

УДК 622.24.537.528

**Воробьев Е.А., к.т.н.<sup>1</sup>, Швец И.С., д.ф.-м.н.<sup>3</sup>, Силин Д.П., к.т.н.<sup>2</sup>,  
Косенков В.М., к.т.н.<sup>3</sup>, Смирнов А.П., инж.<sup>3</sup>, Чередников В.В. инж.<sup>4</sup>**

**1 — АДИ ГВУЗ «ДонНТУ», г. Горловка; 2 — ИГТМ НАНУ,  
г. Днепропетровск; 3 — ИИПТ НАНУ, г. Николаев; 4 — АП «Шахта  
им. А.Ф. Засядько», г. Донецк**

## **ЭЛЕКТРОРАЗРЯДНОЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ДЛЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ДОБЫЧИ ШАХТНОГО МЕТАНА И УЛУЧШЕНИЯ ЭКОЛОГИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ РЕГИОНОВ**

*Представлен электроразрядный гидродинамический способ интенсификации добычи шахтного метана. Показана его эффективность и возможность применения для возобновления работы поверхностных дегазационных скважин с целью добычи шахтного метана и улучшения экологии промышленных регионов*

### **Введение**

Увеличение добычи углеводородного сырья, поиск и разработка новых альтернативных источников энергии – одна из важнейших и актуальных проблем топливно-энергетического комплекса нашей страны. Острая нехватка энергоносителей в Украине ставит неотложные задачи по дальнейшему развитию добычи угля. В то же время ухудшение геологических условий ведения горных работ, связанных с большими глубинами залегания (более 1 000 м) угольных пластов, малой их мощностью (менее 1 м), большой газонасыщенностью (до 100 м<sup>3</sup>/т) и выбросоопасностью, требует проведения комплекса мероприятий по обеспечению безопасности работ и эффективного использования шахтного метана как попутного топливно-энергетического ресурса. Помимо этого, высокая газонасыщенность угольных пластов и вмещающих пород создает целый ряд проблем производственного и экологического характера.

Добыча метана из породугольного массива позволяет снизить выбросо- и взрывоопасность в забоях, существенным образом улучшить экологическую обстановку и, что очень важно, увеличить объемы добычи энергоносителей в Украине.

В то время, как в США метан добывается из угольных пластов в промышленных масштабах, в Украине освоение этих ресурсов не производится. Поиски методов целенаправленного изъятия метана ведутся также в Англии, Бельгии, Германии, России и Китае [1]. Существующие традиционные методы поверхностной и подземной дегазации, способы интенсификации газовыделения из поверхностных дегазационных скважин (химическое воздействие, вибрационно-механическое воздействие, гидроразрыв и др.) требуют существенных экономических затрат, не всегда являются экологически безопасными и не решают проблему эффективной дегазации угольных пластов.

На данный момент ИГТМ НАН Украины и ИИПТ НАН Украины имеют научно-технические разработки электроразрядного и гидродинамического воздействия, которые хорошо зарекомендовали себя при обработке нефтяных и газовых скважин, предотвращении внезапных выбросов и интенсификации дегазации угольных пластов через подземные скважины. В частности, электроразрядный способ декольматации поверхностных дегазационных скважин (ПДС) был разработан для интенсификации работы нефтяных и водяных скважин. В комплексе с гидродинамическим способом, разработанным ИГТМ НАН Украины, данный метод может быть применен для добычи и последующей утилизации шахтного метана.

Эти разработки могут быть использованы и с целью интенсификации добычи шахтного метана из скважин, пробуренных с поверхности земли. Разработки отличаются техноло-

гичностью, экологической чистотой, эффективностью и безопасностью и не требуют больших материальных, энергетических и экономических затрат. Они позволят, по мнению авторов, увеличить процент отбора шахтного метана из горного массива и восстановить дебит «заглохших» скважин.

Однако отсутствие результатов промышленных испытаний комбинированного гидродинамического электроразрядного воздействия на газонасыщенный угольный массив через ПДС сдерживает широкое применение технологического процесса такого совмещенного воздействия, не позволяет оценить перспективу его использования.

### *Цель исследований*

В связи с вышеизложенным, целью данной работы является разработка технологического процесса электроразрядного гидродинамического воздействия для интенсификации добычи шахтного метана.

Одна из главных задач в достижении цели — определение параметров и отработка технологических режимов электроразрядного гидродинамического воздействия в промышленных условиях для интенсификации добычи шахтного метана через ПДС.

### *Электроразрядный метод декольматации*

Данный способ относится к группе физических импульсных методов. Для его осуществления используется электрогидроимпульсное устройство типа «Скиф».

Сущность метода заключается в том, что в скважине, заполненной жидкостью глушения, используя высоковольтный импульсный разряд, возбуждают циклические волны сжатия, пульсирующую парогазовую полость, мощные электромагнитные поля. Электроразрядное воздействие на призабойную зону скважин предназначено для повышения проницаемости, улучшения сообщаемости со стволом скважины и увеличения систем трещин или каналов для облегчения притока и снижения энергетических потерь в этой области пласта. При очистке призабойной зоны скважины при циклическом электроразрядном воздействии происходит следующее:

- волны сжатия разрушают отложения в зоне перфорационных отверстий;
- волны сжатия, многократно отражаясь, трансформируясь в призабойной зоне в волны напряжения-растяжения, развивают или образуют в ней новые трещинные каналы;
- перепады давления при импульсном воздействии изменяются попеременно по величине и направлению, в результате чего жидкость перемещается из застойных зон и каналов в зоны активного дренирования.

Значительным плюсом данного способа является возможность многократного повторения импульсов. Увеличение числа разрядов способствует более высокой степени разрушения и выносу осадков. При восстановлении проницаемости фильтров целесообразно использовать многократное воздействие импульсных нагрузок, создаваемых электрическими разрядами с меньшей энергией импульса. Данный метод дает возможность регулирования гидродинамических параметров разряда (параметров волны давления) путем изменения электрических характеристик (емкости накопительных конденсаторов и зарядного напряжения). Он не приводит к коррозионным повреждениям наземного оборудования и различных конструктивных элементов скважин (в частности фильтра) и его применение экологически безопасно. Одним устройством можно обработать от 100 до 300 скважин.

Ответить на ряд вопросов касательно влияния параметров волны давления, генерируемой электроразрядным устройством, на призабойную зону ПДС и применения электроразрядного метода декольматации для интенсификации добычи шахтного метана должно было математическое моделирование.

Использовалась математическая модель, описывающая процесс упругопластического деформирования и разрушения пористой, насыщенной жидкостью среды под действием гидродинамической волны, образовавшейся в результате электрического разряда [2].

Расчетные параметры призабойной зоны ПДС приведены в табл. 1.

Таблица 1

Базовые параметры трехслойной среды призабойной зоны скважины

Обозначение параметров	Размерность	Параметры слоя		
		Фильтр + обсадная труба с перфорацией	Цементное кольцо	Газосодержащий слой
$r_v$ — радиус внутренней границы слоя	$m$	0,060 (0,0585-0,061)	0,065 (0,0635-0,066)	0,105 (0,104-0,109)
$r_n$ — радиус внешней границы слоя	$m$	0,065 (0,0635-0,066)	0,105 (0,104-0,109)	$\infty$
$m$	—	0,01	0,15	0,1
$k$	$m^2$	$3,13 \cdot 10^{-8}$	$3,3 \cdot 10^{-8}$	$10^{-12}$
$Ku$	$10^{10} Pa$	15,24	1.695	1,68
$G$	$10^{10} Pa$	6,15	1.04	0,84
$\varepsilon^*$	—	0,99	0,3	0,3
$\rho_{10}$	$кг/м^3$	7850	2600	2600
$\rho_{20}$	$кг/м^3$	1000	1000	1000
$\mu$	$Па \cdot с$	0,001	0,001	0,001
$\alpha$	$рад$	0,79	0,70	0,70
$C_0$	$м/с$	1470	1470	1470
$\kappa$	—	7,15	7,15	7,15
$Ssg$	$10^5 Pa$	6500	2000	1500
$Sr$	$10^5 Pa$	6500	30	50
$[S]sg$	$10^5 Pa$	7600	2000	1500
$[S]r$	$10^5 Pa$	7600	30	50
$Ps$	$10^5 Pa$	10	10	10
Глубина скважины	$m$	1260	1260	1260

Как и в работе [2], рассматривалось влияние на проницаемость призабойной зоны следующих параметров волны давления:

- $p_m$  – максимальное давление волны на стенку скважины;
- $\tau_0$  – время возрастания давления на переднем фронте волны;
- $\tau$  – время релаксации волны давления.

Ключевыми характеристиками изменения проницаемости призабойной зоны скважин служат характеристики изменения фильтрационных свойств пористой среды и интенсивности движения жидкости относительно пористой матрицы: изменение коэффициента проницаемости, пористости, размеры и характер разрушений матрицы пористой среды, глубина проникания жидкости в пористую среду. Названные характеристики использовались для оценки эффективности действия волны давления на пористую среду призабойной зоны скважин.

Анализ результатов математического моделирования воздействия волны давления на призабойную зону ПДС свидетельствует, что в результате действия волны давления материал призабойной зоны скважины находится в условиях многократного знакопеременного нагружения, что является благоприятным фактором для увеличения его проницаемости.

Влияние времени релаксации волны давления является существенно нелинейным (рис. 1). Его увеличение при фиксированной амплитуде волны от 37,5 до 150 мкс приводит к увеличению средней проницаемости среды примерно в 3 раза.

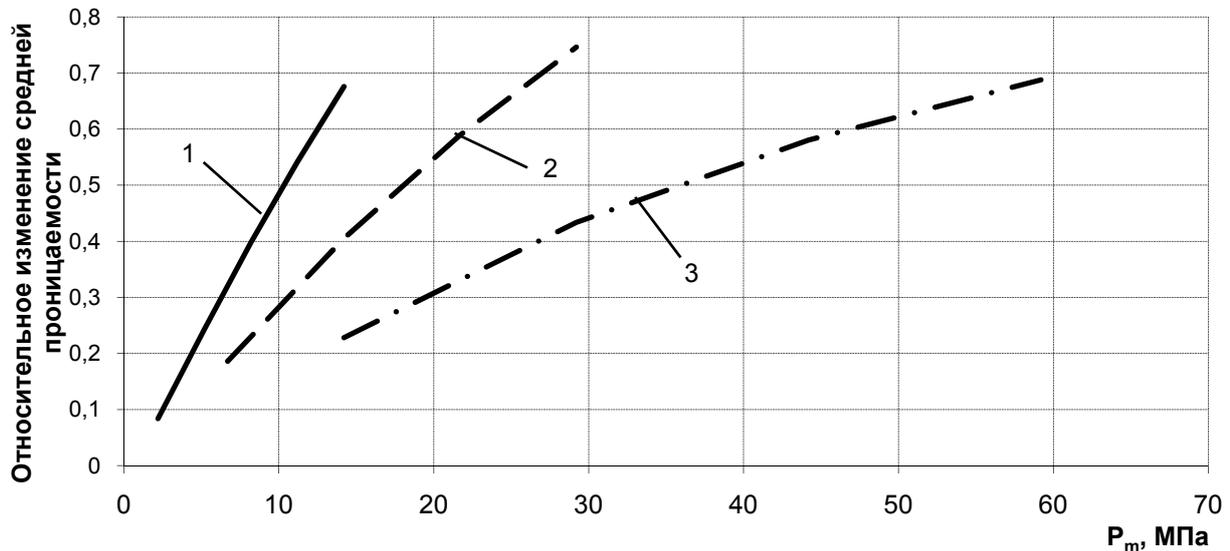


Рис. 1. Зависимость относительного изменения средней проницаемости от амплитуды волны давления: 1 —  $\tau = 150$  мкс; 2 —  $\tau = 75$  мкс; 3 —  $\tau = 37,5$  мкс; тут и далее величина  $\mu = 1$  МПа·с

Согласно предварительным результатам повторные разряды не позволяют заметно увеличить среднюю проницаемость среды, однако процессы в призабойной зоне ПДС в результате многократного импульсного воздействия требуют уточнения.

Анализ изменения средней проницаемости от величины импульса волны давления показывает существенное его влияние и позволяет точнее определить связь с длительностью заднего фронта волны давления (рис. 2). При неизменной величине удельного импульса

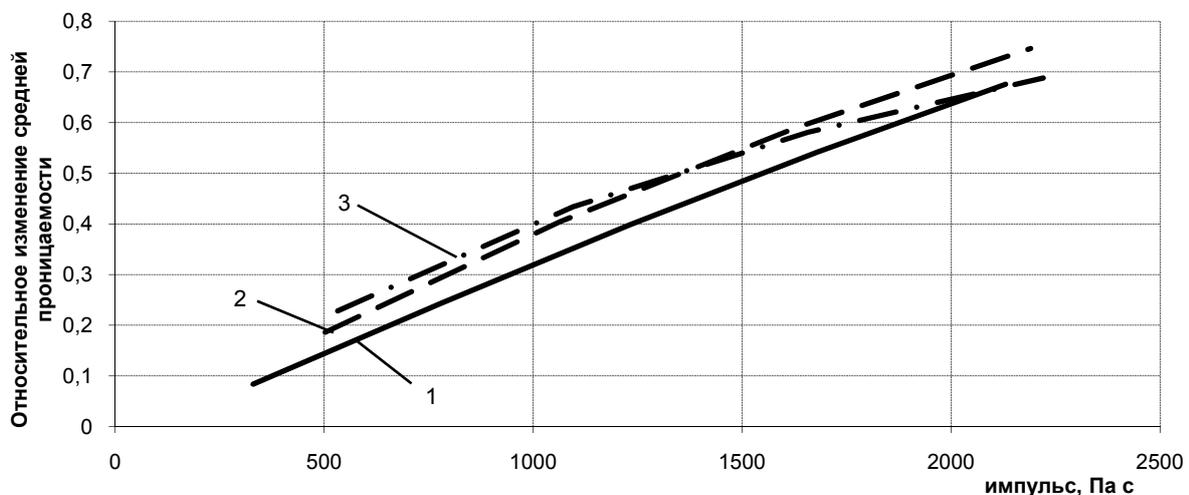


Рис. 2. Зависимость относительного изменения средней проницаемости от импульса волны давления: 1 —  $\tau = 150$  мкс; 2 —  $\tau = 75$  мкс; 3 —  $\tau = 37,5$  мкс

уменьшение длительности заднего фронта волны давления с 150 мкс до 37,5 мкс приводит к увеличению средней проницаемости пористой среды на 30%. В то же время при достижении импульсом некоторого значения происходит выравнивание результатов. Аналогичная тенденция характерна для максимального относительного перемещения жидкости. Изменение заднего фронта волны давления с 150 мкс до 37,5 мкс приводит к увеличению перемещения жидкости на 60% (рис. 3).

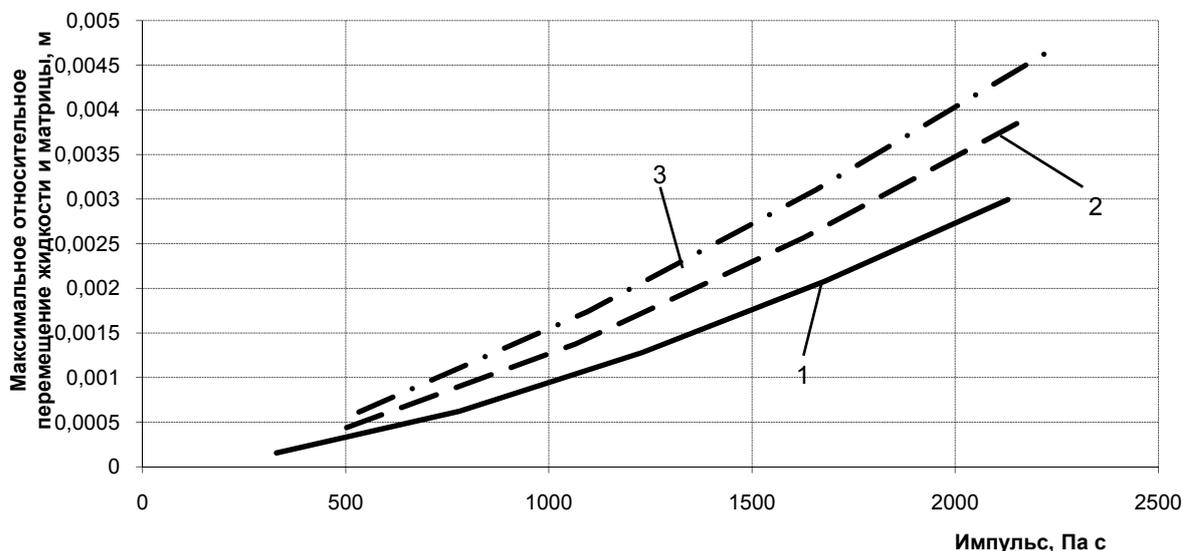


Рис. 3. Зависимость максимального относительного перемещения жидкости и матрицы от импульса давления: 1 —  $\tau = 150$  мкс; 2 —  $\tau = 75$  мкс; 3 —  $\tau = 37,5$  мкс

На рис. 1, 2, 3, 4 приведены результаты математического моделирования процессов.

Варьирование вязкостью жидкости, которой заполнена скважина, показало, ее значительное влияние на изменение проницаемости. При неизменной величине импульса давления увеличение вязкости жидкости в 10 раз приводит к увеличению изменения относительной проницаемости в 3 раза (рис. 4).

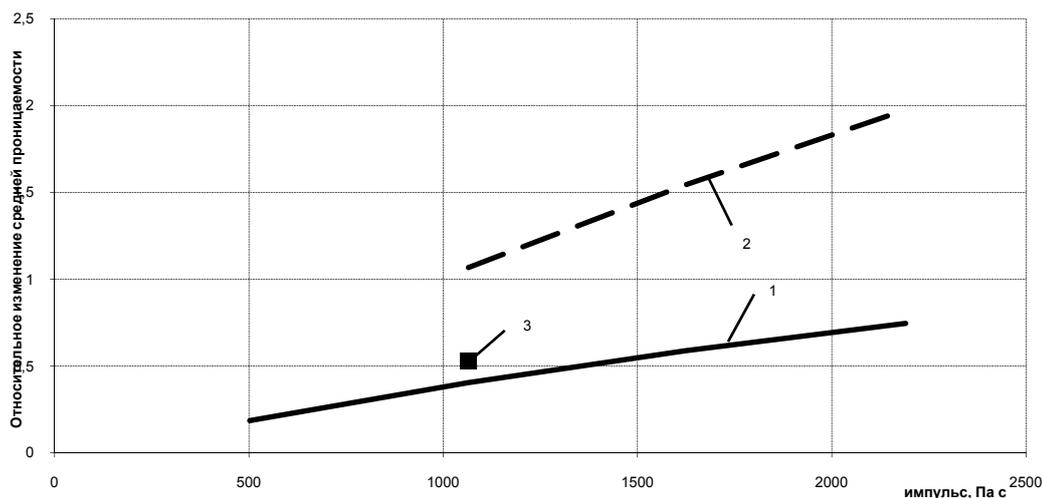


Рис. 4. Зависимость относительного изменения средней проницаемости от импульса волны давления: 1 —  $\tau = 75$  мкс,  $\mu = 0,001$  Па·с; 2 —  $\tau = 75$  мкс,  $\mu = 0,01$  Па·с; 3 —  $\tau = 75$  мкс, 2 импульса

Для интенсификации добычи шахтного метана, исходя из технологических возможностей и конструкционных особенностей ПДС, было разработано электроразрядное устройство типа «Скиф» со следующими параметрами:

рабочее напряжение, $kV$ .....	30;
энергия, накопленная в конденсаторе, $kДж$ .....	1,080;
частота следования разрядных импульсов, $Гц$ .....	0,25;
мощность, потребляемая из сети, $Вт$ .....	1,500;
длина погружной части, $м$ .....	3,5;
диаметр корпуса погружной части, $мм$ .....	102;
масса погружной части, $кг$ .....	93.

На сегодняшний день параметры электроразрядного устройства «Скиф» могут обеспечить максимальное давление на стенке скважины около 25 МПа, длительность волны давления около 50 мкс. Согласно данным математического моделирования это не может привести к значительному увеличению проницаемости призабойной зоны ПДС и образованию новых, глубоких миграционных каналов для шахтного метана. Поэтому эффективное применение данной технологии для интенсификации добычи шахтного метана возможно при увеличении электротехнических параметров устройства или при применении его в комплексе с другими технологиями, например в комбинации с гидродинамическим методом воздействия на породно-угольный массив.

#### ***Гидродинамический метод воздействия на угольный пласт***

Сущность гидродинамического воздействия на угольный пласт заключается в приложении к его свободным поверхностям знакопеременных нагрузок, которые совершают работу по разрушению свободных поверхностей и образованию более широкой системы трещин в пласте. При этом происходит интенсивная дегазация угольного пласта и его переход в невыбросоопасное состояние [3]. Это достигается подачей в пласт рабочей жидкости под давлением с последующим его сбросом в системе «скважина – угольный пласт». Во время подачи рабочей жидкости в пласт открытые поры угля заполняются водой, при этом по каналам, превышающим размеры  $10^{-7}$  см, идет прямая фильтрация, а поры с меньшими размерами заполняются жидкостью посредством сил капиллярного поднятия, и, в дальнейшем, эта вода в фильтрационном процессе не участвует, оставаясь неподвижной и создавая значительное гидравлическое сопротивление обратному движению жидкости и газа при сбросе давления в системе. При поднятии давления посредством подачи жидкости, последняя оттесняет газ заполняющий поры угля в сторону максимума опорного давления. Кроме того, операция подачи жидкости в пласт под давлением создает дополнительные нагрузки в зоне воздействия.

В момент сброса давления происходит резкое нарушение равновесия в системе. Жидкость и вытесняющий ее газ движутся в сторону скважины, однако, скорость изменения давления значительно опережает скорость обратной фильтрации. Образовавшийся градиент давления отрывает заполненный жидкостью слой угля, создающий гидравлическое сопротивление процессу обратного движения жидкости. Резкое падение давления в системе «скважина – угольный пласт», а также образование при отрыве слоя угля новых поверхностей вызывают стремительную десорбцию газа, что также способствует разрушению угля. Повторение циклов подъема-сброса давления в скважине, осуществляемых с помощью рабочей жидкости, способствует нарастанию процессов разрушения угольного пласта и десорбции газа, вплоть до развития так называемого процесса «самоподдерживающегося разрушения», который, в сущности, является управляемым газодинамическим явлением, позволяющим при помощи устройства гидродинамического воздействия УВГ регулировать выбросы из скважины воды, разрушенного угля и газа.

С точки зрения технологического осуществления, способ гидродинамического воздействия достаточно прост, не требует сложного оборудования, не производит вредного воз-

действия на окружающую среду и не занимает много времени для разгрузки и дегазации обрабатываемого участка угольного пласта.

Однако для применения данного метода необходимо наличие свободной поверхности скважины с хорошими фильтрационными свойствами, что обеспечит жидкости глубокое проникновение внутрь горного массива. В реальных условиях внутренняя поверхность эксплуатирующейся скважины обычно «закрыта» кольмантантом, что затрудняет использование данного воздействия для интенсификации добычи шахтного метана. В связи с этим целесообразно его применение в комплексе с хорошо зарекомендовавшим себя методом декольматации, например электроразрядным.

### ***Комбинированный электроразрядный гидродинамический метод интенсификации добычи шахтного метана***

Применение каждого из вышеперечисленных методов по отдельности для интенсификации добычи шахтного метана через ПДС сталкивается с рядом трудностей. Электроразрядное воздействие декольматирует скважину, но не может обеспечить глубокую и разветвленную систему миграционных каналов и трещин в породе. В то же время кольматация скважины препятствует эффективному применению гидродинамического воздействия. Поэтому для обеспечения эффективной очистки прискважинной зоны массива от кольмантанта с последующим образованием многочисленных каналов и трещин, углублением и расширением уже существующих, необходимо применять комбинированный электроразрядный гидродинамический метод интенсификации добычи шахтного метана. В результате его применения образуется устойчивая фильтрационная система для выхода газа, способная функционировать длительное время.

Сущность комбинированного способа электроразрядного гидродинамического воздействия на призабойную зону скважины заключается в следующем. В скважину диаметром не менее 127 мм, заполненную водой с удельной электропроводностью  $\rho = 8,0 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ , к месту воздействия опускается электроразрядное устройство с помощью геофизического подъемника на каротажном кабель-тросе. После этого осуществляется подача напряжения 30 кВ к паре электродов. Частота подачи импульсов  $f = 0,2 \text{ Гц}$ . В результате у стенки обсадной трубы создается давление  $P \approx 24,5 \text{ МПа}$  и скважинная жидкость проникает со скоростью  $V \approx 150 \text{ м/с}$  в перфорационные отверстия, а затем в пористую газонасыщенную среду, что приводит к декольматации. В зависимости от коллекторских свойств среды необходимое количество импульсов находится в пределах 100-300 *имп./м* (при пористости более 5% — 100 *имп./м*, менее 5% — 300 *имп./м*) [4, 5]. Электроразрядное воздействие осуществляется в технологической скважине при постоянном перемещении устройства с минимальной скоростью. С целью предотвращения внезапного выброса метана устье скважины перекрывается задвижкой высокого давления.

С целью дальнейшего развития системы трещин в массиве и более глубокой дегазации по окончании выполнения электрических разрядов применяется гидродинамическое воздействие. Для этого в скважине при помощи компрессорной установки осуществляется подача сжатого воздуха в скважину до создания давления в пределах 3-10 МПа. При этом фронт воды перемещается на некоторое расстояние вглубь массива, оттесняя и сжимая газ, находящийся в полостях и поровых каналах. При резком сбросе давления происходит резкое нарушение равновесия в системе. Жидкость и вытесняющий ее газ движутся в сторону скважины, однако скорость изменения давления значительно опережает скорость обратной фильтрации. Образовавшийся градиент давления отрывает заполненный жидкостью слой угля, создающий гидравлическое сопротивление процессу обратного движения жидкости. Резкое падение давления в системе «скважина — угольный пласт», а также образование при отрыве слоя угля новых поверхностей вызывает стремительную десорбцию газа, что также способствует разрушению угля. Повторение циклов подъем-сброс давления в скважине,

осуществляемых с помощью рабочей жидкости, способствует нарастанию процессов разрушения угольного пласта и десорбции газа, вплоть до развития процесса так называемого «самоподдерживающегося разрушения», который, в сущности, является управляемым газодинамическим явлением.

***Отработка технологических режимов электроразрядного гидродинамического воздействия в промышленных условиях для интенсификации добычи шахтного метана***

Для проведения работ по отработке технологических режимов электроразрядного гидродинамического воздействия в промышленных условиях была выбрана скважина ШЦ-1355 на АП «Шахта им. А.Ф. Засядько».

Расстояние между нижним и верхним уровнями перфорации этой скважины составляет 250 м. Высота продуктивных участков скважины составляет 125,2 м: 2,2 м — угольные пласты, и 123 м — газонасыщенные песчаники. Удельная длительность электроразрядного воздействия ~ 0,1 ч/м (*часы/метр*). Таким образом, для обработки продуктивных участков по всей высоте их залегания необходимо ~ 12 ч.

Замеренное удельное электросопротивление шахтной воды составило  $\rho = 8,0 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ . Затем скважина была заполнена водой, закрыта, и в ней на месте начала электроразрядного воздействия (нижний уровень перфорации) было установлено электроразрядное устройство «Скиф» с помощью геофизического подъемника на каротажном кабельном тросе. Уровень погружения электроразрядного устройства «Скиф» определялся с помощью магнитных меток, которыми снабжен геофизический кабель. После установки электроразрядного устройства на уровне залегания пласта  $m_3$  (1245 м) наземная его часть была подключена к сети 220 В / 50 Гц и произведен его запуск. Количество разрядных импульсов, необходимых для обработки одного погонного метра ствола, составило 100 разрядов. Далее погружная часть электроразрядного устройства в процессе обработки углегазового массива медленно перемещалась вверх по скважине с остановками на уровнях продуктивных участков на время электроразрядного воздействия в соответствии с необходимым количеством разрядных импульсов и мощностью продуктивного слоя. По окончании выполнения разрядов погружная часть электроразрядного устройства была извлечена из скважины. В скважину были погружены насосно-компрессорные трубы (НКТ), произведено свабиrowание и установлен уровень воды в межтрубном пространстве 840 м.

На следующие сутки было отмечено газовыделение из скважины, его дебит достигал  $520 \text{ м}^3/\text{сут}$ , в то время как до воздействия дебит газа выходящего из скважины составлял  $25 \text{ м}^3/\text{сут}$ .

Через десять суток было начато проведение второго этапа электроразрядного гидродинамического воздействия. Уровень воды в скважине путем свабиrowания был установлен 610 м.

Первый цикл воздействия был произведен в течение двух дней. В первый день давление в НКТ было поднято до 0,93 МПа, а в межтрубном пространстве (МТП) — до 0,34 МПа. Во второй день подъем давления был продолжен, и после достижения давления в НКТ — 1,95 МПа и в МТП — 0,52 МПа произведен его сброс: сначала из МТП, а затем из НКТ. Через 7 мин 12 с давление в МТП упало до 0, а после открытия НКТ через 40 мин оно также достигло нулевого значения.

Перед вторым циклом воздействия было произведено свабиrowание скважины от уровня воды 450 м до 840 м. Затем в течение 4 ч 20 мин производился подъем давления, при этом в НКТ за это время оно достигло величины 1,58 МПа, а в МТП — 0,51 МПа. После сброса давление в течение 7 мин одновременно из НКТ и МТП давление в МТП упало до 0 МПа, а в НКТ — до 0,82 МПа. При этом из МТП наблюдался выброс газа. Через 36 мин давление в НКТ упало до 0 МПа. Концентрация метана в НКТ составила 0%, а в МТП — 0,8%.

Перед третьим циклом воздействия произведено свабиrowание скважины от уровня воды 480 м до 830 м. Концентрация метана в МТП составляла 48%, в НКТ — 0%. Подъем давления при проведении третьего цикла воздействия производился в течение 3 ч 35 мин, при этом величина давления в НКТ составила 1,58 МПа, а в МТП — 0,5 МПа. Сброс давления производился через МТП, в течение 4 мин давление в нем упало до 0 МПа, а в НКТ — до 0,93 МПа. Из МТП снова был выброс газа, концентрация метана составила 7%.

Подъем давления в четвертом цикле воздействия производился в течение 3 ч 20 мин, его значения достигли в НКТ 1,6 МПа, в МТП 0,84 МПа. Сброс давления осуществили в течение 5 мин, при этом в МТП оно упало до 0 МПа, а в НКТ до 1,0 МПа. Из МТП наблюдался выброс газа. Концентрация метана в МТП составила 6%. В НКТ давление упало до 0 МПа через 41 мин.

Пятый цикл воздействия производился в два этапа. На первом этапе подъем давления осуществлялся в течение 3 ч 45 мин, за это время оно достигло в НКТ 1,6 МПа, в МТП 0,8 МПа. Затем было перекрыто МТП и давление продолжали поднимать только в НКТ. Через 1 ч 25 мин давление достигло значений в НКТ 3,5 МПа, в МТП 0,48 МПа. Сброс давления производили одновременно из НКТ и МТП в течение 3 мин, при этом оно упало в НКТ до 3,3 МПа, а в МТП до 0 МПа. Через 45 мин давление в НКТ также упало до 0 МПа.

Подъем давления в шестом цикле воздействия продолжался 4 ч 40 мин. Были достигнуты давления в НКТ 5,4 МПа, в МТП 0,7 МПа. Сброс давления осуществлялся через МТП в течение 4 мин, при этом в МТП давление упало до 0 МПа, а в НКТ всего лишь до 5,2 МПа. В момент сброса давления из МТП наблюдался выброс газа, концентрация метана составила 8%. Давление в НКТ упало до 0 МПа через 2 ч 43 мин.

Седьмой цикл воздействия осуществлялся в два этапа. На первом этапе подъем давления продолжался 6 ч 28 мин, при этом значения давления в НКТ составило 5,2 МПа, в МТП — 0,5 МПа. Сброс давления был произведен из МТП в течение 1 мин. В МТП давление упало до 0 МПа, а в НКТ — до 4,75 МПа. Через 3 мин после закрытия вентиля НКТ давление в них стало равным 4,45 МПа. На следующий день поднятие давления производили только в МТП, в течении 3 ч 52 мин было поднято давление в НКТ до 5,25 МПа и в МТП до 2,45 МПа. Затем давление в НКТ из-за утечек в винтовой задвижке упало до 4,2 МПа. Через 49 мин одновременно из НКТ и МТП был произведен сброс давления. Через 1 ч 6 мин давление в МТП стало равным 0 МПа, а еще через 35 мин упало до 0 МПа и в НКТ. Динамика изменения давления при 6-7 циклах воздействия представлена на рис. 5.

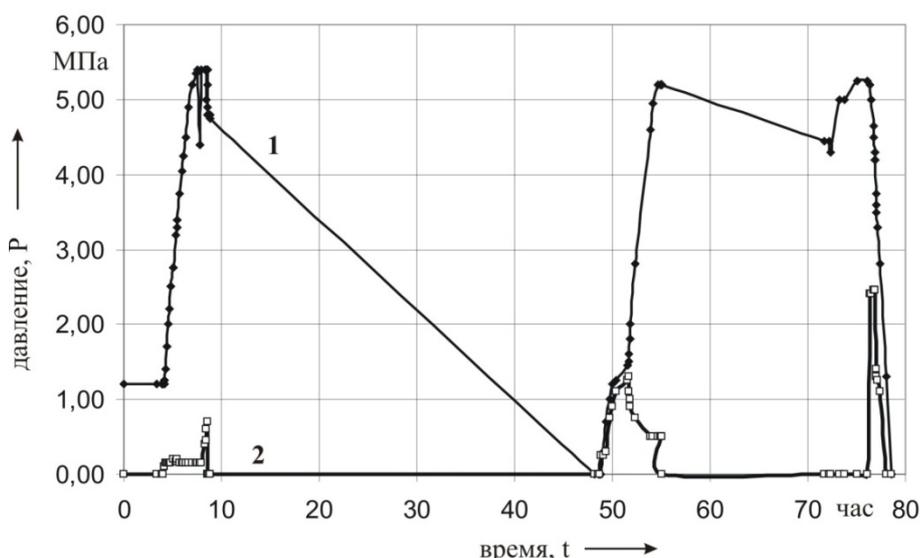


Рис. 5. Динамика изменения давления в НКТ и МТП скважины Щ-1355 при электроразрядном гидродинамическом воздействии: 1 — НКТ; 2 — МТП

После электроразрядного гидродинамического воздействия дебит метана из скважины Щ-1355 вначале достигал 4,0-5,0 тыс. м<sup>3</sup>/сут., затем снизился до 3,0 тыс. м<sup>3</sup>/сут. и после достижения устойчивой величины дебита в 2 тыс. м<sup>3</sup>/сут. скважина была подключена к дегазационному ставу системы когенерационных установок.

### **Вывод**

В результате применения технологии электроразрядного гидродинамического воздействия была установлена ее эффективность и возможность реанимирования поверхностных дегазационных скважин с целью добычи шахтного метана, его промышленного использования и улучшения экологической обстановки промышленных регионов.

Однако в дальнейшем требуется проведение ряда работ по уточнению влияния горно-геологических и горнотехнических условий на эффективность технологии электроразрядного гидродинамического воздействия, а также влияния вязкости жидкости, заполняющей скважину.

### **Список литературы**

1. Зайденварг В.Е., Гаркавенко Н.И., Афонников В.С. и др. Угольная промышленность за рубежом. — М.: Горная промышленность, 1993. — 389 с.
2. Косенков В.М. Влияние параметров электроразрядного воздействия на динамические и фильтрационные процессы прифилтровой зоны водозаборных скважин / В.М. Косенков, Ю.И. Курашко, И.С.Швец // Геотехнічна механіка: Міжвід. зб. наук. праць / Ін-т геотехнічної механіки НАН України. — Дніпропетровськ, 2002. — Вип. 35. — С. 23-31.
3. Гидродинамическое воздействие на газонасыщенные угольные пласты / Булат А.Ф., Софийский К.К., Силин Д.П. и др. — Днепропетровск: Полиграфист. — 2003. — 220 с.
4. Сергеев М.В. Теория и практика комплексного освоения месторождений полезных ископаемых и обогащения минерального сырья: 2-я школа-семинар молодых ученых, Алма-Ата, 23-27 сентября 1991. — М., 1992. — С. 96-98.
5. Михайлюк А.С. Торпедирование и импульсный гидроразрыв пластов / А.В. Михайлюк. — Киев: Наукова думка, 1991. — 204 с.

Стаття надійшла до редакції 31.10.08

© Воробьев Е.А., Швец И.С., Силин Д.П., Косенков В.М., Смирнов А.П., Чередников В.В., 2008