

*На правах рукописи*



**САДОВ АНАТОЛИЙ ПЕТРОВИЧ**

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЛАСТОВОЙ ДЕГАЗАЦИИ НА ОСНОВЕ  
ЦИКЛИЧЕСКИХ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА УГОЛЬНЫЕ  
ПЛАСТЫ**

Специальность 05.26.03 – «Пожарная и промышленная безопасность  
(в горной промышленности)»

**А в т о р е ф е р а т**  
**диссертации на соискание ученой степени**  
**кандидата технических наук**

**Москва 2017**

*Работа выполнена в ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» (НИТУ «МИСиС») Минобрнауки России*

**Научный руководитель**

**Сластунов Сергей Викторович** - доктор технических наук, профессор;

**Официальные оппоненты:**

*Забурдяев Виктор Семенович* - доктор технических наук, ведущий научный сотрудник ФГБУН РАН «Институт проблем комплексного освоения недр»;

*Магомет Ростислав Дмитриевич* – кандидат технических наук, доцент кафедры Безопасности производств, ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский горный университет».

**Ведущая организация** – Федеральный исследовательский центр угля и углехимии Сибирского отделения РАН (г. Кемерово).

Защита диссертации состоится " \_\_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2017 г. в \_\_\_\_\_ часов на заседании диссертационного совета Д-212.132.11 при НИТУ "МИСиС" по адресу: 119991, Москва, Ленинский проспект, 6,

С диссертацией можно ознакомиться в научно-технической библиотеке НИТУ «МИСиС» и на сайте <http://misis.ru/science/dissertations/2017/3343/>

Автореферат разослан " \_\_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2017 г.

Ученый секретарь

диссертационного совета

доктор технических наук, профессор

Е.Ю. Куликова

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы исследования.** Одним из наиболее важных моментов сдерживания высокой производительности значительного числа угольных шахт является газовый фактор, включающий в себя растущую с интенсивностью угледобычи газообильность горных выработок, а также все более проявляющейся с постоянным ростом глубины ведения горных работ выбросоопасностью углегазонасного массива.

Стратегией развития угольной отрасли РФ до 2030 г. предусматривается рост добычи угля до 430 млн т/год. Абсолютная метанообильность современных угольных шахт превышает 150 м<sup>3</sup>/мин. При подземной добыче угля проблема метанобезопасности является основополагающей. По оценке специалистов при авариях, связанных с взрывами и внезапными выбросами метана, в минувшем веке погибло более 100 тысяч шахтеров. Несмотря на пристальное внимание к вопросам вентиляции и дегазации, технический прогресс, постоянно совершенствующиеся нормативные документы и требования Правил безопасности к ведению горных работ, не всегда удается избежать крупных аварий и катастроф в угольной отрасли.

Проблема метанобезопасности включает в себя много аспектов, одним из которых является разработка эффективных технологий пластовой дегазации, которая в условиях интенсивной разработки высокогазонасных угольных пластов может являться ключевым моментом обеспечения безопасных условий угледобычи.

В связи с изложенным весьма актуальной научно-технической задачей является повышение эффективности пластовой дегазации на основе активных воздействий на угольные пласты для их безопасной и интенсивной отработки.

**Целью работы** является совершенствование технологий заблаговременной и предварительной пластовой дегазации, основанное на

применении циклических гидродинамических воздействий на угольные пласты для повышения эффективности их дегазации.

**Основная идея работы** заключается в том, что повышение эффективности как заблаговременной (скважинами с поверхности), так и предварительной (скважинами, пробуренными из подготовительных выработок) пластовой дегазации может достигаться применением гидродинамических воздействий, реализуемых по различным механизмам, но направленных на существенное увеличение проницаемости и газоотдачи угольного пласта за счет создания в нем техногенного трещинно-порового коллектора повышенной проницаемости.

**Научные положения, разработанные лично соискателем, и их новизна:**

1. При циклическом гидродинамическом воздействии на угольный пласт повышение газопроницаемости может достигаться за счет реализации его геоэнергии в виде выбросов угля и газа в скважину, обеспечивающих частичную разгрузку пласта, что позволяет усовершенствовать технологию заблаговременной дегазационной подготовки угольного пласта (ЗДП) через скважины, пробуренные с поверхности.

2. Выявлен и обоснован механизм интенсификации газоотдачи пласта на базе достижения эффекта самоподдерживающегося разрушения угля, а также эффективные параметры его реализации в усовершенствованной технологии заблаговременной дегазационной подготовки угольного пласта с применением циклических гидродинамических воздействий.

3. Установленные режим и рациональные параметры циклического гидродинамического воздействия на пласт обеспечивают повышение эффективности предварительной пластовой дегазации (ППД), осуществляемой скважинами, пробуренными из подготовительных выработок, за счет увеличения газопроницаемости и газоотдачи пласта в зонах подземного гидроразрыва.

**Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждаются:**

- представительным объемом шахтных исследований усовершенствованной технологии ЗДП (натурный эксперимент на 9 скважинах ЗДП на двух шахтных полях Угольного департамента АО «АрселорМиттал Темиртау (УД АМТ);
- положительными результатами шахтных испытаний по оценке эффективности основных технологических решений при ведении подготовительных и очистных работ в зонах ЗДП при отработке лавы 312-Д<sub>6</sub>-13 шахты «Казахстанская» УД АМТ;
- положительными результатами шахтных исследований по оценке эффективности ППД в зонах подземного гидроразрыва на шахте им. Кирова АО «СУЭК-Кузбасс».

**Научное значение работы** заключается в совершенствовании технологий заблаговременной и предварительной дегазации газоносных и, особенно, выбросоопасных угольных пластов в условиях их интенсивной отработки путем применения гидродинамических воздействий для повышения проницаемости и газоотдачи углегазоносного массива на основе реализации эффекта самоподдерживающегося разрушения угля и гидроразрыва угольного пласта.

**Практическое значение работы** заключается в разработке технической и методической документации на апробацию и внедрение новых технологических решений по совершенствованию технологий заблаговременного и предварительного воздействия на угольные пласты, базирующихся на существенном повышении газопроницаемости дегазируемого угольного пласта.

**Методы исследования** включали: анализ литературных и фондовых материалов; изучение газоносности и газопроницаемости угольного массива; аналитические и экспериментальные исследования газодинамических

процессов, протекающих в углегазоносном массиве; шахтные наблюдения процессов газовыделения в горные выработки, скважины и дегазационные системы; технико-экономический анализ процесса дегазации источников метановыделения. Данные шахтных наблюдений и экспериментов получены с применением апробированных и утвержденных в установленном порядке методик.

### **Реализация выводов и рекомендаций работы.**

Разработанная усовершенствованная технология заблаговременной дегазационной подготовки прошла широкие испытания на поле шахты «Казахстанская» УД АО «АрселорМиттал Темиртау» при обработке особо выбросоопасного пласта Д<sub>6</sub>, а также усовершенствованная технология предварительной дегазации с использованием подземного гидроразрыва угольного пласта успешно реализована на выемочном участке 24-58 на шахте им. Кирова АО «СУЭК-Кузбасс».

**Апробация работы.** Результаты, изложенные в диссертации, докладывались на научных симпозиумах «Неделя горняка – 2014 - 2016» (г. Москва), международной научно-практической конференции «Горно-металлургический комплекс Казахстана: проблемы и перспективы инновационного развития» (Караганда - 2011), а также на заседании технического совета АО «СУЭК-Кузбасс» (2014-2016 гг.), заседаниях научных семинаров и заседании кафедры БЭПП Горного института НИТУ «МИСиС».

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 10 работ, из них – 4 в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России.

**Структура и объем работы.** Диссертационная работа состоит из введения, 5 глав, заключения, списка используемой литературы из 145 наименований, приложения, содержит 32 рисунка и 19 таблиц.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Дегазация подготавливаемых к подземной разработке угольных пластов развивается как инженерное мероприятие, направленное на обеспечение безопасности труда шахтеров и повышение эффективности горного производства. Изложенные в диссертации исследования проводились автором в Карагандинском и Кузнецком угольных бассейнах. Актуальность этих исследований для Карагандинского бассейна, в первую очередь, определяется высокой газоносностью и выбросоопасностью угольных пластов на объектах горных работ (шахта «Казахстанская», особо выбросоопасный пласт Д<sub>6</sub>, природная газоносность до 32 м<sup>3</sup>/т), а для Кузбасса - высокими нагрузками на очистной забой (нагрузки до 25÷30 тыс. т/сут и более для шахт АО «СУЭК-Кузбасс»). В условиях интенсивной угледобычи газовыделение из разрабатываемого газоносного пласта становится лимитирующим производительность шахты фактором.

В свете изложенного в диссертации сформулированы основные решаемые задачи:

1. Дать обоснование выбора технологии пластовой дегазации угольных пластов для обеспечения их безопасной и интенсивной отработки.
2. Обосновать технологию и провести натурные испытания заблаговременного извлечения метана путем гидродинамического воздействия на пласт с использованием эффекта самоподдерживающегося разрушения угля.
3. Разработать проектные решения по реализации усовершенствованной технологической схемы гидропневмодинамического воздействия с использованием эффекта самоподдерживающегося разрушения угля.
4. Оценить эффективность технологии заблаговременной дегазационной подготовки с использованием эффекта самоподдерживающегося разрушения угля при отработке особо выбросоопасного пласта Д<sub>6</sub> на поле шахты «Казахстанская»
5. Усовершенствовать и апробировать на поле шахты им. Кирова АО

«СУЭК-Кузбасс» технологию предварительной дегазации угольного пласта с использованием его гидроразрыва, осуществляемого из подготовительных выработок.

6. Исследовать основные технологические режим и параметры гидроразрыва из подземных горных выработок.
7. Оценить результаты шахтных экспериментальных работ и перспективы их развития.

В диссертации проанализирован мировой опыт применения дегазации на угольных шахтах. Отмечается, что благодаря грамотной инженерной политике в практику работы многих шахт введена комплексная дегазация подготавливаемых к разработке угольных пластов, эффективность которой на ряде шахт достигает  $70 \div 80\%$ . Однако, при этом имеет место снижение газоносности угля в зоне отработки на выемочном участке на  $10 \div 20\%$  (реальный уровень эффективности ППД) не во всех случаях позволяет решить проблему газовыделения из разрабатываемого пласта для обеспечения планируемого уровня интенсивности угледобычи.

Для достижения современных нагрузок на очистной забой эффективность дегазации разрабатываемого пласта для многих горно-геологических и горнотехнических условий должна быть на уровне  $40 \div 50\%$  и выше, что на сегодняшний день может обеспечить только заблаговременная или комплексная пластовая дегазация.

Возможности использования на стадии ЗДП гидрорасчленения угольных пластов, как эффективного регионального способа снижения газообильности горных выработок и выбросоопасности углегазонасного массива, достаточно полно изучены в работах Ножкина Н.В., Васючкова Ю.Ф., Ярунина С.А. и ряда других специалистов.

В диссертации обоснованы пути совершенствования основных технологических решений по пластовой дегазации угольных пластов, оценены перспективы и технологические возможности различных схем



гидродинамического воздействия на угольный пласт в части повышения газопроницаемости и газоотдачи последнего.

Существенный научный и практический интерес представляет использование геоэнергии углегазонасного массива для разрушения угля, что может обеспечить значительное снижение энергоемкости процесса масштабной деструкции (расчленения) пласта и повышение его газопроницаемости. Теоретическое обоснование предпосылок использования геоэнергии угольного пласта для целей дегазации углегазонасного массива и лабораторное исследование возможности и параметров реализации этого процесса было осуществлено проф. Фейтом Г.Н. (ИГД им. А.А. Скочинского, позднее ИПКОН РАН, МГГУ). Эти исследования явились основой для разработки и натурных шахтных испытаний усовершенствованной технологии ЗДП с определением ее эффективности, рациональных параметров и области применения.

Технология, базирующаяся на использовании эффекта самоподдерживающегося разрушения угля (СПРУ), в определенных горно-геологических условиях может быть реализована при нагнетании в совершенно вскрытый угольный пласт и образованную в нем прискважинную каверну рабочего агента в режиме фильтрации с последующим резким сбросом давления на устье скважины. Сброс давления должен осуществляться с максимально возможной скоростью, в результате чего в углегазонасном массиве может происходить разрушение и выброс угля и газа. Режим силового воздействия с выдачей угольного штыба и тонкоизмельченного угля может повторяться многократно. Созданная полость формирует в угольном пласте зону повышенной трещиноватости и газопроницаемости, частично разгруженную от горного давления.

Технологическая схема циклического гидродинамического воздействия может быть реализована в двух вариантах: 1 – со знакопеременной обработкой прискважинной зоны после кавернообразования; 2 – при совмещении гидрорасчленения с условиями,

обеспечивающими самоподдерживающееся разрушение угля в массиве. Условия СПРУ были изначально получены в лабораторных условиях экспериментально. Прочность угольной пачки, на уровне которой осуществляется кавернообразование, должна соответствовать условию

$$B = \alpha X / f_k \geq 1, \quad (1)$$

где:  $B$  – показатель устойчивости пачки угольного пласта;

$\alpha$  – эмпирический коэффициент, равный  $0,04 \text{ т/м}^3$ ;

$X$  – газоносность угольного пласта, в месте его пересечения скважиной,  $\text{м}^3/\text{т}$

$f_k$  – показатель прочности угольной пачки в месте пересечения скважиной.

По предварительной оценке, критерию (1) удовлетворяют практически все выбросоопасные и большинство высокогазоносных (более  $15 \text{ м}^3/\text{т}$ ) угольных пластов.

Реализация технологии по первому варианту осуществляется по следующим параметрам:

$$\text{минимальное давление закачки: } P_n^{\min} = 0,3(g \gamma H - P_{\text{пл}}) + P_{\text{пл}}, \quad (2)$$

$$\text{максимальное давление закачки: } P_n^{\max} = 0,75g\gamma H, \quad (3)$$

где:  $g$  – ускорение свободного падения,  $\text{м/с}^2$ ;

$\gamma$  – плотность налегающей толщи пород,  $\text{кг/м}^3$ ;

$H$  – глубина залегания пласта,  $\text{м}$ ;

$P_{\text{пл}}$  – давление газа в пласте,  $\text{Па}$ .

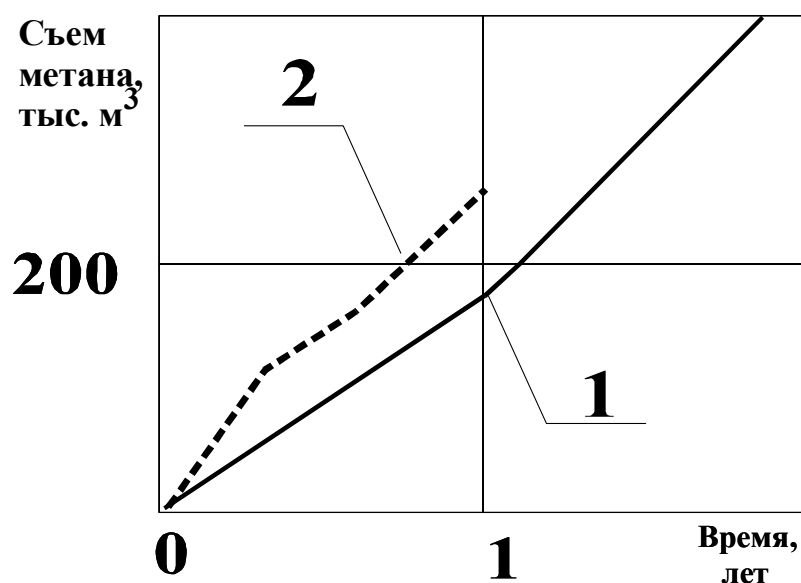
Уравнение (2) является результатом лабораторных исследований реализации эффекта СПРУ, уравнение (3) соответствует условиям закачки рабочего агента в режиме фильтрации без выхода на режим гидрорасчленения угольного пласта.

Для условий пласта  $D_6$  шахты «Казахстанская» (основной объект шахтных исследований):

$$P_n^{\min} = 6,3 \text{ МПа}; \quad P_n^{\max} = 11,0 \text{ МПа}.$$

Технология была испытана на полях шахт им. Ленина (скважины №15,17) и «Казахстанская» (скважины №25,26,27,29) и была отмечена ее сравнительно высокая эффективность по извлечению метана, особенно в начальный период освоения скважин. Доказана возможность использования механизма СПРУ для повышения газовыделения в скважину, определены направления совершенствования способа.

На рисунке 1 приведены усредненные данные по извлечению метана на наиболее характерном начальном этапе эксплуатации скважин из техногенных коллекторов, сформированных в зонах гидрорасчленения пласта Д<sub>6</sub> на поле шахты им. Ленина (скважины ГРП-1 – ГРП-14, представляющие базовый отправной вариант, взятый для сравнения) и результаты извлечения метана из скважин, на которых была апробирована новая технология циклического гидродинамического воздействия с обработкой пласта в режиме СПРУ.



*Рисунок 1 - Динамика извлечения метана на начальном этапе эксплуатации скважин*

*1-среднестатистическая скважина (усредненная по скв.ГРП-1-14, шахта им.Ленина);*

*2 - скважина ГРП-25, шахта «Казахстанская»*

На скважине ГРП № 38 на поле шахты «Казахстанская» были проведены натурные испытания усовершенствованной технология дегазации особо выбросоопасного пласта Д<sub>6</sub>. Анализ результатов испытаний данной технологии показал, что самоподдерживающееся разрушение наиболее эффективно реализуется при наличии слабой пачки в структуре угольного пласта. Эффективность разработанной технологии выше по сравнению с базовым вариантом технологии гидрорасчленения, реализуемым в соответствии с действующими руководящими документами по дегазации. При ограниченных сроках освоения скважин за счет интенсивного выхода на устойчивое газовыделение эффективность разработанной технологии превышает традиционную на 35-50%.

Натурные испытания усовершенствованной технологии ЗДП показали, что для достижения эффекта СПРУ непосредственно в прискважинной зоне (до начала гидрорасчленения) необходимо существенно увеличить количество циклов «нагрузка-разгрузка» и при этом желательно использовать рабочие агенты с более низким удельным весом (например, пену, аэрированную жидкость или воздух) для обеспечения большего перепада давления.

Установлено, что инициирование выброса угля из прискважинной части техногенного коллектора, формируемого в зоне ЗДП, достигается при закачке рабочей жидкости с темпом, превышающим 60÷70 л/с и в объеме более 800 м<sup>3</sup>.

Вариант применения в качестве рабочего агента аэрированной жидкости лег в основу разработанных проектных решений на заблаговременную дегазацию пласта Д<sub>6</sub> через скважину №56 на поле шахты «Казахстанская».

Основная оценка эффективности работ по комплексной пластовой дегазации на шахте «Казахстанская» велась при отработке лавы 312-Д<sub>6</sub>-1з в 2013-2014 гг. Комплексная пластовая дегазация предусматривала на первой стадии дегазационных работ гидрорасчленение пласта Д<sub>6</sub> с применением

усовершенствованной технологии, предусматривающей использование геознергии особо выбросоопасного угольного пласта Д<sub>6</sub>.

Для повышения темпов проведения подготовительных пластовых выработок на второй стадии проводился газодренаж, на третьей стадии осуществлялась предварительная пластовая дегазация пласта Д<sub>6</sub> с использованием подземных пластовых скважин, пробуренных из вентиляционного и конвейерного штреков на выемочном участке 312-Д<sub>6</sub>-1з. Для исследованных зон комплексной пластовой дегазации установленное фактическое снижение газоносности пласта Д<sub>6</sub> составило 10,8 м<sup>3</sup>/т. По выполненным фактическим оценкам вклад разработанной усовершенствованной технологии ЗДП, реализованной на первом этапе пластовой дегазации, составил 80%. В ходе дальнейших экспериментальных исследований была проведена оценка эффективности комплексной пластовой дегазации на выемочном участке 312-Д<sub>6</sub>-1з шахты «Казахстанская» по снижению абсолютной газообильности лавы. Проведенный анализ на основе оценки фактических данных показал, что достигнутая эффективность комплексной пластовой дегазации на выемочном участке 312-Д<sub>6</sub>-1з находилась на уровне 40÷50 %. В ходе ведения очистных работ в лаве 312-Д<sub>6</sub>-1з подтверждена технико-экономическая эффективность ЗДП при ведении горных работ по пласту Д<sub>6</sub> на шахте «Казахстанская», которая достигается за счет увеличения нагрузок на лаву вследствие снижения газовыделения из разрабатываемого пласта.

Основной вопрос эффективного извлечения метана из не разгруженного от горного давления пласта заключается в повышении его проницаемости. Это может достигаться созданием в угольных пластах систем трещин (образованием новых, раскрытием и объединением ранее существовавших), ориентированных к дегазационным скважинам. Кардинальное решение задачи создания и поддержания таких систем трещин обеспечивает технология ЗДП с гидрорасчленением угольных пластов. В тех условиях, когда данная технология не может применяться по временным,

технологическим или экономическим условиям, возможным и достаточно эффективным способом может являться гидроразрыв угольного пласта, осуществляемый из подземных выработок на стадии проведения предварительной дегазации угольных пластов.

Вопросам разработки эффективных технологий подземной пластовой дегазации посвящены работы Сергеева И.В., Забурдяева В.С., Устинова Н.И., Айруни А.Т., Преображенской Е.И., Садчикова В.А., Полевщикова Г.Я. и других специалистов.

Целью применения разработанной и испытанной в шахтных условиях технологии подземного гидроразрыва является интенсификация метаноотдачи угольного пласта с низкой проницаемостью. Усовершенствованная по ряду основных технологических параметров технология подземного гидроразрыва из подготовительных пластовых выработок была апробирована и испытана на шахте им. Кирова АО «СУЭК-Кузбасс» в ходе поисковых экспериментальных работ, сущность которых заключалась в нагнетании рабочей жидкости в пласт под большим давлением (до 20 МПа и более) в установленном режиме для создания сети техногенных трещин с целью улучшения коллекторских свойств дегазуемого угольного пласта.

Главное преимущество испытанного способа гидроразрыва угольного пласта перед аналогами является простота и надежность технической реализации. В данном случае не требуется применение дорогостоящего или уникального специального оборудования (пакеров, герметизаторов различных конструкций и других устройств). Закачка рабочей жидкости гидроразрыва ведется с использованием маслостанции с темпом нагнетания до 10 л/с.

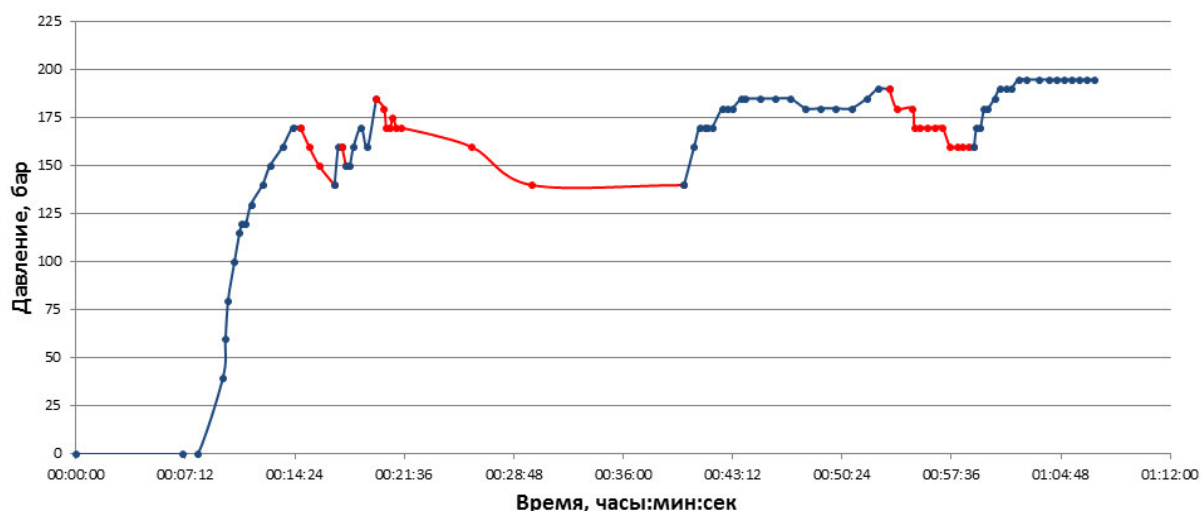
Эффективность новой усовершенствованной технологии подземного гидроразрыва (ПодзГРП) достигается на стадии ППД повышенным съемом метана скважинами гидроразрыва и пластовыми скважинами,

функционирующими в зоне влияния скважин гидроразрыва, что приводит к снижению газообильности лавы в зонах влияния скважин ПодзГРП.

Первый этап работ для определения работоспособности и эффективности разработанной схемы подземного гидроразрыва проводился на скважинах ПодзГРП-1-6, пробуренных из вентиляционной печи на выемочном участке 24-58 на глубину 35,5 метров диаметром 130 мм. При обсадке скважины периодически велась ее промывка для удаления бурового штыба. Герметизация скважины была проведена шахтиклеем по специальной технологии. На следующем этапе работ скважины разбуривались на проектное значение  $2 \div 7$  метров штангами диаметром 40 мм. Осуществлялся начальный замер дебита смеси из скважин, после чего производился гидроразрыв пласта в соответствии с утвержденными технологическими документами, включающими в себя проектные параметры закачки рабочей жидкости (удельный темп, объем закачки рабочей жидкости и др.).

Закачка рабочей жидкости в пласт велась циклически, что в первую очередь, связано с технологическими возможностями насоса для нагнетания рабочей жидкости в пласт. После завершения процесса циклического гидроразрыва и монтажа газопровода скважины подключаются к последнему и осуществляется оценка эффективности проведенных работ по динамике дебитов метана и суммарному съему газа за весь период ППД как непосредственно из скважины ПодзГРП, так и из типовых пластовых скважин, пробуренных после гидроразрыва в зоне его влияния согласно паспорту дегазационных работ.

Представленный на рис. 2 график выхода на режим, типичный для всех скважин №1-6, позволил сделать предварительный вывод об имевшем место характере режима закачки рабочей жидкости в угольный пласт «Болдыревский», который может быть идентифицирован как поэтапный циклический гидроразрыв.



*Рисунок 2 - Выход на режим – график изменения давления во время закачки рабочей жидкости в пласт в ходе проведения ПодзГРП на скважине №2 пласта Болдыревский*

Глубина залегания обработанного пласта «Болдыревский» в зонах ПодзГРП составляла  $425 \div 466$  метров. Максимальное давление нагнетания рабочей жидкости в пласт изменялось в диапазоне  $16,0 \div 21,5$  МПа. Объем закачки рабочей жидкости составлял  $5 \div 20$  м<sup>3</sup>.

Герметизация скважины надежно изолировала скважины ПодзГРП от подготовительных выработок. В результате проведенных работ было достоверно установлено, что на выемочном участке 24-58 на указанной глубине залегания пласта «Болдыревский» величина пластового (газового) давления в не разгруженном от горного давления пласте составляет  $32 \div 33$  бар. На этой величине стабилизировался рост давления газа в закрытых нормально (без отклонений) функционирующих после гидроразрыва скважинах ПодзГРП.

Схема расположения скважин ПодзГРП и типовых пластовых скважин ППД для иллюстрации методического подхода к предварительной оценке эффективности исследуемой технологии в части увеличения дебитов метана из подземных скважин пластовой дегазации в зоне ПодзГРП приведена на рисунке 3.



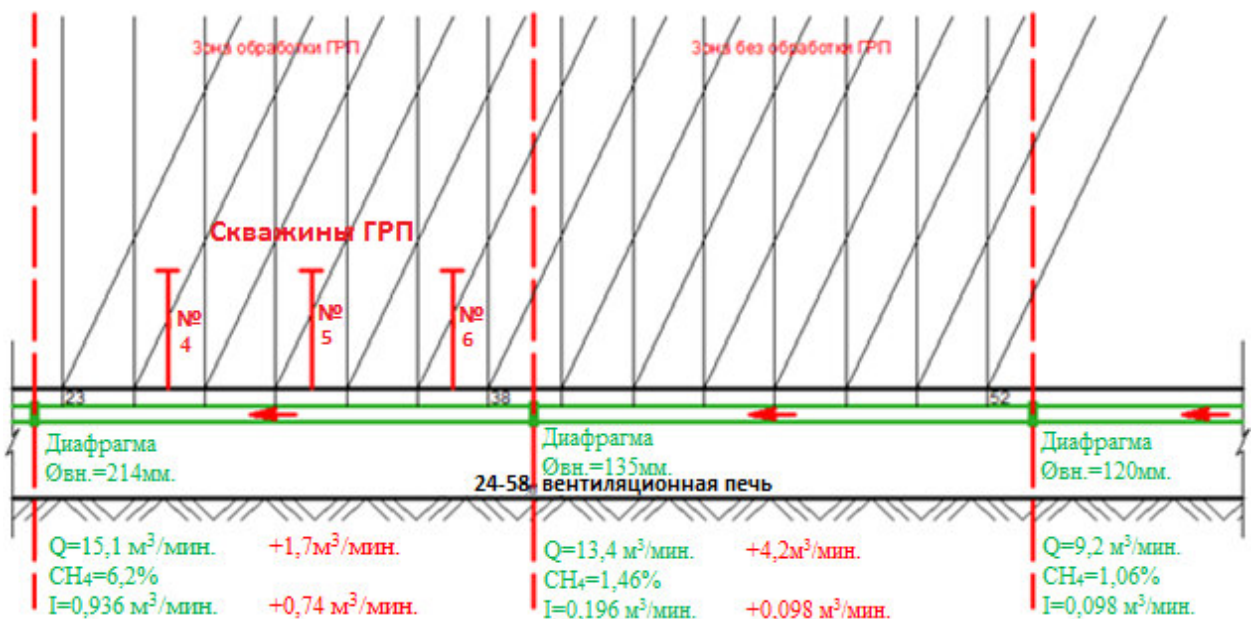


Рисунок 3 – Схема расположения скважин ПодзГРП и типовых пластовых скважин ППД для оценки эффективности усовершенствованной технологии подземного гидроразрыва

На рисунке 4 схематично представлены результаты замеров дебитов метана из скважин ППД в начальный период эксплуатации скважин в зоне и вне зоны ПодзГРП (по оси абсцисс отложены порядковые номера замеров, которые проводились 2 раза в неделю).

Наблюдения показали, что средний дебит метана из 30 скважин ППД в зоне влияния скважин ПодзГРП в начальный период исследований был многократно выше аналогичного показателя в сравниваемой зоне, где ПодзГРП не проводилось, что однозначно подтверждает фактическую реализацию процесса гидроразрыва пласта с существенным повышением проницаемости последнего.

Установлено, что дебиты метана из скважин ППД в первые 6 месяцев эксплуатации в зонах влияния скважин ПодзГРП в 2-3 раза выше, чем вне их, что позволяет положительно оценивать перспективы дальнейшего практического применения разработанного способа.

На перспективу рассматривается ряд вариантов технологических

решений по строительству горизонтальных скважин для дегазации выемочных участков угольного пласта «Болдыревский» шахты им. Кирова (Кузбасс), в том числе в зонах подземного гидроразрыва.

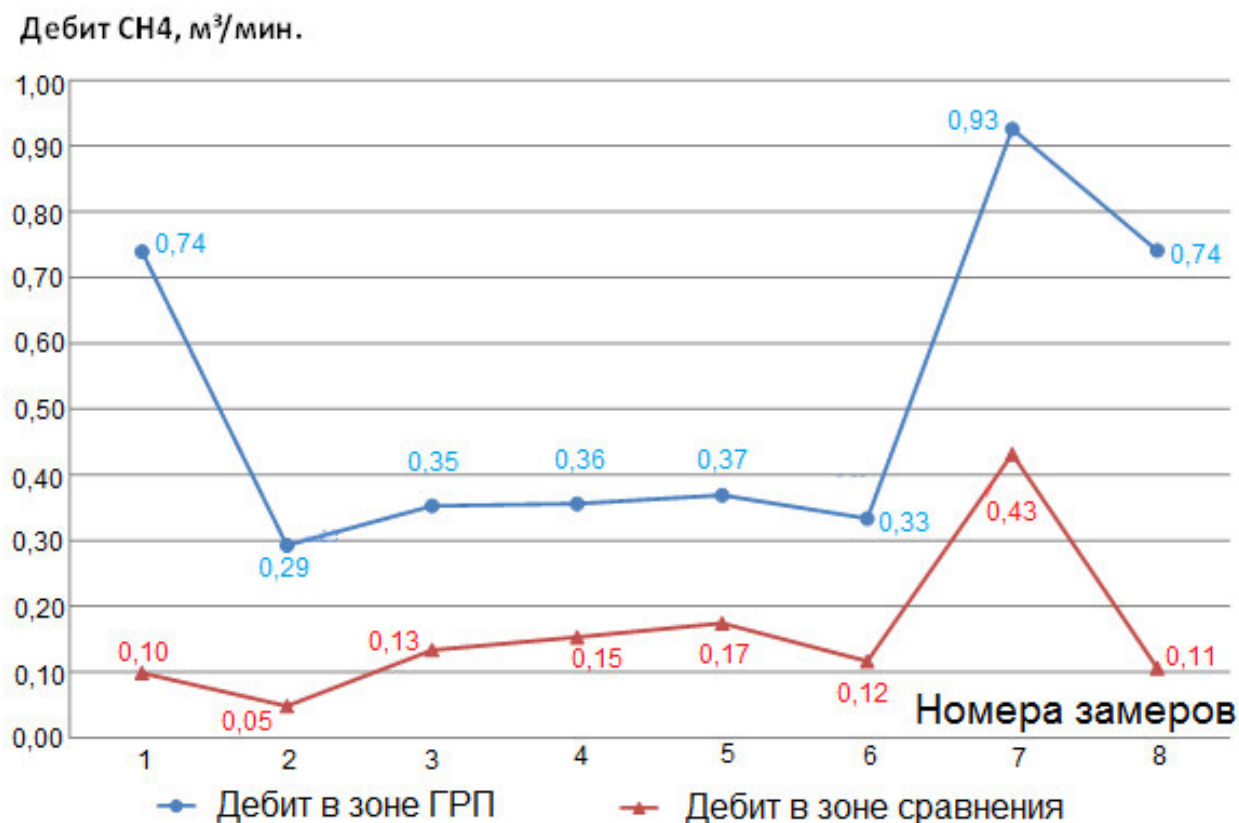


Рисунок 4 - Дебиты метана в скважинах ППД в зоне ПодзГРП и в зоне сравнения

В диссертации осуществлена оценка технико-экономической эффективности работ по заблаговременной дегазационной подготовке с использованием усовершенствованной технологии на основе эффекта СПРУ на поле шахты «Казахстанская» УД «АрселорМиттал Темиртау» при обработке особо выбросоопасного пласта  $D_6$ .

Общая экономическая эффективность заблаговременной дегазации по зоне скважины ГРП-25 составила 127 000 у.е.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация является научно - квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные технологические решения и разработки в области совершенствования технологий пластовой дегазации газоносных и выбросоопасных угольных пластов путем применения циклических гидродинамических воздействий на углегазонасную толщу, имеющие существенное значение для обеспечения безопасности и эффективности подземной угледобычи.

Основные научные и практические результаты работы, полученные автором, заключаются в следующем:

1. В составе заблаговременной и предварительной дегазационной подготовки газоносных и, особенно, выбросоопасных угольных пластов целесообразно дополнительно предусматривать гидродинамические воздействия на дегазируемый пласт, осуществляемые в установленных режимах и параметрах для повышения его проницаемости и газоотдачи.

2. Разработана и испытана в шахтных условиях усовершенствованная технология ЗДП, предусматривающая циклическое гидродинамическое воздействие на разрабатываемый выбросоопасный угольный пласт, обеспечивающее существенное повышение газопроницаемости последнего за счет реализации его геознергии в виде выбросов угля и газа в скважину, обеспечивающих частичную разгрузку пласта.

3. Выявлен и обоснован механизм реализации усовершенствованной технологии ЗДП с применением циклических гидродинамических воздействий, обеспечивающих интенсификацию газоотдачи пласта на базе реализации эффекта самоподдерживающегося разрушения угля.

4. Научно обоснованы основные режимы циклического гидродинамического воздействия, целесообразность совмещения его с процессом гидрорасчленения пласта. Применительно к особо выбросоопасному пласту Д<sub>6</sub> в условиях Карагандинского угольного бассейна

определены эффективные параметры разработанной технологии, предусматривающей в целях провокации выбросов угля и газа в скважину подачу в пласт рабочей жидкости с темпом не менее  $60 \div 70$  л/с и в объеме не менее  $800 \text{ м}^3$ .

5. Разработан технологический вариант использования в технологии ЗДП в качестве рабочего агента азрированной жидкости, который лег в основу утвержденных в установленном порядке проектных решений на заблаговременную дегазацию пласта  $D_6$  через скважину №56 поля шахты «Казахстанская».

6. Оценена эффективность усовершенствованной технологии ЗДП при отработки особо выбросоопасного пласта  $D_6$  на поле шахты «Казахстанская» при отработке выемочного участка 312- $D_6$ -1з. Достигнуто снижение природной газоносности пласта  $D_6$  в зонах комплексной пластовой дегазации на  $10,8 \text{ м}^3/\text{т}$ , что обеспечивает снижение газообильности очистных работ на уровне  $40 \div 50\%$  и существенно повышает метанобезопасность горных работ.

7. Усовершенствована технология предварительной дегазации угольного пласта через скважины, пробуренные из подготовительных выработок, на основе использования циклического гидродинамического воздействия на дегазируемый пласт для обеспечения его гидроразрыва.

8. Установлены режим и рациональные параметры (темп, объем и давление нагнетания рабочего агента) реализации усовершенствованной технологии предварительной дегазации угольного пласта, обеспечивающие интенсификацию дегазации пласта на базе повышения его газопроницаемости и газоотдачи в зонах подземного гидроразрыва.

9. Усовершенствованная технология предварительной дегазации с использованием гидроразрыва угольного пласта реализована на пласте «Болдыревский» выемочного участка 24-58 на шахте им. Кирова АО «СУЭК-Кузбасс». Установлено повышение в  $2 \div 3$  раза дебитов метана и суммарного съема последнего из скважин ППД в зонах влияния скважин ПодзГРП.

10. Подтверждена технико-экономическая эффективность работ по

заблаговременной дегазационной подготовке с использованием усовершенствованной технологии на основе эффекта СПРУ на поле шахты «Казахстанская» УД «АрселорМиттал Темиртау» при обработке особо выбросоопасного пласта Д<sub>6</sub>.

**Основные положения диссертации изложены в следующих опубликованных работах:**

1. С.А. Оганов, В.Н. Костеренко, А.П. Садов, Э.Э. Байсаров. Строительство горизонтальной скважины с дневной поверхности в условиях блока №4 шахты им. С.М.Кирова (Кузбасс) с использованием буровой установки SANDVIKDE 880 – TR // Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса. – М.: Всероссийский научно-исследовательский институт организации, управления и экономики нефтегазовой промышленности. – 2011. – № 6. – С. 35-43.
2. Коршунов Г.И., Серегин А.С., Садов А.П., Комиссаров И.А. Дегазация угольных пластов на основе циклического гидродинамического воздействия // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал) 2014. – ОВ №3. – С.29-33.
3. Сластунов С.В., Ютяев Е.П., Мазаник Е.В., Садов А.П. Повышение эффективности пластовой дегазации на основе гидроразрыва угольных пластов / Международная научно-практическая конференция, посвященная 110-летию горного факультета «Горное дело в XXI веке: Технология, наука, образование» // Тезисы докладов. 28-29.10.2015. – С-Пб., НМСУ «Горный». – 2015. – С. 104.
4. Садов А.П., Сластунов С.В. Проектные решения по реализации гидропневмодинамического воздействия с использованием эффекта самоподдерживающегося разрушения угля. // Научно-практический журнал «Заметки Ученого». – Ростов-на-Дону. – 2016. – №1. – С. 99-102.

5. Сластунов С.В., Стефлюк Ю.М., Садов А.П. Оценка эффективности усовершенствованной технологии заблаговременной дегазационной подготовки при отработки особо выбросоопасного пласта Д<sub>6</sub> на поле шахты «Казахстанская» // Научно-практический журнал «Заметки Ученого». – №1. – г. Ростов-на-Дону. – 2016. – С.103-106.
6. Сластунов С.В., Мазаник Е.В., Садов А.П. Новые технологические решения в области предварительной дегазации на основе активных воздействий на угольный пласт из подземных выработок // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – Труды международного научного симпозиума «Неделя-Горняка – 2016». – ОВ №1. – 2016. – С. 107-117.
7. Садов А.П. Совершенствование заблаговременной пластовой дегазации на базе гидродинамического воздействия // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал), 2016. – № 8. – 10 с. – Деп. Рук. № 1082/8-16 от 17 июня 2016 г.
8. Мазаник Е.В., Позинз А.В., Садов А.П., Сластунов С.В. Усовершенствованная технология предварительной дегазации угольных пластов на основе их гидроразрыва. // Сборник статей по материалам XIV международной заочной научно-практической конференции: «Развитие науки в XXI веке» 1 часть, г. Харьков,: научно-информационный центр «Знание». – 2016. – С.111-116. ISSN: 6827-0151.
9. Сластунов С.В., Мазаник Е.В., Садов А.П., Позинз А.В. Углубление пластовой дегазации на основе усовершенствованной технологии подземного гидроразрыва. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2016. – № 9. – С. 296-303.
10. Сластунов С. В., Ютяев Е. П., Мазаник Е. В., Садов А.П., Позинз А.В. Шахтные испытания усовершенствованной технологии подземной пластовой дегазации с использованием гидроразрыва //«Уголь». – 2016. – № 11. – С. 32-37.