

О Т З Ы В

официального оппонента, доктора технических наук, профессора **Свергузовой Светланы Васильевны** на диссертацию **Патокина Дмитрия Александровича** на тему: «**Утилизация нитроцеллюлозосодержащих отходов с получением комплексных органоминеральных мелиорантов**», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.6.21. Геоэкология.

1. Актуальность темы диссертации

Развитие химической промышленности генерирует и аккумулирует значительное количество отходов, на 2023 год их масса составляла 406,5 млн тонн. Переработка отходов производства и потребления занимает важное место в повестке Устойчивого развития и экологической доктрины РФ до 2030 года, а также в рамках перехода к экономике замкнутого цикла, способствующей сохранению материалов и ресурсов в хозяйственной деятельности человека.

Особое место среди подотраслей химической промышленности занимает производство нитратов целлюлозы. В результате функционирования данных производств образуются многотоннажные сточные воды, содержащие взвеси нитроцеллюлозосодержащих остатков. Нитраты целлюлозы (далее – НЦ) отличаются канцерогенностью, мутагенной и тератогенной активностью. Кроме того, высокое содержание НЦ в шламах формирует риск опасных техногенных аварий.

Все вышеперечисленные обстоятельства определяют актуальность диссертационного исследования Патокина Дмитрия Александровича.

2. Научная новизна диссертации

Научная новизна работы заключается в том, что автором впервые установлены удельные показатели выделения загрязняющих веществ – соединений металлов золы-уноса, образующихся при обезвреживании нитроцеллюлозосодержащих отходов (далее – НЦСО) методом сжигания. Кроме того, положительно оцениваю тот факт, что автором определены эффективные диапазоны параметров процесса утилизации НЦСО (температура, дозировка и концентрация реагентов) с учетом деструкции основного компонента отхода, а также снижения в них концентрации тяжёлых металлов для последующего применения в качестве удобрений-мелиорантов.

3. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций

В своей диссертационной работе Патокин Дмитрий Александрович выносит на защиту три научных положения, каждое из которых в достаточной мере полно обосновано и доказывается комплексом самостоятельно проведённых исследований, а также согласуется с

ОТЗЫВ

ВХ. № 9-205 от 16.09.25
АУ УС

современными научными данными в области геоэкологии и утилизации промышленных отходов, в том числе НЦСО и нитроцеллюлозосодержащей продукции.

Степень достоверности результатов диссертационного исследования подтверждается значительным объемом выполненных теоретических и экспериментальных исследований, реализованных с использованием высокотехнологичного оборудования, современных методов анализа и обработки данных, а также применением актуальной нормативно-технической документации (методов и методик анализа), используемых для химического анализа нитратов целлюлозы и энергонасыщенных материалов, а также промышленных отходов. Результаты подтверждаются воспроизводимостью и отсутствием противоречий с известными и ранее опубликованными исследованиями.

Тема и направленность реализованного диссертационного исследования, а также полученные результаты соответствуют паспорту научной специальности 1.6.21. Геоэкология по пунктам 9, 17 и 24.

4. Научные результаты, их ценность

Диссертационная работа посвящается разработке процесса утилизации нитроцеллюлозосодержащих отходов с получением эффективных комплексных почвенных мелиорантов. Целью работы являлось снижение негативного воздействия на окружающую среду от объектов накопления и утилизации нитроцеллюлозосодержащих осадков сточных вод.

В ходе работы над диссертацией автором решались следующие задачи:

1. Анализ и оценка существующих и перспективных технологий утилизации и обезвреживания НЦСО, принятых в отечественной и зарубежной практике.
2. Оценка техногенной опасности, обусловленной химическим составом и свойствами отхода, а также негативного воздействия на атмосферный воздух, формирующегося при сжигании НЦСО на открытых площадках.
3. Разработка рецептуры органоминеральных мелиорантов в системе «обработанный НЦСО-источник органики», включающую оценку агрохимических показателей НЦСО, обоснование и выбор химических реагентов-деструкторов и органической составляющей мелиорантов.
4. Оценка эффективности и экологической безопасности мелиорантов при внесении допустимых расчетных доз для растительных культур, включающую вегетационный опыт.
5. Разработка и экономическое обоснование технологии утилизации НЦСО с получением комплексных органоминеральных мелиорантов.

Диссертация состоит из оглавления, введения, 4 глав с выводами по каждой из них, заключения, списка литературы, включающего 232 наименования. Диссертация изложена на 177 страницах машинописного текста, содержит 65 рисунков, 56 таблиц и 5 приложений.

Во введении обоснована актуальность темы работы, сформулированы цель, задачи работы и научная новизна, раскрыты теоретическая и практическая значимости исследования и изложены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе проанализирована проблема образования и обращения с НЦСО химической промышленности, проведён анализ существующих и перспективных способов утилизации отхода.

Во второй главе рассмотрена проблема загрязнения атмосферного воздуха при утилизации НЦ и ЭМ и отходов их производства.

В третьей главе представлены теоретические принципы химической деструкции НЦ и НЦСО в кислых и щелочных средах. Представлены результаты экспериментального получения мелиорантов, определения их агрохимических свойств и вегетационного опыта с почвенными культурами, тестов на всхожесть и фитотоксичность для оценки эффективности и экологической безопасности.

В четвертой главе представлена технологическая схема утилизации НЦСО с получением комплексного мелиоранта. Дана эколого-экономическая оценка способа утилизации.

Патокиным Дмитрием Александровичем впервые, на основании теоретических и экспериментальных исследований, установлены удельные показатели выделения загрязняющих веществ в виде соединений металлов, образующихся при сжигании НЦСО на открытых площадках, а также предложен методологический подход к их определению. Вследствие чего, автором в полной мере доказывается необходимость исключения использования способа сжигания на открытых площадках, который характеризуется высоким негативным воздействием на атмосферный воздух.

В связи с этим автором предложен новый, эффективный и целесообразный способ утилизации НЦСО путём получения комплексных минеральных почвенных добавок и комплексных органоминеральных мелиорантов с установлением оптимальных параметров процесса для получения мелиорантов, что позволяет исключить формирующуюся антропогенную нагрузку на атмосферный воздух и снизить уровень техногенной опасности от НЦСО.

Отдельно положительно оцениваю использование для обоснования предложенной соискателем технологии подхода в рамках модели экономики замкнутого цикла, которая обеспечивает взаимодействие различных отраслей народного хозяйства и подробно излагается в работе.

Основные результаты работы отражены в следующих положениях:

Первое защищаемое положение акцентирует внимание на том, что обезвреживание НЦСО на открытых полях сжигания отмечается высоким уровнем негативного воздействия на атмосферный воздух вблизи рассматриваемых в работе предприятий химической промышленности. Данный факт проявляется в формировании атмохимических ореолов рассеивания продуктами горения НЦСО, что связано с химическим составом и свойствами рассматриваемых отходов и их основного компонента в виде нитратов целлюлозы и энергонасыщенных материалов. В рамках диссертационного исследования автором определены химический состав НЦСО, а также показатели удельного выделения атмополлютантов,

образующихся при сжигании НЦСО. Наиболее контрастными из которых, относительно предельно допустимых концентраций, выявлены следующие загрязняющие вещества: неорганические соединения свинца и мышьяка, углерод (сажа), а также диалюминий триоксид. Сделан вывод о том, что снижение негативного воздействия возможно достичь путём экономически целесообразной утилизации НЦСО с получением товарных продуктов, в качестве которых за счет высоких содержаний азота в НЦСО, могут рассматриваться удобрения и почвенные мелиоранты.

Второе защищаемое положение связано с разработкой эффективной и целесообразной технологии утилизации НЦСО, позволяющей получить товарный продукт в виде комплексных минеральных почвенных добавок. На основании выполненных автором теоретических и экспериментальных исследований доказаны наиболее эффективные параметры температуры, соотношения жидкой и твёрдой фаз, время проведения процесса деструкции НЦСО, выбраны и обоснованы реагенты-деструкторы в виде растворов гидроксида калия и серной кислоты, а также реагентов для нейтрализации реакционной смеси (ортофосфорная кислота и гидроксид калия), приведена технологическая схема. Вышеперечисленные параметры процесса обеспечивают полную деструкцию НЦСО, в том числе основного компонента – нитратов целлюлозы и энергонасыщенных материалов, а также позволяют получить комплексные минеральные добавки, агрохимическая эффективность которых доказана оценкой прироста наземной биомассы при выращивании травосмеси, состоящей из овсянницы луговой (*Festuca pratensis*), райграса однолетнего (*Lolium multiflorum*), райграса пастбищного (*Lolium perenne*) и мятлика лугового (*Poa pratensis*), с учетом минимальных доз внесения предлагаемых составов минеральных почвенных добавок.

Третье защищаемое положение посвящено разработке комплексного органоминерального мелиоранта и перспективам его использования при рекультивации нарушенных земель. Для формирования составов органоминеральных мелиорантов автором предложено совместное использование утилизируемых НЦСО с отходом животноводства в массовом соотношении 1:1, что обеспечивает одновременную утилизацию отходов химической промышленности и сельского хозяйства, а также приведена технологическая схема для получения комплексных органоминеральных мелиорантов. Выход готового к применению товарного продукта при предложенном способе утилизации составляет 10 тонн на 1 утилизируемую тонну НЦСО. Полученные составы комплексных органоминеральных мелиорантов соответствуют требованиям ГОСТ Р 54534-2011 по содержанию питательных элементов и тяжелых металлов. Эффективность формирования почвенно-растительного покрова доказана в вегетационном опыте с почвенной культурой с выращиванием овса посевного (*Avena Sativa*) и мятлика лугового (*Poa pratensis*), где в качестве субстрата использовались песок и минимально допустимые дозы внесения составов мелиорантов. В ходе вегетационного опыта выявлен положительный эффект по приросту наземной и корневой частей растений, всхожести и отсутствию фитотоксичности. Экологическая безопасность

доказана определением содержания тяжёлых металлов в наземной части растений, которые не превышают установленные нормативной документацией значения.

Таким образом, в диссертации предлагается комплексное решение актуальной научной задачи – снижения негативного воздействия на компоненты окружающей среды и уровня техногенной опасности от НЦСО химической промышленности, объектов их временного накопления и обезвреживания методом сжигания за счет создания технологии утилизации отхода с получением удобрений-мелиорантов.

Результаты диссертационного исследования в достаточной степени освещены в 7 печатных работах, в том числе в 2 статьях – в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (далее – Перечень ВАК), в 2 статьях – в изданиях, входящих в международную базу данных и систему цитирования Scopus. Получен 1 патент.

5. Теоретическая и практическая значимость результатов диссертации

1. Выполнена комплексная оценка техногенной опасности НЦСО, объектов их накопления и обезвреживания методом сжигания.

2. Выявлена возможность использования утилизированных НЦСО химическим методом в качестве минеральной основы для формирования комплексного минерального мелиоранта.

3. Разработан методологический подход к количественному определению содержания соединений-металлов в составе отходящих газов, образующихся при горении НЦСО.

4. Разработано комплексное техническое решение, позволяющее достичь: снижения уровня техногенной опасности от объектов временного размещения и сжигания отхода; исключения загрязнения атмосферного воздуха продуктами горения НЦСО; получения готового товарного продукта в виде комплексного органоминерального мелиоранта.

5. Результаты диссертационной работы приняты к использованию ФКП «Пермский пороховой завод» при разработке комплекса мероприятий по утилизации нитроцеллюлозосодержащих осадков шламонакопителей (акт о внедрении (использовании) результатов от 10.05.2025 г.).

6. Результаты диссертационной работы подтверждены патентом на изобретение № 2813073 «Способ переработки осадка сточных вод производства нитроцеллюлозы» от 06.02.2024 г.

Таким образом, диссертация Патокина Дмитрия Александровича вносит значимый вклад в развитие научных знаний в области переработки промышленных отходов, в частности отходов специальной технической химии.

6. Рекомендации по использованию результатов работы

Стоит отметить, что указанный вид товарной продукции может быть востребован на рынке для рекультивации нарушенных земель, происходящей с замедленными темпами из-за высокой стоимости мелиорантов. Предполагаемые сферы реализации: использование для

собственных нужд; продажа мелиоранта для целей благоустройства, лесоводства, цветоводства и т.д. на территории селитебных агломераций; для рекультивации нарушенных земель промышленности (в т.ч. горнодобывающих).

Полученные результаты диссертационного исследования могут быть использованы для проектирования и внедрения комплексных решений по утилизации НЦСО, а также могут быть использованы при подготовке специалистов в учреждениях среднего специального и высшего профессионального образования по направлениям, связанным с охраной окружающей среды, рациональным природопользованием и технологией энергонасыщенных материалов.

Таким образом, результаты проведенного диссертационного исследования подчеркивают их высокую значимость и отмечаются возможностями широкого применения в исследовательской, производственной и образовательной деятельности.

7. Замечания и вопросы по работе

1. В работе хорошо описаны процессы исследования фитотоксичности комплексного органоминерального мелиоранта. Автором подробно рассмотрены вопросы подготовки минеральных добавок различных составов. Судя по тексту диссертации, готовый мелиорант предполагается хранить в насыпном виде на открытых площадках. Однако для удобства транспортировки и использования, а также предотвращения воздействия на мелиорант атмосферных осадков лучше было бы предусмотреть процесс его гранулирования. Не рассматривалась ли такая возможность автором?

2. На с. 123 указано, что после дегидратации полученный фильтрат сбрасывается в коллектор сточных вод. Для чего тогда надо было сравнивать качество стоков с ПДК_{х.п.}?

3. На картах ореолов загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы отсутствует роза ветров.

4. Не указана расчетная СЗЗ.

5. Не соблюдается хронология использования источников. Так ссылки на литературу начинаются с [118]. Далее – [132, 187] и т.д.

6. Непонятно, зачем приводить рисунки (фото) таких приборов, как мешалка, воронка Бюхнера, влагомера, колбочек и т.д. Не понятны приписки к рисункам типа «составлено автором». Что там могло быть составлено? Схема прибора?

7. На рис. 3.11 на ИК-спектре не указаны пики.

8. Не ясно, зачем показатели очищенной воды сравнивали с ПДК_{х.п.}, если предполагалось получить минеральное удобрение?

9. Хорошо описаны процессы кислотной и щелочной деструкции НЦСО, однако, не ясно, в каких же условиях предполагается реализовать предлагаемый автором процесс.

10. К сожалению, автором к тексту диссертации не приложен список сокращений и условных обозначений, что создает неудобства для чтения текста диссертации.

Высказанные замечания не умаляют научной и практической ценности выполненной работы. Диссертация и автореферат написаны грамотно с выдержанным научным стилем.

Основное содержание диссертации в достаточной степени изложено в опубликованных работах и апробировано на конференциях. Автореферат полностью передаёт содержание диссертационной работы.

8. Заключение по диссертации

Диссертация «Утилизация нитроцеллюлозосодержащих отходов с получением комплексных органоминеральных мелиорантов», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.6.21. Геоэкология, полностью отвечает требованиям раздела 2 «Положения о присуждении ученых степеней» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II», утвержденного приказом ректора Санкт-Петербургского горного университета Екатерины II от 20.05.2021 № 953 адм, а ее автор – **Патокин Дмитрий Александрович** – заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.6.21. Геоэкология.

Официальный оппонент

Профессор кафедры промышленной экологии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова»

Доктор технических наук (03.00.16 – Экология), профессор

ch-

Свергузова Светлана Васильевна

11.09.20252

Сведения об официальном оппоненте:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова»

Почтовый адрес: 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Официальный сайт в сети Интернет: <https://www.bstu.ru/>

Телефон: +7(4722)55-47-96

Электронная почта: pe@intbel.ru

Подпись Свергузовой Светланы Васильевны заверяю

**Первый проректор
БГТУ им. В.Г. Шуклова,
д.т.н., профессор**



Евтушенко Евгений Иванович