



УТВЕРЖДАЮ:

Директор ИПКОН РАН

 А.В. Шляпин

«16» 05 2025 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

**Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Института проблем комплексного освоения недр им. академика
Н.В. Мельникова Российской академии наук (ИПКОН РАН)
на диссертацию Пашичева Бориса Николаевича на тему
«Оценка влияния микроструктуры угля на склонность угольных
пластов к выбросоопасности, самовозгоранию и к удержанию метана
в призабойной зоне пласта», представляемую на соискание ученой
степени кандидата технических наук по специальности 2.8.6.
«Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика
и горная теплофизика»**

Диссертация «Оценка влияния микроструктуры угля на склонность угольных пластов к выбросоопасности, самовозгоранию и к удержанию метана в призабойной зоне пласта» выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова Российской академии наук.

Пашичев Б.Н., 22.12.1990 г.р., в 2017 году с отличием окончил Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет геодезии и картографии» с присуждением квалификации магистр по специальности 21.04.03 «Геодезия и дистанционное зондирование». После окончания университета в 2017 году трудоустроился на должность ведущего инженера в Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова Российской академии наук (ИПКОН РАН). В 2021 г. поступил в ИПКОН РАН в аспирантуру на очную форму обучения по специальности 25.00.20 «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика». В 2022 г. переведен на должность младшего научного сотрудника. В 2025 г. подготовил диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.6. «Геомеханика,

разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика».

Справка № 34 о сдаче кандидатских экзаменов выдана 15.04.2025 г. Федеральным государственным бюджетным учреждением науки Институтом проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова Российской академии наук.

Научный руководитель – доктор технических наук Малинникова Ольга Николаевна, главный научный сотрудник Отдела № 2 «Центр проблем метана и газодинамических явлений угольных и рудных месторождений», лаборатории 2.1 «Лаборатория многофазных процессов в массивах горных пород при разработке месторождений» Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова Российской академии наук.

По результатам рассмотрения диссертации «Оценка влияния микроструктуры угля на склонность угольных пластов к выбросоопасности, самовозгоранию и к удержанию метана в призабойной зоне пласта» принято следующее заключение:

Представленная Пашичевым Борисом Николаевичем к защите диссертация представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, посвящённую решению актуальной научно-практической задачи по определению влияния неоднородности микроструктуры угля на склонность пласта к выбросоопасности и самовозгоранию, к удержанию метана в призабойной зоне пласта, имеющую существенное значение для выделения в угольном пласте участков, склонных к указанным явлениям по фактору структуры.

Целью диссертации является оценка влияния структурных особенностей угля на микронном уровне на склонность угольных пластов к выбросоопасности и самовозгоранию и удержанию метана в призабойной зоне пласта.

Актуальность и степень разработанности темы исследования. Добыча угля является одной из главных отраслей в топливно-энергетическом комплексе России, и её развитие имеет существенное значение для экономики страны и закреплено в принятой Правительством РФ «Программе развития угольной промышленности России на период до 2035 года».

В настоящее время с учётом увеличения объёмов извлечения и роста доли подземной добычи угля и, как следствие, нарастанием глубины ведения очистных работ в шахтах, осуществляемых в сложных горно-геологических условиях, всё большее значение приобретают проблемы безопасности ведения горных работ. Большинство разрабатываемых в России угольных пластов

являются опасными хотя бы по одному из факторов и характеризуются высокой газоносностью, что может создать угрозу возникновения газодинамических явлений (ГДЯ), таких как загазирование горных выработок, внезапные выбросы и др., а также склонность к самовозгоранию.

Основная опасность происходящих на шахтах внезапных выбросов угля и газа заключается в том, что они являются быстропротекающими, сопровождаются лавинообразно развивающимися разрушениями угленосного массива, выносом в выработанное пространство породы и оборудования, тонкодисперсной угольной пыли, выделением значительного количества газа – метана, и в некоторых случаях способны привести к разрушению системы выработок шахты и гибели шахтёров.

Согласно нормативной документации, категория опасности «склонный к внезапным выбросам угля и газа», присваивается угольному пласту в целом. Однако в исследованиях ряда учёных в результате анализа статистики произошедших явлений показано, что реально можно говорить о зональном характере выбросоопасности угольного пласта, несмотря на одну геологическую среду формирования и текущие условия залегания в массиве: горное и газовое давление, температуру. Это обстоятельство является основанием для более пристального внимания к структуре и свойствам угля, влияние которых необходимо учитывать, помимо горного и газового давления и температуры, при определении потенциальной выбросоопасности угольных пластов.

Единой концепции, описывающей взаимовлияние совокупности условий и различий в свойствах угля не только между разными месторождениями, но даже на протяжении одного пласта, приводящей к формированию газодинамических явлений в пласте, а также к склонности к самовозгоранию, до сих пор не выработано, и этот вопрос является предметом дискуссий среди учёных.

При прогнозе газодинамических явлений и самовозгорания угольных пластов обычно не учитываются микроструктурные особенности угля, оказывающие существенное влияние на склонность угля к возникновению таких опасных явлений в шахтах. Поэтому изучение влияния особенностей микроструктуры угля на склонность пластов к опасным явлениям в шахтах и разработка методики количественной оценки неоднородности микроструктуры угля являются актуальной научно-технической задачей, решение которой позволит повысить достоверность прогноза участков угольных пластов, склонных к опасным явлениям в шахтах, с целью обеспечения безопасности ведения горных работ.

Личное участие автора в получении результатов, изложенных в диссертации, состоит в постановке и формулировании цели и задач исследования; сборе, изучении и анализе существующих материалов по теме диссертации; в организации и проведении лабораторных исследований; анализе, систематизации и обобщении результатов исследований; определении критерия дифференцирования углей по склонности к опасным явлениям в шахте.

Достоверность положений, выводов и рекомендаций: Обоснованность выносимых положений подтверждается представительностью набора проб исследованных углей из разных месторождений, достаточным для статистической обработки массива снимков поверхности углей, полученным в процессе экспериментальных исследований, применением поверенного лабораторного оборудования, использованием для анализа апробированных методик, удовлетворительной сходимостью и воспроизводимостью полученных результатов (погрешность не более 10 %).

Научную новизну работы составляет что метан в угле удерживается на парамагнитных центрах (оборванных связях), расположенных в алифатической составляющей угля; установлено, что угли с большей неоднородностью микроструктуры склонны к выбросоопасности и самовозгоранию в шахтах, а также к удержанию большего количества метана в призабойной зоне угольного пласта; разработан и обоснован критерий отнесения участков (зон) угольных пластов к склонным к выбросам угля и газа и самовозгоранию по фактору микроструктуры; разработана методика количественной оценки неоднородности микроструктуры углей, включающая расчёт информационных энтропии и сложности, определённых с помощью шарлет-преобразований цифровых изображений естественной поверхности угля.

Теоретическая и практическая значимость работы. Научное значение работы заключается в обосновании количественной оценки неоднородности микроструктуры каменных углей и обосновании критерия дифференцирования угля по склонности к удержанию метана, выбросоопасности и самовозгоранию, в результате чего была разработана и апробирована «Методика количественной оценки склонности углей к опасным проявлениям в пластах на основе анализа их микроструктуры».

Практическая значимость работы заключается в том, что использование данной методики дифференцирования угля в зависимости от его структуры на микроуровне даёт возможность выделения участков пласта с микроструктурой, склонной к опасным явлениям – внезапным выбросам угля

и газа и самовозгоранию. Применение методики позволит избежать необходимости проводить другие, длительные по времени и затратные исследования, а также локализовать те участки пласта, где следует сосредоточить внимание на проведении мероприятий по предотвращению опасных явлений. Подход позволит повысить безопасность ведения горных работ и снизит риски разработки угольных месторождений.

Ценность научной работы заключается в возможности применения установленных закономерностей влияния особенностей микроструктуры угля на склонность пластов к опасным явлениям в шахтах к решению проблем повышения достоверности прогноза участков угольных пластов, склонных к опасным явлениям в шахтах, с целью обеспечения безопасности ведения горных работ.

Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем. Результаты диссертационного исследования Пашичева Б.Н. опубликованы в 15 работах, в том числе 6 статей – в изданиях, рекомендуемых ВАК при Минобрнауки России.

В изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России:

1. Ульянова, Е. В. Микроструктура ископаемых углей до и после газодинамических явлений / Е. В. Ульянова, О. Н. Малинникова, Б. Н. Пашичев, Е. В. Малинникова // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых, 2019. – № 5. – С. 10–17. – DOI 10.15372/FTPRPI20190502.

2. Малинникова, О. Н. Влияние микроструктуры угля на газонасыщенность призабойной зоны / О. Н. Малинникова, Е. В. Ульянова, А. В. Харченко, Б. Н. Пашичев // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2020. – № 3 – С. 25–33. – DOI 10.15372/FTPRPI20200303.

3. Ульянова, Е. В. Влияние неоднородности структуры угля на особенности его термического разложения / Е. В. Ульянова, О. Н. Малинникова, Б. Н. Пашичев // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2020. – № 2. – С. 71–81. – DOI 10.25018/0236-1493-2020-2-0-71-81.

4. Захаров, В. Н. Влияние петрографического состава угля на его способность к удержанию метана / В. Н. Захаров, Е. В. Ульянова, О. Н. Малинникова, Б. Н. Пашичев // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2021. – № 12. – С. 88–98. – DOI 10.25018/0236_1493_2021_12_0_88.

5. Ульянова, Е. В. Микроструктура метановых угольных пластов / Е. В. Ульянова, О. Н. Малинникова, А. В. Харченко, Б. Н. Пашичев // Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса. – Москва. – 2021. – № 3. – С. 66–70. – DOI 10.33285/1999-6934-2021-3(123)-66-70.

6. Ulyanova, E. V. Specific Features of the Structure of Various Coal Ranks at the Nano Level / E. V. Ulyanova, O. N. Malinnikova, A. V. Shlyapin, B. N. Pashichev // Herald of the Bauman Moscow State Technical University. Series Natural Sciences. – 2020. – № 6(93). – С. 80–92. – DOI 10.18698/1812-3368-2020-6-80-92.

в научных журналах, других изданиях и материалах конференций:

7. Ульянова, Е. В. Влияние неоднородности структуры угольного вещества на склонность угля к самовозгоранию / Е. В. Ульянова, О. Н. Малинникова, А. И. Докучаева, Б. Н. Пашичев // Химия твердого топлива. – 2022. – № 6. – С. 18–24. – DOI 10.31857/S0023117722060093.

8. Пашичев, Б. Н. Влияния особенностей структуры и вещественного состава углей на их склонность к газодинамическим явлениям / Б. Н. Пашичев, Е. В. Ульянова, О. Н. Малинникова // Углекимия и экология Кузбасса : сборник тезисов докладов VIII Международного Российско-Казахстанского Симпозиума : [06–10 октября 2019 г.]. – Кемерово : ФИЦ УУХ СО РАН, 2019. – С. 47. – EDN GYFLBO.

9. Малинникова, Е. В. Исследование нарушенности ископаемых углей методом энтропии-сложности / Е. В. Малинникова, Б. Н. Пашичев // Проблемы освоения недр в XXI веке глазами молодых : материалы 14 Международной научной школы молодых ученых и специалистов : [28 октября – 01 ноября 2019 г.]. – Москва : ИПКОН РАН, 2019. – С. 47–51. – EDN IMWZEN.

10. Пашичев, Б. Н. Исследование связи неоднородности микроструктуры угля с его выбросоопасностью / Б. Н. Пашичев // материалы Международного молодежного научного форума «ЛОМОНОСОВ-2021» ; отв. ред. И. А. Алешковский, А. В. Андриянов, Е. А. Антипов, Е. И. Зимакова : [12–23 апреля 2021 г.]. – [электронный ресурс]. – Москва : МАКС Пресс, 2021.

11. Пашичев, Б. Н. Связь количества парамагнитных центров в угле со склонностью пластов к опасным явлениям / Б. Н. Пашичев, Е. В. Ульянова, А. Н. Ульянов, О. Н. Малинникова // Углекимия и экология Кузбасса : сборник тезисов докладов X Международного Российско-Казахстанского Симпозиума : [12–13 июля 2021 г.]. – Кемерово : ФИЦ УУХ СО РАН, 2021. – С. 70. – DOI 10.53650/9785902305637_70.

12. Пашичев, Б. Н. Исследование ископаемых углей с использованием цифровой оценки их микроструктуры по методу «энтропия-сложность» / Б. Н. Пашичев // Цифровые технологии в горном деле : сборник тезисов докладов Всероссийской научно-технической конференции с участием иностранных специалистов ; отв. редактор С. В. Лукичев : [16–18 июня 2021 г.]. – Апатиты : ФИЦ КНЦ РАН, 2021. – С. 53–55. – DOI 10.37614/978.5.91137.450.1.

13. Пашичев, Б. Н. Влияние на свойства угольного пласта микроструктуры петрографических составляющих / Б. Н. Пашичев, Е. В. Ульянова, О. Н. Малинникова // Проблемы комплексной и экологически безопасной переработки природного и техногенного минерального сырья : материалы Международной конференции «Плаксинские чтения – 2021» : [04-08 октября 2021 г.]. – Владикавказ : Изд-во СКГМИ (ГТУ), 2021. – С. 215–218.

14. Ульянова, Е. В. Связь неоднородности микроструктуры угольного вещества с опасными проявлениями в шахтопластах / Е. В. Ульянова, О. Н. Малинникова, Б. Н. Пашичев, А. И. Докучаева // Проблемы и перспективы комплексного освоения и сохранения земных недр : материалы 5 Международной научной школы академика РАН К. Н. Трубецкого ; под редакцией академика РАН К. Н. Трубецкого : [14–18 ноября 2022 г.]. – Москва : ИПКОН РАН, 2022. – С. 284–287.

15. Ульянова, Е. В. Угольный метан и железосодержащие минералы / Е. В. Ульянова, О. Н. Малинникова, Б. Н. Пашичев, И. Н. Горшенков // Современные проблемы комплексной и глубокой переработки природного и нетрадиционного минерального сырья : сборник тезисов докладов Международной конференции «Плаксинские чтения – 2023» : [02–05 октября 2023 г.]. – Москва : НИТУ «МИСИС», 2023. – С. 176–179.

В публикациях соискателя в полном объеме отражены основные результаты диссертационной работы, выводы и рекомендации. Сведения об опубликованных работах достоверны.

Материалы диссертации, представленные Пашичевым Б.Н. на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.6. «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика», рассмотрены на объединенном научном семинаре ИПКОН РАН (16.04.2025 г.), докладывались и широко обсуждались на общероссийских и международных научных конференциях, симпозиумах: Международный научный симпозиум «Неделя горняка» (в 2019, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024 гг. Москва, НИТУ МИСИС); Международная конференция «Плаксинские чтения» (в 2019, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024 гг.); Международная научная школа академика РАН К.Н. Трубецкого (5-я в 2022, 6-я в 2024 гг. Москва, ИПКОН РАН), Международная научная школа молодых учёных и специалистов «Проблемы освоения недр в XXI веке – глазами молодых» (15-я в 2021 г., 16-я в 2023 г. Москва, ИПКОН РАН); Семинар РГУ нефти и газа «Добыча метана из угольных отложений. Проблемы и перспективы» (в 2021, 2022, 2023, 2024 гг. Москва, РГУ нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина); Международный Российско-казахстанский симпозиум «Углекислотная и экология Кузбасса» (в 2019, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024 гг. Кемерово, ФИЦ УУХ СО РАН); Всероссийская научно-техническая конференция с участием иностранных специалистов «Цифровые технологии в горном деле» – 2021 (Апатиты, ФИЦ КНЦ РАН); Международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых учёных «Ломоносов-2021» (Москва, МГУ им М.В. Ломоносова); Международная молодёжная научная конференция «Нефть и газ» – 2022 (Москва, РГУ нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина).

Научная специальность, которой соответствует диссертация.

Диссертационная работа выполнена в соответствии с паспортом специальности 2.8.6. «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика»: п. 5. Теоретические основы, математические модели и способы управления состоянием и поведением массивов горных пород и грунтов с целью обеспечения устойчивости горных выработок, подземных и наземных сооружений, предотвращения проявлений опасных горно-геологических явлений; п. 6. Теоретические основы прогнозирования геомеханических процессов в массивах горных пород и грунтов, в том числе антропогенных, служащих средой и материалом различных горнотехнических конструкций; п. 7. Создание на основе цифровых информационных технологий методов, приборов, автоматизированных систем для изучения и контроля свойств горных пород и грунтов, строения и состояния их массивов, а также для прогнозирования динамических процессов и явлений.

Диссертация соответствует требованиям, установленным пунктом 14 «Положения о присуждении ученых степеней» от 24 сентября 2013 г. № 842.

Диссертационная работа Пашичева Бориса Николаевича на тему «Оценка влияния микроструктуры угля на склонность угольных пластов к выбросоопасности, самовозгоранию и к удержанию метана в призабойной зоне пласта» рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.6. «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика».

Заключение принято на расширенном заседании ИПКОН РАН. Присутствовало на заседании 30 чел., в том числе – 20 докторов наук. Результаты голосования: «за» - 29 чел., «против» - 0 чел., «воздержались» - 1 чел., протокол заседания ИПКОН РАН от 16.04.2025 г.

Председатель семинара:
Ученый секретарь ИПКОН РАН,
проф., докт. техн. наук

С.С. Кубрин

Секретарь семинара:
Старший научный сотрудник,
канд. техн. наук

И.Н. Лапиков