

УДК 622.831.322: 622.831.325

**ДЕГАЗАЦИЯ УГОЛЬНЫХ МАССИВОВ  
ГИДРОДИНАМИЧЕСКИМ СПОСОБОМ ПРИ  
ПРОВЕДЕНИИ ВЫРАБОТОК ПО ПЛАСТАМ, СКЛОННЫМ  
К ГАЗОДИНАМИЧЕСКИМ ЯВЛЕНИЯМ**

**Софийский К. К., Гаврилов В. И.**

*(ИГТМ НАНУ, г. Днепрпетровск, Украина)*

**Пищев А. В.**

*(МакНИИ, г. Макеевка, Украина)*

*Наведено результати досліджень впливу гідродинамічної дії на зміну напружено-деформованого стану крутого викидонебезпечного вугільного пласта при проведенні підготовчої виробки.*

*The results of the study of hydrodynamic impact on the changes in stress-deformation state of steep outburst-prone coal seam when driving development working are described.*

Постоянно возрастающая глубина разработки является одним из доминирующих факторов, негативно влияющих на экономические показатели работы шахт. Интенсификация работ и рост глубины шахт сопряжены с дальнейшим увеличением основных естественных опасностей – возрастает вероятность проявления внезапных выбросов угля и газа [1].

В 2011 г. на шахтах Донбасса произошло 29 ГДЯ, из них: внезапных обрушений – 1; выбросов угля и газа (при сотрясательном взрывании по углю) – 21; выбросов песчаника (при сотрясательном взрывании по породе) – 7 [2].

Проблема дегазации тонких угольных пластов, не разгруженных от горного давления, до сих пор не решена, поэтому главным механизмом, регулирующим допустимую нагрузку по газу на всю технологию горного производства, остается разбав-

ление метана воздухом, выделяющегося из разрабатываемого пласта и вмещающих его пород [3]. Применение существующих мероприятий приводит к значительному повышению себестоимости добываемого угля и не всегда обеспечивает положительный эффект, что является причиной снижения скоростей проходки и увеличения долевого участия сплошной системы разработки.

ИГТМ НАН Украины в соответствии с планами научно-исследовательских работ (научно-техническая проблема «Розробити технологічні схеми способу пошарового руйнування напружених газонасичених середовищ при нетрадиційній гідродинамічній дії» и программой Минуглепрома Украины «Розробити системи контролю, способи та технології управління станом крайнапружених і вибухонебезпечних гірничих порід та вугілля») разработан гидродинамический способ предотвращения внезапных выбросов угля и газа при проведении пластовых подготовительных выработок [4].

Горно-экспериментальные работы по исследованию изменения напряженно-деформированного состояния угольных пластов, склонных к ГДЯ, проводили в ГП «Дзержинскуголь» в подготовительных забоях откаточных штреков горизонта 1160 м по пластам  $k_8$  – «Каменка» – восток (участок № 95),  $k_8$  – «Каменка» – запад (участок № 96),  $l_5$  – «Соленый» – запад (участок № 72) шахты «Северная» и откаточного штрека горизонта 1026 м по пласту  $k_8$  – «Каменка» – восток (участок № 95) шахты им. Ф. Э. Дзержинского.

Для выполнения гидродинамического воздействия на выбросоопасный угольный пласт по породам почвы (кровли) пласта из забоя проводимой выработки бурили технологическую скважину таким образом, чтобы длина породной части была не менее 8 м. Бурение осуществляли до полного перебуривания пласта или появления предупредительных признаков внезапного выброса. В породную часть скважины устанавливали обсадную трубу и герметизировали затрубное пространство цементно-песчаным раствором. На обсадную трубу монтировали устройство для гидродинамического воздействия (УВГ) и подключали его к водо- и воздухоподающим шахтным магистралям. В скважину через обсадную трубу подавали воду. При достижении расчетного давле-

ния осуществляли открытие задвижки УВГ, в результате чего происходил резкий сброс давления в угольной части скважины. Таким образом, в пласте создавали разность давлений, достаточную для разрушения некоторой прискважинной области пласта. Часть разрушенного угля вместе с рабочей жидкостью из скважины выбрасывалась в проводимую выработку. Вместе с ними в выработку поступал и выделившийся при разрушении угля газ. Многократное повторение циклов «нагнетание-сброс жидкости» приводил к разрушению значительных объемов угольного пласта и существенному перераспределению сил горного и газового давлений, в результате чего обработанная часть пласта приходила в невыбросоопасное состояние. Гидродинамическое воздействие осуществляли до прекращения выхода из технологической скважины разрушенного угля.

Подготовку участка осуществляли следующим образом. Из забоя проводимой горной выработки по наиболее выбросоопасной (нарушенной) пачке угля мощностью не менее 0,2 м бурили два контрольных шпура диаметром 42 мм. Шпуры бурили по одному в верхней и нижней частях выработки и располагали их таким образом, чтобы устье каждого из шпуров находилось на расстоянии 0,5 м от контура выработки, а забой выходил за проектный контур на 4 м (рис. 1).

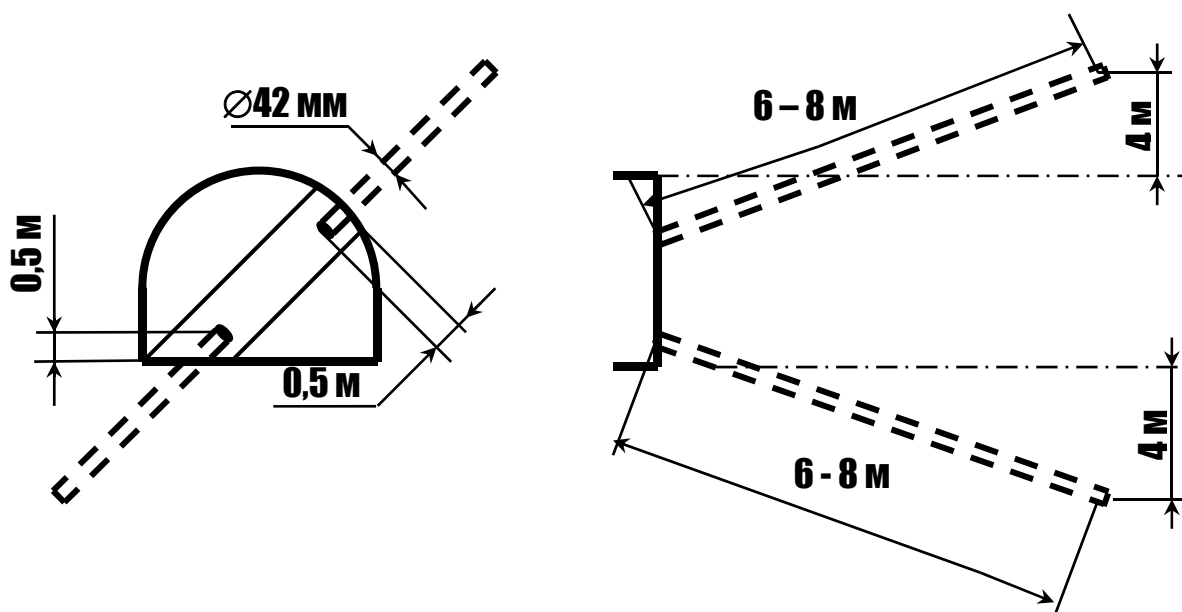


Рис. 1. Расположение контрольных шпуров

При бурении производили измерения начальной скорости газовыделения на интервалах 1,5, 2,5 и 3,5 м. По завершении бурения в шпуров вводили медную трубку диаметром 6 мм на глубину 5-7 м. Шпуров герметизировали [9], после чего к трубкам подсоединяли манометры для определения пластового давления газа.

В период набора тампонажным раствором паспортной прочности, производили замеры кажущегося электрометрического сопротивления при помощи прибора ШИИС-3М и четырехэлектродного потенциометрического зонда [10].

Вместе с этим проводили наблюдения за содержанием метана в забое выработки и на исходящей струе при помощи установленных в соответствующих местах термокаталитических датчиков АГК.

Во время воздействия производили мониторинг выхода угля из технологической скважины и наблюдение за изменением пластового давления газа по показаниям манометров, установленных в контрольных шпурах.

После демонтажа оборудования осуществляли контроль эффективности гидродинамического воздействия нормативным методом по начальной скорости газовыделения из контрольных шпуров [11]. По результатам поинтервальных измерений газовыделения определяли величину разгруженной зоны пласта.

Основные результаты горно-экспериментальных работ представлены в таблице 1.

В результате воздействия во всех случаях было зафиксировано снижение пластового давления до значений, не превышающих 0,7 МПа (рис. 2). Объем выделившегося газа при производстве гидродинамического воздействия в выработках составлял от 5900 м<sup>3</sup> до 7900 м<sup>3</sup>, а коэффициент дегазации обработанной зоны находился в диапазоне 0,58–0,88.

Таблица 1

Результаты горно-экспериментальных работ по дегазации и  
 снижению газодинамической активности угольных  
 пластов гидродинамическим воздействием

Дата проведения эксперимента	Февраль 1993 г.	Май 1994 г.	Июль 1994 г.	Декабрь 1995 г.	Июнь 1996 г.
Шахта	«Северная»				им. Ф.Э. Дзержинского
Пласт	$l_5$	$l_5$	$l_5$	$k_8$	$k_8$
Пластовое давление газа, МПа:					
до воздействия:					
- верхний шпур	1,7	1,3	1,2	1,1	1,5
- нижний шпур	1,6	1,5	1,4	1,1	1,8
после воздействия:					
- верхний шпур	0,7	0,3	0,3	0,3	0,1
- нижний шпур	0,6	0,4	0,3	0,5	0,1
Размер разгруженной зоны по ходу движения выработки, м	12	40	37	30	28
Время воздействия, ч	6,5	7,5	6,5	3,3	7,0
Максимальное давление в скважине, МПа	5	3	3	4,5	6
Количество циклов	90	165	86	33	46
Количество циклов на инициирование разрушения	9	10	8	25	22
Количество извлеченного угля, т	9	13	9	2	7
Начальная скорость газовыделения в обработанной зоне л/мин	0,3	0,3	0	0	0
Продолжительность цикла, мин	5-10	5-10	5-10	5-7	8-15

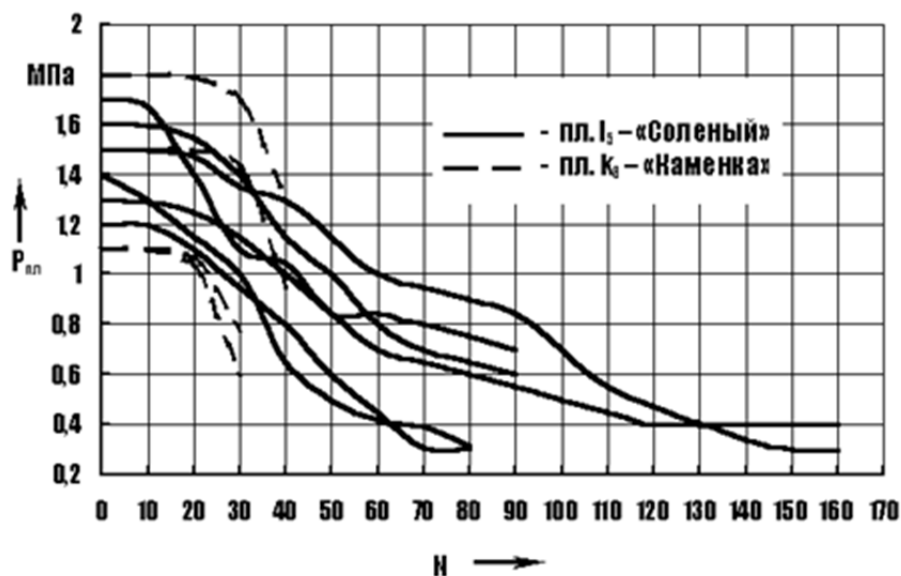


Рис. 2. Изменение пластового давления газа в процессе гидродинамического воздействия

Изменение концентрации метана в забое выработки в процессе ГДВ представлено на рисунке 3. График построен по максимальным значениям концентраций после каждого цикла воздействия. При подаче в забой воздуха в количестве более  $150 \text{ м}^3/\text{мин}$  концентрация метана снижалась до фоновой за время, не превышающее продолжительности цикла воздействия.

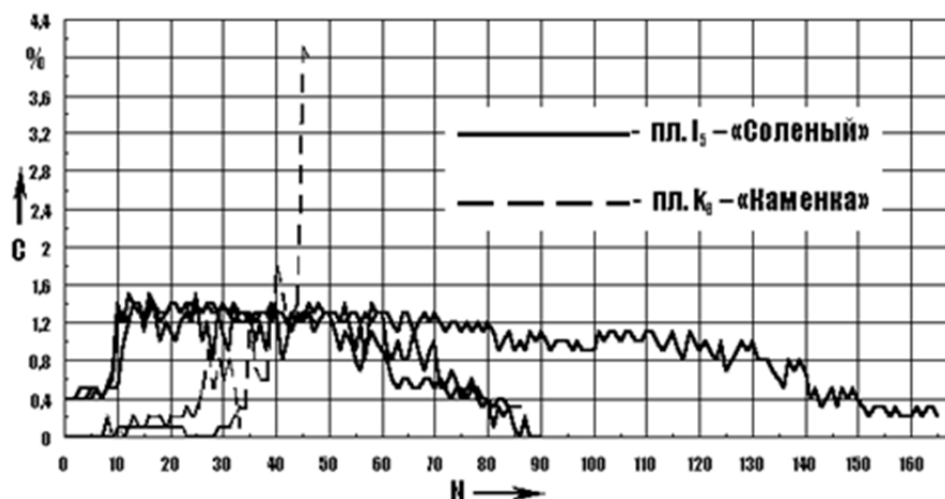


Рис. 3. Концентрация метана в забое выработки при гидродинамическом воздействии

В процессе проведения выработки по разгруженной зоне были зафиксированы пониженные значения концентрации метана в забое и на исходящей струе по сравнению с концентрацией при применении увлажнения. Так, после БВР и проветривания забоя уровень концентрации метана при применении увлажнения составлял 0,3-0,4 %, а при проведении выработки в дегазированной зоне в результате ГДВ концентрация метана в забое выработки не превышала 0,2 %. При выходе из разгруженной зоны концентрация увеличивалась до 0,4 % (рис. 4).

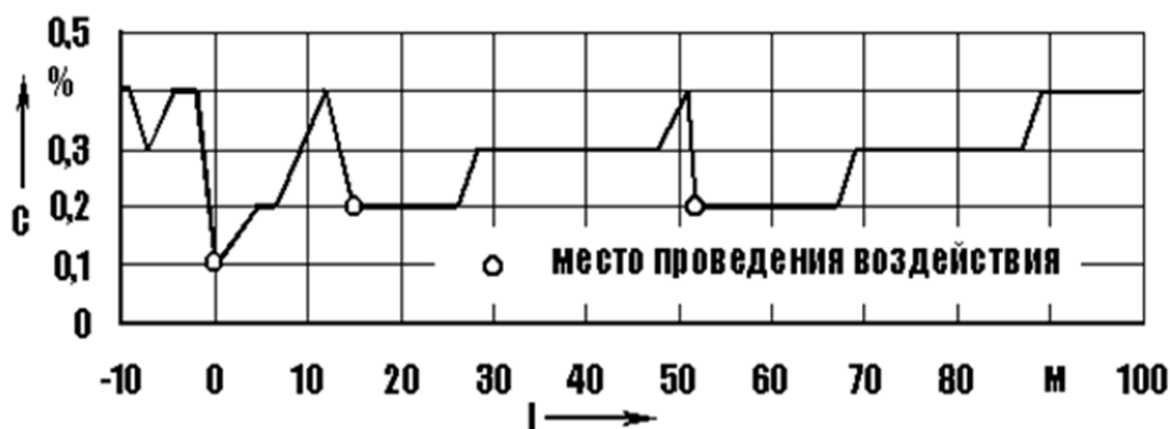
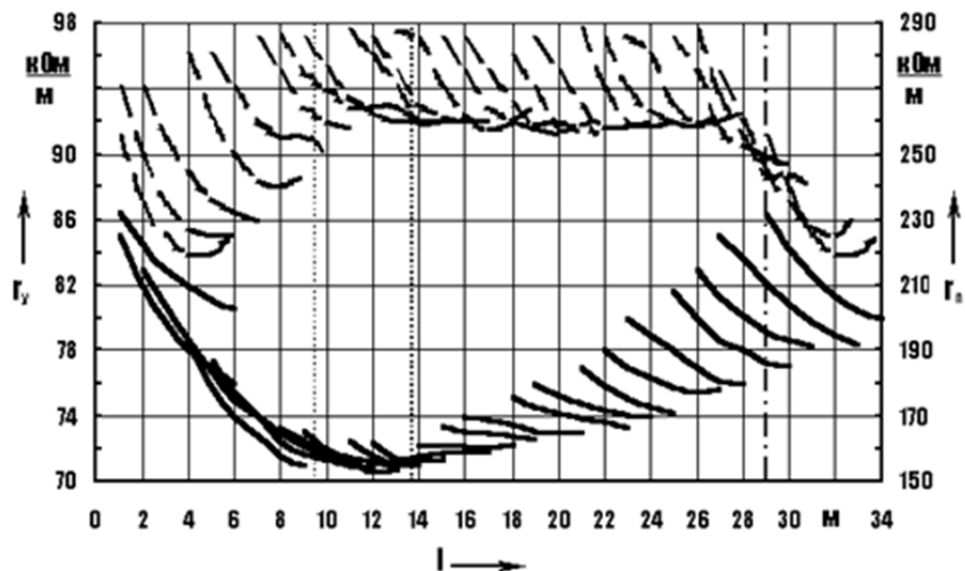


Рис. 4. Концентрация метана в забое откаточного штрека гор. 1160 м пл.  $l_5$  – «Соленый» - запад

Кроме того, анализ таблицы 1 показывает значительное уменьшение начальной скорости газовыделения из призабойной зоны угольных пластов. Для пласта  $l_5$  этот показатель в обработанной зоне не превышал 0,3 л/мин, а при проведении выработок по пласту  $k_8$  выделение газа из шпуров происходило лишь на выходе из разгруженной зоны.

Гидродинамическое воздействие на угольные пласты из забоев откаточных выработок приводит к изменению напряженно-деформированного состояния, как пласта, так и вмещающих его пород (рис. 5). Проведенные измерения электросопротивления  $\rho_k$  в почве пласта  $k_8$  – «Каменка-восток» при проведении откаточного штрека на горизонте 1026 м шахты им. Ф. Э. Дзержинского на глубину до 6 м после каждой заходки указывают на увеличение

сопротивления сланца в разгруженной зоне, что возможно при образовании дополнительной сети трещин и раскрытию существующих трещин и пор.



— -  $r_y$ ; - - - - -  $r_n$ ; ..... - место входа скважины в угольный пласт; ..... - место забоя скважины; - · - · - · - граница зоны эффективности

Рис. 5. Изменение кажущегося электрического сопротивления угля  $r_y$  и песчано-глинистого сланца  $r_n$  при проведении подготовительной выработки в разгруженной зоне пласта

В угольном пласте электрическое сопротивление в зоне разгрузки уменьшилось, несмотря на увеличение его пористости и значительное дополнительное трещинообразование в результате извлечения из скважины 7 т угля. Уменьшение сопротивления указывает на то, что основным фактором, повлиявшим на изменение электрических характеристик пласта, является его увлажнение. Это подтверждается тем обстоятельством, что наименьшие значения электрического сопротивления приходятся на прискважинную зону угольного пласта, т.е. на наиболее нарушенную его часть. Но именно эта часть наиболее насыщена водой, и



влажность угля с удалением от скважины, естественно, уменьшается.

Таким образом, увеличение электросопротивления пород свидетельствует о снижении сил горного давления и равномерном его рассредоточении в зоне обработки, а уменьшение электросопротивления угольного пласта указывает на существенное повышение его влажности. Эти факторы свидетельствует о разгрузке пласта и его переводу в невыбросоопасное состояние.

В результате применения гидродинамического воздействия на выбросоопасных угольных пластах  $l_5$  – «Соленый» и  $k_8$  – «Каменка» 5 опасных зон были дегазированы и переведены в разряд неопасных. Общая протяженность дегазированных и разгруженных от горного давления участков выбросоопасных зон угольных пластов составила 147 м. Темпы проведения выработок в обработанных ГДВ зонах возросли, по сравнению с существующими, в 2,5 раза. Признаков газодинамических явлений не наблюдалось. Работы велись в режиме сотрясательного взрывания с применением текущего прогноза выбросоопасности по начальной скорости газовыделения из шпуров.

## СПИСОК ССЫЛОК

1. Волошин Н. Е. Газовыделение при выбросах / Н. Е. Волошин, А. Е. Ольховиченко. — Донецк : Кассиопея, 2008. — 54 с.
2. Об отработке угольных пластов Донбасса, склонных к газодинамическим явлениям / И. А. Яценко, А. В. Никифоров, Т. Я. Мхатвари [и др.] // Уголь Украины. — 2012. — № 9. — С. 15—20.
3. Малашкина В. А. Особенности проектирования систем дегазации угольных шахт / В. А. Малашкина // Уголь. — 2009. — № 1. — С. 31—34.
4. Правила ведення гірничих робіт на пластах, схильних до газодинамічних явищ (СОУ 10.1.00174088.011-2005). — Київ : Мінвуглепром України, 2005. — 224 с.