА ПОСЛЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Дослідження процесів у вуглепородному масиві шляхом системних вимірів концентрації метану виробки та сейсмоакустичного моніторингу стану гірських порід дозволило встановити явище самоорганізації після гідродинамічної дії.

THE PHENOMENON OF SELF-ORGANIZING OF PROCESSES OF DECONTAMINATION AND DEFORMATION УГЛЕПОРОДНОГО OF THE FILE AFTER HYDRODYNAMIC INFLUENCE

Research of processes in a coal file by system measurements of concentration of methane of development and seismoacoustic monitoring of a condition of rocks has allowed to establish the phenomenon of synergetics after hydrodynamic influence.

Украина обладает огромными запасами твердого топлива – угля, разведанные ресурсы которого составляют 46,5 млрд т, а общие – 117,5 млрд т. Каждая тонна угля в зависимости от марочного состава содержит от 5 до 40 м³ метана. Наши специалисты оценивают общие объемы метана в угле в 1,2 трлн м³, а с учетом газа и в породах, эта цифра достигает 25 трлн м³. Однако, представляя одно из самых перспективных потенциальных источников энергии, метан сегодня является источником постоянной опасности для шахтеров, а также одним из самых крупных загрязнителей окружающей среды.

Выполнение комплексной программы интенсификации газовыделения из породно-угольного массива принесет следующие результаты:

освоение альтернативного вида топлива, которое уменьшает зависимость Украины от импорта энергоносителей, прежде всего природного газа из России и других стран СНГ;

снижение объема выбросов метана (одного из наиболее сильных «парниковых газов») в атмосферу угольными предприятиями Украины;

безопасность и большую продуктивность работы шахт.

Интенсификация газовыделения дает возможность существенно сократить число аварий, травм и несчастных случаев в угольной промышленности Украины. Причинами гибели горняков являются внезапные выбросы угля и газа, вызванные высокой газоносностью угля и пород, или взрывы в результате повышения концентрации метана в атмосфере выработок. Дегазация угольных пластов к началу горных работ и использование современных систем подземной дегазации способны значительно снизить аварийность и уровень смертельного травматизма на шахтах. Кроме того, удаление метана из выработок

увеличивает производительность работы и снижает себестоимость угля, поскольку уменьшается время простоев оборудования.

Объемы применения дегазации угольных шахт, важнейшего способа борьбы с газом и проявлениями газодинамических явлений, не соответствуют их газообильности, а применяемые методы и технологические схемы не обеспечивают необходимого уровня газобезопасности, при этом эффективность дегазации почти в два раза ниже, чем на зарубежных угледобывающих предприятиях. Отставание в дегазации угольных шахт и ее низкая эффективность сдерживают развитие подземной угледобычи, повышение концентрации горных работ и нагрузок на очистные забои, а также темпов проведения горных выработок, хотя технические средства для улучшения этих показателей имеются и успешно применяются на зарубежных шахтах.

Для интенсификации газовыделения через скважины представляется наиболее простым, эффективным и экологически чистым способ гидродинамического воздействия, разработанный Институтом геотехнической механики НАН Украины [1,2]. Он заключается в создании на границе с угольным массивом знакопеременных нагрузок водой, заполняющей пробуренную по углю скважину, что приводит к частичному разрушению угля, разупрочнению его в зоне влияния скважины и интенсификации газовыделения, благодаря созданию градиента давления, образующегося при обратной фильтрации воды в момент сброса давления в системе.

Для проведения работ по гидродинамическому воздействию на угольный пласт l_7^6 «Пугачевка-запад» из полевого штрека были пробурены шесть пар технологических скважин, по две на каждом пикете. Схема расположения скважин представлена на рис.1. Условия заложения скважин представлены в табл. 1.

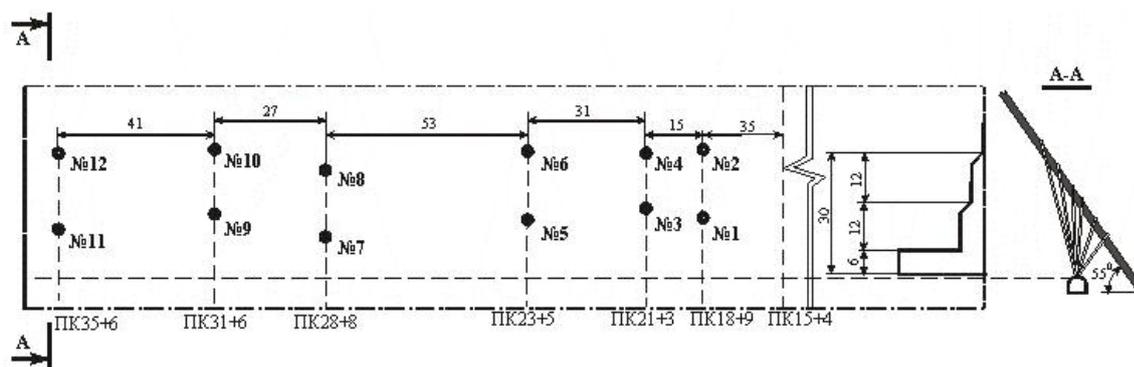


Рис.1 - Схема расположения технологических скважин

Расстояние между парами скважин варьировалось от 15 м до 53 м. Нижний ряд скважин бурился под углом от 12° до 18° к вертикальной плоскости, а их длина составляла от 12 м до 16 м. Верхний ряд скважин бурился под углом 90° к вертикальной плоскости, их длина составляла от 30 м до 42 м. Все скважины сооружались с перебуриванием пласта, диаметр скважин по углю – 96 мм. Длина скважин по породе составляла 6,5 м, диаметр 150 мм.

Таблица 1 - Условия заложения скважин

№№ скважин	№№ пикетов	Расстояние между скважинами, м	Длина скважин, м	Угол наклона к верт. плоскости, град.	Дата гидродинамического воздействия
1	ПК18+2	35	32	18	10.04.06
2			12	90	21.04.06
3	ПК21+3	24	35	15	02.07.06
4			15	90	25.06.06
5	ПК23+5	22	30	15	09.09.06
6			16	90	01.09.06
7	ПК28+8	53	36	12	18.12.06
8			21	90	12.12.06
9	ПК31+6	28	13,5	90	06.02.07
10			42	16	08.02.07
11	ПК35+6	40	12,5	90	18.06.07
12			32,7	17	27.07.07

Гидродинамическое воздействие через скважины производилось последовательно в направлении движения лавы.

Воздействие осуществлялось в следующей последовательности: закрывалась задвижка установки гидродинамического воздействия и насосной установкой создавалось давление в технологической скважине 2,0-7,0 МПа, затем в течении 0,5-1,0 сек. производился его сброс и осуществлялся выпуск разрушенного угля с водой и газом.

Сведения о результатах работы скважины представлены в табл. 2.

Таблица 2 - Результаты работы скважин

№ № скв.	К-во циклов	Масса выработанного угля, т	Общая масса угля по кусту, т	Объем извлеченного газа до начала очистных работ, м ³	Максимум акустической эмиссии	Дата гидродинамического воздействия	Дата начала очистных работ	Число суток между обработкой и началом очистных работ
1	31	2,5	8,5	21,7	7,8	10.04.06	29.06.06	69
2	44	6,0				21.04.06		
3	24	3,0	7,0	46,8	5,1	02.07.06	20.07.06	27
4	42	4,0				25.06.06		
5	17	0,4	0,8	20,9	5,3	09.09.06	27.10.06	48
6	30	0,4				01.09.06		
7	17	5,0	11,5	23,2	3,3	18.12.06	18.02.07	60
8	25	6,5				12.12.06		
9	37	8,0	17,0	29,5	5,1	06.02.07	15.05.07	97
10	19	9,0				08.02.07		
11	31	2,0	5,5	27,2	2,6	18.06.07	17.07.07	20
12	52	3,5				27.06.07		

По данным среднесуточных концентраций метана были определены объемы газа по каждой паре скважин и общий объем извлеченного газа:

ПК18+2 скважины 1-2	– 21715 м ³ ;
ПК21+3 скважины 3-4	– 46823 м ³ ;
ПК23+5 скважины 5-6	– 20966 м ³ ;
ПК28+8 – скважины 7-8	– 23213 м ³ ;
ПК31+6 скважины 9-10	– 29491 м ³ ;
ПК35+6 скважины 11-12	– 27244 м ³ .
Всего	169482 м ³ .

Фоновый объем метана в выработке составляет 56861 м³.

Объем извлеченного газа, исключая фоновую составляет:

$$V_{\text{извл.газа}} = 11262 \text{ м}^3.$$

Общий объем газа в зоне воздействия составляет:

$$V_{\text{общ}} = S h \gamma \chi,$$

где S – площадь зоны влияния скважин, м²; h – мощность пласта, м; γ – плотность угля, т/м³; χ – природная газоносность, м³/т.

$$V_{\text{общ}} = 321776 \text{ м}^3.$$

Коэффициент дегазации с учетом среднего фонового объема равен:

$$K_d = \frac{112621 \cdot 100}{321776} = 35\%.$$

Отработка пласта l^B -«Пугачевка-запад» проводилась под контролем звукоулавливающей аппаратуры «Украина» с января 1999 г. до конца декабря 2007 г. При этом гидродинамическое воздействие было применено перед отработкой пласта, начиная с апреля 2006 года до июля 2007 года.

За время отработки пласта до применения гидродинамического воздействия на участке произошло пять газодинамических явлений в нижней части очистного забоя, при этом фиксировалось значительное газовыделение, а характер сигналов, регистрируемых звукоулавливающей аппаратурой был аналогичен сигналам, регистрируемым при явлениях обрушения пород кровли как в выработанном пространстве, так и в призабойной части угольного пласта. Меры, применяемые для устранения указанных явлений, не дали желаемых результатов, поэтому было принято решение применить способ гидродинамического воздействия.

При гидродинамическом воздействии на угольный массив через скважину нарушается его равновесное состояние в месте воздействия вследствие разрушения и выхода части угля, что в свою очередь инициирует десорбцию и

выход газа.

В ходе промышленно-экспериментальных работ осуществлялся контроль изменений объемов выходящего из скважин газа и изменение состояния массива, фиксируемое значениями акустических сигналов.

Анализ исследуемых процессов показал следующее. Гидродинамическое воздействие изначально нарушает равновесие в массиве и инициирует самоорганизацию происходящих в нём процессов.

Наблюдается системная периодичность и последовательность деформаций обработанной зоны и газовыделения. Оба явления происходят последовательно, поддерживая некоторую неуравновешенность массива. Таким образом, гидродинамическое воздействие через скважину, проведенное в течение 1-2 суток инициирует процессы попеременного нарушения равновесия в массиве, который протекает в зоне влияния скважины, после чего затухает, достигая устойчивого равновесия. В данном случае мы наблюдаем явление, описываемое теорией синергетики - самоорганизацию сложной открытой системы взаимодействия горного давления, газосодержания и горно-геологических факторов, которые изменяются во времени и пространстве. Синергетика рассматривает закономерности поведения нелинейных открытых систем в состоянии неустойчивости, что достаточно близко к реальным условиям обеспечения безопасности проведения горных работ. Следует отметить, что газодинамическое явление также представляет собой самоорганизующийся процесс, протекающий на большой площади и с большой скоростью. Гидродинамическое воздействие задает этому процессу малую скорость, попеременно инициируя, перемещение зоны опорного давления и последующий выход небольших объемов газа, при этом процесс самоорганизации массива растягивается на 20-30 суток, постепенно переводя его в невыбрособезопасное состояние.

Ранее было теоретически обосновано, что можно не только контролировать процессы самоорганизации, но и управлять ими, создавая в массиве горных пород поле напряжений с определенными параметрами, и тем самым, добиваясь формирования таких литолого-геомеханических систем, которые будут обеспечивать своевременную дегазацию и деформацию углепородного массива, что позволяет снизить вероятность газодинамических явлений и повысить эффективность и безопасность горных работ [3, 4].

Сейсмоакустический мониторинг изменения напряженно-деформированного состояния углепородного массива в зоне влияния скважин

№ 1-12 пробуренных на пласт l^B -«Пугачевка-запад», был применен для изучения процессов деформации и перемещения зоны максимального опорного давления, происходящих в массиве после гидродинамического воздействия. Одновременно отслеживались процессы газовыделения в зоне влияния каждой пары скважин. Анализ замеров акустической эмиссии и объемов газовыделения показал следующее.

После проведения гидродинамического воздействия в течение 2-3-х суток идет снижение активности акустической эмиссии, затем она начинает расти и

достигает значений, определяющих вход в опасную зону (рис. 2, 3).

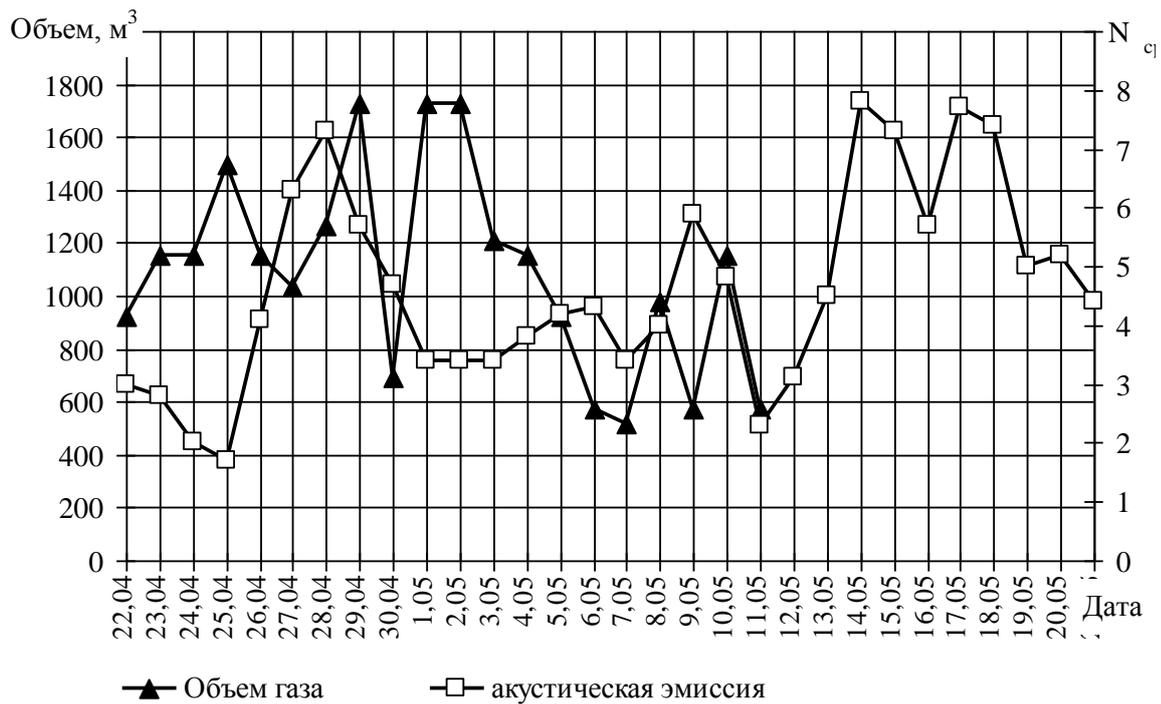


Рис. 2 - Динамика процессов газовыделения и деформации пласта l_7^b "Пугачевка-запад" после гидродинамического воздействия через скважины №1 и №2

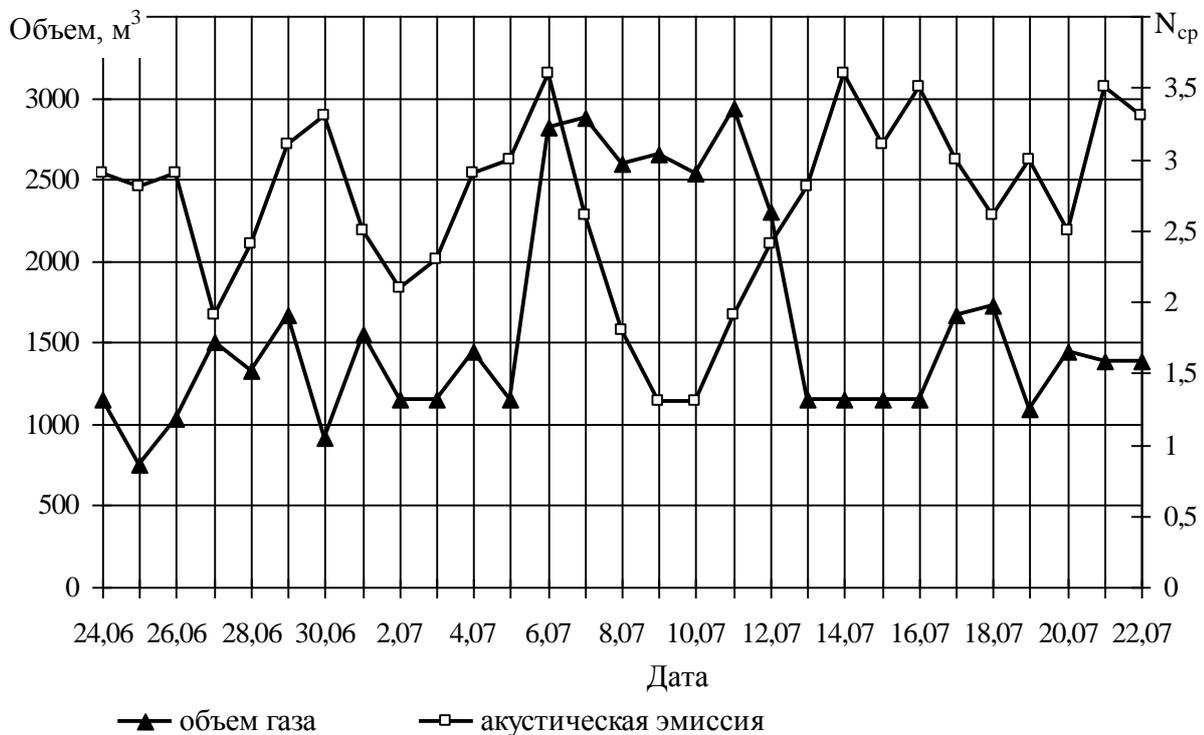


Рис. 3 - Динамика процессов газовыделения и деформации пласта l_7^b "Пугачевка-запад" после гидродинамического воздействия через скважины №3 и №4

Анализируя характер изменения процессов деформации массива и газовыделения из него, мы наблюдаем процесс самоорганизации: деформация создает условия для частичного газовыделения, что в свою очередь инициирует импульс для последующей деформации.

Наиболее интенсивный синергетический характер протекания процессов деформации и газовыделения в массиве наблюдается в зонах влияния скважин №№ 1-2 и 3-4 (см. рис. 2, 3).

Следует отметить также, что после гидродинамической обработки массива, через скважины, расположенные в конце участка (скважины № 11-12) активность процесса снижается, очевидно имеет место влияние скважин, обработанных ранее, т.е. процессы самоорганизации действуют на больших, чем считалось ранее, расстояниях 30 м (рис. 4).

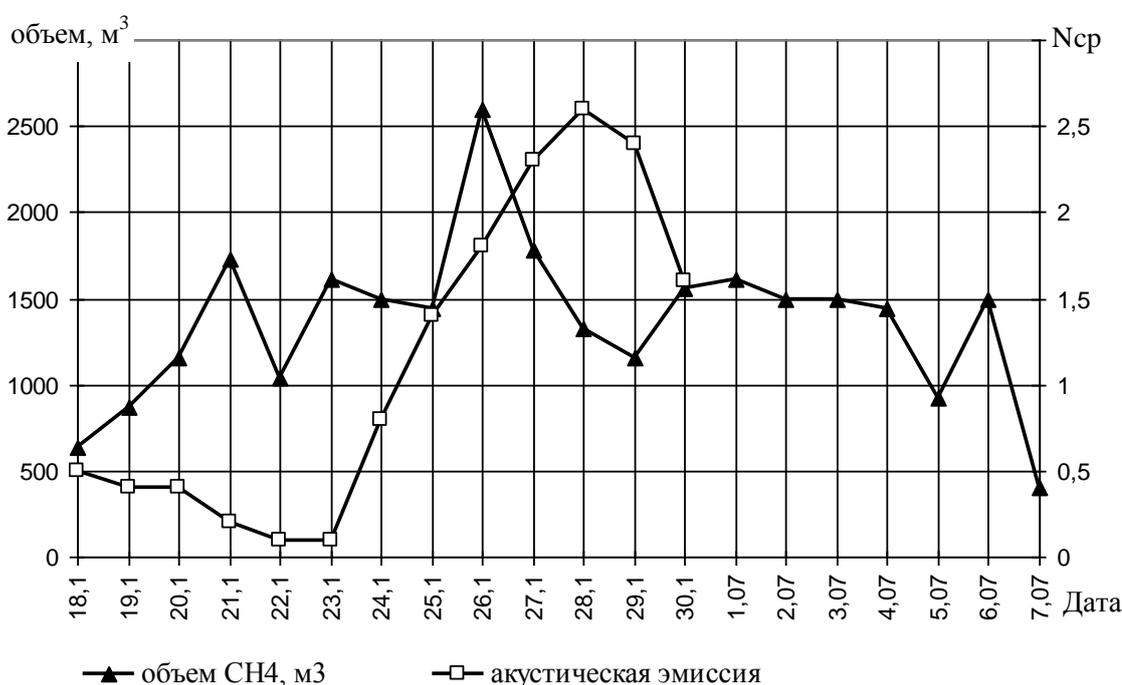


Рис. 4 - Динамика процессов газовыделения и деформации пласта l_7^b "Пугачевка-запад" после гидродинамического воздействия через скважины №11 и №12

Таким образом исследование процессов в углепородном массиве путем системных замеров концентрации метана в выработке и сейсмоакустического мониторинга состояния горных пород позволило установить явление саморганизации после гидродинамического воздействия на массив и условия его протекания. Полученные результаты позволили определить безопасные условия проведения очистных работ в выбросоопасных зонах потолкоуступных лав.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Булат, А.Ф. Концепция комплексной дегазации углепородного массива для условий шахты им. А.Ф. Засядько [Текст] / А.Ф. Булат // Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. тр. / Ин-т Геотехнической механики НАН Украины. – Днепропетровск, 2002. – Вып. 37. – С. 10-17.
2. Научное открытие № 123. Закономерность разрушения пористых газонасыщенных тел при циклическом гидродинамическом воздействии [Текст] / К.К. Софийский, Е.Г. Барадудин, Э.И. Мучник, В.Г. Алек-

сандров, Е.А. Воробьев // Научные открытия: Сборник кратких описаний.- 1999.- выпуск 2; – М.-Санкт-Петербург. – 2000.- С.36-38.

3. Паламарчук Т.А. Теоретичні основи геофізичної діагностики геомеханічного стану породного масиву з урахуванням синергетичних процесів / Т.А. Паламарчук // Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук. – Дніпропетровськ: – 2002. – 35 с.

4. Волновые и резонансные явления в массиве горных пород / [Б.М. Усаченко, Т.А. Паламарчук, А.А. Яланский, Н.Т. Бобро] // Импульсные процессы в механике сплошных сред. – Николаев: НАН Украины. – 1996. – 198 с.

Рекомендовано до публікації д.т.н Л.М. Васильєвим 18.08.09