

Начальник Федерального  
государственного бюджетного  
учреждения «Всероссийский ордена  
«Знак Почета» научно-  
исследовательский институт  
противопожарной обороны  
МЧС России»

  
Э.М. Идрисов

«18» марта 2026 г.

### ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу Рыбичева Алексея Алексеевича на тему: «Повышение пылевзрывобезопасности при подземной разработке высокогазоносных угольных пластов, содержащих тяжелые углеводороды», представленную в экспертный совет 2.10.1; 2.10.2; 2.10.3 НИТУ МИСИС на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.10.1 – «Пожарная безопасность».

Представленная Рыбичевым А.А. диссертация посвящена исследованию проблемы повышения уровня пылевзрывобезопасности угольных шахт при разработке пластов, содержащих тяжелые углеводороды, и ставит своей целью установление зависимостей содержания тяжелых углеводородов в угольных пластах от степени метаморфизма и оценку роли тяжелых углеводородов в создании пожаровзрывоопасных ситуаций в угольных шахтах.

**Актуальность темы** диссертации определяется высокой частотой проявлений природных опасностей в шахтах, обусловленной ростом концентрации и интенсификации производственных процессов при постоянном увеличении глубины ведения горных работ. Процентное содержание аварий, наиболее опасных по катастрофичности последствий, таких как взрывы метана и угольной пыли (в том числе вспышки и воспламенения метана), возрастает. Такие взрывы продолжают происходить с частотой 1 раз в три-четыре года. Взрывы пылеметановоздушных смесей, пожары и внезапные выбросы угля и газа происходят, как правило, на высокопроизводительных угольных шахтах и отличаются катастрофическими последствиями в социальном и экономическом аспектах. Масштабные катастрофы, происшедшие за последние 15-20 лет вызвали необходимость дальнейшего изучения причин и механизмов образования взрывоопасной атмосферы в горных выработках и разработки способов и средств нейтрализации взрывоопасных газов, поступающих в атмосферу горных выработок. Исходя из вышеизложенного, повышение уровня пылевзрывобезопасности угольных шахт при разработке пластов, содержащих тяжелые углеводороды, на основе нейтрализации остаточных газов угольных пластов путем увеличения содержания балластных газов, приводящих к увеличению концентрационных пределов взрываемости остаточных газов в

угольном пласте, является актуальной научной задачей, решение которой имеет важное значение для угольной отрасли.

Тема диссертации соответствует области исследований научной специальности 2.10.1 – «Пожарная безопасность» пунктам 18, 19.

**Диссертационная работа** состоит из введения, 4 глав, заключения, списка литературы из 120 наименований, двух приложений, включает 21 таблицу и 36 рисунков.

Содержание диссертации включает исследование состояния вопроса, а также изложение и доказательство защищаемых научных положений.

Во введении обоснована актуальность темы диссертации и степень ее разработанности, поставлена цель, задачи, определены объект и предмет исследования, представлены сведения о научных результатах и практической значимости исследования

**В первой главе** диссертации представлен анализ современного состояния и развития угледобывающей промышленности в Российской Федерации. Показано, что увеличение добычи угля в два раза на шахтах Российской Федерации за последние 15 лет влечет за собой существенное увеличение абсолютной газообильности угольных шахт, которая достигает в настоящее время около 181,7 м<sup>3</sup>/мин (шахта им. СМ. Кирова), что свидетельствует о росте потенциальной взрывопожароопасности горных работ. Предлагается рассматривать шахтный воздух как смесь компонентов: воздух + метан + гомологи метана + сорбированная тяжелыми углеводородами угольная пыль. Главной опасностью таких смесей является то, что в отдельности присутствующие в смеси угольная пыль, метан, гомологи метана не достигают своих нижних пределов взрываемости, однако все вместе они могут образовывать взрывчатую смесь. Известно, что присутствие метана даже в небольших количествах увеличивает взрывчатую способность угольной пыли. Создание новых подходов к усилению пылевзрывобезопасности угольных шахт становится насущной научной проблемой. Поставлены задачи исследований.

**Во второй главе** приведены результаты теоретических и практических исследований пылевой опасности в угольных шахтах. Изучены процессы пылеотложения угольной пыли и переход ее во взвешенное состояние. Проведены исследования с отборами проб отложившейся пыли в четырех местах горных выработок шахты «Осинниковская» ОАО «ОУК «Южжубассуголь»:

- пыль после комбайна в лаве, 200 г;
- пыль с пересыпа конвейера лавы по ходу движения вентиляционной струи, 200 г;
- пыль с пересыпа с конвейера на конвейер на расстоянии 200 м от лавы по ходу движения вентиляционной струи, 200 г;
- пыль с пересыпа с конвейера на конвейер в магистральном конвейерном штреке на расстоянии 3200 м от лавы по ходу движения вентиляционной струи, 200 г.

Весьма важным выводом, полученным при оценке дисперсного состава пыли в лаве является то, что весовая доля наиболее взрывчатых частиц размером до 40 мкм самая большая по сравнению с отложившейся пылью в других выработках и

составляет 70%, что снижает НКПВ от 1,5 до 4,3 раз. Содержание респираторной пыли в очистном забое является высоким и составляет 30%, что представляет угрозу как для здоровья горнорабочих очистного забоя, так и с точки зрения взрывоопасности угольной пыли, так как сила взрыва в отдельных случаях достигает максимума при диаметре частиц менее 10 мкм. Показано, что с учетом содержания метана в лаве, НКПВ пыли в лаве будет составлять 4,5 – 12 г/т.

**Третья глава** диссертации посвящена лабораторным исследованиям состава и количества тяжелых углеводородов в угольных пластах и угольной пыли и оценке их роли в возникновении взрывопожароопасных ситуаций. Представлены результаты исследований состава и количества остаточных газов угля и угольной пыли, формы и структуры пылевых частиц угля средней стадии метаморфизма, термогравиметрического анализа угольной пыли. Выполнен анализ влияния сорбированных тяжелых углеводородов на взрывчатость угольной пыли. Установлено, что в обоих угольных бассейнах (Кузбасс и Донбасс) в углях марки Ж количество пропана и бутана превышает содержание остальных газов в 3-7 раз. Количество углеводородов, извлеченных из угольной пыли, на 23 % больше, чем количество углеводородов, извлеченных из угля, причем 83,3 % адсорбированных в пыли углеводородов представлены тяжелыми углеводородами от бутана до гексана т.е. угольная пыль адсорбирует преимущественно бутан, пентан, гексан. Выявлено, что при всех температурах проведенной термодегазации (150, 200, 250 °С) из всех фракций пыли десорбируются бутан, пентан, гексан в количестве, значительно превышающем количество десорбируемого метана. При работе комбайнов, шахтных ленточных конвейеров и другого оборудования на выемочном участке могут возникать температуры воспламенения тяжелых углеводородов. Таким образом, от источника теплового импульса могут сначала вспыхнуть тяжелые углеводороды, которые дадут искру для взрыва метана. При взрыве метана находящаяся в выработке угольная пыль поднимается в воздух, нагревается и из нее выделяются сорбированные ею тяжелые углеводороды, которые придают значительное усиление мощности взрыва метана и угольной пыли.

**Четвертая глава** посвящена разработке метода снижения влияния тяжелых углеводородов на создание пожаровзрывоопасных ситуаций на выемочных участках угольных шахт. Обоснованы принципы и механизм снижения области воспламенения тяжелых углеводородов за счет увеличения содержания балластных газов, приводящего к увеличению нижнего концентрационного предела взрываемости тяжелых углеводородов. Разработана методика нейтрализации остаточных газов угля путем обработки угольного массива газонаполненными растворами поверхностно-активных веществ. Выполнен расчет параметров флегматизации остаточных углеводородов угля при разработке высокогазоносных угольных пластов, опасных по взрывам пыли. Выявлено, что содержание горючих газов в остаточных газах углей средней стадии метаморфизма колеблется от 27 до 53%, в то время как содержание балластных газов достигает наименьшего значения (46,5%) для пласта К-5. Вследствие большого содержания тяжелых углеводородов в остаточных газах углей марок Д, Ж, ОС температура воспламенения остаточных газов будет определяться парциальным давлением горючих газов и малыми значениями нижних концентрационных пределов

взрываемости тяжелых углеводородов. Научно обоснован метод повышения уровня пылевзрывобезопасности угольных шахт на основе применения технологии нейтрализации остаточных газов угольных пластов средней стадии метаморфизма при обработке угольного массива газонаполненными растворами ПАВ с использованием рациональных значений концентрации смачивателя и давления газонаполненного раствора ПАВ для увеличения содержания балластных газов, приводящих к увеличению концентрационных пределов взрываемости остаточных газов в угольном пласте и обеспечению пожаровзрывобезопасности угольных шахт. Эффективность технологии флегматизации остаточных газов угольных пластов газонаполненными растворами ПАВ достигается за счёт перевода горючей смеси остаточных газов в негорючую и повышения эффективности пылеулавливания при отбойке угля с помощью воздушно-механической пены. Даны расчетные значения для одной скважины при обработке пласта Е-5 газонаполненными растворами ПАВ: концентрация смачивателя СП-01: 0,2 %, темп нагнетания 55 л/мин, расчетное количество воды, закачиваемое в скважину 362,4 м<sup>3</sup>; насос: УНВ-2М; давление 20 МПа; время нагнетания 4,57 сут; количество азота: 58 кг; давление азота: 0,7 МПа.

В приложениях представлена методика нейтрализации остаточных газов угля путем обработки угольного массива газонаполненными растворами поверхностно-активных веществ и акт внедрения результатов работы.

По итогу исследования сложилось общее представление, что Рыбичев Алексей Алексеевич выстроил весьма интересную и продуктивную с научной и практической точки зрения логическую последовательность: выявлены общие закономерности для Кузнецкого и Донецкого угольных бассейнов, состоящие в том, что остаточные газы угольных пластов средней стадии метаморфизма до 80% содержат глубокосорбированные тяжелые углеводороды, наибольшее количество которых содержится в марках углей Ж, КЖ, К; установлено, что количество углеводородов, извлеченных из угольной пыли пластов средней стадии метаморфизма, на 23% больше, чем количество углеводородов, извлеченных из исходного угля, что объясняется законами физической адсорбции; расчетами показано, что силы электростатического отталкивания обуславливают агрегативную устойчивость пожаровзрывоопасных дисперсных пылевых частиц. Такая последовательность приводит к необходимости разработки метода и методики нейтрализации остаточных глубокосорбированных углеводородов для повышения уровня пылевзрывобезопасности угольных шахт при разработке пластов, содержащих тяжелые углеводороды.

В целом в диссертации дается обоснование выводам, которые целиком и полностью соответствуют задачам, поставленным в работе, и доказательству защищаемых научных положений.

#### **Полнота изложения материалов диссертации в опубликованных работах**

Основные выводы и рекомендации диссертации в достаточной мере отражены в 7 публикациях, в том числе 7 – в изданиях, индексируемых в Scopus, 2 – в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России.

## **Новизна основных научных результатов и их значимость для науки и практики**

**Научная новизна работы** заключается в следующем:

- научно обосновано повышенное содержание тяжелых углеводородов в остаточных газах угольных пластов для всех стадий метаморфизма;
- научно обоснована повышенная взрывопожароопасность угольной пыли пластов средней стадии метаморфизма, содержащая бутан, пентан, гексан;
- установлен механизм взаимодействия межмолекулярных, гравитационных сил и сил электростатического отталкивания для микроскопических частиц пыли, отличающихся повышенной пылевзрывоопасностью.

**Научное значение работы** заключается в установлении содержания балластной составляющей в остаточных газах угольных пластов средней стадии метаморфизма, приводящего к увеличению концентрационных пределов взрываемости тяжелых углеводородов в угольном пласте и обеспечению пожаровзрывобезопасности при разработке высокогазоносных угольных пластов.

**Практическая значимость** исследований состоит в разработке «Методики нейтрализации остаточных газов угольных пластов средней стадии метаморфизма при их обработке газонаполненными растворами поверхностно-активных веществ», применение которой позволит увеличить содержание балластных газов в высокогазоносных угольных пластах, приводящего к увеличению концентрационных пределов взрываемости остаточных газов в угольном пласте и повышению пожаровзрывобезопасности высокопроизводительных угольных шахт.

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

- удовлетворительной сходимостью результатов исследований других авторов о содержании сорбированных тяжелых углеводородов в метаморфическом ряду углей с результатами лабораторных экспериментов по термодегазации и термогравиметрии углей и угольной пыли, полученными диссертантом (расхождение не превышает 15-20%);

- достаточным объемом данных, полученных в результате лабораторных исследований структуры угольных частиц на сканирующих электронных микроскопах высокого разрешения (увеличение до 50 000 раз), а также в результате лазерного анализа дисперсного состава пыли (число частиц в определенном объеме составляет  $10^9$ - $10^{12}$  единиц), выполненных по апробированным методикам.

### **Язык и стиль изложения материала**

Материалы исследований изложены логически последовательно, четким и ясным стилем, в каждом разделе диссертации приводятся выводы. Результаты исследований информативно представлены в форме таблиц и иллюстраций, текст диссертации оформлен в соответствии с требованиями ВАК.

### **Соответствие содержания автореферата и диссертации**

Автореферат соответствует содержанию диссертации.

### **Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации.**

Разработанная автором инженерная методика нейтрализации остаточных газов угля путем обработки угольного массива газонаполненными растворами поверхностно активных веществ может использоваться при проектировании и

эксплуатации угольных шахт в системах противоаварийной устойчивости шахт и пожаровзрывобезопасности, в учебных программах профильных вузов, в деятельности Ростехнадзора и МЧС России.

### **Замечания по диссертационной работе**

1. В диссертации на стр. 76-78 (рис.3.13-3.16) приведены результаты термогравиметрического анализа угля марок Ж, ГЖ. А, однако условия проведения испытаний и отбор проб угля описаны недостаточно полно, например с учетом требований ГОСТ Р 53293-2009 «Пожарная опасность веществ и материалов. Материалы, вещества и средства огнезащиты. Идентификация методами термического анализа».

2. При описании механизма сорбции тяжелых углеводородов угольной пылью автор ссылается на физическую адсорбцию за счет сил Ван-дер-Ваальса. Однако не рассматривается возможный вклад хемосорбции или капиллярной конденсации, которые могут иметь место при определенных условиях. Уточнение этого вопроса усилило бы теоретическую часть.

3. Из автореферата не ясно, учитывалось ли влияние обработки газонаполненными растворами ПАВ на фильтрационные свойства угольного массива и возможное ухудшение дегазации пласта. Этот аспект важен для комплексной оценки эффективности предлагаемой технологии.

4. В диссертации не представлены технико-экономические показатели предлагаемого способа в сравнении с традиционными способами пылевзрывозащиты (осланцевание, водяные заслоны, предварительное увлажнение). Это позволило бы более убедительно обосновать целесообразность его промышленного внедрения.

5. В диссертации и автореферате имеются незначительные опечатки. Например, допущена опечатка в нумерации таблиц: в тексте автореферата (стр. 23) должна быть табл. 6, а на стр. 25 должна быть табл. 7 и др.

Указанные замечания не исключают положительную оценку выполненных исследований, выводов и рекомендаций, обоснованных в диссертации.

### **Заключение**

Диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу по актуальной теме, в которой изложено решение актуальной для угольной отрасли задачи повышения пылевзрывобезопасности угольных шахт на основе применения разработанной технологии нейтрализации остаточных газов угольных пластов средней стадии метаморфизма при обработке угольного массива газонаполненными растворами поверхностно-активных веществ, что позволяет обеспечить увеличение содержания балластных газов, приводящих к увеличению нижнего концентрационного предела взрываемости остаточных газов в угольном пласте и обеспечению пожаровзрывобезопасности при разработке высокогазоносных угольных пластов, опасных по взрывам пыли.

Тема и содержание диссертационной работы соответствуют положению о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ МИСИС и квалификационным требованиям пунктов 18 и 19 паспорта специальности 2.10.1 – «Пожарная

безопасность»: п. 18 «Исследование пожаровзрывоопасных свойств аэрозолей (в том числе пылей), условий их воспламенения и взрыва»; п. 19 «Разработка научных основ, методов и средств снижения пожарной опасности технологических процессов, связанных с образованием и обращением горючих аэрозолей (в том числе пылей)».

Диссертационная работа «Повышение пылевзрывобезопасности при подземной разработке высокогазоносных угольных пластов, содержащих тяжелые углеводороды» соответствует требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней в «НИТУ МИСИС», предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор, Рыбичев Алексей Алексеевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.10.1 – «Пожарная безопасность».

Диссертационная работа и отзыв рассмотрены на совместном заседании членов секции «Пожарная защита спецобъектов» научно-технического совета ФГБУ ВНИИПО МЧС России и специалистов отдела специальных исследований ФГБУ ВНИИПО МЧС России от 16 марта 2026 г. протокол № 8.

Главный научный сотрудник  
отдела специальных исследований  
ФГБУ ВНИИПО МЧС России

доктор технических наук по специальности  
2.10.1 Пожарная безопасность, профессор  
«16» марта 2026 г.

 Копылов Николай Петрович

Подпись Копылова Н.П. заверяю  
Ученый секретарь диссертационного совета  
ФГБУ ВНИИПО МЧС России  
к.т.н.

 Е.Ю. Сушкина

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны МЧС России».

Адрес: 143903, Московская область, город Балашиха, микрорайон ВНИИПО, дом 12.

Телефоны: +7 (495) 521-81-31 +7 (495) 524-82-95.

Адрес электронной почты: [vniiro@vniiro.ru](mailto:vniiro@vniiro.ru).