



**25** ЛЕТ  
1998–2023



СОВЕТ  
МОЛОДЫХ  
СПЕЦИАЛИСТОВ  
ООО «ГАЗПРОМ ДОБЫЧА  
КУЗНЕЦК»

Х НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
МОЛОДЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ И РАБОТНИКОВ  
ООО «ГАЗПРОМ ДОБЫЧА КУЗНЕЦК»

# ПРОБЛЕМЫ ИЗВЛЕЧЕНИЯ МЕТАНА ИЗ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

КЕМЕРОВО, 20 ИЮЛЯ 2023 Г.



Общество с ограниченной ответственностью «Газпром добыча Кузнецк»  
Совет молодых специалистов ООО «Газпром добыча Кузнецк»

Научно-техническое издание

X научно-практическая конференция  
молодых специалистов и работников  
ООО «Газпром добыча Кузнецк»

# **ПРОБЛЕМЫ ИЗВЛЕЧЕНИЯ МЕТАНА ИЗ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ**

Тезисы докладов

Кемерово, 20 июля 2023 г.

Кемерово, 2023

**X научно-практическая конференция молодых специалистов и работников ООО «Газпром добыча Кузнецк» «Проблемы извлечения метана из угольных пластов»:** тезисы докладов. – Кемерово: ООО «Газпром добыча Кузнецк», 2023. – 25 с.

**Редактор:**

**Шевцов А.Г.**, геолог по разработке месторождений отдела геологии, разработки месторождений и контроля за строительством скважин, председатель совета молодых специалистов ООО «Газпром добыча Кузнецк», к.т.н.

**Рецензенты:**

**Баёв М.А.**, заместитель директора горного института по учебной работе, доцент кафедры физических процессов и строительной геотехнологии освоения недр Кузбасского государственного технического университета имени Т.Ф. Горбачева, к.т.н.

**Хайдина М.П.**, доцент кафедры разработки и эксплуатации газовых и газоконденсатных месторождений РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, к.т.н.

Настоящий сборник составлен по материалам X научно-практической конференции молодых специалистов и работников ООО «Газпром добыча Кузнецк» «Проблемы извлечения метана из угольных пластов», г. Кемерово, 20 июля 2023 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Разработка типовой одномерной геомеханической модели метаноугольного месторождения</b>	<b>6</b>
А.Г. Шевцов, А.С. Попков ООО «Газпром добыча Кузнецк»	
<b>Проблема совершенствования технологии дегазации Тутуянской площади Кузбасса</b>	<b>7</b>
А.Д. Смирнова, Т.В. Михайлова Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева	
<b>Приближенные методы моделирования гидравлического разрыва пласта при построении гидродинамических моделей газовых месторождений и метаноугольных залежей</b>	<b>9</b>
Р.В. Кузнецов, А.Н. Шандрыгин, В.В. Шишляев ООО «Газпром ВНИИГАЗ»	
<b>Опыт извлечения метана из угольных пластов шахт Донбасса скважинами с поверхности</b>	<b>10</b>
Е.Л. Головатенко, В.А. Маркин Донбасская национальная академия строительства и архитектуры	
<b>Разработка и применение аппаратного комплекса Avellon Spotter для контроля герметичности крепления скважин при добыче метана угольных пластов</b>	<b>12</b>
Д.С. Селезнев РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина	
<b>Инновационные технологии и оборудование для повышения эффективности дегазации</b>	<b>14</b>
Е.Д. Грибановская Группа ФИД	
<b>Реализация и опыт применения технологии направленного бурения на шахтах Кузбасса</b>	<b>15</b>
Р.И. Рахимкулов ООО «ДМТехнологии»	
<b>Особенности разработки месторождений метана угольных пластов многозабойными скважинами с восстающим забоем</b>	<b>16</b>
В.А. Попов, А.Г. Шевцов ООО «Газпром добыча Кузнецк»	
<b>Опыт бурения скважин направленным способом в условиях Распадской угольной компании</b>	<b>17</b>
А.М. Прокопьев ООО «ЮЖКузбассГРУ» ООО «Распадская угольная компания»	

<b>Результаты исследований проникновения фильтрата бурового раствора в пласт при бурении горизонтальных метаноугольных скважин</b> В.Н. Кучин, М.С. Сандыга <i>Санкт-Петербургский горный университет</i>	<b>18</b>
<b>Анализ особенностей эксплуатации метаноугольных скважин с отфрезерованным участком эксплуатационной колонны</b> В.А. Полукеев <i>ООО «Газпром добыча Кузнецк»</i>	<b>20</b>
<b>Пути оптимизации строительства метаноугольных скважин с учетом укрупненной оценки технико-экономических показателей</b> В.А. Селезнева, А.Н. Васильев, С.А. Тунгусов, В.В. Шишляев <i>ООО «Газпром ВНИИГАЗ»</i>	<b>21</b>
<b>Исследования закономерностей формирования аномальных скоплений метана в угольных шахтах с целью повышения безопасности горных работ и расширения возможностей попутной добычи метана</b> В.А. Канин, А.В. Анциферов <i>Республиканский академический научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт горной геологии, геомеханики, геофизики и маркшейдерского дела</i>	<b>23</b>

## Разработка типовой одномерной геомеханической модели метаноугольного месторождения

А.Г. Шевцов, А.С. Попков  
ООО «Газпром добыча Кузнецк»

Основным фактором, определяющим добычные возможности метаноугольных скважин, является проницаемость, которая, в свою очередь, зависит от действующих в массиве горных пород напряжений. Широко известные методы геомеханики, в частности, построение одномерных (1D) геомеханических моделей, возможно использовать с целью решения нестандартной задачи – оценки влияния напряженно-деформированного состояния на проницаемость угольного пласта.

В условиях недостаточности исходных данных Нарыкско-Осташкинского месторождения предложен подход к геомеханическому моделированию метаноугольных месторождений с использованием так называемой типовой 1D геомеханической модели. Представленные градиенты пластового давления и геостатического напряжения справедливы для любой скважины месторождения. С целью определения недостающих горизонтальных напряжений, проанализированы имеющиеся данные мини-ГРП.

Как известно, давление закрытия трещин характеризует минимальное действующее в массиве напряжение. Но, как показывает результат анализа – давление закрытия трещин превышает геостатическое напряжение и не является минимальным. Учитывая, что кливаж угольных пластов является трещинами отрыва, очевидно, что давление закрытия трещин в данном случае характеризует минимальное горизонтальное напряжение. Результаты проведенного анализа показывают, что основной кливаж угольных пластов распространяется преимущественно в вертикальной плоскости, а проницаемость угольных пластов в большей степени зависит от направления и величины горизонтальных напряжений.

Направлением дальнейшей работы с целью повышения эффективности выбора мест заложения скважин является определение градиентов горизонтальных напряжений, что позволит закончить разработку типовой 1D геомеханической модели Нарыкско-Осташкинского метаноугольного месторождения.

## Проблема совершенствования технологии дегазации Тутуянской площади Кузбасса

А.Д. Смирнова, Т.В. Михайлова

*Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева*

В недрах Кузнецкого угольного бассейна находится значительная часть мировых запасов углей, характерной особенностью которого является высокая метанонасыщенность, при которой концентрация метана составляет до 98 % в смеси природных газов. По прогнозным данным Газпрома, ресурсы метана в основных угольных бассейнах России составляют 83,7 трлн м<sup>3</sup>, что соответствует около трети прогнозных ресурсов природного газа РФ. Прогнозные ресурсы метана в Кузбассе, по тем же данным, оцениваются в 13,1 трлн м<sup>3</sup>. Учитывая стабильные тенденции роста объёмов добычи угля в нашей стране, важно не забывать о применении эффективного комплекса мер по обеспечению взрывобезопасности угольных шахт. Важными и взаимосвязанными направлениями, требующими совершенствования, являются ведение геологоразведочных работ и отработка технологии добычи метана угольных пластов (МУП) на месторождениях с высокой природной газоносностью. В связи с чем, разработка эффективной технологии дегазации и утилизации метана, с возможностью полезного использования попутно высвобождаемого газа в различных целях, становится актуальной и востребованной задачей.

Для повышения взрывобезопасности угольных шахт, безопасного освоения метанугольных месторождений Кузбасса и в целом для решения экологических и экономических проблем первостепенное значение имеет использование объемных геомеханических моделей горного массива, учитывающих геологические, геомеханические и газодинамические факторы. Цифровая модель служит основой для прогноза перераспределения напряженно-деформированного состояния, определения трещиноватости горных пород, оптимизации расположения дегазационных скважин и расчёта оптимальной сетки бурения, обеспечивающей максимальное извлечение МУП при минимальных экономических затратах.

Объектом исследования служит южная часть Тутуянской площади Кузбасса, находящаяся на территории Томь-Усинского геолого-экономического района Кемеровской области – Кузбасса. Этот участок является наиболее разведанным, поскольку примыкает к активно осваиваемым угледобывающими предприятиями Распадскому и Ольжерасскому каменноугольным месторождениям, эксплуатация которых детализирует данные геологоразведочных работ. Предложенная работа посвящена первому этапу трехмерного моделирования южной части Тутуянской площади Кузбасса с применением горно-геологической информационной системы (ГГИС) Micromine Origin версии 2023.5 в целях повышения дебита дегазационных скважин путем обоснования сетки бурения на шахтных отводах.

Выполнен анализ исходной геолого-съёмочной и геологоразведочной информации, результатом обработки которой служит создание базы данных (БД) скважин. Формирование БД скважин южной части Тутуянской площади Кузбасса, содержащей в себе информацию результатов бурения, геофизических и геологических исследований, направлено на построение трехмерной геологической модели. Так, для БД были сформированы файлы устьев скважин с информацией о координатах, наименованиях и глубинах вертикальных структурных и разведочных скважин смежного участка ведения горных работ по угледобыче, тесно прилегающего к объекту исследования с юго-восточной стороны. Кроме этого, БД содержит в себе отдельные файлы с информацией о фактическом пространственном положении стволов скважин по результатам инклинометрии, а также файлы о петрографическом и минеральном составех кернового материала по результатам опробования.

Для операций моделирования породного массива месторождений твердых полезных ископаемых необходимо иметь сплошную поверхность, которая будет служить ограничителем на следующих этапах работы. В связи с чем важной задачей моделирования являлось построение цифровой модели поверхности (ЦМП) методом триангуляции Делоне. Для этого была выполнена интерпретация данных методом оконтуривания изолиний земной поверхности с использованием растрового изображения топографического плана исследуемой площади и импортирован набор полилиний в среду программы.

Выполненная привязка растровых изображений геологических профилей к положению разведочных скважин позволила сформировать файл разрезов для оперативного перемещения в плоскостях и построить каркасные модели дизъюнктивных нарушений. Для этого потребовалось использование данных о положении трех точек, не лежащих на одной прямой, с последующим размещением точек привязки на значительном удалении друг от друга с целью недопущения искажений.

Таким образом, при разработке месторождений твердых полезных ископаемых на протяжении всех стадий геологоразведочного процесса преимущества объемного геомеханического моделирования позволяют определить стратегии комплексного и безопасного освоения. В работе выполнен первый этап трехмерного геологического моделирования южной части Тутуянской площади Кузбасса и подготовлены модели для следующего этапа – каркасного и блочного моделирования массива горных пород. Блочная модель исследуемого участка является основополагающей для трехмерного геомеханического моделирования. Полученные результаты исследования возможно использовать при разработке методических рекомендаций по выбору мест заложения и проектирования дегазационных скважин для заблаговременного извлечения и использования МУП, что позволит увеличить безопасность ведения горных работ и сократить риски нанесения ущерба людям и инфраструктуре.



## Приближенные методы моделирования гидравлического разрыва пласта при построении гидродинамических моделей газовых месторождений и метанугольных залежей

Р.В. Кузнецов, А.Н. Шандрыгин, В.В. Шишляев  
ООО «Газпром ВНИИГАЗ»

Моделирование гидравлического разрыва пласта (ГРП) при построении гидродинамических моделей месторождений (ГДМ) углеводородного сырья может проводиться разными способами. Наиболее приближенным к фактической геометрии трещины является моделирование ГРП с использованием локального измельчения сетки. Однако, такой подход является наиболее ресурсоемким ввиду увеличения общего числа активных ячеек сетки в расчетной области и наличия в ГДМ соединений ячеек разного размера.

Наиболее простым, но крайне приближенным, способом представления в ГДМ трещины ГРП является учет ее влияния на продуктивность скважины посредством ввода дополнительной отрицательной составляющей скин-фактора. При этом, величина скин-фактора задается исходя из параметров трещины, а также учета размеров ячеек сетки ГДМ с необходимым выполнением условия: эффективный радиус скважины должен быть меньше эквивалентного радиуса в формуле Писмена.

Задание достаточно больших трещин ГРП через величину скин-фактора имеет ограничение, связанное с размерами блоков сетки модели. В случае, когда полудлина трещины ГРП превышает размер блока сетки, характеристики динамического потока в ГДМ уже не будут корректно отражаться. В случае, если размерность сетки модели и эквивалентный радиус Писмена не позволяют с использованием скин-фактора полноценно отражать параметры и геометрию трещины ГРП, следует вводить дополнительный множитель – геометрический фактор.

В настоящей работе представлен подход к созданию полномасштабных гидродинамических моделей газовых месторождений с использованием скин-фактора и «виртуальной перфорации» для моделирования ГРП в вертикальных и наклонно-направленных скважинах и критерии применимости этого подхода. Предлагаемый подход был апробирован в расчетах на нескольких месторождениях природного газа и метана угольных пластов.

Показано, что использование данного подхода позволяет с достаточной степенью точности воспроизвести историю добычи и выполнить прогноз расчётов показателей разработки с существенным сокращением затрат ресурсов и обеспечить выполнение расчетов в короткие сроки по требуемому количеству вариантов разработки месторождений.

## Опыт извлечения метана из угольных пластов шахт Донбасса скважинами с поверхности

Е.Л. Головатенко, В.А. Маркин

*Донбасская национальная академия строительства и архитектуры*

Целью работы является изучение опыта извлечения шахтного метана скважинами с поверхности в условиях Донбасса. Задачами работы являются проведение анализа работы скважин предварительной дегазации, представление результатов исследований по применению скважин, пробуренных с поверхности, при ведении горных работ, определение перспектив использования поверхностных скважин для извлечения метана из угольных пластов.

По различным оценкам в угольных месторождениях Донбасса содержится от 12 до 17 трлн м<sup>3</sup> метана. Шахты Донбасса относятся к наиболее метанообильным и опасным по газовому фактору. Имеются участки земной поверхности, подработанные горными выработками, опасные по выделению шахтного газа. Происходили взрывы этого газа в жилых и производственных помещениях.

В Советское время осуществлялась государственная программа с целью разработки способа предварительной дегазации угольных месторождений Донбасса. Были опробованы многие способы гидравлического, химического, электрогидравлического воздействия на угольные пласты, включая подземный ядерный взрыв (ш. Юнком).

В Донбассе основная часть исследований выполнена на полях четырех шахт: шахта имени 9-й Пятилетки, шахта имени А.А. Скочинского, шахта имени М.И. Калинина, шахта 10 бис.

Места для бурения скважин выбирали в ненарушенных и неподработанных частях шахтного поля так, чтобы процесс дегазации (от момента окончания воздействия на породный массив до подработки скважин очистной выработкой) мог продолжаться не менее четырех лет.

Средний дебит выделяющегося из скважин метана находился в пределах 0,03-0,3 м<sup>3</sup>/мин. Объем метана, извлеченного из неразрабатываемой части шахтного поля скважиной не превышал 240 тыс. м<sup>3</sup>/год.

В то же время на шахтах Донбасса находит применение дегазация угольных пластов и пород вертикальными скважинами, пробуренными с поверхности. Исследования данного способа проведены на пяти шахтах четырех производственных объединений Донбасса: ш. «Украина», ш. «Стожковская», ш. «Торезская», ш. «Хрустальская», ш. «Винницкая».

Средний дебит метана, извлекаемого скважинами после их подработки лавой, составил от 8 до 23 м<sup>3</sup>/мин. Объем метана, извлеченного из подработанного горного массива за время работы скважин, достигал 2-3 млн м<sup>3</sup>.

Применение данного способа дегазации следует осуществлять в условиях, когда необходимый эффект не может быть обеспечен подземными скважинами. При утилизации метана, добываемого вертикальными скважинами, применение способа экономически оправдано.

По результатам работы сделаны следующие выводы. Большая часть метана (около 90 %) находится в угольных пластах в сорбированном состоянии, остальная часть заполняет трещины и пустоты в породном массиве. Попытки применения технологий для изменения сорбционной способности угля и извлечения метана без разгрузки не дали в условиях Донбасса значительных результатов.

Использование скважин с поверхности для дегазации шахт может обеспечить значительный эффект, при этом извлекается большое количество метана, которое может быть утилизировано.

Задачей государственного значения является обеспечение исследовательских и опытно-промышленных работ по созданию эффективных технологий извлечения метана в зонах с природной проницаемостью и из техногенных залежей при ведении горных работ.

## Разработка и применение аппаратного комплекса Avellon Spotter для контроля герметичности крепления скважин при добыче метана угольных пластов

Д.С. Селезнев

*РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина*

Недра угольных бассейнов России богаты не только значительной частью мировых ресурсов угля, но и метана, масштабы ресурсов которого соизмеримы с традиционными ресурсами газа во всем мире. Концентрация метана в смеси природных газов угольных пластов составляет 80-98%. На протяжении более 20 лет в главном угольном регионе страны, Кузбассе, ведутся научные и практические исследования. Наиболее опасным видом аварий при шахтной добыче угля являются взрывы метана. В целях предотвращения этого вида аварий необходимо контролировать содержание газа, что достигается постоянной вентиляцией шахт, а также специальными методами дегазации угольных пластов и добытого угля. Именно для повышения безопасности добычи угля осуществляется добыча метана из угольных пластов. При этом в процессе добычи газа скважинным способом существуют те же проблемы по обеспечению промышленной и экологической безопасности, что и для скважин, добывающих природный газ.

На текущий момент при наличии современных технологических решений мы не имеем возможности в достаточно полном объеме получить информацию о состоянии обсадных труб и цементного камня в результате строительства скважины. Однако еще большей проблемой является получение информации о состоянии производственного объекта без его остановки в процессе эксплуатации.

Основной целью разработки и применения аппаратного комплекса Avellon Spotter являются повышение срока надежной эксплуатации и увеличение межремонтного периода за счет постоянного контроля герметичности скважины. Назначение аппаратного комплекса – мониторинг состояния цементного камня в процессе эксплуатации скважин, отслеживание напряженного состояния цементного кольца во времени, контроль динамики развития трещин.

В отличие от стандартного метода акустических исследований на отраженных волнах, предлагаемый аппаратный комплекс базируется на использовании импульсного метода прохождения волны. Метод основан на анализе данных, полученных при прохождении акустической волны через цементный камень в затрубном пространстве скважины в процессе ее эксплуатации. Ультразвуковые импульсные методы позволяют измерять скорость распространения волны, затухание (амплитуду) и состав частотного спектра.

Программно-аппаратный комплекс позволит осуществлять мониторинг состояния цементного камня в процессе эксплуатации скважины поэтапно, включая анализ и обработку данных (получение первой индикаторной кривой, снятие кривых в процессе

эксплуатации объекта, сравнение результатов во времени, отслеживание динамики состояния цементного кольца), выявление дефекта (при возникновении критической нагрузки происходит рост регистрируемого сигнала и затем резкое падение, что свидетельствует об образовании трещин), работу с полученной информацией (контроль динамики развития трещин с помощью специального программного обеспечения, разработка рекомендаций по эксплуатации объекта и корректировке режимов работы).

Предлагаемая технология отвечает следующим технологическим и рыночным трендам: импортозамещение, цифровая трансформация, промышленная и экологическая безопасность.

Мониторинг состояния цементного камня в затрубном пространстве в процессе эксплуатации скважины позволит решить такие задачи, как снижение финансовых, материальных и временных затрат, связанных с необходимостью проведения капитального ремонта скважины, снижение вероятности возникновения межколонного давления и межпластовых перетоков, наиболее полное и долгосрочное извлечение запасов из недр, минимизация рисков загрязнения пластовыми флюидами вышележающих водоносных пластов.

На сегодняшний день проекты по добыче метана переходят на новый уровень практической реализации. Однако для того, чтобы добиться долгосрочного, рационального и полного недропользования, необходимо помнить про промышленную и экологическую безопасность, а также осуществлять контроль состояния эксплуатируемых объектов.

В ходе дальнейшей работы планируется адаптация программно-аппаратного комплекса для решения задач по контролю герметичности крепления скважин в процессе эксплуатации для добычи метана из угольных пластов.

## **Инновационные технологии и оборудование для повышения эффективности дегазации**

Е.Д. Грибановская  
*Группа ФИД*

Работа посвящена применению в угольных пластах таких технологий, как направленное бурение из горных выработок с использованием систем направленного бурения СНБ89-73, бурение горизонтальных скважин с поверхности с обеспечением пересечения вертикальной, управляемого бурения горизонтальных, наклонно-направленных и вертикальных скважин на гибких насосно-компрессорных трубах (ГНКТ) с использованием систем направленного бурения СНБ89-76, управляемого бурения боковых стволов нефтяных и газовых скважин с контролем внутрискважинных параметров и определением положения компоновки низа бурильной колонны в режиме реального времени на ГНКТ с использованием систем направленного бурения СНБ54, радиальное вскрытие пласта для создания каналов фильтрации (боковых отводов) в скважинах с обсаженными стволами, гидромониторное и кислотоструйное бурение.

Кроме этого, рассматривается сопутствующее оборудование для обеспечения выполнения технологии: комплексы для направленного бурения, мобильные буровые установки с верхним приводом, а также колтюбинговые комплексы.

## Реализация и опыт применения технологии направленного бурения на шахтах Кузбасса

Р.И. Рахимкулов  
ООО «ДМТехнологии»

Угольная промышленность нуждается в эффективных и управляемых способах дегазации. Направленное бурение позволяет с высокой точностью строить скважины различного технологического назначения, получать достоверные сведения по поставленным задачам бурения. Накоплен положительный опыт при проведении водоспускных скважин на шахте «Распадская», дегазации шахт им. Тихова и Костромовская. Инновационные технологии позволяют получать максимальную концентрацию, устойчивый дебит метана, эффективно реализовать весь комплекс дегазационных мероприятий. Практический положительный опыт предлагается рассмотреть как площадку для широкого внедрения технологий и оборудования направленного бурения для дегазации шахтных полей и промышленной утилизации метана.

## Особенности разработки месторождений метана угольных пластов многозабойными скважинами с восстающим забоем

В.А. Попов, А.Г. Шевцов  
ООО «Газпром добыча Кузнецк»

Фонд скважин ООО «Газпром добыча Кузнецк» включает в себя вертикальные и наклонно-направленные скважины, а также системы вертикальных и горизонтальных скважин, в т. ч. многозабойные. Результаты освоения скважин показывают, что наиболее перспективными являются многозабойные скважины с восстающим забоем, поэтому важной задачей является изучение особенностей их строительства, вывода на стабильный режим работы, а также достижения проектных дебитов.

Анализ пластовых давлений и давлений начала десорбции газа по скважинам показывает, что десорбция в вертикальных и наклонно-направленных скважинах начинается с верхних эксплуатационных объектов и фиксируется сразу после откачки некоторого объема жидкости по интенсивному росту затрубного давления. В случае многозабойных горизонтальных скважин, пробуренных по восстанию угольного пласта, ввиду меньшего начального пластового давления на забое горизонтальной скважины, в отличие от точки сопряжения скважин, десорбция начинается именно с данного участка и только после накопления достаточного объема газа для заполнения горизонтального участка, фиксируется ростом затрубного давления в вертикальной скважине. Таким образом, наиболее корректно давлением начала десорбции в данных скважинах считать забойное давление, при котором в откачиваемой пластовой жидкости фиксируется активное появление пузырей газа даже при отсутствии затрубного давления.

По результатам анализа процесса освоения систем многозабойных скважин можно сказать, что при неизменных показателях уровня пластовой жидкости и затрубного давления, происходит постепенное снижение притока пластовой жидкости в скважину и снижение темпа роста дебита метана. Это свидетельствует об ухудшении проницаемости угольного пласта в процессе заполнения трещин мелкодисперсным угольным шламом.

Увеличение дебита газа связано с естественной промывкой трещин угольного пласта в результате повторной откачки жидкости после самоглушения или долива. В данном случае соответствие единой зависимости дебита газа в конце этапов также может говорить о том, что наличие мелкодисперсного шлама в трещинах ухудшает движение флюидов и для увеличения добычи требуется снова подтопить пласт при снижении интенсивности роста дебита газа и произвести повторную откачку жидкости.

В дальнейшем планируется продолжить анализ освоения систем многозабойных скважин с восстающим забоем, а также с целью увеличения контакта с угольным пластом рассмотреть возможность зарезки боковых стволов из существующих скважин.



## Опыт бурения скважин направленным способом в условиях Распадской угольной компании

А.М. Прокопьев

ООО «ЮЖКузбассГРУ» ООО «Распадская угольная компания»

Для эффективной дегазации угольных пластов необходимо наличие высокотехнологичного бурового оборудования, способного обеспечить необходимую длину скважин в максимально короткое время. С 2017 года на предприятиях Распадской угольной компании применяются технология направленного бурения дегазационных скважин.

В 2018 году на шахте Распадская был организован участок ООО «ЮЖКузбассГРУ» для направленного бурения дегазационных скважин и впервые на предприятии опробована технология направленного бурения «веером» с забуриванием ответвлений из пилотного ствола скважин. Основной задачей участка является предварительная дегазации выемочных полей. Общая длина бурения выемочного столба составляет 12000 метров, а с одной технологической ниши участка направленного бурения 4000 метров.

ООО «ЮЖКузбассГРУ» применяет станки VLD-1000. Установленная система позиционирования на буровых станках позволяет контролировать ход бурового инструмента в массиве. Основными барьерами в процессе бурения дегазационных скважин являются нарушения устойчивости стенок скважин. Это связано с механическим и гидромеханическим воздействием на стенки скважин и сложными геологическими условиями. При этом не достигается проектная длина бурения скважин (300 м).

Для увеличения длины бурения скважин было принято решение разработать проект скважины с пилотным стволом через кровлю пласта по породе и с последующими ответвлениями в угольный пласт. Такая технология позволила отбурить пилотный ствол глубиной 600 метров, а также забурить в нем 4 ответвления глубиной 460 метров, 330 метров, 240 метров и 120 метров. При такой схеме бурения на шахте Распадская показатели бурения по углю выросли более чем на 55 %, что позволило отбурить с одной скважины более 1500 метров с учетом забуренных ответвлений.

## Результаты исследований проникновения фильтрата бурового раствора в пласт при бурении горизонтальных метаноугольных скважин

В.Н. Кучин, М.С. Сандыга

*Санкт-Петербургский горный университет*

Взаимодействие газопромысловой и угледобывающей отраслей в угольных бассейнах следует рассматривать как благоприятную ситуацию. Дегазация шахтных полей не является самоцелью газового промысла, но в итоге получаемые деметанизационные угольные пласты – это положительный, социально важный для будущих шахт эффект, который повысит безопасность добычи угля, сократит производственные расходы, повысит производительность и рентабельность будущих шахт.

Развитие такого проекта, как добыча метана угольных пластов в Кузбассе в перспективе обеспечивает: охрану воздушного бассейна и улучшение экологической обстановки в регионе за счет сокращения выбросов в атмосферу метана и продуктов сгорания угля; гарантии восстановления плодородия земли после завершения деятельности газовых промыслов; комплекс предусмотренных мероприятий по охране поверхностных и подземных вод; уменьшение газоопасности будущей подземной разработки угольных пластов в результате заблаговременной дегазации; отсутствие негативных последствий промысловой добычи метана (с применением технологий гидроразрыва) на будущую шахтную разработку угольных пластов и устойчивость пород при проведении горных выработок; ожидаемые незначительные потери угля, несущественные по сравнению со значимостью промысловой добычи метана.

Принимая во внимание вышесказанное, а также большие возможности развития промысловой добычи метана угольных пластов, организация его широкомасштабной добычи в Кузбассе является необходимой и экологически целесообразной.

Целью работы является определение на керновом материале влияния фильтрата бурового раствора с угольным шламом на фильтрационно-емкостные свойства угольного пласта в результате бурения метаноугольных скважин с последующей разработкой технологии применения деструктора бурового раствора для повышения продуктивности добываемых скважин.

Задачи работы включают проведение исследований по определению влияния фильтрата бурового раствора с угольным шламом на фильтрационно-емкостные свойства угольного пласта при максимальной депрессии 1 МПа; определение глубины проникновения фильтрата бурового раствора в условиях бурения горизонтальных скважин на Нарыкско-Осташкинском месторождении; разработка технологии обработки скважин деструктором бурового раствора.

Для приготовления модельного ингибированного биополимерного бурового раствора в работе использовались материалы, которые применяются в базовой рецептуре бурового раствора при бурении скважин на Нарыкско-Осташкинском метаноугольном месторождении. В работе рассмотрено воздействие состава-разрушителя на фильтрационную корку модельного биополимерного раствора, применяющегося при проводке горизонтальных участков метаноугольных скважин. В качестве составляющих деструктора были использованы образцы материалов, предоставленных компанией «Зиракс».

В рамках проведения исследований в Горный университет были доставлены образцы угольного массива. Изготовление кернов для проведения исследований осуществлялась в соответствии с ГОСТ 26450.2-85 «Породы горные. Метод определения коэффициента абсолютной газопроницаемости при стационарной и нестационарной фильтрации».

Для определения влияния шлама на глубину проникновения бурового раствора в поровое пространство при фильтрационных исследованиях использовали зашламленный раствор. Для зашламливания использовался шлам с диаметром частиц до 500 мкм, это соответствует шламу, получаемому при бурении долотами истирающего типа (PDC). После осуществления выдержки бурового раствора у торца керна осуществлялась микротомография образцов. По результатам томографических исследований определялись коэффициент пористости, а также объем пор, занятый буровым раствором.

В результате фильтрационных и томографических экспериментов было выявлено, что при перепадах давления до 1 МПа происходит проникновение фильтрата бурового раствора в объеме 2,6 мл через торец керна за 2 часа выдержки. Математические расчеты на основании полученных экспериментальных данных показали, что при бурении горизонтального участка (вскрытии продуктивного пласта) глубина проникновения бурового раствора составит 24 см.

Поставленные задачи были выполнены. По их результатам была предложена технология обработки скважин деструктором.

## Анализ особенностей эксплуатации метаноугольных скважин с отфрезерованным участком эксплуатационной колонны

В.А. Полукеев  
ООО «Газпром добыча Кузнецк»

В настоящее время на Нарыкско-Осташкинском метаноугольном месторождении Кузбасса эксплуатируются 4 скважины с отфрезерованным участком эксплуатационной колонны (ЭК) в интервале продуктивного пласта (открытый ствол). Наиболее зарекомендовавшая себя в обществе установка штангового винтового насоса, особенно на этапе освоения после бурения, не может использоваться в скважинах с отфрезерованным участком ЭК по причине обильного выноса механических примесей из пласта и существенного риска заклинивания и засыпания насоса в скважине и как следствие прихвата компоновки глубинно-насосного оборудования (ГНО).

Целью работы является обеспечение стабильной работы ГНО в скважине. Для достижения поставленной цели требуется решение следующих задач: разработать и испытать компоновку ГНО, провести анализ особенностей эксплуатации скважины с предложенной компоновкой ГНО и при необходимости доработать решение.

По результатам проработки решения предложена первая компоновка ГНО, которая показала недостаточную эффективность по ряду причин: невозможность полного осушения пласта для максимального развития депрессионной воронки, необходимость поддержания противодействия (затрубное давление не менее 2 атм) для обеспечения наличия жидкости на приеме насоса и во избежание работы насоса на сухую, засорение хвостовика под насосом (прием насоса) механическими примесями и увеличение сроков освоения скважин в связи с проведением ремонтов.

Вторая предложенная компоновка позволила обеспечить стабильную работу ГНО и повысить эффективность развития депрессионной воронки.

При дальнейшей работе на скважинах с отфрезерованным участком ЭК, например, при резке боковых стволов из вертикальных скважин, предложенное решение потребует доработки с целью исключения осевого смещения колонны и вывалов крупных фракций угля в открытый ствол скважины при спуске ГНО.

## Пути оптимизации строительства метанугольных скважин с учетом укрупненной оценки технико-экономических показателей

В.А. Селезнева, А.Н. Васильев, С.А. Тунгусов, В.В. Шишляев  
ООО «Газпром ВНИИГАЗ»

Рентабельность Проекта по добыче метана угольных пластов (далее – Проект), как и добыча любого другого полезного ископаемого зависит от следующих основных статей затрат: капитальные вложения (строительство скважин, обустройство площадок, затраты на линейные объекты и др.); эксплуатационные затраты; стоимость реализации продукции.

При этом необходимо отметить, что стоимость реализации газа на территории РФ регулируется Федеральной антимонопольной службой и является величиной регулируемой, так оптовая минимальная и максимальная стоимости газа для Кемеровской области в 2023 г. составляют 5336 руб. и 5437 руб. за 1000 м<sup>3</sup> соответственно.

Эксплуатационные затраты являются неотъемлемой частью расчета рентабельности Проекта и включают, в том числе, затраты на обслуживание скважинного глубинно-насосного оборудования (ГНО). Основные статьи затрат включают: капитальные вложения на аренду или покупку скважинных насосов на рабочий цикл эксплуатации скважины, затраты на проведение работ по текущему ремонту скважин и замене ГНО, энергопотребление, а также расчет выпадающих доходов от реализации газа. Выбор конструкции скважин на стадии разработки рабочих проектов проводится с учетом технико-технологических решений по выбору перспективного ГНО и ранжирования компоновок ГНО по дисконтируемым затратам.

Остальные эксплуатационные затраты, на наш взгляд, также важны в Проекте, но их оптимизация лежит в области организационных мероприятий и в меньшей степени касаются технико-технологических решений (проектных решений).

Капитальные затраты на освоение месторождения, где, как правило, строительство скважин, площадок и подъездных путей к ним составляют большую часть (при отсутствии затрат на строительства магистрального газопровода большой протяженностью, ГПС, заводов СПГ и других капиталоемких сооружений). Таким образом, из структуры капитальных вложений в качестве оптимизации рассмотрены затраты на строительство скважин.

По результатам проведенного анализа сметных стоимостей строительства скважин, начиная с 2010 г., составлены процентные соотношения глав от итоговой стоимости сводных сметных расчетов (ССР) вертикальных, наклонно направленных, горизонтальных и многозабойных скважин.

Анализируя полученные данные по величине доли глав ССР от итоговой стоимости выявлено, что значительную часть (от 24,8 % до 42,30 %) стоимости строительства скважины составляют затраты на гидравлический разрыв пласта (ГРП), в свою очередь, стоимость ГРП зависит от количества операций, что влияет на итоговую стоимость.

Предложенные технико-технологические решения по ударно-вращательному бурению, в том числе, строительство скважин с начальным зенитным углом, которые позволяют располагать требуемое количество скважин на кустовой площадке и осваивать метаноугольное месторождение вертикальными и наклонными прямолинейными скважинами с интенсификацией методом ГРП позволят сократить затраты на строительство скважин.

Необходимо отметить, что применение воздуха в качестве основного очистного агента на сегодняшний день требует проведения дополнительного обоснования и проведения экспертизы, однако, строительство дегазационных скважин на протяжении более 10 лет аналогичным способом бурения подтверждает безопасность бурения с продувкой воздухом.

В работе представлены предварительные результаты оценки укрупненной стоимости вертикальных и наклонных прямолинейных скважин на основе технико-коммерческих предложений (ТКП), запрошенных у потенциальных подрядных организаций. К запросу ТКП были приложены разработанные специалистами ООО «Газпром ВНИИГАЗ» технико-технологические решения по бурению и креплению в объеме документа «Программа на бурение».

Полученные результаты укрупненной оценки позволяют снизить стоимость строительства скважины (без учета интенсификации притока) на 66,24-70,93 % в сравнении со сметными стоимостями аналогичных скважин, приведенных к 2023 г. с учетом официальных индексов дефляторов (допускаем, что после детальной проработки стоимости работ на этапе заключения договорных отношений стоимость работ увеличится).

## **Исследования закономерностей формирования аномальных скоплений метана в угольных шахтах с целью повышения безопасности горных работ и расширения возможностей попутной добычи метана**

В.А. Канин, А.В. Анциферов

*Республиканский академический научно-исследовательский  
и проектно-конструкторский институт горной геологии, геомеханики, геофизики  
и маркшейдерского дела*

Учитывая опыт разработки угольных месторождений и результаты научных исследований, можно утверждать, что генезис природных газов, встречающихся в угленосном массиве, разнообразен. То есть, шахтный метан может быть представлен несколькими источниками генерации.

Метан метаморфогенного происхождения, образовавшийся в угольных пластах и вмещающих породах «in situ» на различных этапах формирования угольного месторождения, и в настоящее время определяет фоновую метанонасыщенность горного массива. Ресурсы метаморфогенного метана в Донецком бассейне по разным оценкам на глубинах до 2 км составляют от 12 до 25 трлн м<sup>3</sup>. Эти запасы связаны с углеводородными горными комплексами, проницаемость которых, как правило, на 2-3 порядка ниже, чем на традиционных газовых месторождениях. Поэтому эффективность добычи метана на участках, не подпадающих под воздействие горных работ, слишком проблематична. При разработке угольных месторождений часть метана выделяется в сторону земной поверхности, а часть выходит в отработанное пространство шахт, но в углепородном комплексе остается более половины первоначальных запасов метана, а в горном массиве формируются мощные и относительно изолированные техногенные коллекторы, которые по своим фильтрационным свойствам могут даже превосходить коллекторы газовых месторождений. В результате – образуются техногенные геологические объекты, перспективные для добычи шахтного метана на территориях закрытых угольных шахт или на отработанных горизонтах действующих шахт.

Метан глубинного происхождения, мигрирующий по сети тектонических нарушений в осадочной толще в разрабатываемый горный массив, формирует зоны аномальной метанонасыщенности, которые являются источниками повышенного выделения газа в горные выработки и значительно повышают опасность в отношении вспышек, взрывов и отравления метаном. Метан глубинного происхождения, в свою очередь, разделяется на: а) метан, поступающий из глубоко расположенных угольных пластов, а также из нефтяных или газовых залежей, залегающих ниже каменноугольных отложений; б) мантийный метан, проникающий в осадочную толщу с разрабатываемыми угольными пластами непосредственно из мантии по разломам кристаллического фундамента. Мантийный метан характеризуется относительно постоянным дебитом. И если ресурсы угля на

планете являются невозполнимыми, то ресурсы мантийного метана исчерпаются только тогда, когда в мантии Земли будут израсходованы углерод, водород и железо.

Пространственно-временную локализацию и пути миграции метана глубинного происхождения можно изучать методами изотопного анализа, поскольку многочисленные изотопные исследования, проведенные во многих странах мира, показали, что углеводородные газы характеризуются значительным диапазоном колебаний изотопного состава углерода. Самыми тяжелыми по изотопному составу углерода являются газы, связанные с магматической деятельностью ( $\delta^{13}\text{C} = -10 - -30 \text{‰}$ ), а самыми легкими – газы биохимического генезиса ( $\delta^{13}\text{C} = -50 - -80 \text{‰}$ ). Газы нефтегазовых месторождений занимают промежуточное положение ( $\delta^{13}\text{C} = -30 - -50 \text{‰}$ ). Метан однозначно считается abiогенным при  $\delta^{13}\text{C} \geq -20 \text{‰}$ . Для условий Донецко-Макеевского района Донбасса, по результатам исследований ФГБНУ «РАНИМИ», геохимическими критериями наличия миграции в угольные шахты газов глубинного происхождения являются наличие в газовых пробах гелия (более 0,01-0,03 %) и изотопный состав углерода метана  $\delta^{13}\text{C}_{\text{CH}_4}$  не менее минус 28,8 ‰. В качестве практического примера установления пути миграции abiогенного метана на поле шахты им. А.Ф. Засядько (г. Донецк, ДНР РФ) и выявления зон его аномального скопления можно привести следующие данные. По мере приближения забоя 17-го западного конвейерного штрека пласта  $m_3$  к Ветковскому надвигу, в пробах газа, отобранных на расстоянии 206 м от сместителя надвига  $\delta^{13}\text{C}_{\text{CH}_4} = -41,6 - -42,5 \text{‰}$ ; на расстоянии 122 м –  $\delta^{13}\text{C}_{\text{CH}_4} = -24,36 - -35,13 \text{‰}$ ; на расстоянии 30 м –  $\delta^{13}\text{C}_{\text{CH}_4} = -20,4 - -30,3 \text{‰}$ . Далее, по результатам гравиметрической съемки, М.М. Довбнич и В.П. Солдатенко (НГУ, Днепропетровск) выполнили расчет полей напряжений на территории Донецко-Макеевского района Донбасса, включая поле шахты им. А.Ф. Засядько, который показал, что Ветковский надвиг имеет близкую ориентацию к разломам кристаллического фундамента. Таким образом, аномальные зоны скопления глубинного метана на поле шахты им. А.Ф. Засядько были не только установлены, но и пространственно локализованы. Не лишним будет отметить, что на шахте им. А.Ф. Засядько, начиная с 2008 года была реализована программа создания шахтных энергетических комплексов на базе газопоршневых когенерационных модулей, которые вырабатывают электрическую и тепловую энергию, утилизируя с этой целью шахтный метан. Для этого на промплощадках шахты были размещены 22 газопоршневые установки типа JMS 620-GS – S.LS австрийской фирмы «Jenbacher» с суммарными установленными мощностями: электрической – 66,7 МВт и тепловой – 57,8 Гкал/ч. Электрическая мощность одной установки при концентрации метана 25 % составляет 3,035 МВт, а тепловая – 2,63 Гкал/ч. Годовая потребность в метане для энергокомплекса из 22 установок фирмы «Jenbacher» составляла около 134 млн м<sup>3</sup>. Источниками этого метана была внутришахтная дегазация и глубокие скважины, пробуренные на угольные пласты с земной поверхности. Наибольший дебет метана наблюдался в скважинах, пробуренных в район небезызвестного Ветковского надвига.



Общество с ограниченной ответственностью «Газпром добыча Кузнецк»  
Совет молодых специалистов ООО «Газпром добыча Кузнецк»

Научно-техническое издание

X научно-практическая конференция  
молодых специалистов и работников  
ООО «Газпром добыча Кузнецк»

# **ПРОБЛЕМЫ ИЗВЛЕЧЕНИЯ МЕТАНА ИЗ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ**

Тезисы докладов

Кемерово, 20 июля 2023 г.

Редактор: А.Г. Шевцов  
Корректор: А.Г. Шевцов  
Верстка: А.Г. Шевцов

650000, г. Кемерово, пр. Советский, 32, пом. 46  
Совет молодых специалистов ООО «Газпром добыча Кузнецк»  
Тел. +7 (3842) 90-07-82, доб. 144

Подготовлено к изданию 19.07.2023