



«УТВЕРЖДАЮ»

И.о. ректора РХТУ им Д. И. Менделеева
д.х.н., профессор, Е. В. Румянцев

2025 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация на тему «Высокоэнергетические эмульсионные промышленные взрывчатые вещества с повышенной водоустойчивостью» по научной специальности 2.6.12 – Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ (технические науки) выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева» на кафедре техносферной безопасности.

В процессе подготовки диссертации Булушев Даниил Андреевич, «3» сентября 1997 года рождения, был аспирантом кафедры техносферной безопасности федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева» с 01.09.2021 г. по 31.08.2025 г.; был младшим специалистом Научного отдела ОСП АО «НИТРО СИБИРЬ» с 01.11.2020 г. по 01.04.2022 г.; был инженером-технологом Научного отдела ОСП АО «НИТРО СИБИРЬ» с 01.04.2022 г. по 01.11.2024 г.; был главным технологом Технического департамента ОСП АО «НИТРО СИБИРЬ» с 01.11.2024 г. по 01.04.2025 г.; был главным технологом Научного отдела ОСП, Технического департамента ОСП АО «НИТРО СИБИРЬ» с 01.04.2025 г. по настоящее время; был лаборантом участка № 15 (ЭВВ) Елизаветино АО «Ленвзрывпром» с 11.10.2021 г. по 04.07.2022 г.; был инженером-технологом Головного подразделения (г. Москва) ООО «НИТРО-ЭМ» с 03.04.2023 г. по настоящее время.

Справка о сдаче кандидатских экзаменов выдана в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева» в 2025 году.

Научный руководитель – доктор технических наук по специальности 05.26.03 – Пожарная и промышленная безопасность, профессор, заведующий кафедрой техносферной безопасности федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева» Акинин Николай Иванович.

По результатам рассмотрения диссертации на тему: «Высокоэнергетические эмульсионные промышленные взрывчатые вещества с повышенной водоустойчивостью» принято следующее заключение.

Актуальность темы диссертационной работы обусловлена тем, что экстенсивное использование природных ресурсов является безостановочным процессом, связанным с постоянным ростом сырьевых потребностей экономики, что приводит к кратному росту добычи полезных ископаемых взрывным способом и, как следствие, росту объемов производства и применения промышленных взрывчатых веществ. Согласно годовому отчету «О деятельности федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2024 году» годовое количество промышленных взрывчатых веществ, изготовленных на местах применения из невзрывчатых компонентов (как правило, из аммиачной селитры в качестве «окислительного» компонента и жидких нефтепродуктов в качестве «горючего» компонента), составляет 2,1 млн т, что является одной из весомых причин увеличения антропогенной нагрузки на окружающую среду и ухудшения ее состояния.

Вопреки распространенному мнению о том, что загрязнение окружающей среды от применения промышленных взрывчатых веществ, в т. ч., аммиачно-селитренных, возникает только после их взрывчатого превращения, загрязнение начинается сразу после того, как появляется контакт сформированной в процессе механизированного заряжения колонки безоболочного заряда аммиачно-селитренных промышленных взрывчатых веществ с горной породой и (или) внутрискважинными водами. Заряжение обводненных скважин – не редкость, и по некоторым данным может составлять треть от общего количества буровзрывных работ. Интенсивность вымывания водорастворимых компонентов аммиачно-селитренных промышленных взрывчатых веществ зависит от целого ряда технологических факторов при проведении буровзрывных работ: времени, температуры и площади контакта заряда с водой; уровня и скорости фильтрации вод, высоты столба воды в скважине; трещиноватости горного массива; минерального состава горной породы, контактирующей с зарядом аммиачно-селитренных промышленных взрывчатых веществ и т. д. Но генеральное влияние на процесс миграции водорастворимых компонентов аммиачно-селитренного промышленного взрывчатого вещества в контактирующую с зарядом воду оказывает его рецептурный состав, который обуславливает степень его водоустойчивости.

Кроме негативного экологического воздействия, загрязнение добываемых руд и горных материалов в результате применения аммиачно-селитренных промышленных взрывчатых веществ из-за частичной потери аммиачной селитры из зарядов появляются проблемы в технологии переработки некоторых ископаемых. Например, практика добычи и переработки апатит-нефелиновых руд показывает, что нитрат- (NO_3^-), нитрит- (NO_2^-) и аммоний- (NH_4^+) ионы, попадающие во флотационную пульпу с рудой и оборотной водой, оказывают негативное влияние на процесс флотационного обогащения из-за накопление этих соединений в технологической среде. По данным анализов, проводимых в лаборатории флотационных реагентов ГоИ КНЦ РАН, содержание соединений азота в оборотной воде одного из горнодобывающих предприятий, расположенного в Мурманской области, в среднем по 2020 г. составило: 44 – 75 мг/дм³ NO_3^- , 0,7 – 3,5 мг/дм³ NO_2^- , 1 – 3 мг/дм³ NH_4^+ . Это послужило причиной снижения выхода целевого

продукта (апатит-нефелинового концентрата) с 98 до 93 %, что экономически существенно в масштабе выпускаемых предприятием объемов.

В Конституции Российской Федерации закреплены следующие положения: «каждый имеет право на благоприятную окружающую среду, достоверную информацию о ее состоянии...» (гл. 2, ст. 42), – и «каждый обязан сохранять природу и окружающую среду, бережно относиться к природным богатствам» (гл. 2, ст. 58). Рациональное использование природных ресурсов и снижение уровня загрязнения окружающей среды, в том числе от промышленной деятельности, в Российской Федерации закреплены законом № 7-ФЗ от 10.01.2002 «Об охране окружающей среды» (гл. 1, ст. 3) и указом Президента Российской Федерации «О стратегии национальной безопасности Российской Федерации» от 02.07.2021 № 400 (гл. 4, ст. 83, п. 7), а правовое регулирование отношений в сфере природопользования установлено требованиями № 74-ФЗ от 03.06.2006 «Водный кодекс Российской Федерации», № 96-ФЗ от 04.05.1999 «Об охране атмосферного воздуха», № 136-ФЗ от 25.10.2001 «Земельный кодекс Российской Федерации», Постановление Правительства РФ № 1391 от 10.09.2020 «Об утверждении Правил охраны поверхностных водных объектов», Постановление Правительства РФ № 94 от 11.02.2016 «Об утверждении Правил охраны подземных водных объектов». Положения ГОСТ 17.1.3.06-82 и ГОСТ 17.1.3.13-86 устанавливают общие требования к охране подземных и поверхностных вод. В этих стандартах промышленные площадки предприятий, буровые скважины и другие горные выработки указаны в перечне источников загрязнения вод.

Мониторинговые исследования, проведенные Росводресурсами в период с 2008 по 2020 гг. установили, что в районах интенсивной горнодобывающей деятельности происходит стабильное загрязнение окружающей среды соединениями азота. По данным последнего государственного доклада «О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации...» в количественном выражении сбросы соединений азота в водные объекты составили: нитрат-иона 375 тыс. т, нитрит-иона 5,1 тыс. т, аммонийного азота 297 тыс. т. По информации из СанПиН 1.2.3685-21 и ГОСТ 12.1.005-88 эти загрязнители относятся к химическим веществам, которые могут поступать в воду из материалов и реагентов, которыми выступают заряды аммиачно-селитренных промышленных взрывчатых веществ. На основании приведенных данных большинству водных ресурсов в зоне функционирования предприятий горнодобывающей промышленности присвоен низкий класс качества воды по ГОСТ Р 58556-2019.

Таким образом, решение экологических проблем загрязнения окружающей среды (водных ресурсов) соединениями азота при ведении буровзрывных работ с применением аммиачно-селитренных промышленных взрывчатых веществ, а в ряде случаев, технологических проблем переработки загрязненной руды добывающими и перерабатывающими предприятиями, использующими для добычи аммиачно-селитренные промышленные взрывчатые вещества, приобретают большую значимость.

В соответствии с Решением Совета Евразийской экономической комиссии от 20.07.2012 № 57 «О принятии технического регламента Таможенного союза «О безопасности взрывчатых веществ и изделий на их основе» (вместе с «ТР ТС 028/2012. Технический регламент Таможенного Союза. О безопасности взрывчатых веществ и изделий на их основе») при проведении испытаний, подтверждающих безопасность обращения с взрывчатыми веществами, обязательным контролируемым показателем, подлежащим количественному определению, является водоустойчивость (W , кг/м²). В случае аммиачно-селитренных промышленных взрывчатых веществ этот параметр по физическому смыслу определяет удельное количество нитрат-иона (кг), выделяющегося из единицы поверхности заряда ВВ ($S_{пл}$, м²) за определенное время контакта этого заряда с водой. Одновременно, определение водоустойчивости большинства промышленных взрывчатых веществ регламентировано ГОСТ 14839.13-2013; для энергоемких эмульсий ГОСТ 32411-2013, и входит в основные контролируемые физико-химические параметры при их испытании и производстве.

Из всех видов аммиачно-селитренных промышленных взрывчатых веществ эмульсионные взрывчатые вещества являются наиболее водоустойчивыми. Но и они в течение эксплуатационного срока частично теряют это свойство, что вызвано их метастабильной природой. В обратных эмульсиях типа «Вода-в-Масле», к которым относятся эмульсионные взрывчатые вещества, этот процесс больше всего зависит от свойств дисперсионной среды – «Масла», сохраняющего в структуре эмульсии и изолирующего от внешнего воздействия дисперсно-распределенную аммиачную селитру. Для стабилизации масляной оболочки в таких коллоидных системах применяют специализированные поверхностно-активные вещества – эмульгаторы и стабилизаторы. Выбор их типа и содержания определяет водоустойчивость и стабильность эмульсионных взрывчатых веществ.

В этом контексте в области аммиачно-селитренных промышленных взрывчатых веществ переход к применению эмульсионных взрывчатых веществ дает широкие технологические возможности для регулирования эксплуатационных характеристик как самих энергоемких составов, так и способов их применения. А управление водоустойчивостью высокоэнергетических эмульсионных взрывчатых веществ по взрывчатым характеристиками приближенные к тротилсодержащим промышленным взрывчатым составам позволит решить экологические и технические проблемы их применения.

Научная новизна заключается в следующем:

Проведено исследование, которое позволило установить ключевые закономерности, определяющие и регулирующие водоустойчивость эмульсионных взрывчатых веществ. Обоснованы способы повышения водоустойчивости эмульсионных взрывчатых веществ, которые включают рецептурные приемы компоновки состава топливной фазы высокоэнергетической эмульсии и, как следствие, направленные на повышение физико-химической стабильности эмульсионных взрывчатых веществ.

Впервые предложены оценочные критерии повышенной водоустойчивости эмульсионных взрывчатых веществ.

Предложен оригинальный методический алгоритм количественного определения водоустойчивости с использованием высокоэффективной ионной хроматографии. Обоснована эффективность его применения для поиска оптимального состава водоустойчивого эмульсионного взрывчатого вещества.

Теоретическая и практическая ценность работы состоит в проведении исследования факторов, влияющих на водоустойчивость эмульсионных взрывчатых веществ, что расширяет теоретические знания о взаимодействии эмульсионных взрывчатых веществ с окружающей средой и позволяет глубже понять причины миграции соединений азота, вызывающих экологические и технологические проблемы при использовании эмульсионных взрывчатых веществ.

Обоснованы методы повышения водоустойчивости и стабильности эмульсионных взрывчатых веществ. Полученные результаты вносят значительный вклад в понимание взаимосвязи между рецептурным составом эмульсионных взрывчатых веществ и его водоустойчивостью, что важно для разработчиков новых экологически безопасных добычных технологий.

Применение предложенных способов повышения водоустойчивости и стабильности эмульсионных взрывчатых веществ позволит значительно сократить количество вымывания загрязняющих веществ в окружающую среду, что способствует повышению качества буровзрывных работ, химической чистоте добываемого сырья, экологической безопасности предприятий, занимающихся добычей полезных ископаемых;

Внедрение оригинального методического алгоритма точного количественного определения водоустойчивости, которое позволит оптимизировать рецептурный состав эмульсионных взрывчатых веществ с целью повышения его водоустойчивости;

Результаты исследования могут быть использованы при разработке новых нормативных и методических документов для промышленной безопасности и охраны окружающей среды, что окажет влияние на законодательную базу и производственные стандарты в сфере обращения с промышленными взрывчатыми веществами.

Работа характеризуется логичностью построения, аргументированностью основных научных положений и выводов, а также четкостью изложения.

Основные положения диссертации получили полное отражение в 3 публикациях в рецензируемых изданиях, индексируемых в международных базах данных Scopus, Chemical Abstracts.

Результаты диссертации представлены на международных и всероссийских конференциях, в том числе на: III и VI Международных научно-практических конференциях молодых ученых по проблемам техносферной безопасности (г. Москва, 2018 г. и 2024 г.); на заседании Научного Совета РАН по проблеме «Народнохозяйственного использования взрыва» (г. Москва, 2023 г.); на международной научно-практической конференции «Образование и наука для устойчивого развития» (г. Москва, 2023 г.); на XXIII, XXV и XXVII

Международных научно-практических конференциях по горному и взрывному делу «Актуальные проблемы горного и взрывного дела» (г. Москва, 2023 г.; г. Каспийск, 2024 г.; г. Сочи, 2025 г.); на Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Техногенная и природная безопасность. Медицина катастроф. SAFETY-2023» (г. Саратов, 2023 г.); на XXXIII Международном научном симпозиуме «Неделя горняка-2025» (г. Москва, 2025 г.).

Публикации в изданиях, индексируемых в международных базах данных:

1. Булушев, Д. А. Определение водоустойчивости аммиачно-селитренных промышленных взрывчатых веществ / Д. А. Булушев, Е. В. Султанов, Н. И. Акинин, С. П. Смирнов // Химическая промышленность сегодня. – 2024. – № 1. – С. 41-50. (**Chemical Abstracts**)
2. Булушев, Д. А. Повышение водоустойчивости эмульсий на основе нитрата аммония / Д. А. Булушев, Е. В. Султанов, Н. И. Акинин // Горный журнал. – 2024. – № 12. – С. 88-91. DOI 10.17580/gzh.2024.12.12 (**Scopus**)
3. Булушев, Д. А. Снижение экологической нагрузки на водную среду крайнего севера и приравненных местностей от применения промышленных взрывчатых веществ на основе обратной эмульсии / Д. А. Булушев, Н. И. Акинин // Химическая промышленность сегодня. – 2025. – № 4. – С. 88 – 92. (**Chemical Abstracts**)

Публикации в прочих изданиях:

1. Булушев, Д. А. Снижение экологического вреда от применения аммиачно-селитренных промышленных взрывчатых веществ / Д. А. Булушев, Е. В. Султанов, Н. И. Акинин, С. П. Смирнов // Взрывное дело. – 2023. – № 141-98 – С. 168-184.

Публичные доклады на всероссийских и международных научных мероприятиях (конференциях, съездах, симпозиумах, конгрессах):

1. Булушев, Д. А. Количественное определение нитрат-иона в водных растворах, контактирующих с эмульсией на основе аммиачной селитры / Д. А. Булушев, Е. В. Султанов, С. П. Смирнов // III Международная конференция молодых ученых по проблемам техносферной безопасности: материалы конференции, Москва, 24-25 апреля 2018 года. – Москва: Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, 2018. – С. 67-71.
2. Султанов, Е. В. Количественное определение газовой вредности и содержания оксидов азота (II) в продуктах взрыва модельных промышленных составов на основе аммиачной селитры / Е. В. Султанов, Д. А. Булушев, Н. И. Акинин // V Международная научно-практическая конференция молодых ученых по проблемам техносферной безопасности: материалы конференции, Москва, 17-18 мая 2022 года. – Москва: Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, 2022. – С. 137-142.
3. Султанов, Е. В. Количественное определение оксидов азота (II) в продуктах взрыва модельных промышленных составов на основе

- нитрата аммония / Е. В. Султанов, Д. А. Булушев, Н. И. Акинин, С. П. Смирнов // Успехи в химии и химической технологии. – 2022. – Т. 36, № 10 (259). – С. 124-128.
4. Султанов, Е. В. О методиках оценки выбросов и сбросов загрязняющих веществ при применении аммиачно-селитренных промышленных взрывчатых веществ эмульсионного типа / Е. В. Султанов, Д. А. Булушев, Н. И. Акинин // Образование и наука для устойчивого развития: XV Международная научно-практическая конференция, посвященная Международному году фундаментальных наук в интересах устойчивого развития, Москва, 18-21 апреля 2023 года. – Москва: Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, 2023. – С. 186-189.
 5. Степанов, М. Е. О разработке способа утилизации полуфабрикатов промышленных эмульсионных взрывчатых веществ / М. Е. Степанов, Е. В. Султанов, Д. А. Булушев [и др.] // Успехи в химии и химической технологии. – 2023. – Т. 37, № 10 (272). – С. 86-89.
 6. Булушев, Д. А. Обеспечение экологической безопасности при эксплуатации промышленных взрывчатых веществ / Д. А. Булушев, Е. С. Солодухин, Е. В. Султанов, А. Н. Шушпанов // Техногенная и природная безопасность. Медицина катастроф (SAFETY-2023): Сборник научных трудов VII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Саратов, 19-20 октября 2023 года. – Саратов: ООО «Центр социальных агроинноваций СГАУ», 2023. – С. 439-445.
 7. Булушев, Д. А. Снижение геохимической нагрузки на водную среду Арктической зоны от применения промышленных взрывчатых веществ на основе аммиачной селитры / Д. А. Булушев, Е. В. Султанов, Н. И. Акинин // VI Международная научно-практическая конференция молодых ученых по проблемам техносферной безопасности: материалы конференции, Москва, 25-26 апреля 2024 года. – Москва: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2024. – С. 169-173.

По тематике, методам исследования, предложенным новым научным положениям диссертация соответствует паспорту специальности научных работников 2.6.12. Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ в части:

п. 11. Научные основы и закономерности физико-химической технологии и синтеза специальных продуктов. Новые технологии производства специальных продуктов;

п. 13. Экологические аспекты переработки топлив. Разработка технических и технологических средств и способов защиты окружающей среды от вредных выбросов производства по переработке топлив, товарных нефтепродуктов и высокоэнергетических веществ.

Автореферат отражает основное содержание диссертации.

Диссертация Булушева Д. А. является завершенной научно-квалификационной работой, содержащей результаты, полученные на

основании исследований, проведенных на высоком научном и техническом уровне с применением современных методов исследования. Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные автором, теоретически обоснованы и не вызывают сомнений. Представленные в работе результаты принадлежат Булушеву Д. А.; они оригинальны, достоверны и отличаются научной новизной и практической значимостью.

С учетом научной зрелости автора, актуальности, научной новизны и практической значимости работы, а также ее соответствия требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева», предъявляемым к подобным работам, диссертация на тему: «Высокоэнергетические эмульсионные промышленные взрывчатые вещества с повышенной водоустойчивостью» рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.12 – Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ.

Диссертация рассмотрена на расширенном заседании кафедры техносферной безопасности, состоявшемся «4» июня 2025 года, протокол № 15.

В обсуждении приняли участие: заведующий кафедрой, д.т.н., профессор Н. И. Акинин; профессор кафедры, д.т.н., профессор А. Я. Васин; доцент кафедры, к.т.н., доцент Н. О. Мельников; доцент кафедры, к.т.н., доцент В. М. Райкова; доцент кафедры, к.т.н., доцент Е. Б. Аносова; доцент кафедры, к.т.н. Г. Г. Гаджиев; доцент кафедры, к.т.н. А. Н. Шушпанов; доцент кафедры, к.х.н. В. В. Серегин; доцент кафедры, к.т.н. Д. И. Михеев; доцент кафедры, к.т.н. А. С. Мосолов; заведующий лабораторией кафедры Н. В. Дмитриев; ассистент кафедры А. А. Монахов; старший лаборант кафедры Е. С. Солодухин; декан Инженерно-химического факультета, заведующий кафедрой химии и технологии органических соединений азота, д.х.н., профессор В. П. Синдицкий; заведующий кафедрой химии и технологии высокомолекулярных соединений, д.т.н., профессор В. А. Петров.

Принимало участие в голосовании 12 человек. Результаты голосования: «За» – 12 человек, «Против» – 0 человек, «Воздержались» – 0 человек, протокол № 15 от «4» июня 2025 г.

Профессор кафедры
техносферной безопасности
д.т.н., профессор



А. Я. Васин

Секретарь заседания
доцент кафедры
техносферной безопасности
к.т.н., доцент



Н. О. Мельников