

ОТЗЫВ

**официального оппонента, д.т.н., профессора
Глушанковой Ирины Самуиловны
на диссертационную работу Иевлевой Елены Сергеевны
на тему «Переработка шламовых отходов производства гофротары для
использования в водоочистке», представленную на соискание ученой
степени кандидата технических наук по специальности 4.3.4. Технологии,
машины и оборудование для лесного хозяйства и переработки древесины**

Актуальность темы рассматриваемого диссертационного исследования продиктована необходимостью рационального использования лесных ресурсов в России, где при ежегодном объеме лесозаготовок в 225 млн м³ порядка 40 % сырья размещается на полигонах. Значительная часть древесной массы вовлекается в производство бумаги и картона, вторичную переработку которых сегодня обеспечивают около 100 специализированных предприятий страны.

Одним из представителей отрасли является ООО «Гофротара» (г. Белгород), выпускающее продукцию из вторичного сырья (макулатуры), при этом образуются не востребованные в настоящее время шламовые отходы, содержащие большое количество целлюлозы, что обуславливает возможность их повторного использования в качестве сорбционного материала.

В связи с вышеизложенным, диссертация Иевлевой Е.С., направленная на поиск эффективных способов утилизации образующихся целлюлозосодержащих отходов является актуальной научно-практической задачей.

Общая характеристика диссертационной работы

Диссертационная работа Иевлевой Елены Сергеевны на тему «Переработка шламовых отходов производства гофротары для использования в водоочистке» имеет логически завершенную структуру, обладает научной новизной и практической ценностью; структура, содержание и оформление диссертации и автореферата отвечают требованиям, предъявляемым ВАК РФ к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения, списка литературы и приложений, изложена на 171 страницах, включающих 106 рисунков и 67 таблиц. Библиографический список включает 148 наименований цитируемых работ, из них 85 источников российских авторов и 63 наименования работ зарубежных исследователей.

Целью исследования являлась разработка научных и технологических основ получения эффективного сорбционного материала на основе целлюлозосодержащего отхода производства гофротары.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

1. Разработан способ получения СМ из шлама производства гофротары и определены рациональные условия ведения процесса.

2. Исследованы физико-химические и сорбционные свойства полученных СМ в растворах, содержащих ионы тяжелых металлов (ИТМ) и краситель марки "Метиленовый голубой" и обоснованы оптимальные параметры водоочистки.

3. Выявлен механизм сорбционных процессов на полученных СМ по ионам Ni^{2+} , Cu^{2+} и красителя "Метиленовый голубой".

5. Разработана технологическая схема очистки, проведены расчеты основных аппаратов, оценки предотвращенного экологического ущерба от внедрения различных рекомендаций.

Во введении раскрыты актуальность работы, определены основные цели и задачи, представлены научная новизна, теоретическая и практическая значимость.

В первой главе проведён анализ направлений переработки древесины и условий образования и утилизации отходов целлюлозно-бумажной промышленности.

Обоснована перспективность использования шлама, образующегося при производстве гофротары, как сорбционного материала за счёт высокого содержания целлюлозных волокон.

Проанализирована проблема загрязнения природных вод ионами тяжелых металлов (ИТМ) и красителями и рассмотрены основные способы очистки сточных воды от этих соединений. Показана перспективность применения сорбционных материалов на основе целлюлозы для очистки воды от ИТМ и красителей.

Во второй главе представлены объекты и методики проведения исследований, используемое аналитическое оборудование для проведения экспериментов. В ходе исследований применялся комплекс методов физико-химического анализа: термический, рентгенофазовый, энергодисперсионный, электронно-микроскопический, колориметрический. Представлена методика статистической обработки экспериментальных данных.

В третьей главе представлены результаты экспериментальных исследований физико-химических свойств и состава шламового отхода производства гофротары (ШОПГ). Методом энергодисперсионного анализа определен элементный состав исходного отхода и после термообработки на воздухе при температурах 200 °С, 250 и 400 °С.

В главе представлены результаты исследования по возможности применения ШОПГ высушенного до постоянной массы для очистки воды от красителя метиленовый голубой, установлено влияние дозы СМ, температуры воды, длительность обработки на эффективность очистки.

С целью повышения сорбционной активности образцы ШОПГ были подвергнуты термической обработке при температурах от 200 до 500 °С. Установлено, что обработка ШОПГ при температуре 250-270 °С приводит к повышению его сорбционной способности по отношению к МГ.

В четвёртой главе исследовано влияние различных факторов на эффективность извлечения из воды ионов меди и никеля и красителя МГ ШОПГ и термически обработанного отхода (температура обработки 250 °С), установлены механизмы адсорбции.

Полученные изотермы адсорбции были аппроксимированы уравнениями Ленгмюра, Фрейндлиха и Дубинина-Радускевича.

Исследованы кинетические закономерности процесса извлечения ИТМ полученными СМ.

В пятой главе предложена схема получения термомодифицированного сорбционного материала на основе ШОПГ, принципиальная технологическая

схема водоочистки, разработанная на основе проведенных исследований, представлены результаты расчета основного оборудования.

Автором предложен способ утилизации осадка водоочистки производства гофрокартона при его использовании в производстве керамического кирпича. В главе представлена принципиальная технологическая схема утилизации отработанного СМ.

В шестой главе произведен расчет предотвращенного экологического ущерба на расход сточных вод 4380 м³/год, величина которого составила около 4 млн руб./год.

В приложении представлены протоколы производственных испытаний а ООО «Гофротара» и акт о принятии к внедрению результатов исследования в учебный процесс.

Диссертация и автореферат оформлены в соответствии с требованиями нормативных документов. Автореферат полностью отражает содержание диссертационной работы.

Научная новизна исследований и полученных результатов, выводов и рекомендаций

1. Исследована возможность использования для очистки воды от ионов меди, никеля и красителя «Метиленовый голубой» нативного и термообработанного ШОПГ. Определено, что нативный СМ обладает максимальной сорбционной емкостью по отношению к ионам Cu^{2+} – 0,616 ммоль/г, Ni^{2+} – 0,78 ммоль/г, к красителю «Метиленовый голубой» в пределах 1,17 ммоль/г.

2. Выявлено, что термообработка ШОПГ способствует увеличению сорбционной емкости по отношению к ионам Cu^{2+} в 2,53 раза, Ni^{2+} в 2,28 раз и красителю «Метиленовый голубой» в 1,33 раза.

3. Установлены оптимальные условия для проведения процессов адсорбции ионов Cu^{2+} , Ni^{2+} и красителя «Метиленовый голубой» термомодифицированным ШОПГ при использовании многофакторного планирования эксперимента с помощью ротатбельного плана второго порядка ЦКРП-2ⁿ полнофакторного эксперимента – длительность контакта СМ с водной средой 20 мин; доза сорбента – 4 г/дм³; температура водной среды – 40 °С.

Степень обоснованности и достоверности научных положений и выводов, апробация результатов

Научные положения, выводы и практические рекомендации, сформулированные в диссертации Иевлевой Е.С., обоснованы, так как базируются на значительном экспериментальном материале, полученном с использованием современного оборудования и средств статистической обработки и математического моделирования, а также подтверждается их сопоставимостью с основными положениями сорбционных процессов и согласуются с аналогичными результатами исследований других авторов. Положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, подкреплены фактическими данными и представлены в таблицах и рисунках.

Основные результаты диссертационной работы изложены в 12 публикациях, из них 3 статьи в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России, 2 статьи в изданиях, входящих в реферативную базу Scopus, остальные 7 в изданиях, входящие в базу РИНЦ. Результаты диссертационной работы докладывались на всероссийских и международных научно-практических конференциях.

Теоретическая и практическая значимость работы

Теоретическая значимость заключается в том, что автором впервые были исследованы сорбционные свойства ШОПГ как СМ, установлены механизмы процесса сорбции исследуемых поллютантов, рассчитана эффективность очистки модельных растворов и промышленных сточных вод (СВ) от названных загрязнений.

Практическая значимость работы заключается в создании ресурсосберегающей технологии получения эффективного СМ на основе ШОПГ; разработке принципиальной технологической схеме процесса очистки СВ с использованием термомодифицированного СМ, предложенном способе утилизации отработанного СМ в производстве строительных керамических изделий, обеспечивающем замкнутый цикл; проведении расчета предотвращенного экологического ущерба водным ресурсам при использовании разработанного СМ.

Соответствие паспорту специальности

Диссертация и автореферат соответствуют паспорту научной специальности 4.3.4. Технологии, машины и оборудование для лесного хозяйства и переработки древесины по п. 4 «Технология и продукция в производстве: лесохозяйственном, лесозаготовительном, лесопильном, деревообрабатывающем, целлюлозно-бумажном, лесохимическом и сопутствующих им производствах».

Вопросы и замечания по диссертационной работе

1. Недостаточно подробно описаны условия образования шлама производства гофрокартона. К шламу можно отнести несколько видов отходов: осадки сточных вод, шлам репульпирования макулатуры и вторичного картона и др.

2. В работе проводились исследования по извлечению СМ ионов Cu^{2+} , Ni^{2+} , выбор которых для исследования недостаточно обоснован.

3. Автор аппроксимирует изотермы адсорбции ионов никеля и меди, используя уравнение Дубинина - Радускевича. Это уравнение описывает процесс физической адсорбции в микропорах сорбента с позиций теории объемного заполнения микропор и его нецелесообразно применять для низкопористых сорбентов. E – характеристическая энергия адсорбции зависит в основном от размеров микропор. Значение E равно 5 - 10 Кдж/моль характеризует непористую поверхность.

4. Автор использует различные формулы и критерии для определения кинетических закономерностей процесса извлечения ИТМ (критерий 1-F и др.)

без ссылок на источники и необходимых пояснений. В этой связи трудно интерпретировать полученные результаты.

5. В работе рассчитаны коэффициенты внешней и внутренней диффузии при извлечении образцами СМ ионов тяжелых металлов. Целесообразно было бы сравнить полученные значения с подобными данными для других сорбентов.

Высказанные вопросы и замечания не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы.

Заключение

Диссертационная работа Иевлевой Елены Сергеевны на тему «Переработка шламовых отходов производства гофротары для использования в водоочистке» представляет собой законченную научно-квалификационную работу, посвящена решению актуальной задачи утилизации шламовых отходов производства гофротары, способствующей рациональному использованию вторичного сырья, образующегося в результате переработки древесины, соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней» (Постановление Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013г. № 842 в действующей редакции), а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.4. Технологии, машины и оборудование для лесного хозяйства и переработки древесины.

Официальный оппонент:

доктор технических наук (по научной специальности 05.23.04. Водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов), профессор, профессор кафедры охраны окружающей среды федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»

Ирина
Самуиловна
Глушанкова

Подпись д.т.н., профессора
И. С. Глушанковой заверяю
Ученый секретарь Ученого Совета НИИ
к. ист. н., доцент



Владимир
Иванович
Макаревич

«26» 05 2026 г.

Адрес: 614990, Пермский край, г. Пермь, Комсомольский проспект, д. 29, ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», тел. +7 (342) 239-14-82; E-mail: rector@pstu.ru.