

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель генерального
директора по науке

АО «ГосНИИ «Кристалл», д.т.н.

 Ю.Г. Печенев

«20» 11 2025 г.

ОТЗЫВ

ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

АКЦИОНЕРНОГО ОБЩЕСТВА «ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНО-
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ «КРИСТАЛЛ»

на диссертационную работу Панфилова Сергея Юрьевича
на тему «Разработка технологии получения промышленных эмульсионных
взрывчатых веществ с использованием регенерированных
исходных компонентов»,
представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук
по специальности 2.6.12 – Химическая технология топлива и
высокоэнергетических веществ (технические науки)

Актуальность исследования

В Российской Федерации ежегодно производятся и используются миллионы тонн промышленных эмульсионных взрывчатых веществ (ПЭВВ). При этом, по статистическим данным, до 5% производимой эмульсионной матрицы, являющейся основой ПЭВВ, составляет некондиционный продукт, образующийся вследствие технологических сбоев, использования некачественного сырья или естественных процессов деструкции дисперсной системы. Общий объем таких отходов может достигать 70 тысяч тонн в год. В настоящее время отсутствуют регламентированные и экономически эффективные промышленные способы их переработки, и отходы, как правило, уничтожаются подрывом или сжиганием, что приводит к экономическим потерям и негативному воздействию на окружающую среду.

Работа Панфилова С.Ю. посвящена решению важной научно-технической задачи – разработке технологии рециклинга некондиционных эмульсионных матриц с получением регенерированных исходных компонентов и созданием на их основе новых ПЭВВ. Исследование направлено на снижение экологической нагрузки, экономию материальных ресурсов и импортозамещение в области производства взрывчатых материалов, что соответствует стратегическим целям развития Российской Федерации.

Достоверность и новизна исследований, сформулированных выводов и рекомендаций

Научная новизна диссертации Панфилова С.Ю. подтверждается следующими положениями:

- Впервые в отечественной практике экспериментально подтверждена и научно обоснована возможность эффективного рециклинга некондиционных эмульсионных матриц типа «вода-в-масле» с получением регенератов раствора окислителя и масляной фазы, пригодных для повторного использования.
- Впервые установлена и математически описана эмпирическая зависимость между вязкостью эмульсионной матрицы и требуемой концентрацией раствора деэмульгатора (изопропилового спирта) для её эффективного разрушения.
- Впервые комплексно исследованы физико-химические, эксплуатационные и взрывчатые свойства (вязкость, электроемкость, водоустойчивость, скорость детонации, профили массовой скорости, давление взрыва, чувствительность к удару) эмульсионных матриц и ПЭВВ, полученных с полным и частичным замещением исходных компонентов на регенерированные.
- Разработана и спроектирована технологическая схема мобильного пункта переработки некондиционной эмульсионной матрицы, пригодная для интеграции в существующие технологические линии без их кардинального переоснащения.

Достоверность полученных результатов обеспечивается применением комплекса современных и стандартизированных методов исследования (гравиметрический, газовый, ВЖХ анализ, электронная микроскопия, электромагнитный метод исследования детонации, испытания по ГОСТ 4545-88 и методу критических давлений), корректной статистической обработкой экспериментальных данных, а также успешной апробацией методики на реальных промышленных отходах, предоставленных Ковдорским ГОКом.

Основные положения диссертационной работы отражены в опубликованных работах. Непосредственно по теме диссертационной работы опубликовано 12 работ, в том числе 6 публикации в изданиях, индексируемых в международных базах данных. Результаты научного исследования подтверждены участием на научных мероприятиях всероссийского и международного уровня: опубликовано 5 работ по материалам всероссийских и международных конференций и симпозиумов. Получен 1 патент РФ.

Научная и практическая значимость

Научная значимость работы заключается в создании теоретических основ и практических решений в области химической технологии рециклинга сложных дисперсных систем, каковыми являются эмульсионные ВВ.

Разработанные подходы открывают новое направление в области ресурсосберегающих и экологически безопасных технологий производства взрывчатых веществ.

Практическая значимость подтверждается следующими результатами:

- Разработан и запатентован (Патент № 2848106 от 16.10.2025) эффективный химический способ деэмульгирования и разделения некондиционных эмульсионных матриц.
- Спроектирована и апробирована лабораторная установка для регенерации компонентов.
- Подтверждено соответствие ПЭВВ, полученных с использованием регенерированного сырья, требованиям нормативно-технической документации по всем ключевым показателям: физико-химическим свойствам, стабильности, водоустойчивости, детонационной способности и безопасности (чувствительности к удару).
- Разработан технологический регламент для мобильного пункта переработки, что позволяет говорить о высокой степени готовности работы к внедрению в промышленность.

Общая характеристика диссертационной работы

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и приложений. Работа изложена на 193 страницах, содержит 36 рисунков, 22 таблицы. Список литературы включает 204 источника.

Во введении обосновывается актуальность темы, которая обусловлена значительными объёмами образования некондиционных эмульсионных матриц при производстве промышленных эмульсионных взрывчатых веществ (ПЭВВ), отсутствием регламентированных и эффективных способов их переработки, а также экономическими и экологическими аспектами проблемы. Сформулированы цель и задачи исследования, научная новизна, теоретическая и практическая значимость, положения, выносимые на защиту.

Первая глава представляет собой литературный обзор, посвящённый истории создания, современному состоянию и проблемам производства промышленных взрывчатых веществ, подробному рассмотрению состава, структуры, стабильности и причин разрушения эмульсионных ВВ. Проведён анализ традиционных способов утилизации некондиционных продуктов, а также существующих методов деэмульгирования (механических, термических, электрических, ультразвуковых и химических) и технических решений по переработке и рециклингу эмульсионных ВВ. Сделан вывод об отсутствии в настоящее время эффективных технологий, позволяющих полностью регенерировать исходные компоненты для их возврата в производственный цикл.

Вторая глава – методическая часть. Описаны объекты исследования (эмульсионная матрица «Березит®»), детально изложены методики получения эмульсионной матрицы, определения её ключевых показателей качества

(плотности, вязкости, электроёмкости, размера капель), исследования стабильности, водоустойчивости, детонационных характеристик (электромагнитным методом) и чувствительности к удару (по ГОСТ 4545-88 и методу критических давлений). Приведены нормированные значения показателей качества и классификация степеней неустойчивости эмульсии.

Третья глава посвящена разработке способа разрушения эмульсионных матриц, разделению и извлечению регенератов. Исследованы физико-химический (термоциклирование) и химический методы деэмульгирования. Химический метод с использованием изопропилового спирта (ИПС) признан эффективным. Разработана и сконструирована лабораторная установка для разделения и извлечения регенератов (раствора окислителя и масляной фазы) из некондиционной эмульсионной матрицы. Приведён материальный баланс процесса и результаты апробации метода.

Четвертая глава содержит результаты экспериментального получения новых эмульсионных матриц и ПЭВВ на основе регенерированных компонентов и исследования их свойств. Проведён сравнительный анализ показателей качества, стабильности при хранении, водоустойчивости, параметров детонации и чувствительности к удару образцов, полученных с использованием регенератов, с образцами на исходных компонентах. Подтверждено соответствие свойств новых материалов нормативно-техническим требованиям.

Пятая глава представляет разработку промышленной технологии рециклинга некондиционной эмульсионной матрицы и получения ПЭВВ с использованием регенерированных компонентов. Изложены основные технические и конструктивные решения, описан технологический процесс, нормы технологического режима, материальный баланс, требования к вспомогательным системам, промывке оборудования, обеспечению безопасности (пожаровзрывоопасность, токсичность, требования к электрооборудованию, средствам индивидуальной защиты) и охране окружающей среды.

Исполнение и оформление диссертации и автореферата

Диссертация написана в простом и понятном для читателя стиле с использованием технических терминов химической технологии, взрывного дела и горных работ. Следует отметить оформление отдельных структурных элементов: все составляющие документа – текст, таблицы, рисунки выполнены в виде самостоятельных завершённых объектов, которые могут быть прочтены независимо друг от друга.

Автореферат диссертации полностью соответствует содержанию самой работы и оформлен в соответствии с требованиями стандартов и требований.

В качестве замечаний по работе можно отметить:

1. В работе основное внимание уделено регенерации и повторному использованию компонентов эмульсии «Березит®». Возникает

вопрос о применимости разработанной технологии к другим широко используемым рецептурам ПЭВВ.

2. В работе не проведены исследования по разделению эмульсионных матриц с добавлением различных технологических добавок, например карбамида, который используется для поддержания химической стойкости эмульсии в реактивных породах.
3. Не в полной мере освещены возможные экономические эффекты от внедрения разработанной технологии в масштабах типичного горнодобывающего предприятия, а также не представлен расчет себестоимости разработанной технологии.

Эти замечания имеют рекомендательный характер и на значимость работы в целом влияния не оказывают.

Представленная к защите диссертационная работа Панфилова Сергея Юрьевича является законченной научно-квалификационной работой, в которой решена крупная научно-техническая проблема, имеющая важное народнохозяйственное значение. Выполненное исследование соответствует критериям актуальности, научной новизны и практической значимости.

Диссертация Панфилова С.Ю. соответствует паспорту научной специальности 2.6.12. «Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ» в части пунктов:

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 производств по переработке топлив, товарных нефтепродуктов и высокоэнергетических веществ.

Результаты и выводы, представленные в диссертационной работе Панфилова С.Ю. «Разработка технологии получения промышленных эмульсионных взрывчатых веществ с использованием регенерированных исходных компонентов», имеют высокую практическую значимость и могут быть использованы в следующих направлениях:

1. Внедрение в действующие производства ПЭВВ.
 - Рекомендуются использовать разработанный химический метод деэмульгирования на основе изопропилового спирта (ИПС) для организации мобильных или стационарных пунктов переработки некондиционной эмульсионной матрицы на предприятиях, производящих и применяющих ПЭВВ.
 - Разработанный технологический регламент и проект мобильного пункта переработки (глава 5) целесообразно использовать в качестве основы для проектирования и оснащения таких пунктов, что позволит замкнуть производственный цикл и сократить объемы отходов.
2. Совершенствование нормативно-технической документации.

- Материалы диссертации, в частности, подтвержденное соответствие свойств ПЭВВ на основе регенераторов требованиям нормативных документов, рекомендуется использовать для разработки и актуализации отраслевых стандартов (например, серии ГОСТ на ПЭВВ), регламентирующих возможность применения регенерированных компонентов.

- Полученные данные по безопасности (чувствительность к удару, взрывчатые характеристики) могут служить основанием для внесения изменений в правила безопасности при ведении взрывных работ, разрешающие использование ПЭВВ, полученных с применением регенераторов.

3. Развитие природоохранной деятельности и ресурсосбережения.

- Органам государственного экологического контроля (Росприроднадзор) и предприятиям горнодобывающего комплекса рекомендуется рассмотреть технологию рециклинга, изложенную в работе, в качестве приоритетной при формировании программ по снижению негативного воздействия на окружающую среду и обращению с отходами производства.

- Экономические расчеты, основанные на материальном балансе процесса (разделы 3.3, 5.5), демонстрируют значительный экономический эффект от сокращения затрат на утилизацию и закупку нового сырья. Данные расчеты целесообразно использовать для обоснования инвестиций во внедрение данной технологии.

4. Дальнейшие научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы (НИОКР).

- Результаты работы рекомендуется использовать в качестве фундамента для дальнейших исследований, направленных на оптимизацию состава деэмульгирующих композиций, повышение степени очистки регенераторов и разработку оборудования для рециклинга в условиях Арктики и других регионов со сложной логистикой.

- Выявленная эмпирическая зависимость необходимой концентрации деэмульгатора от состояния матрицы открывает перспективы для создания автоматизированных систем управления процессом деэмульгирования.

5. Образовательный процесс.

- Материалы диссертации, содержащие комплексный анализ проблемы, современные методы исследования и оригинальные технические решения, рекомендуется использовать при подготовке специалистов и магистров в области химической технологии, техносферной безопасности и горного дела в вузах (например, в РХТУ им. Д.И. Менделеева, НИТУ «МИСиС» и др.).

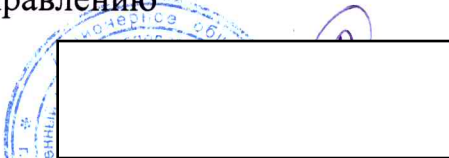
Таким образом, диссертационная работа С.Ю. Панфилова является законченной научно-квалификационной работой, результаты которой носят прикладной характер и готовы к практической реализации в промышленности. Внедрение разработанной технологии будет способствовать не только решению конкретной производственной задачи по утилизации отходов, но и

окажет положительное влияние на экономику и экологию горнодобывающих регионов России.

Рассмотренная диссертация Панфилова Сергея Юрьевича на тему: «Разработка технологии получения промышленных эмульсионных взрывчатых веществ с использованием регенерированных исходных компонентов» по актуальности, объёму исследований, научной новизне, теоретической и практической значимости отвечает требованиям к кандидатским диссертациям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», утвержденным приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.09.2023 г. № 103 ОД, а её автор, Панфилов Сергей Юрьевич, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.6.12 – Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ.

Отзыв обсужден и одобрен на заседании научно-технического совета отдела 140 АО «ГосНИИ «Кристалл» (протокол заседания НТСО №2 от 18.11.2025 г.)

д-р техн. наук по специальности
05.17.07 – Химия и технология топлив
и специальных продуктов,
главный конструктор по направлению
ПВВ-начальник отдела 140
АО «ГосНИИ «Кристалл»



Соснин В.А.

Личную подпись д-ра техн. наук Соснина В.А. удостоверяю:

Ученый секретарь
АО «ГосНИИ «Кристалл»



А.И. Краснов

Контактные данные:

Рабочий e-mail: kristall@niikristall.ru

Телефон (раб./моб.): 8 (8313) 39-80-04

Место работы: Акционерное общество «Государственный научно-исследовательский институт «Кристалл»

Индекс, почтовый адрес места работы: 606040, Нижегородская область, г. Дзержинск, ул. Зеленая, д. 6