

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе и
инновационной деятельности
ФГБОУ ВО «Уральский
государственный лесотехнический
университет», доктор биологических
наук, доцент
Валерий Владимирович Фомин

«27» 05

2026 г.



ОТЗЫВ

ведущей организации – Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уральский государственный лесотехнический университет» (УГЛТУ) 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 исследования

Использование макулатуры как вторичного сырья (93 предприятия в РФ) помогает решить вопросы, связанные как с утилизацией накапливающихся целлюлозно-бумажных отходов, так и с сокращением использования лесных ресурсов, поскольку известно, что 1 т макулатуры заменяет 3-4 м³ деловой древесины. Кроме того, вторичная переработка является менее энергоёмкой, дешёвой и оказывает меньшее воздействие на окружающую среду по сравнению с использованием свежих полуфабрикатов из древесины. Однако даже при активном использовании макулатуры сохраняется серьёзная проблема — неэффективное использование ресурсов: около 40% перерабатываемой древесины поступает на полигоны для размещения.

В то же время крупнотоннажные минеральные, органоминеральные и растительные отходы являются перспективным сырьем для получения различных материалов, в том числе для применения в качестве дешевого и малотоксичного компонента в строительных конструкционно-теплоизоляционных материалов, пиролизного сырья, при очистке от нефтезагрязнений. Особый интерес представляет шламовый отход производства гофротары, образующийся на предприятиях по переработке макулатуры (как, например, на ООО «Гофротара», Белгородская область). Этот отход, не нашедший в настоящее время применения, содержит значительное количество целлюлозных волокон, благодаря которым шлам после соответствующей

щей обработки мог бы быть использован для создания сорбентов для очистки сточных вод.

Существенная экономия разных ресурсов и надежная защита от загрязнения объектов окружающей среды в настоящее время являются главными аспектами при разработке наилучших доступных технологий в различных отраслях. Одной из наиболее применяемых моделей является «экономика замкнутого цикла», которая обеспечивает подход к устойчивому производству, особенно в использовании вторичных ресурсов. Благодаря широкой доступности, относительно низкой стоимости, возобновляемости и биосовместимости, продукты на основе целлюлозы, получаемые путём переработки целлюлозосодержащих отходов, является перспективными для создания на их основе сорбционных материалов с высокими эксплуатационными характеристиками.

В этой связи, диссертационная работа Иевлевой Е.С., направленная на создание нового способа переработки целлюлозосодержащих отходов реального предприятия (ООО «Гофротара», Белгородская область), решает актуальную научную и практическую задачу создания экономичных и малоотходных технологий, что способствует повышению ресурсоэффективности деревообрабатывающей промышленности.

Научная новизна положений, выводов и рекомендаций

Автором впервые проведена оценка состава, механических и физико-химических характеристик шламового отхода производства гофротары (ШОПГ) с термообработкой и без таковой. Определены условия тепловой модификации ШОПГ. Установлено, что шлам обладает развитой структурой поверхности, содержит множество волокон целлюлозы, характеризующихся большим количеством кислородсодержащих функциональных групп.

Исследована возможность использования нативного и термообработанного ШОПГ для удаления из водных сред ионов меди и никеля, а также красителя «Метиленовый голубой» с достижением следующих значений максимальной сорбционной емкости: по отношению к ионам Cu(II) – 0,616 ммоль/г, ионам Ni(II) – 0,78 ммоль/г, Метиленовому голубому – 1,17 ммоль/г. В целом автором доказано, что термообработка шламового отхода производства гофротары способствует увеличению сорбционной емкости по отношению к ионам Cu(II) в 2,53 раза, ионам Ni(II) в 2,28 раз и красителю Метиленовому голубому в 1,33 раза.

В проведенных экспериментах были установлены оптимальные условия для проведения процессов адсорбции ионов Cu(II) , Ni(II) и красителя «Метиленовый голубой» термомодифицированным ШОПГ при использовании планирования многофакторного эксперимента с помощью ротатбельного плана второго порядка ЦКРП-2ⁿ полнофакторного эксперимента. Оптимальными условиями являются: длительность контакта сорбционного материала с водной средой 20 мин; доза сорбционного материала 4 г/дм³; температура водной среды 40 °С.

Таким образом, полученные Иевлевой Е.С., результаты обладают научной новизной и вносят вклад в развитие теории и практики технологий получения сорбционного материала на основе отходов деревопереработки.

Теоретическая и практическая значимость результатов исследования

Теоретическая значимость диссертационной работы заключается в том, что впервые определены сорбционные свойства шламового отхода производства гофротары как сорбционного материала, установлен механизм сорбционного взаимодействия исследуемых ионов тяжелых металлов и красителя, получены значения эффективности очистки модельных растворов и промышленных сточных вод от названных загрязнений.

Практическая значимость исследования состоит в разработке технологии получения сорбционных материалов на основе шламового отхода производства гофротары; доказана его эффективность в процессах водоочистки; разработана принципиальная технологическая схема процесса очистки сточных вод с использованием разработанного сорбционного материала. Представлен вариант расчета предотвращенного экологического ущерба, предусматривающего утилизацию разработанного сорбционного материала.

Степень достоверности и обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Обоснованность и достоверность результатов и выводов диссертационной работы подтверждается большим объемом проанализированной и обобщенной отечественной и зарубежной литературы по теме диссертации. Экспериментальные данные согласуются с имеющимися литературными данными. Научные положения соответствуют основной цели и задачам исследования, формированию теоретических и методических положений по разработке и реализации способа получения сорбционного материала на основе шламового отхода производства гофротары.

Положения и выводы обоснованы результатами собственного исследования, а также соотносятся с основополагающими положениями теории сорбционных процессов в жидких средах. Достоверность и точность результатов исследования обусловлена использованием в диссертационной работе математического моделирования, а также большим количеством экспериментальных данных. Данные получены с использованием современных установок и методов анализа. Полученные результаты согласуются между собой и не противоречат существующим представлениям в данной области. Выводы и рекомендации по результатам исследований в достаточной степени аргументированы.

Все используемые автором экспериментальные методики и аналитическое оборудование соответствуют современному состоянию экспериментальных возможностей. Достоверность и значимость результатов работы подтверждается также 12 печатными работами по теме диссертации, в том числе 3 статьи в рецензируемых научных изданиях, включенных в Перечень

ВАК; 2 статьи в изданиях, входящих в реферативную базу Scopus и 7 трудов в прочих изданиях.

Полученные научные результаты прошли апробацию на научно-практических конференциях в крупных научных центрах нашей страны, в которых занимаются изучением и научным обоснованием ресурсосберегающих технологий, в том числе и в целлюлозно-бумажной промышленности.

Рекомендации по использованию результатов

Материалы диссертационной работы представляют интерес для специалистов, работающих в области использования отходов переработки древесины и очистки сточных вод. Результаты работы могут являться основой для дальнейшего совершенствования систем локальной очистки сточных вод и разработки технологических узлов по утилизации отработанных шламов.

Оценка структуры и содержания работы

Диссертационная работа Иевлевой Елены Сергеевны на тему «Переработка шламовых отходов производства гофротары для использования в водочистке» состоит из введения, шести глав, заключения, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы и приложений. Работа изложена на 171 странице, включающих 106 рисунков и 67 таблиц. В приложениях представлены протокол производственных испытаний и акт о принятии к внедрению. Работа построена традиционным способом, характерным для кандидатских диссертаций.

В первой главе представлен литературный обзор, посвященный критическому анализу научной литературы по теме исследования.

Вторая глава «Объекты и методы исследования» является методической, в ней содержится описание объектов и методов и методик исследования, применяемых в работе, а также аналитическое оборудование, используемое при проведении эксперимента.

В третьей главе «Использование отхода переработки макулатуры для очистки растворов» представлены основные экспериментальные результаты и их обсуждение. Диссертантом представлены результаты определения вещественного состава и характеристик процесса термической обработке шламового отхода производства гофротары. Изложены основные характеристики физико-химических свойств шламового отхода. Наличие у целлюлозы, составляющей основную часть шламового отхода, многочисленных ОН-групп делает возможным ее взаимодействие со многими химическими соединениями. Автором доказаны высокие сорбционные свойства шламового отхода по отношению ко многим загрязняющим веществам, определен механизм процесса.

В четвертой главе «Адсорбционные исследования» оценено влияние различных технологических факторов на эффективность очистки, а также проведены сорбционные исследования. Проверку возможности использования шламового отхода производства гофротары осуществляли на примере

красителя «метиленовой голубой». Установлена высокая эффективность очистки. Для повышения сорбционной емкости шламовый отход производства гофротары подвергали термообработке. Было установлено, что максимальная эффективность очистки достигается при термообработке шлама при температуре 250 °С в течение 30 мин.

С целью определения механизма адсорбция полученная изотерма была обработана в рамках моделей Ленгмюра, Фрейндлиха, Дубинина-Радущкевича. Установлено, что процесс адсорбции метиленового голубого материалом шламового отхода производства гофротары имеет физическую природу и протекает самопроизвольно. В результате исследования эффективности извлечения из модельных растворов ионов Cu(II) и Ni(II) установлено значения максимальной сорбционной емкости и определено, что процесс адсорбции ионов металлов наиболее точно описывается уравнением Ленгмюра. Лимитирующей стадией процесса адсорбции является смешанная диффузия.

С применением математической модели процесса очистки водных сред от ионов Cu(II) и Ni(II) термомодифицированным шламовым отходом производства гофротары построены поверхности отклика искомой переменной – эффективности удаления токсикантов из водных сред.

В пятой главе «Технологическая часть» представлена разработанная на основе проведенных исследований принципиально-технологическая схема очистки сточных вод с применением шламовых отходов производства гофротары, а также схема их термообработки и утилизации путем добавки в глиняные смеси при производстве керамического кирпича. Проведена оценка экологической безопасности полученных керамических образцов, доказавшая отсутствие токсичности для биотест-объектов.

В шестой главе «Расчет предотвращенного экологического ущерба при использовании сорбционного материала» в соответствии с принятым к расчету объемом сточных вод – 4380 м³/год представлена рассчитанная величина предварительного предотвращенного экологического ущерба, которая составила около 4 млн руб./год.

Замечания по диссертационной работе

Целлюлозно-бумажная промышленность является одной из стратегических и социально значимых отраслей экономики России, поэтому так важна реализация на предприятиях ЦБП передовых идей в сфере сохранения окружающей среды и внедрения наилучших доступных технологий. В связи с этим, выполненный в данной работе комплекс научных исследований предлагает новые подходы при рассмотрении экологических аспектов современных технологий в ЦБП.

При ознакомлении с текстом работы возникли следующие замечания.

1. На наш взгляд, в данной диссертационной работе не корректно используется словосочетание «...шламовые отходы производства гофротары». Гофротара представляет собой изделие из гофрированного картона (ящички). Отходами производства гофротары являются отходы от высечки (облой),

срывы бумаги для гофрирования, картона для плоских слоев, и, собственно отходы в виде гофрированного картона и отбракованных ящиков.

В работе, использованы отходы, представляющие собой осадок механической очистки сточных вод производства бумаги и картона. Поэтому, более правильным является словосочетание «...шламовые отходы производства бумаги для гофрирования и картона для плоских слоев».

2. В работе несколько разделов посвящены: древесному сырью, производству разных видов целлюлозы (рисунок 1.7, 1.8), представлены схемы ЦБК (рисунок 1.10). Требуется пояснить, как эта информация связана с темой работы?

3. В п.2.2 (стр. 59) диссертационной работы представлена методика определения истинной плотности. Плотность чего определяли? Если плотность целлюлозы – так это известное значение. Если истинную плотность высушенного ШОПГ, то, какое значение истинной плотности получили? В таблице 3.1 – Физико-химические свойства ШОПГ этот результат не представлен.

4. Формуле расчета коэффициента Био (B_i) неоднократно присваивался новый номер – 9 (стр. 103), 10 (стр. 108), 11 (стр. 113), 12 (стр. 118).

52. В тексте работы имеется «сбой» при нумерации таблиц:

- на странице 96 – «Анализируя результаты, представленные в таблице 3.33, можно сделать ...»;

- на стр. 135 – «Установлено, что образцы обладают значительной стойкостью к выщелачиванию (таблица 5.4).

6. Для подтверждения вывода автора (стр. 137) «Выявлено, что полученные керамические материалы оптимальных составов не содержат токсикологических веществ, ...» стоило бы привлечь результаты энергодисперсионных спектров ШОПГ после сорбции.

7. Хотелось бы уточнить: в таблице 4.30 фактором x_3 является доза ШОПГ, г/дм³?

8. Может ли автор дать более развернутое пояснение своему выводу на стр. 96: «Значение A_{max} для ионов Ni^{2+} выше, чем у ионов Cu^{2+} , что очевидно, связано с химической природой ионов»?

9. Просим объяснить результаты, представленные в таблице 3.1 (стр. 63) диссертационной работы. В таблице указано: потери при прокаливании ШОПГ 16,16%, следовательно, это органическая часть, а 84% минеральная часть? В таком случае, сорбентом является не целлюлоза и ее компоненты, а то, что осталось после прокалывания т.е. минеральный остаток? Влажность 92,7%, т.е. исследованный ШОПГ представляет собой жидкую суспензию? Как в таком случае определили насыпную плотность?

10. Известно, что обезвоженный шлам, образующийся при очистке избыточных оборотных вод и сточных вод бумажного производства бумажного производства, особенно при использовании макулатурного сырья марки МС-5Б, имеет в своем составе кроме целлюлозных волокон значительное количество других веществ: крахмал, флокулянты, коагулянты, и пр. загрязнения. Возможно, и эти вещества в составе ШОПГ оказывают влияние на его сорб-

ционные свойства? Или, сорбционными свойствами обладает исключительно целлюлоза (волокнуистая часть в составе ШОПГ)?

11. В диссертационной работе представлен подробный расчет экологического ущерба. Представлена расчетная, т.е. предполагаемая, величина предотвращенного ущерба (4 млн.руб/год) при использовании ШОПГ в качестве сорбента. При этом в работе не обнаружены данные о затратах на получение сорбента из ШОПГ.

Отмеченные по ходу обсуждения замечания не затрагивают существа работы, выполненной на высоком экспериментальном уровне с привлечением самых современных физико-химических методов исследования и характеризующей соискателя как высоко квалифицированного исследователя, умеющего формулировать и решать самые сложные проблемы, возникающие в области разработки экологизированных технологий для обезвреживания сточных вод и утилизации отходов ЦБП.

Заключение

Диссертационная работа Иевлевой Елены Сергеевны на соискание ученой степени кандидата технических наук является самостоятельным завершённым научным трудом и вносит определенный вклад в исследование и решение задачи разработки новых способов переработки отходов деревообработки.

По объему, новизне и значимости результатов диссертационная работа соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук. Содержание диссертации сформулировано на основе опубликованных автором научных трудов, что подтверждает достоверность выдвинутых на защиту теоретических и практических рекомендаций. Содержание автореферата полностью соответствует основным положениям представленной диссертации.

Диссертационная работа и автореферат соответствует паспорту специальности научных работников 4.3.4. Технологии, машины и оборудование для лесного хозяйства и переработки древесины, а именно: п. 4 «Технология и продукция в производстве: лесохозяйственном, лесозаготовительном, лесопильном, деревообрабатывающем, целлюлозно-бумажном, механическом и сопутствующих им производствах».

Таким образом, по актуальности и объему выполненных исследований, новизне, достоверности, научной и практической значимости полученных результатов и выводов диссертационная работа Иевлевой Е.С. на тему «Переработка шламовых отходов производства гофротары для использования в водоочистке» соответствует критериям, которым должна отвечать диссертация на соискание ученой степени кандидата наук, изложенным в п. 9 «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого постановлением Правительством Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г. (в текущей редакции), предъявляемым ВАК РФ к кандидатским диссертациям, а её автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по спе-

циальности 4.3.4. Технологии, машины и оборудование для лесного хозяйства и переработки древесины.

Диссертационная работа и автореферат были рассмотрены на совместном заседании кафедр физико-химической технологии защиты биосферы и технологий целлюлозно-бумажных производств и переработки полимеров ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», протокол № 2 от «12» мая 2026 г.

Отзыв подготовили:

Первова Инна Геннадьевна, доктор химических наук (02.00.01 Неорганическая химия), доцент, профессор кафедры физико-химической технологии защиты биосферы, директор химико-технологического института ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет».

ПОДПИСЬ ЗАВЕРЯЮ
Ведущий специалист по кадрам
Кадрово-правового управления
14 27.05.26.

Первова Инна Геннадьевна
«12» мая 2026 г.

Савиновских Андрей Викторович, кандидат технических наук (05.21.03 Технология и оборудование химической переработки биомассы дерева; химия древесины), заведующий кафедрой технологий целлюлозно-бумажных производств и переработки полимеров ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет».

ПОДПИСЬ ЗАВЕРЯЮ
Ведущий специалист по кадрам
Кадрово-правового управления
14 27.05.26.

Савиновских Андрей Викторович
«12» мая 2026 г.

Горбатенко Юлия Анатольевна, кандидат химических наук (02.00.04 Физическая химия), заведующий кафедрой физико-химической технологии защиты биосферы ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет».

ПОДПИСЬ ЗАВЕРЯЮ
Ведущий специалист по кадрам
Кадрово-правового управления
14 27.05.26.

Горбатенко Юлия Анатольевна
«12» мая 2026 г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский государственный лесотехнический университет».

Адрес: 620100, г. Екатеринбург, Сибирский тракт, д. 37;
телефон: +7 (343) 221-21-00; e-mail: general@m.usfeu.ru

Вход. № 05-8994
« 02 » 06 20 26 г.
подпись

Крас