

Отдел проблем технологий подземной
разработки угольных месторождений,
зав. отделом, д-р техн. наук К.К. Софийский

**СПОСОБЫ ДЕГАЗАЦИИ И ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ
ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ ПОРОДОУГОЛЬНОГО МАССИВА
С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО,
ПНЕВМОГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО, ПНЕВМОДИНАМИЧЕСКОГО
ВИБРАЦИОННОГО И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЙ**

Наведено матеріали щодо наукових та практичних результатів використання гідродинамічних, пневмогідродинамічних, пневмодинамічних, вібраційних та мікробіологічних дій щодо розробки нових способів дії на газонасичені вугільні пласти, зокрема при розкритті викидонебезпечних пластів, проведенні підготовчих виробок та дегазації вугільних пластів при їх відпрацюванні стелеуступними лавами та лавами, що оснащені щитовими агрегатами.

METHODS OF PREVENT AND DEGASSING GASDYNAMIC PHENOMENA MOUNTAIN MASSIF USING HYDRODYNAMIC, PNEVMOGIDRODINAMIC, PNEUMODYNAMIC VIBRATION AND MICROBIOLOGICAL ACTIVITY

The materials on scientific and practical results of the use of hydrodynamic, pneumohydrodynamic, pneumodinamic, vibration and microbiological impact on the development of new ways to impact on the gas-saturated coal beds, particularly at the opening outburst seams the preparatory workings and degassing of coal beds in the working out of their overhead wall and panelboard wall.

Развитие угольной промышленности в основных угледобывающих странах сопровождается перманентным ухудшением природных условий разработки, связанных с углублением горных работ и ростом опасностей в шахте, что негативно отражается на концентрации и интенсификации производственных процессов добычи угля. Одним их основных природных факторов, негативно влияющих на деятельность угольных шахт, является высокая газоносность угля и вмещающих пород, с которой непосредственно связаны наиболее опасные проявления сил газового и горного давления – газодинамические явления (ГДЯ).

Интенсивность проявления ГДЯ по мере углубления горных работ непрерывно возрастает. При этом существенно (в 3-4 раза) возросли нагрузки на очистные забои, темпы проведения подготовительных выработок и производительность труда шахтеров [1].

В последние годы разработаны несколько эффективных способов контроля и борьбы с этим грозным явлением. Однако, несмотря на широкое внедрение способов борьбы с ГДЯ, они продолжают, иногда даже при выполненных противовыбросных мероприятиях. Поэтому, необходимость совершенствования существующих способов и разработка новых является актуальной проблемой при подземной отработке угольных пластов [2].

В ИГТМ НАН Украины отделом проблем технологий разработки угольных

месторождений был разработан экологичный и высокоэффективный метод гидродинамического воздействия на напряженный газонасыщенный массив, основанный на динамическом воздействии на него через скважину рабочим агентом - технической водой [3].

Метод предполагает нарушение установившегося состояния в системе «скважина – угольный пласт – вмещающие породы» путем осуществления циклического знакопеременного изменения нагрузок с использованием совокупности природных факторов: давления вмещающих пород, структуры пласта и содержания газа в угле.

Сущность метода заключается в следующем. На угольный пласт бурится через породы почвы (кровли) технологическая скважина, которая обсаживается металлическими трубами, герметизируется и в устье устанавливается быстродействующая задвижка. В угольный пласт подается в режиме фильтрации рабочая жидкость. При достижении граничного давления режима фильтрации делается его сброс быстрым открыванием задвижки. Циклические динамические пригрузки угольного массива создают разность давлений, превышающий прочность угля на растяжение. В результате происходит объемное разрушение и отрыв угля на толщину проникновения жидкости.

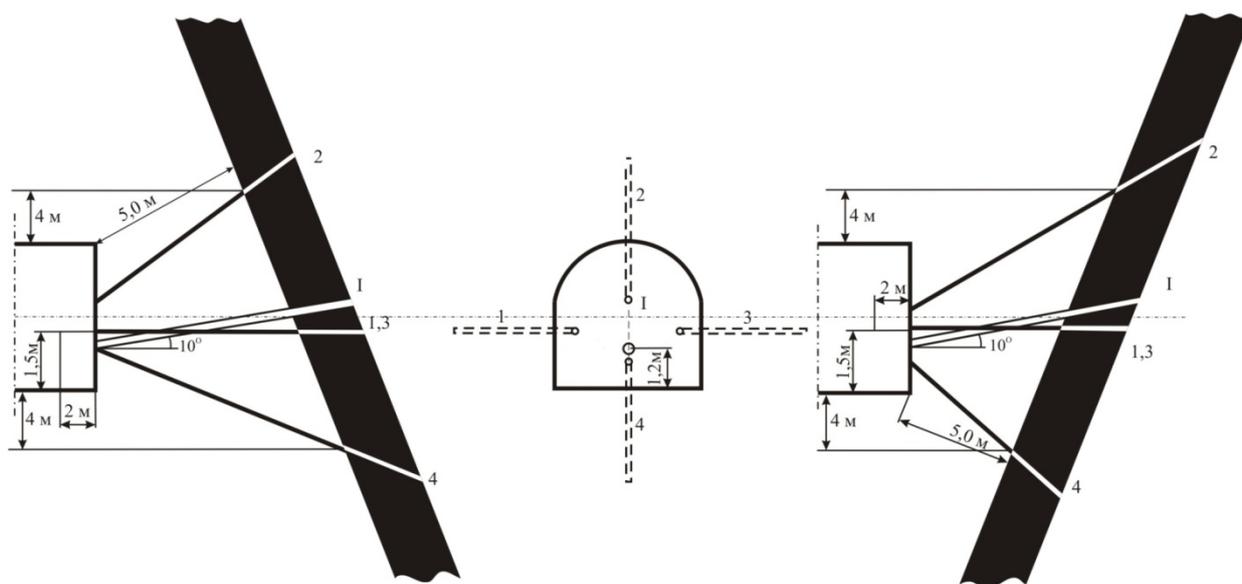
После отторжения и частичном выносе из скважины приконтурной разгруженной зоны пористого газонасыщенного угольного массива происходит замещение объема извлеченного угля разрушенным и дальнейшее разрушение свободной поверхности в глубину массива за счет реализации сил внутренней энергии и превышения скорости перемещения фронта образования вторичной пористости над скоростью процесса фильтрации газа. Осуществляется дегазация зоны разрушения за счет десорбции метана и его интенсивной фильтрации. После этого скважина подключается к шахтной дегазационной сети.

На базе метода гидродинамического воздействия разработаны, ставшие нормативными, два способа гидродинамического воздействия на пласт: перед его вскрытием и для обработки нижней части полосы, обрабатываемой щитовым агрегатом [4]. Разработаны методика проведения приемочных (промышленных) испытаний способа дегазации и снижения газодинамической активности угольных пластов в нижней части потолкоуступной лавы гидродинамическим воздействием и первая редакция СОУ «Правила ведения гидродинамического воздействия и снижения газодинамической активности угольных пластов в нижней части потолкоуступных лав», а также методика приемочных испытаний способа снижения газодинамической активности угольных пластов гидродинамическим воздействием при проведении подготовительных выработок по пологим пластам и первая редакция СОУ «Правила ведения гидродинамического воздействия для снижения газодинамической активности гидродинамическим воздействием при проведении подготовительных выработок по пологим пластам». Ведутся горно-экспериментальные работы по совершенствованию параметров гидродинамического способа воздействия перед вскрытием угольных пластов промежуточными квершлагами, а также способа снижения гидродинамической активности в верхней части потолкоуступной лавы.

Гидродинамический способ воздействия перед вскрытием крутых угольных пластов, склонных к ГДЯ, через подземные скважины позволяет значительно сократить время обработки угольного массива до 2-3 смен в зависимости от горно-геологических условий. Реализация этого способа предусматривает бурение технологических скважин, число которых в зависимости от сечения вскрываемой выработки колеблется от 2 до 6 [1]. Воздействие производится с соблюдением режимов, обусловленных свойствами пласта и условиями его залегания.

Эффективность гидродинамического воздействия при пересечении угольных пластов подтверждается вскрытием более 160 участков выбросоопасных газонасыщенных пластов без признаков ГДЯ.

В развитии способа гидродинамического воздействия на угольные пласты, склонные к ГДЯ, перед их вскрытием квершлагами и промежуточными квершлагами при отработке пластов щитовыми агрегатами полосами по падению ведутся горно-экспериментальные работы по совершенствованию параметров обработки породугольного массива за 4 м зону выработки через одну технологическую скважину, пробуренную из центра забоя под углом 10-15° (рис. 1).



1 – 4 – скважины для замера пластового давления газа; I – технологическая скважина

Рис. 1– Схема расположения технологических скважин

Положительные результаты получены при применении способа гидродинамического воздействия перед вскрытием выбросоопасных угольных пластов k_8 – «Каменка», m_2 – «Тонкий» и m_3 – «Толстый» горизонта 1146 м шахты им. Ф.Э. Дзержинского.

Технологические скважины для гидродинамического воздействия на пласт

бурят из промквершлага или из полевой выработки до пересечения пласта на полную мощность (рис. 2).

Количество скважин и схемы их расположения принимаются в зависимости от месторасположения и размеров зоны, подлежащей гидродинамическому воздействию, а также от удаления полевой выработки от пласта.

Воздействие считается эффективным, если фактическое количество извлеченного угля из скважин составит не менее 0,5 % угля в обрабатываемой зоне и коэффициент эффективности дегазации $\geq 0,45$.

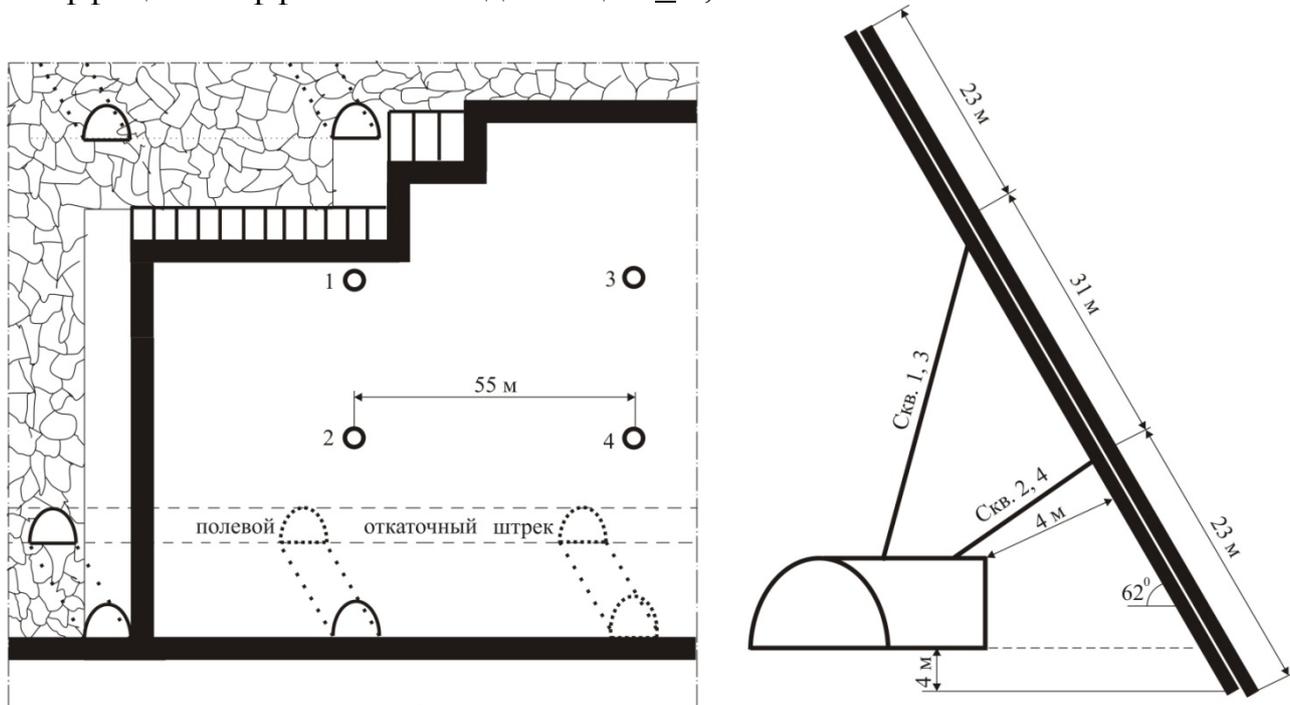


Рис. 2 - Схема расположения технологических скважин в призабойном пространстве вскрывающей выработки

В настоящее время продолжают горно-экспериментальные работы, направленные на определение параметров способа гидродинамического воздействия, для дегазации и снижения газодинамической активности средней части полосы, обрабатываемой щитовым агрегатом, и уточнение минимального количества угля извлекаемого через одну технологическую скважину.

Приемочные испытания способа гидродинамического воздействия на напряженные газонасыщенные угольные пласты, обрабатываемые лавами с полтолкоуступной формой забоя по простиранию пластов, для их дегазации и снижению газодинамической активности нижней части проводятся на шахтах ГП «Дзержинскуголь».

Работы выполнены на участках длиной свыше 600 м и продолжаются до настоящего времени. Скважины бурятся из полевой откаточной выработки, проводимой для подготовки выемочного участка.

Угольный пласт должен удовлетворять следующим требованиям:

| | |
|---|---------------|
| предел прочности угля на отрыв, МПа | не более 0,1; |
| природная газоносность угля, м ³ /т с. б. м. | более 8,0; |

| | |
|----------------------------|---------------|
| глубина разработки, м | более 500; |
| угол падения пласта, град. | ≥ 35; |
| мощность пласта, м | не более 3,5. |

Гидродинамическое воздействие на пласт производится после обсадки скважин металлическими трубами и тампонажа закрепного пространства. Для этого в технологическую скважину подают воду из противопожарного става шахты в фильтрационном режиме со скоростью 30 - 40 л/мин. При достижении давления в скважине 2 - 7 МПа осуществляется резкий сброс давления за время, не превышающее 0,1 с, и производится выпуск жидкости из скважины вместе с разрушенным углем и выделившимся газом. Давление воды в скважинах контролируется манометрами, установленными на пульте управления.

Циклы подачи и сброса жидкости повторяются до выхода из технологической скважины расчетного количества угля (уточняется в процессе экспериментов).

Оценка эффективности воздействия производится:

1) по коэффициенту дегазации обработанного участка пласта

$$K_d = \frac{V_\phi}{V_p},$$

где V_ϕ – фактический объем газа, выделившийся через технологическую скважину, м³;

V_p – расчетное количество газа в обрабатываемой зоне, м³, определяемое по формуле

$$V_p = Sm\chi\gamma,$$

где S – площадь зоны обработки, м²;

m – мощность пласта, м;

χ – природная газоносность угольного пласта, м³/т с. б. м.;

γ – объемный вес угля, т/м³.

Количество вышедшего из технологической скважины метана во время и после проведения воздействия определяется по его концентрации

$$V_\phi = 0,01vSt\Delta C,$$

где: V_ϕ – фактический объем выделившегося метана, м³;

v – скорость движения воздушной струи, м/мин;

S – площадь сечения выработки в месте замера, м²;

ΔC - прирост концентрации метана над фоновой, %;

t - время выделения метана, мин.

Эффективной следует считать обработку массива с коэффициентом дегазации не менее 0,45.

2) По количеству извлеченного угля из технологической скважины.

Для определения количества извлекаемого угля в месте извлечения из скважины угольной пульпы сооружается перегородка, объем которой тарифован по объему. Эффективная обработка считается при выходе угля в объеме не менее 2% из зоны обработки.

Выполненный комплекс шахтных инструментальных измерений показал, что при гидродинамическом воздействии на пласт l_7^6 – «Пугачевка» через две скважины образуются разгруженная и дегазированная зона площадью до 3392 м² с коэффициентом дегазации до 0,6, при этом признаки ГДЯ при ведении очистных работ в зоне отсутствовали.

Разработан и прошел промышленную проверку способ гидродинамического воздействия на пологие пласты через длинные скважины для повышения скорости проведения подготовительных выработок смешанным забоем и технологическая схема его применения.

Технологическая скважина бурится на угольный пласт через породы кровли или почвы пласта длиной до 100 м с углом наклона до 30°. Забой скважины должен пересекать угольный пласт на расстоянии не менее 10 м от забоя выработки (рис. 3).

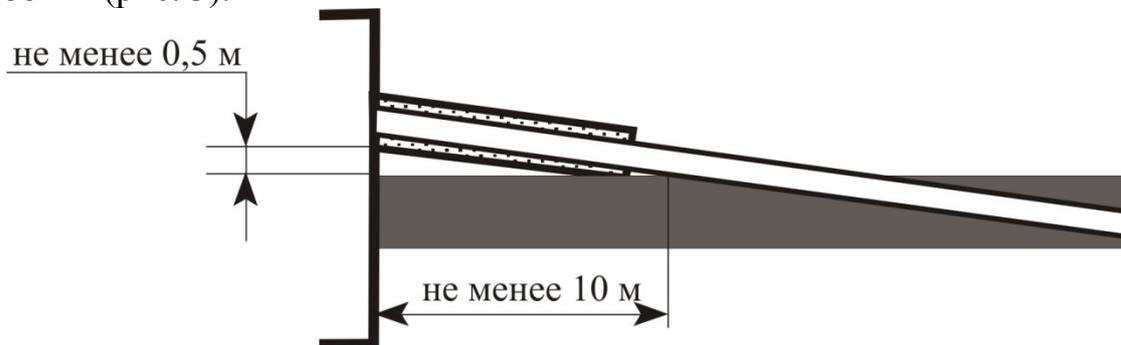


Рис. 3 - Схема расположения технологической скважины.

Затем производится гидродинамическое воздействие на пласт с давлением нагнетания рабочей жидкости до 7 МПа. В длинной скважине при таком давлении происходит кольматация фильтрующего объема, понижение проницаемости массива, увеличение количества объемно-связанной влаги, в результате чего оставшийся в пласте метан блокируется, что создает условия для безопасного проведения подготовительной выработки со скоростью 10 м/сут.

С применением гидродинамического воздействия в качестве способа предотвращения ГДЯ на ПАО «Шахта им. А.Ф. Засядько» пройдено 269 м подготовительных выработок по двум выбросоопасным пластам что позволило ускорить темпы до 180 м/мес и снизить затраты на проведение подготовительных

выработок по выбросоопасным зонам. При этом признаки ГДЯ отсутствовали, а концентрация метана находилась в пределах 0,18-0,35 %.

Горно-экспериментальные работы по отработке параметров гидродинамического способа воздействия на верхнюю часть потолкоуступной лавы для дегазации и снижения газодинамической активности угольного пласта проводятся в горно-геологических и горнотехнических условиях отработки пласта l_7^6 – «Пугачевка» участка №65-1146 м шахты им. Ф.Э. Держинского ГП «Держинск-уголь». Ниспадающая скважина бурится из забоя полевого вентиляционного штрека под углом падения 10-15° с выходом на пласт (рис. 4).

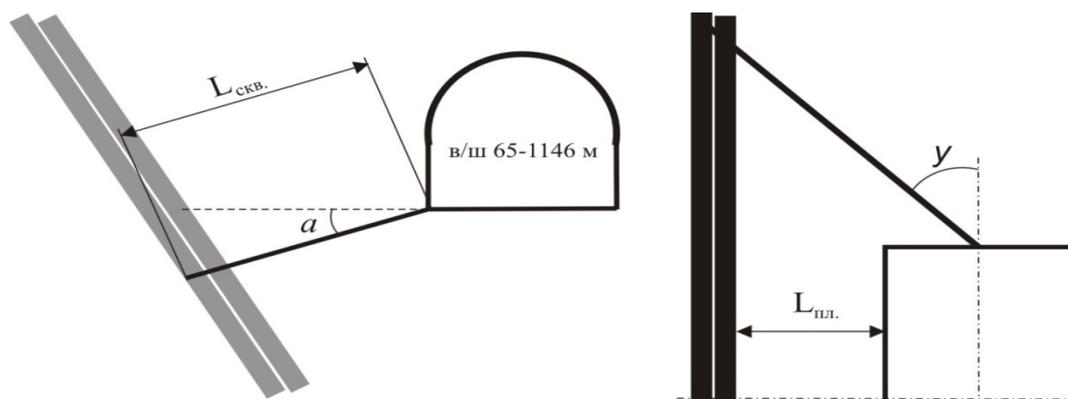


Рис. 4 - Расположение технологической скважины для гидродинамического воздействия в верхней части потолкоуступной лавы

Получены первые результаты по пяти проведенным экспериментам, позволяющие судить о перспективности данного способа: при нормативном коэффициенте дегазации угольного массива ($k_0 \geq 0,45$) получена зона разгрузки вокруг скважины радиусом 15 м, а объем выхода газа из этой зоны составил порядка 8-9 тыс. м³.

Другим перспективным направлением работы отдела является создание условий максимального улучшения коллекторских свойств прискважинной зоны поверхностной дегазационной скважины (ПДС) и горного массива для обеспечения длительного газовыделения угольного метана в промышленных объемах.

ИГТМ НАНУ совместно с ПАО «Шахта им. А.Ф. Засядько» был предложен пневмогидродинамический (ПГДВ) способ по интенсификации добычи метана угольных месторождений, в том числе способ восстановления дебита ПДС.

Сущность способа заключается в следующем. С земной поверхности бурится поверхностная дегазационная скважина до угольного пласта и не добурируется до него на расстояние не менее 5 его мощностей. По всей длине скважина обсаживается металлическими трубами с тампонажем затрубного пространства. На участке продуктивных горизонтов создается перфорация обсадных труб. ПДС заполняется водой на 30 м выше продуктивного горизонта. В скважину опускаются насосно-компрессорные трубы (НКТ). Устье скважины оборудуется устройствами ПГДВ для управления процессом воздействия как через НКТ, так и через межтрубное пространство (МТП). Компрессором создается в ПДС расчетное давление и осуществляется 5-6-ти ступенчатый сброс давления воз-

духа во времени равном 10-18 мин, т.е. производятся знакопеременные нагрузки на закольматированный фильтрационный объём. В результате этого за счет скорости обратной фильтрации жидкости происходит активный вынос кольматационных материалов из пор и трещин в ПДС, что способствует эффективному соединению прискважинного фильтрационного объёма с фильтрационным объёмом подрабатываемого массива.

Экспериментальные работы по ПГДВ на пласт m_3 осуществлялись на поле шахты им. А.Ф. Засядько через ПДС МТ-336, МТ-338 (подработанные лавой) Щ-1355, МС-598, 1185Д, 1186Д и ЗД-4 (неподработанные лавой) (табл. 1). Из скважин МТ-336 и МТ-338 газовыделение началось сразу после воздействия и в течение 2-3 месяцев достигло максимального дебита. Дебит скважин соответственно составил 10,2 тыс. м³ и 21,4 тыс. м³ в сутки. Воздействие через ПДС Щ-1355, расположенную на неподработанном массиве, сразу не дало результата. Экспериментальные работы были повторены, когда очистной забой находился в 100 м от забоя ПДС и только через 2 месяца, когда очистной забой пересек забой ПДС, без дополнительных мероприятий, началось газовыделение. То же явление наблюдалось и на ПДС МС-598, 1185Д, 1186Д и ЗД4, где ПГДВ проводилось соответственно за 2 года, за 3 месяца, за 2 месяца и за месяц до пересечения скважин очистными забоями. При этом установлено, что независимо от времени проведения ПГДВ газовыделение из ПДС начинается при приближении к ним очистных забоев на расстоянии до 30 м и после подработки массива на расстоянии от ПДС до 50 м. Дебит скважин соответственно составил 7,1; 24,5; 17,15; 32,4 и 24 тыс. м³ в сутки. Все 7 ПДС были подключены к шахтному газопроводу.

В случае, когда ПГДВ осуществлялся на неподработанный горный массив и в результате прохождения лавы, и как следствие посадки основной кровли, скважины могут быть отрезаны. Дебит таких скважин, как правило, отсутствует, или значительно падает. Возможность применения ПГДВ невозможно, по причине невыполнения условия, что необходим уровень воды, который должен быть выше на 30 м от уровня перфорации. Это связано с тем, что из-за нарушения целостности призабойного и затрубного пространства скважины невозможно поддерживать необходимый уровень воды в ПДС. Поэтому было принято решение о применении пневмодинамического воздействия (ПДВ).

Особенностью ПДВ на пористый, водогазонасыщенный угольный пласт является повышение фазовой проницаемости пласта для газа, независимо от режима внедрения воздуха в пласт, а также снижение сорбционной способности угля для метана за счет его нагрева теплым воздухом и вследствие химического реагирования кислорода воздуха с поверхностью пор и трещин [5].

Таблица 1 –

Результаты работы ПДС после ПГДВ, пробуренных на массив, подрабатываемый выработками по пласту m_3 (на 01.05.2012 г)

| № п/п | № скважин | Глубина, м | Добыто метана, млн m^3 | Средне-суточный дебит, тыс m^3 | Кол-во работы, сут. | Примечание |
|-------|-----------------|------------|--------------------------|----------------------------------|---------------------|--|
| 1 | МТ-336 | 1267 | 21,66 0,62 | 10,20 1,170 | 2123 529 | Работу начала 06.10.04 г. Отключена с 01.08.10 г. Подключена с 19.11.10 г. Газовыделение продолжается |
| 2 | МТ-338 | 1268 | 55,26 | 21,40 | 2582 | Работу начала 03.04.05 г. Газовыделение продолжается |
| 3 | Щ-1355 | 1330 | 11,89 | 7,10 | 1674 | Работу начала 01.10.07 г. Газовыделение продолжается |
| 4 | МС-598 | 1341 | 35,45 | 24,50 | 1447 | Работу начала 14.05.08 г. Газовыделение продолжается |
| 5 | 1185Д | 1356 | 12,21 0,13 | 17,15 0,60 | 712 219 | Работу начала 18.06.09 г. Отключена 01.06.11 г. Подключена 24.09.11 г. Газовыделение продолжается |
| 6 | 1186Д (ЗД-1) | 1290 | 1,59 0,82 | 32,40 1,50 | 49 545 | Работу начала 23.08.10 г. Отключена с 11.10.10 г. Подключена 03.11.10 г. Газовыделение продолжается |
| 7 | ЗД-4 | 1302 | 0,37 | 1,00 | 37 | Работу начала 25.03.12 Газовыделение продолжается |

Таким образом, для проверки вышесказанного было проведено воздействие на две ПДС на участке шахты им. А.Ф. Засядько. Скважина Д-5 пробурена до глубины 1353 м, зона перфорации составляет 360 м. После прекращения выделения метана, скважина была отключена от системы газопровода. Для восстановления выделения метана, было принято решение о применении ПДВ. Было произведено 10 циклов. При которых в скважину закачивался воздух и давление достигало отметки 5-7 МПа. Затем производился резкий сброс давления. В результате, концентрация метана в скважине после воздействия составила 8%.

Скважина 1186-Д пробурена до глубины 1290 м, зона перфорации составляет 350 м. Газовыделение с концентрацией 28,8-36,0 тыс m^3 /сут. при 100 % концентрации метана из скважины 1186-Д продолжалось до 10.10.2010 г. при этом лава удалилась от нее на 110 м. С 11.10.2010 г. дебит из скважины упал до 0. После обрушения основной кровли и удалении лавы от дегазационной скважины на 200 м при ее нулевом дебите было проведено 3 цикла ПДВ. В скважину нагнетался воздух до давления равного 5-7 МПа. В результате получили, что при первых циклах воздействия концентрация метана составила 4-6%, а максимальное давление в затрубном пространстве достигло 5,8 МПа. На вторые сутки ПДВ концентрация метана в скважине достигла устойчивого значения рав-

ное 6%, а в насосно-компрессорной трубе даже превысило 6%. На следующие сутки ПДВ концентрация метана в скважине составила 100%, а 02.11.2010г. суточный дебит метана из скважины достиг 1,5 тыс м³. С 03.11.2010г. скважина была подключена к системе газопровода шахты им. А.Ф. Засядько.

Добыто и утилизировано с 7 ПДС более 140 млн. м³ метана.

Экспериментальные работы показали, что в результате применения ПГДВ и ПДВ происходит полная декольматация прискважинной зоны, образование устойчивой фильтрационной системы, соединенной с фильтрационной системой в выработанном пространстве, способной транспортировать газ из массива за пределы скважины, независимо от того, как давно производилось воздействие.

Увеличение добычи угля угольными шахтами Украины предусматривается получить, в основном, за счет интенсификации добычных работ путем разработки новых высокоэффективных технологий и средств управления горным давлением, которые должны базироваться на изменении напряженно-деформированного состояния массива горных пород. В связи с этим ИГТМ НАН Украины установлены закономерности и обоснованы параметры управления напряженно-деформированным состоянием призабойной части угольного пласта вибрационным воздействием на него через вмещающие породы. Для этого в результате решения уравнения движения пористой газонасыщенной среды были установлены зависимости между напряжением в угольном пласте и динамической пригрузкой. При этом, возникающие в массиве горных пород при волновом воздействии напряжения от небольших по значению амплитуд динамических пригрузок, изменяются по параболическому закону. Это свидетельствует о том, что в напряженной среде слабые вибрационные воздействия приводят к значительным преобразованиям в ней. Оценивая деформации, амплитуды и количества циклов вибрационного воздействия при помощи критерия Менсона-Коффина рассчитано количество циклов, необходимое для разрушения угля, которое находится в пределах от 100 до 1000. Учитывая граничные значения предела прочности и модуля Юнга определена граница для критического значения относительной деформации, которая составляет $2 \cdot (10^{-6} \dots 10^{-3})$ м. С другой стороны относительная деформация определяется как отношение удвоенной амплитуды волны Рэлея к мощности пласта и равна $(10^{-6} \dots 10^{-3})$ м. Таким образом, физическая сущность волнового воздействия заключается в следующем. Волновое воздействие на призабойную часть угольного пласта осуществляется через боковые (вмещающие породы) с амплитудой $(10^{-6} \dots 10^{-3})$ м, относительной деформацией $2 \cdot (10^{-6} \dots 10^{-3})$ м и количеством 100-1000 циклов. Разработана математическая модель процесса и механизма разрушения угля при вибрационном воздействии при помощи, которой решена задача нахождения дополнительных напряжений, возникающих в результате воздействия динамической нагрузки. Кроме того воспользовавшись дифференциальными уравнениями в перемещениях получены результаты импульсного (вибрационного) воздействия на массив горных пород в виде одиночного (рис. 5) и двойного (рис. 6) импульса у забоя, в зоне максимума опорного давления и за этой зоной.

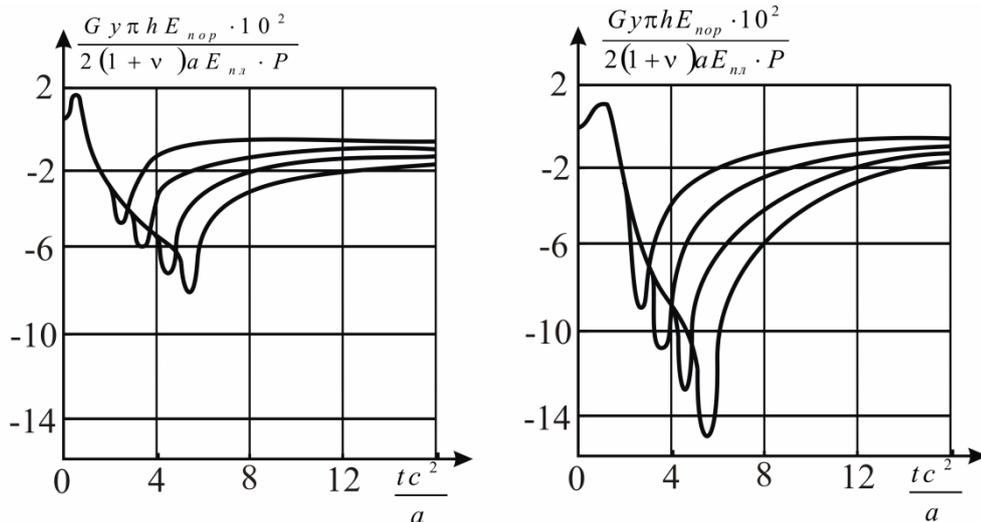


Рис. 5 – Динамические напряжения при воздействии одним импульсом

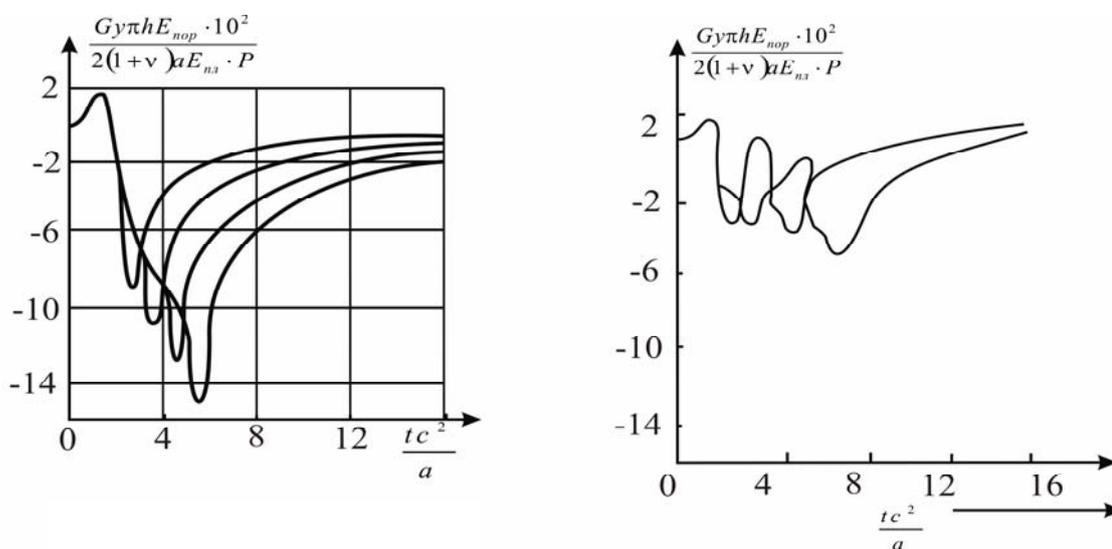


Рис. 6 – Динамические напряжения при воздействии двойным импульсом

Анализ полученных результатов показал, что возникающие динамические нагрузки (1-5 МПа) соразмерны с величинами напряжений, образующихся от технологического воздействия при традиционных способах добычи угля, т.е. скорости нагружения пласта (10-100 МПа/с) достаточны критическим скоростям. Максимальные значения динамических пригрузок и скоростей их изменения наблюдаются в точках пласта, находящихся в зоне максимума опорного давления. С увеличением длительности импульса от 0,005 до 0,15 с увеличивается величина разгрузки пласта от 0,89 до 3,2 МПа, но уменьшается скорость разгрузки от 211 до 22 МПа/с. Таким образом, импульсное воздействие на пласт через вмещающие породы позволяет управлять напряженным состоянием пласта, особенно в зоне максимума опорного давления.

Для реализации управления состоянием призабойной частью угольного пласта вибрационным воздействием разработаны средства (патент Украины №14481) и способ воздействия. В первый ряд гидравлических стоек механиз-

рованных крепей (типа КМ87, ЗКД90, ЗКД90Т) устанавливаются генераторы импульсных колебаний, в которых маслостанцией типа СНУ-5 создают усилие предварительного распора (32-75 МПа). Путем регулирования предохранительных клапанов настраивается необходимый режим импульсной нагрузки - разгрузки (1-5 МПа, 2-20 МПа), позволяющий изменять упругие и неупругие характеристики угольного пласта через вмещающие породы, что при выполнении 20-100 импульсов приводит к смещению зоны максимума опорного давления вглубь массива, разупрочнению призабойной части угольного пласта и интенсивному выделению газа.

В результате экспериментальных исследований процесса вибрационного воздействия на шахтах «Комсомолец Донбасса» (ГП «Шахтерскантрацит»), им. К.Е. Ворошилова («Северная») и «Торецкая» ГП «Дзержинскуголь» на пластах l_7 , l_3 , k'_5 и l'_2 мощностью 0,85-1,1 м и углами падения от 3° до 55° , установлено, что размер зоны эффективного влияния вибрационного воздействия составил 11 м, максимум начальной скорости газовыделения смещается с 2 м до воздействия до 3,5 м после воздействия, а величина скорости газовыделения снижается с 3,9 до 0,9 л/мин, т.е. почти в 4 раза. При этом шумность пласта увеличивается в 3,8 раза (с 15 имп./ч до 55 имп./ч), что свидетельствует о процессе интенсивного образования трещин. Результаты измерений энергетических затрат при выемке пласта показывают, что после вибрационной обработки энергозатраты на разрушение 1 п. м угольного пласта снижаются на 30,8%.

В результате исследований установлены параметры вибрационного воздействия и разработаны технологические схемы способов воздействия, ожидаемый годовой экономический эффект от внедрения которых составляет от 437 до 935 тыс. грн. за счет снижения затрат противовыбросные мероприятия и повышения в 2-3 раза производительности труда.

ИГТМ НАН Украины совместно с институтом биологии и вирусологии НАНУ под руководством Ф.А. Абрамова разработан способ получения биомассы с использованием метанотрофных (метаноокисляющих) бактерий перерабатывающих шахтный метан.

Метанотрофные бактерии представляют собой одноклеточные микроорганизмы, имеющие микронные размеры и характеризующиеся способностью использовать метан в качестве единственного источника углерода и энергии при наличии в водной среде только нескольких минеральных солей.

В этих условиях, при оптимальных для жизнедеятельности бактерий значениях, концентрации метана, кислорода, температуры, давления среды и других факторов, метанотрофы окисляют метан и интенсивно размножаются, накапливая свои клетки - биомассу. При этом для накопления 1 кг. биомассы бактерии потребляют 2-3 м³ метана.

С целью изучения возможностей использования каптируемого метана угольных пластов для биосинтеза белковой массы Институтом геотехнической механики НАНУ и Институтом микробиологии и вирусологии НАНУ разработан экспериментальный образец шахтной установки для получения биомассы метаноокисляющих бактерий.

Основными элементами технологической схемы получения биомассы из шахтного метана являются:

горный массив, включающий сближенные газоносные угольные пласты;

система дегазации шахты, состоящая из вакуумнасосной установки, дегазационных скважин и системы магистральных трубопроводов для транспортирования метановоздушной смеси;

шахтный блок ферментаторов для наращивания суспензии метаноокисляющих бактерий, включенный в дегазационную установку шахты.

Наращивание суспензии метаноокисляющих бактерий производится в биореакторах (ферментерах), в которые вводится питательная среда (питьевая или техническая вода с незначительными добавками минеральных солей) и маточная культура метаноокисляющих бактерий. В ферментерах обеспечиваются необходимые температурные режимы, подача метановоздушной смеси и массообмен. Процесс наращивания бактерий осуществляется в непрерывном или циклическом режимах.

Экспериментальный образец разработанной установки для культивирования метаноокисляющих бактерий на шахтном метане впервые был испытан в условиях шахты «Ясиновская - Глубокая» ПО «Советскуголь». Достигнутая плотность бактериальной суспензии в режиме циклического наращивания в перерасчете на сухое вещество составила 15,2 г/л при производительности установки 350 литров в сутки.

Биомасса метаноокисляющих бактерий, полученная в результате биологического окисления метана угольных пластов, может найти широкое применение.

Например, для снижения концентрации метана в выработанных пространствах лав, такие испытания были проведены ИГТМ и ИМВ НАНУ на ряде шахт Донбасса, где концентрация метана снижалась от 30-57%, что позволяет по газовому фактору увеличить нагрузку на очистной забой в 1,4-1,8 раза.

Преимуществом использования шахтного метана для производства белка, по сравнению с применением газа в качестве топлива в котельных установках, для которых характерно сезонное потребление газа в осенне-зимний период, является возможность круглогодичного получения белковой продукции, и следовательно, более полного использования углеводородных ресурсов.

Важным также преимуществом использования шахтного метана для получения белковой продукции является возможность концентрации всего производства в пределах поверхностного комплекса шахты. При этом отпадает необходимость в создании сети коммуникаций и трубопроводов для подвода метана к потребителям.

Отличительной особенностью такой технологии является то, что она позволяет использовать метановоздушные смеси как низкой (до 15%), так и высокой (до 90% и более) концентрации метана.

Важным направлением использования биомассы, получаемой на каприруемом из шахты метане, является применение его в качестве высококалорийных добавок в корм сельскохозяйственных животных, птицы и рыб. Получаемая из метана биомасса содержит не менее 60% белка (для сравнения: горох – 22 %,

сося – 40%), богатого содержанием незаменимых аминокислот и витаминов. Его применение в качестве белковых добавок в корма обеспечивает значительное повышение продуктивности животных (свыше 15%) и существенную экономию концентрированных кормов (на 20% и более).

Если учесть, что на синтез 1 кг клеток бактерий используется 2-3 м³ метана, легко рассчитать, что при каптаже 90 м³/мин метановоздушной смеси с 32%-ой концентрацией СН₄, применение ферментера объемом 187 м³ позволяет получить в год 3110 тонн белковой продукции. Как показали расчеты, получение биомассы с использованием каптируемой метановоздушной смеси в объеме 90 м³/мин. со средней концентрацией метана 32% является экономически выгодным. При рентабельности производства около 30%, срок окупаемости строительства ферментационной установки составит 3 года. Себестоимость одной тонны гаприна составит 2472 грн. При рыночной цене белково-витаминного концентрата составит эквивалентной энергетической ценности по сырому протеину 3622 грн. Использование такого количества добавок к корму животных и птицы позволяет произвести дополнительно 2-2,5 тысячи тонн мяса (в живом весе), т.е. обеспечить питанием, согласно научно обоснованным нормам, в течение года 15-22 тысячи человек. Чтобы получить такое же количество белка, например, из ячменя, необходимо бы засеять им 3-5 тысяч гектаров земли.

Биосинтез метанооксиляющих бактерий на основе метана угольных шахт позволяет уменьшить выбросы метана в атмосферу и сэкономить значительные площади пахотных земель для производства дополнительных объемов сельскохозяйственной продукции.

ИГТМ НАН Украины по договору с ш. им. А.Ф. Засядько разработано ТЭО на создание оптимальной установки для производства гаприна из шахтного метана.

Таким образом, отделом проблем технологий разработки угольных месторождений ИГТМ им. Н.С. Полякова НАН Украины разработаны 2 нормативных способа воздействия на горный массив с целью предотвращения ГДЯ и 4 способа воздействия для дегазации горного массива, которые находятся в стадии промышленных испытаний. Кроме того, отделом разрабатываются 5 способов направленных на дегазацию и снижение газодинамической активности угольных пластов, которые находятся в стадии экспериментальных работ в промышленных условиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Терентьев Б.Д., Ступко Е.С. Разработка методов и способов снижения выбросоопасности угольных пластов. - ГИАБ. - 2004. - №4. - С. 191 – 194.
2. Рубинский А.А., Радченко А.Г., Недосекин Б.Н. О необходимости совершенствования текущего прогноза в зонах геологических нарушений на пологих выбросоопасных пластах / Сб. науч. тр. МакНИИ: Макеевка - Донбасс, 1992. – С. 71-79.
3. Гідродинамічна дія на газонасичені вугільні пласти / А.Ф. Булат [та ін.]. – Дніпропетровськ: Поліграфіст, 2003. – 220 с.
4. Правила ведення гірничих робіт на пластах, схильних до газодинамічних явищ [Текст]: СОУ 10.1.00174088.011-2005: додаток Ж. - [чинний від 2005-12-01]. -К.: Мінвуглепром України, 2005. - 224 с.
5. Установление закономерностей процесса пневмодинамического воздействия / К.К. Софийський, П.Е. Филимонов, Р.А. Агаев // Сб. научн. трудов.: «Геотехническая механика». – Днепропетровск, 2010. – № 89. – С. 3-9.

Отдел проблем шахтных энергетических комплексов
канд. техн. наук. И.Ф. Чемерис

зав. отделом. д-р техн. наук Е.В. Семененко

ОТДЕЛ ПРОБЛЕМ ШАХТНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ.

ОСНОВНЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ

У статті викладена історія створення відділу і охарактеризовані його основні досягнення. Вони покладаються у наступному: створення енергоблоків по виробці електроенергії на тепловому використанні; створенні автономних джерел енергії; диверсифікації вугільних шахт у напрямку заглибленої переробки вугілля; паротурбінної та газопоршневої когенерації; реалізація когенераційних технологій; зниження витрат на збагачення і транспортування вугілля до електростанцій. У подальшому – розвиток робіт планується в напрямках обґрунтування технологій утилізації низькопотенціального тепла шахтних енергокомплексів на основі низько киплячих робочих тіл і реактивних гідро парових турбін; розвитку наукових заснов технологій створення і транспортування водовугільного палива.

DEPARTMENT OF PROBLEMS OF MINE POWER COMPLEXES. BASIC ACHIEVEMENTS

In the article the expounded history of creation of department and his basic achievements are described. They are laid in the following: creation of power units on making of electric power on the thermal use; creation of autonomous energy sources; diversifications of coal mines in direction of the depth downward processing of coal; and gasapiston cogeneration steam-turbine; realization of cogeneration technologies; cost cutting on enrichment and transporting of coal to power-stations. In subsequent is development of works is planned in directions of обґрунтування technologies of utilization of potential downward heat of mine energycomplexes on the basis of low boiling works bodies and reactive hydraulic steam-turbines; development of scientific bases technologies of creation and transporting of water-coal fuel.

Отдел проблем шахтных энергетических комплексов был создан в 1999 г. на базе отдела привода горных машин. Заведующим отделом был назначен к.т.н. Игорь Федорович Чемерис. Основное направление деятельности отдела – разработка научных основ создания энергосберегающих технологий и технических средств выработки и рационального использования электрической и тепловой энергий, полученных при сжигании отходов углеобогащения, низкосортного угля и метана в шахтных энергокомплексах.

В соответствии с научным направлением работы в отделе ориентированы на технико-экономические исследования и определение рациональных параметров функционирования шахтных энергокомплексов в различных горно-технологических условиях, а также на разработку научно-технических основ, способов и технических средств интенсификации процессов производства и рационального использования электрической и тепловой энергий, полученных при сжигании отходов углеобогащения, низкосортного угля и шахтного метана.

С момента создания отдела его сотрудники активно включились в разработку и внедрение прогрессивных способов выработки тепловой и электрической энергий. Уже на первом году деятельности отдела под руководством зав. отдела к.т.н. Чемериса И.Ф. при непосредственном участии ст. научн. сотр. Кухаренко