



«УТВЕРЖДАЮ»

Директор ИПКОН РАН, к.т.н.

Шляпин А.В.

2025 г.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова Российской академии наук

Диссертация Говорухина Юрия Михайловича «Методология управления газовыделением при высокоинтенсивной отработке угольных пластов» по специальности 2.8.6 «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика (технические науки)» выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова Российской академии наук (ИПКОН РАН).

Соискатель Говорухин Юрий Михайлович 1985 года рождения является начальником научно-исследовательского отдела Федерального государственного казенного учреждения дополнительного профессионального образования «Национальный аэромобильный спасательный учебно-тренировочный центр подготовки горноспасателей и шахтеров».

Говорухин Ю.М. окончил Сибирский государственный индустриальный университет по специальности «Подземная разработка месторождений полезных ископаемых» в 2007 году.

Диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.26.03 «Пожарная и промышленная безопасность» (горная промышленность) на тему «Разработка метода оценки параметров воздухораспределения для снижения скорости окислительных процессов в выработанном пространстве угольных шахт» защитил в 2012 году в диссертационном совете при Научном центре ВостНИИ по безопасности работ в горной промышленности.

Научный консультант – Кубрин Сергей Сергеевич, доктор технических наук, профессор, заведующий лабораторией ИПКОН РАН.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Диссертация является законченной научной работой, в которой изложены результаты теоретических и экспериментальных исследований, проведен их анализ, выполнено обобщение и сделаны выводы.

**Актуальность работы** обусловлена основными тенденциями в развитии угледобывающей отрасли, связанными с интенсификацией и концентрацией горных работ, в том числе посредством внедрения высокопроизводительного горно-шахтного оборудования, а также сопровождающимися значительным осложнением горно-геологических и горнотехнических условий подземной отработки месторождений угля.

**Целью работы** является разработка методологии управления газовыделением на выемочных участках при высокоинтенсивной отработке пологих угольных пластов очистными забоями, оборудованными механизированными комплексами, обеспечивающей нормативный уровень безопасности и ритмичность добычи угля.

**Научная новизна работы:**

1. Обоснована необходимость совместного учета элементов системы «горные выработки – зона обрушения – дезинтегрированные породы – источники метановыделения» с целью выполнения прогноза дебитов метана с учетом влияния газового коллектора, формирующегося в куполе зоны обрушения.

2. Впервые получены коэффициенты  $\alpha$  горных выработок, закрепленных анкерной и рамной арочной крепями, отличающиеся их ранжированием для рамной крепи по номеру спецпрофиля (от СВП-17 до СВП-33), шагу установки элементов крепления (от 0,3 до 1,2 м) и площади поперечного сечения (до 37,7 м<sup>2</sup>), а для анкерной крепи – по площади поперечного сечения (до 36,0 м<sup>2</sup>) горной выработки.

3. Научно обоснованы и впервые получены длины участков тупиков, между перемычкой и сквозной выработкой, проветриваемых за счет турбулентной диффузии, при этом установлены зависимости скорости движения воздуха в первом пространственном вихре от скорости потока в сквозной горной выработке.

4. Предложена физическая и основанная на ней математическая модель, описывающие последовательность геомеханических процессов, происходящих при формировании выработанного пространства и зоны обрушения в целом: посадка кровли, дезинтегрирование и фрагментирование пород на блоки; разрыхление и уплотнение при дальнейшей активной стадии процессов сдвижения, отличающиеся от ранее предлагаемых учетом влияния следующих параметров:  $m_v$ , м;  $h_{обр}$ , м; коэффициенты  $k_{пр}$ , м<sup>2</sup>,  $l_{ш}$ , м; коэффициенты  $k_r$ , доли ед.,  $k_{упл}$ , доли ед.,  $k_{пс}$ , доли ед.;  $T_{пр}$ ,  $T_{пад}$  и  $T_{вос}$ , сут;  $l_{тр}$ , м;  $m_{обр.сл}$ , м; шаги  $l_{о.к}$ , м, и  $l_{н.к}$ , м.

5. Разработана методическая основа оценки аэродинамических параметров закрепного пространства и газового коллектора, отличающаяся учетом таких параметров, как неравномерность нагрузки на очистной забой, вынимаемая мощность пласта, длина очистного забоя, структурные особенности кровли.

6. Обоснованы направления адаптации систем управления газовыделением при комбинации протекающих процессов, отличающиеся возможностью выполнения прогноза параметров процесса формирования газового коллектора.

**Практическая значимость работы:**

1. Предложен метод моделирования единого газодинамического комплекса выемочного участка посредством интегрирования модели зоны обрушения в модель шахтной вентиляционной сети. Он основан на использовании разработанных физической и математической моделях процессов, происходящих при формировании зоны обрушения в ходе сдвижения геомассива и образовании пустот в приконтурных частях.

2. Создан программный пакет «Аэродинамика», позволяющий на основе расчетов прогнозировать трехмерное распределение фильтрационных параметров дезинтегрированной среды зоны обрушения с учетом протекающих геомеханических процессов при сдвижении пород (авторы: Ю.М. Говорухин, С.С. Кубрин).

3. Разработана компьютерная программа «Вентиляция выемочных участков» (свидетельство о государственной регистрации № 2017614796), позволяющая выполнять расчеты дебитов метана из основных источников газового баланса выемочного участка, необходимых расходов воздуха на выемочный участок и параметров системы изолированного отвода метановоздушной смеси (авторы: Ю.М. Говорухин, А.Н. Домрачев, В.Г. Криволапов, О.Ю. Лукашов, Д.Ю. Палеев).

4. Разработана база данных «Информационная система по учету аварий на объектах ведения горных работ» (свидетельство о регистрации № 2021620303), позволяющая обрабатывать и хранить модели шахтных вентиляционных сетей опасных производственных объектов ведения подземных горных работ и в том числе вести учет причин загазования выработок выемочных участков угольных шахт (авторы: Д.Ю. Палеев, Ю.М. Говорухин, А.Н. Домрачев, В.Г. Криволапов, И.М. Поздеева).

5. Проведена обработка практических данных воздушно-депресссионных съемок и выполнены численные эксперименты, по результатам которых построены зависимости и сформированы табличные значения коэффициентов  $\alpha$  выработок сечением свыше 16 м<sup>2</sup>, закрепленных рамной металлической (арочной) и анкерной крепями.

6. Установлены параметры эффективного проветривания тупиков, оставляемых при изоляции отработанных выемочных столбов, за счет турбулентной диффузии.

7. Предложен подход по адаптации систем управления газовыделением при комбинации протекающих взаимосвязанных геомеханических и аэрогазодинамических процессов как в действующих выработках, так и в зоне обрушения, применение которого обеспечит безопасную и ритмичную высокоинтенсивную добычу угля.

**Достоверность и обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций** подтверждается: адекватностью применяемого математического аппарата; использованием представительного объема данных натурных замеров, выполненных в ходе воздушно-депресссионных съемок, систем аэрогазового контроля, датчиков давления в гидросистеме секций механизированной крепи, а также скорости воздуха в тупиках между перемычкой и сквозной горной выработкой за счет турбулентной диффузии; использованием ранее полученных практических данных по замерам фильтрационных параметров зон обрушения, их обработкой и обобщением в соответствии с задачами, поставленными в диссертации; использованием фактических горно-геологических и горнотехнических данных выемочных участков угольных шахт для адаптации моделей к задачам исследования; достаточной сходимостью полученных результатов с известными теоретическими и практическими представлениями о геомеханических и аэрогазодинамических процессах при отработке выемочных столбов очистными забоями, оборудованными механизированными комплексами, на пологих пластах угольных шахт.

#### **Реализация результатов работы.**

Результаты научных исследований реализованы в:

- приказе Ростехнадзора от 08.11.2024 № 343 «Об утверждении Руководства по безопасности «Методические рекомендации по определению зон загазирования, параметров взрывоустойчивых перемычек и оценке полноты и достоверности компьютерных моделей вентиляционной сети шахты»;

- статьях «Давление горное» и «Дегазация угольных пластов» (т. 1), вошедших в энциклопедию «Гражданская защита» (энциклопедия в 4-х томах; под общей ред. В.А. Пучкова / МЧС России. – М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2015. – URL: <https://www.mchs.gov.ru/deyatelnost/zashchita-naseleniya-i-territoriy-ot-chrezvychaynyh-situaciy/grazhdanskaya-zashchita>);

- сборнике нормативных правовых актов военизированных горноспасательных частей / Коллектив авторов. – М.: МЧС России, 2014. – 284 с. (Руководство по проведению воздушно-депресссионных съемок объектов ведения горных работ, Руководство по проведению газовых съемок угольных шахт);

- опытной эксплуатации программы «Аэродинамика» в ООО «ШахтЭксперт-Системы» при выполнении прикладных научно-исследовательских работ и разработке рекомендаций по повышению эффективности систем управления газовыделением на выемочных участках шахт (Акт об использовании Программы).

**Результаты работы опубликованы в достаточном количестве.** Основные результаты исследований представлены в 47 опубликованных работах, из них 20 –

в изданиях, рекомендуемых ВАК Министерства высшего образования и науки России. Получено 1 свидетельство Российской Федерации о государственной регистрации программы для ЭВМ, 1 свидетельство – базы данных. Подана заявка на 1 патент (от 16.06.2025 рег. № 2025116356). Издано 2 учебных пособия.

*Монографии.*

Домрачев А.Н. Методология анализа и оценки риска при ведении аварийно-спасательных работ на горных предприятиях: монография / А.Н. Домрачев, В.Г. Криволапов, **Ю.М. Говорухин**, А.В. Масленков // Кемерово: Кузбассвуиздат, 2013. – 204 с.

*Публикации в периодических журналах, рекомендованных ВАК России.*

1. **Говорухин Ю.М.** Закономерности изменения объемов пустот на участках зон обрушения, примыкающих к очистному забою при отработке пологих пластов угля / **Ю.М. Говорухин**, С.С. Кубрин // Вестник Научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. Кемерово. 2, 2025. – С.5-12 (ISSN 2072-6554, DOI: 10.25558/VOSTNIK.2025.39.78.001).

2. **Говорухин Ю.М.** Центр поддержки принятия решений как инструмент экспертного и научного сопровождения горноспасательных работ / **Ю.М. Говорухин**, В.Г. Криволапов, С.А. Петров, К.В. Кондаков, С.С. Кубрин // Безопасность труда в промышленности: научно-производственный журнал. М., 2025. – № 5. – С.42-48 (ISSN 0409-2961).

3. **Говорухин Ю.М.** О проницаемости обрушенных и дезинтегрированных пород в выработанном пространстве выемочных участков при высокоинтенсивной отработке пластов угля / **Ю.М. Говорухин**, С.С. Кубрин // Вестник Научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. Кемерово. 1, 2025. – С.5-20 (ISSN 2072-6554).

4. **Говорухин Ю.М.** О значениях коэффициентов аэродинамических сопротивлений трения горных выработок больших поперечных сечений / **Ю.М. Говорухин**, С.С. Кубрин // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. Тула, 2024. – № 2. – С.425-439 (ISSN 2218-5194).

5. **Говорухин Ю.М.** Геомеханические основы разработки схем проветривания выемочных участков и обеспечения промышленной безопасности при высокоинтенсивной отработке выемочных столбов / **Ю.М. Говорухин**, В.Г. Криволапов // Вестник Научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. Кемерово. 1, 2024. – С.17-26 (ISSN 2072-6554).

6. **Говорухин Ю.М.** О фактических аэродинамических сопротивлениях горных выработок, полученных в ходе воздушно-депрессионных съемок на угольных шахтах / **Ю.М. Говорухин**, А.Н. Домрачев, В.Г. Криволапов, Д.Ю. Палеев // Известия Тульского

государственного университета. Науки о Земле. – Тула, 2022. – № 3. – С.251-261 (ISSN 2218-5194).

7. Домрачев А.Н. Оценка влияния состояния подготовительных выработок на показатели работы короткого забоя / А.Н. Домрачев, **Ю.М. Говорухин**, Д.Ю. Палеев, И.М. Поздеева // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – Тула, 2021. – № 4. – С.352-356 (ISSN 2218-5194).

8. Домрачев А.Н. Об использовании аппарата нечеткой логики для повышения адекватности моделей шахтных вентиляционных сетей при решении задач инженерного обеспечения аварийно-спасательных работ / А.Н. Домрачев, **Ю.М. Говорухин**, В.Г. Криволапов, Д.Ю. Палеев // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. Тула, 2021. – № 4. – С.204-208 (ISSN 2218-5194).

9. **Говорухин Ю.М.** Исследование аэродинамических особенностей тупиковых выработок, проветриваемых за счет турбулентной диффузии / **Ю.М. Говорухин**, В.Г. Криволапов, Д.Ю. Палеев // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – Тула, 2020. – № 1. – С.392-400 (ISSN 2218-5194).

10. **Говорухин Ю.М.** Численное моделирование взаимодействующих геомеханических и аэродинамических процессов на выемочном участке / **Ю.М. Говорухин**, В.Н. Фрянов, Д.Ю. Палеев // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – Тула, 2019. – № 2. – С.288-299 (ISSN 2218-5194).

11. Риб С.В. Разработка комплексного метода исследования геомеханических процессов при интеграции физического и численного моделирования / С.В Риб, **Ю.М. Говорухин** // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – Тула, 2018. – № 2. – С.363-378 (ISSN 2218-5194).

12. Домрачев А.Н. Разработка и внедрение в учебный процесс системы поддержки принятия решений при разработке технологической схемы очистного участка / А.Н. Домрачев, **Ю.М. Говорухин** // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – Тула, 2018. – № 1. – С.159-165 (ISSN 2218-5194).

13. **Говорухин Ю.М.** Об эффективности дегазации выемочных участков для условий пологих пластов юга Кузбасса / **Ю.М. Говорухин**, А.Н. Домрачев, В.Г. Криволапов, Д.Ю. Палеев, Ю.М. Филатов // Безопасность труда в промышленности: научно-производственный журнал. М., 2017. – № 12. – С.11-17 (ISSN 0409-2961).

14. Домрачев А.Н. Использование аппарата нейронных сетей и нечеткой логики при оценке вероятности взрыва пылеметановоздушной смеси / А.Н. Домрачев, Д.Ю. Палеев, **Ю.М. Говорухин**, В.Г. Криволапов, В.И. Липатин // Вестник Научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. Кемерово. 1, 2014. – С.40-43 (ISSN 2072-6554).

15. Домрачев А.Н. К вопросу об оценке трудоемкости ведения аварийно-спасательных работ на горных предприятиях / А.Н. Домрачев, Д.Ю. Палеев, **Ю.М. Говорухин**, В.Г. Криволапов, В.И. Липатин // Вестник Научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. Кемерово. 1, 2014. – С.37-39 (ISSN 2072-6554).

16. Домрачев А.Н. Использование экспертных методов и методов теории игр при принятии решений в ходе аварийно-спасательных работ / А.Н. Домрачев, Д.Ю. Палеев, **Ю.М. Говорухин**, В.Г. Криволапов, В.И. Липатин // Вестник Научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. Кемерово. 1, 2014. – С.33-36 (ISSN 2072-6554).

17. Лукин М.К. Аэродинамический способ торможения окислительных процессов в выработанных пространствах угольных шахт / М.К. Лукин, **Ю.М. Говорухин** // Горный информационно-аналитический бюллетень. – М.: Издательство «Горная книга», № 5, 2013. – С.251-255 (ISSN 0236-1493).

18. **Говорухин Ю.М.** Методология моделирования фильтрации газозвушных смесей в выработанном пространстве выемочного участка / **Ю.М. Говорухин**, А.Н. Домрачев, В.Г. Криволапов, Д.Ю. Палеев, М.Ю. Балаганский // Вестник Научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. Кемерово. 1, 2011. – С.72-76 (ISSN 2072-6554).

19. **Говорухин Ю.М.** Сравнительная оценка фактического и проектного метановыделения в выработанное пространство угольных шахт / **Ю.М. Говорухин**, В.Г. Криволапов, Д.Ю. Палеев, А.Н. Кнышенко // Вестник Научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. Кемерово. 1, 2010. – С.27-30 (ISSN 2072-6554).

20. Криволапов В.Г. Проектная и фактическая эффективность дегазации на высокогазоносных шахтах / В.Г. Криволапов, **Ю.М. Говорухин**, Д.Ю. Палеев // Вестник Научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. Кемерово. 1, 2009. – С.48-53 (ISSN 2072-6554).

**Соответствие диссертации паспорту специальности:** на защиту выносятся результаты исследования соответствующие пункту 11 паспорта специальности 2.8.6 – «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика (технические науки)» «Гидро-, аэро-, газо- и термодинамические процессы, методы и средства управления ими в массивах горных пород и грунтов, горных выработках и выработанном пространстве».

Диссертация соответствует требованиям, установленным пп. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней. Текст диссертации представляет собой завершенную научно-квалификационную работу, в которой на основании выполненного автором исследования решена научная проблема управления газовыделением на выемочных участках при высокоинтенсивной отработке пологих пластов очистными забоями, оборудованными механизированными комплексами. Диссертация не содержит заимствованного материала без ссылки на автора и (или) источник заимствования.

Диссертация «Методология управления газовыделением при высокоинтенсивной отработке угольных пластов» Говорухина Юрия Михайловича рекомендуется к защите на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.8.6 «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика (технические науки)» с учетом корректировок согласно замечаниям к работе, высказанным в ходе научного семинара ИПКОН РАН.

Заключение принято на научном семинаре ИПКОН РАН.

Присутствовало на научном семинаре 22 человека. Результаты голосования: «за» – 21 чел., «против» – 0 чел., «воздержалось» – 1 чел., протокол № 14 от «23» апреля 2025 г.

Председатель научного семинара

к.т.н.



Е.В. Федоров

Секретарь научного семинара

к.т.н.



А.И. Докучаева