

**ИЗМЕНЕНИЕ СОСТОЯНИЯ УГОЛЬНОГО МАССИВА  
ГИДРОДИНАМИЧЕСКИМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ**

На основі досліджень гідродинамічного впливу на напружені газонасичені шари описані процеси, що протікають при цьому у вуглепородному масиві, і зазначені перспективи застосування цього способу при підготовці, дегазації і відробці вугільних шарів.

**CHANGE OF THE CONDITION OF THE COAL MASSIF  
BY HYDRODYNAMICAL INFLUENCE**

On the basis of researches of hydrodynamical influence on the intense gas-saturated layers processes which proceed thus in a coal-rock massif are described, and prospects of application of this way are specified by preparation, degassing and development of coal layers.

С точки зрения общего падения экономических показателей в стране, угольная отрасль в последние годы отличалась самой низкой в мировой практике производительностью труда и самыми высокими затратами на добычу угля. Украинский уголь стал одним из самых дорогих в мире. Он вытесняется с украинского рынка, что еще более усложняет и без того непростое положение угольных предприятий [1]. Кроме экономических факторов на состояние угольной промышленности оказывают влияние условия залегания украинских угольных месторождений, не имеющие аналогов в мировой практике угледобычи.

В настоящее время 55% шахт ведут горные работы на глубинах порядка 1000 м, а к 2005 году более 25% шахт будут их вести на глубине более 1100 м [2]. Годовое понижение горных работ составляет 10-12 м. Работа на таких глубинах чрезвычайно сложна. Перед угольной отраслью Украины и наукой её обслуживающей стоят задачи, с которыми не сталкивались в мировой практике угледобычи.

В последнее время наблюдаются некоторые признаки реанимации угольной промышленности [3]. Возрос, по сравнению с 1996 г. объем добычи угля, подготовлены новые лавы, среднесуточная нагрузка составила 811 т. Однако, на фоне повышения объемов добычи угля наблюдается тенденция снижения объемов проведения вскрывающих и подготовительных выработок. За последние 10 лет при уменьшении объемов добычи угля в 1,7 раза, объем проведения вскрывающих и подготовительных выработок сократился в 2,6 раза, что привело к значительному сокращению готовых к выемке запасов. Складывается ситуация, при которой темпы отработки запасов в 1,5 раза превышают темпы их подготовки. Программой правительства предусмотрено применение технологий, обеспечивающих высокие темпы добычи угля, введение в эксплуатацию новых мощностей, строительство новых угольных горизонтов при обеспечении высокой степени безопасности ведения горных работ. Вместе с начинающимся подъемом угольной отрасли встают проблемы, характерные для ведения горных работ на глубоких горизонтах. Высокое

горное давление и высокая газоносность угольных месторождений обуславливают огромную степень риска развязывания газодинамических явлений при проведении подготовительных и очистных работ. Большинство действующих шахт являются сверхкатегорными по газу. Газообильность основных коксующихся марок угля на глубине 800-1000 м составляет 80-100 м<sup>3</sup>/т, а на глубине 1000-1200 м она достигает 140 м<sup>3</sup>/т [4]. Предполагалось, что по мере совершенствования техники и технологии основным принципом предотвращения выбросов станет применение специальной технологии очистных работ. Однако опыт ведения горных работ показывает, что ни применение отдельных технологических элементов, ни использование оптимального их сочетания не дает полной гарантии предотвращения внезапных выбросов угля и газа [5].

В плане создания новых технологий представляется весьма перспективной идея использования для разгрузки и дегазации таких отрицательных факторов газонасыщенного выбросоопасного массива как высокое газосодержание и неоднородность массива, обусловленная природными и техногенными причинами. ИГТМ НАН Украины разработан способ гидродинамического воздействия на напряженный газонасыщенный углепородный массив, применение которого позволяет произвести разгрузку и дегазацию значительной площади массива при сравнительно небольшом объеме работ, производимом в достаточно короткие сроки. Использование этого способа особенно эффективно в условиях выбросоопасных угольных пластов, зонах ПГД и зонах геологических нарушений. Способ принципиально отличается от применяемых в настоящее время низконапорного увлажнения, гидроразрыва, гидрорыхления и гидрорасчленения.

Идея способа - инициирование управляемого процесса разрушения на заданном участке газонасыщенного угольного пласта. Известно, что газодинамические явления возникают вследствие резкого изменения напряженного состояния угольного пласта и сопровождаются частичным или полным разрушением угля и бурной десорбцией и выделением метана. Способ гидродинамического воздействия предполагает нарушение механического и газового равновесия в системе «скважина – угольный пласт» путем циклического изменения направления приложения давления в диапазоне от 2 до 4 МПа, используя при этом совокупность природных и техногенных факторов развязывания газодинамических явлений.

Способ гидродинамического воздействия на газонасыщенные угольные пласты через скважины, пробуренные как из забоя, так и с поверхности – это комплекс операций, инициирующий разрушение угольного пласта и активное газовыделение, скорость которых ограничивается сечением скважины и регулируется посредством специального оборудования. Сущность процесса гидродинамического воздействия заключается в приложении к свободным поверхностям угольного пласта знакопеременных нагрузок, создаваемых подачей в пласт рабочей жидкости под давлением с последующим его сбросом. При подаче рабочей жидкости в пласт открытые поры угля заполняются водой. При этом по каналам, превышающим размеры 10<sup>-7</sup> см, идет прямая фильтрация

свободной воды. В момент сброса давления происходит резкое нарушение равновесия в системе и быстрое перераспределение напряжений в массиве. Жидкость и вытесняющий её газ движутся в сторону скважины. Однако скорость изменения давления в системе значительно опережает скорость обратной фильтрации, и образовавшийся градиент давления отрывает заполненный водой слой угля. Резкое падение давления в системе в момент отрыва угля, а также образование при этом новых поверхностей обнажения вызывают стремительную десорбцию метана, что в свою очередь способствует дальнейшему разрушению угля и образованию новых поверхностей. Повторение циклов изменения давления в скважине способствует развитию процессов разрушения угольного пласта и десорбции газа, вплоть до достижения процесса, так называемого «самоподдерживающегося разрушения». Процессы разрушения угля и сопровождающей его десорбции газа продолжаются до тех пор, пока перераспределение напряжений не приведет к новому равновесному состоянию на обработанном участке угольного массива, и в пласте не образуется достаточное число каналов, по которым подаваемая рабочая жидкость может свободно двигаться, не создавая сопротивления, необходимого для отрыва слоя угля от массива. По достижении такого положения процесс гидродинамического воздействия затухает. Внутри угольного массива образуется зона разупрочненного угля со значительной поверхностью обнажения, с которой десорбируется газ, при этом газовыделение продолжается в течение значительного времени.

В результате шахтных экспериментальных исследований были получены данные, позволившие изучить ряд изменений, происходящих в структуре угольного пласта при гидродинамическом воздействии, а также установить взаимозависимости между рядом параметров, которые в конечном итоге позволяют прогнозировать результаты воздействия как при разупрочнении, так и при его дегазации. С этой целью, исходя из объемов извлекаемого из скважины угля и добытого газа рассчитана удельная и общая поверхность обнажения дезинтегрированного угля, объем и радиус зоны дезинтеграции угля внутри массива, т.е. зона эффективного влияния гидродинамического воздействия. Получено статистическое уравнение, устанавливающее взаимосвязь между объемом добываемого газа и массой извлеченного из скважины угля:

$$V_2^c = (0,33q - 0,48)10^3,$$

где  $V_2^c$  – объем добытого газа, м<sup>3</sup>;  $q$  – масса извлеченного угля, т.

Параметры дезинтеграции и дегазации угольных пластов представлены в таблице 1.

Использование гидродинамического воздействия как одного из элементов технологии подготовки и отработки газонасыщенных и выбросоопасных угольных пластов представляется весьма перспективным. К настоящему време-

Таблица 1 - Параметры дезинтеграции и дегазации угольных пластов при гидродинамическом воздействии

№Кл/п	Шахта	Пласт	Газоносность, $\chi_2$ , м <sup>3</sup> /т	Масса добытого угля, $q$ , т	Мощность пласта, т, м	Объем добытого угля, $V_1^y$ , м <sup>3</sup>	Объем добытого газа, $V_2^z$ , м <sup>3</sup>	Внешн. дупляная поверхн. добытого угля, $S_2 \cdot 10^{-4}$ м <sup>2</sup> /т	Общая поверхн. добытого угля, $S_1 \cdot 10^{-5}$ м <sup>2</sup>	Объем газа снятого с добыт. угля, $V_1^z$ , м <sup>3</sup>	Общая поверхн. обожжения дезинтегр. угля, $S_2 \cdot 10^{-6}$ м <sup>2</sup>	Радиус зоны дезинт. угля, $R_2$ , м	Объем дезинтегр. угля, $V_2^z$ , м <sup>3</sup>	Процент извлечения угля, %	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1.	Шахта	$k_5$ - Подпяток	15	14,0	1,30	10,0	2700	0,80	1,2	210	1,5	5,5	125,0	8,0	
2.		$l_4$ - Девятка	25	14,0	1,65	10,0	6500	2,10	2,9	350	5,4	6,0	186,2	5,4	
3.		$m_3$ - Толстый	21	15,0	1,75	10,7	4000	0,75	1,1	315	1,4	5,0	137,4	7,8	
4.		$k_5$ - Подпяток	15	17,5	1,30	12,5	3500	0,80	1,4	262	1,9	6,4	170,5	7,2	
5.		$l_4$ - Девятка	25	13,0	1,50	9,3	11200	2,10	2,7	325	9,4	8,3	324,5	5,0	
6.		$k_5$ - Подпяток	20	7,5	1,60	5,4	3900	0,80	0,6	150	1,6	5,3	144,0	3,8	
7.		$l_4$ - Девятка	25	10,5	1,30	7,5	5000	2,10	2,2	262	4,2	5,9	143,1	5,3	
8.		$l_3$ - Мазурка	27	57,0	2,80	40,7	8800	1,90	10,8	1539	15,5	8,2	591,0	17,6	
9.		$k_7$ - Юлевский	21	13,0	1,81	9,3	4600	1,95	2,5	273	4,3	5,2	159,6	5,8	
10.		$l_4$ - Девятка	15	35,0	1,12	25,0	6300	2,10	7,4	525	8,8	9,2	297,7	8,4	
11.		$l_3$ - Мазурка	18	25,0	3,10	17,8	6000	1,90	4,8	450	6,3	4,8	233,7	7,6	
12.		$k_7$ - Юлевский	21	19,0	2,52	13,6	4200	1,90	3,6	399	3,8	4,2	143,0	9,7	
13.		$l_3$ - Мазурка	18	95,0	3,00	67,8	8000	1,90	18,0	1710	8,4	5,8	317,0	21,0	
14.		им. Лавото	$l_4$ - Анатольевский	17	21,0	1,27	15,0	5350	0,80	1,8	357	2,7 · 10 <sup>6</sup>	7,5	224,3	6,7
15.			$l_4$ - Анатольевский	18	30,0	1,25	21,4	5000	0,90	2,7	540	2,5 · 10 <sup>6</sup>	7,1	198,0	10,8
16.		им. Лавото	$l_4$ - Девятка	15	24,0	0,86	17,0	6500	2,10	5,2	360	9,1 · 10 <sup>6</sup>	10,6	309,1	5,5

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
17.	Кондратьевка	$l_3$ - Мазур	20	14,0	1,20	10,0	2500	1,75	1,7	280	2,6	6,3	152,9	9,8
18.		$k_5$ - Пята	12	15,0	1,10	10,7	3500	1,8	2,7	180	5,2	7,7	204,8	5,2
19.		$k_5$ - Пята	21	20,0	1,15	14,3	5800	1,8	3,6	450	5,0	7,4	197,7	7,2
20.		$k_5$ - Пята	21	10,0	1,15	7,1	6000	1,8	1,8	210	5,1	7,4	200,1	3,5
21.	Юнком	$l_1$ - Мазур	20	39,0	1,20	27,8	7000	1,25	4,9	780	4,4	8,1	247,2	11,2
22.		$l_1$ - Мазур	21	39,0	1,20	27,8	7000	1,75	6,8	819	5,8	8,1	247,2	11,8
23.		$k_8$ - Каменка	25	30,0	1,05	21,4	7700	1,5	4,5	750	5,5	8,9	261,5	8,2
24.	им. Тарнина	$l_7$ - Пугачевка	22	17,0	1,08	12,1	6000	2,0	346	374	5,4	7,5	191,0	6,3
25.		$k_4$ - Рудный	15	5,0	0,38	3,6	3200	1,8	0,9	75	3,8	11,2	152,0	2,3
26.	им. Артема	$l_7$ - Пугачевка	23	13,0	0,79	9,3	7500	2,0	2,6	299	6,5	9,7	232,5	3,4

ни сотрудниками ИГТМ НАН Украины способ опробован в условиях вскрытия более 160 крутых выбросоопасных пластов квершлагами; при проведении пластовых подготовительных выработок по газонасыщенным пластам (общая протяженность подготовительных выработок, проведенных с применением гидродинамического воздействия, составила 165 м); для снижения выбросоопасности в зонах повышенного горного давления при отработке угольных пластов щитовыми агрегатами; для скважинной добычи угля из зон горно-геологических нарушений и на участках, где применение традиционной добычной техники невозможно, при этом коэффициент извлечения угля достигал 0,6.

В настоящее время на шахте им. А.Ф. Засядько отрабатываются параметры и технология гидродинамического воздействия с целью дегазации углепородного массива перед отработкой пласта, что позволит существенно повысить темпы добычи угля и безопасность этого процесса.

Учитывая то обстоятельство, что дегазация пластов с помощью гидродинамического воздействия осуществляется системой скважин, из которых под давлением выходит метан 100%-ной концентрации, возможно применение воздействия для добычи газа. Однако, для этого необходимо создание средств его транспортировки и сбора.

Следует сказать, что во всех перечисленных случаях применения гидродинамического воздействия на газонасыщенные и выбросоопасные пласты были достигнуты высокие результаты: эффективная дегазация, изменение напряженно-деформированного состояния массива в сторону уравнивания напряжений, предотвращение возможности внезапных выбросов при внедрении в выбросоопасные пласты. Способ гидродинамического воздействия имеет ряд существенных преимуществ перед применяемыми в настоящее время мероприятиями по изменению напряженно-деформированного состояния и дегазации газонасыщенных и выбросоопасных угольных пластов, а именно: сравнительно небольшое число сооружаемых скважин; значительные площади разгрузки одной скважиной; широкую область применения; применение в качестве основных узлов устройства для гидродинамического воздействия оборудования, серийно выпускаемого отечественными предприятиями; компактность и малая металлоёмкость устройства, удобство его монтажа и перемещения; низкая энергоёмкость выполняемых работ.

Применение гидродинамического воздействия на газонасыщенные и выбросоопасные пласты с целью их дегазации и разгрузки показало, что способ позволяет значительно интенсифицировать процесс дегазации пласта; разгрузить обработанный участок, существенно отодвинув зону максимального опорного давления вглубь массива; разупрочнить и увлажнить уголь, понизив его крепость и пылеобразование, что позволяет значительно повысить темпы отработки, снизить энергозатраты на процесс добычи, а также повысить безопасность труда горнорабочих; производить добычу метана высокой концентрации ввиду того, что газ из скважин выходит под избыточным давлением, исключаящим подсос воздуха.

Результаты теоретических и лабораторных исследований гидродинамического воздействия на пористые среды, а также значительный объем статистических данных о его применении в условиях газонасыщенного и выбросоопасного углепородного массива показывают, что предлагаемый способ является эффективным, технологичным, достаточно универсальным для использования его с целью дегазации и изменения напряженно-деформированного состояния и, что самое главное, безопасным.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Булат А.Ф. О фундаментальных проблемах разработки угольных месторождений Украины // Уголь Украины. – 1997. - № 1. – С. 14-17.
2. Программа развития угольной промышленности и социальной сферы шахтерских регионов на период до 2005 г.: Утв. Постановлением КМ Украины 02.03.94, №141. – К., 1994. – 57 с.
3. Хомуляк В.Г. Итоги прошедшего года // Уголь Украины. – 2001. - № 1. – С. 3-5.
4. Большиков П.Я. Разработка научной концепции перевода действующих шахт на качественно новый технико-экономический уровень // Сб. Научно-прикладные проблемы разработки крутых и крутонаклонных угольных пластов Донбасса. – Донецк: Регион. – 1999. – С. 71-79.
5. Степанович Г.Я. Центральный район Донбасса – быть или не быть? // Сб. Научно-прикладные проблемы разработки крутых и крутонаклонных угольных пластов Донбасса. – Донецк: Регион. – 1999. – С. 26-38.
6. Софийский К.К., Калфакчиан А.П., Воробьев Е.А. Нетрадиционные способы предотвращения выбросов и добычи угля. – М.: Недра, 1994. – 192 с.
7. Софийский К.К., Мучник Э.И., Воробьев Е.А. Перспективы применения гидродинамического воздействия на угольные пласты // Уголь Украины. – 1997. - №8. – С. 36-37.

УДК 622.281.74

П.Я. Большаков, В.В. Виноградов

### **АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРИЕМОЧНЫХ ИСПЫТАНИЙ ТЕХНОЛОГИИ И МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ АНКЕРНОГО КРЕПЛЕНИЯ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК**

Наведено результати приймальних випробувань технології та матеріально-технічних засобів анкерного кріплення, які було проведено у 2000-2002 роках на шахті "Павлоградська" ДХК "Павлоградвугілля" в умовах 551 збірного штреку пласту С<sub>5</sub>.

### **THE ANALYSIS OF RESULTS OF ACCEPTANCE TESTS OF TECHNOLOGY AND MATERIAL-TECHNICAL MEANS OF ANCHORAGE FASTENING OF ROCK DEVELOPMENTS**

Results of acceptance tests of technology and material – technical means of anchorage fastening which were spent in 2000-2002 years on mine "Pavlogradskaya" SHC "Pavlogradugol" in conditions of 551 modular drift of layer С<sub>5</sub> are given.

В 2000-2002 годах на шахтах Украины проводились отраслевые приемочные испытания анкерных систем крепления горных выработок. Базовой шахтой для проведения испытаний была выбрана шахта "Павлоградская" ГХК "Павлоград-уголь", где с применением новой технологии анкерного крепления проведено свыше 1000 м выработки (551 сборного штрека пл. С<sub>5</sub>).

Сборный штрек предназначен для подготовки и обслуживания 551 лавы, его протяженность – 1342 м, в том числе с чисто анкерной крепью 904 м. Форма поперечного сечения – прямоугольная со скругленными углами: высота (вчере) – 2800 мм, ширина - 4000 мм.