



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ

**ИРКУТСКИЙ
ИНСТИТУТ ХИМИИ
им. А.Е. ФАВОРСКОГО
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
(ИрИХ СО РАН)**

ул. Фаворского, д. 1, г. Иркутск, 664033
Для телеграмм: Иркутск-33, Полимеры
Факс (395-2) 41-93-46

Телефон (395-2) 51-14-31, 42-59-00

E-mail: irk_inst_chem@irioch.irk.ru

<http://www.irkinstchem.ru>

ОКПО 03533719 ОГРН 1023801755779

ИНН/КПП 3812011770/381201001

Ученому секретарю
диссертационного совета
Д 212.249.07

в Сибирском государственном
университете науки и технологий
имени академика М.Ф.Решетнева

д.т.н., проф. Исаевой Е.В.

660049, г. Красноярск,
пр. Мира, 82

E-mail: dissovetsibgtu01@mail.ru

27.11.2018 № 15327/05-2115-105
На № _____ от _____

Рецензия на диссертацию

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу

Шатровой Анастасии Сергеевны

**“РАЗРАБОТКА ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОЙ ТЕХНОЛОГИИ
ПЕРЕРАБОТКИ НАКОПЛЕННЫХ КОЛЛОИДНЫХ ОСАДКОВ
ШЛАМ-ЛИГНИНА ОАО «БАЙКАЛЬСКИЙ ЦБК»”,**

представленную на соискание ученой степени

кандидата технических наук

по специальности **05.21.03** “Технология и оборудование
химической переработки биомассы дерева; химия древесины”

1. Актуальность темы диссертации

По мере развития человечества, вследствие ускорения научно-технического прогресса, особенно в 20-м веке проблемы экологии стали выходить на передний план, поскольку человечество, двигаясь в своем развитии вперед, пока еще больше использует хищнический подход к потреблению ресурсов и не научилось устранять последствия своей хозяйственной и промышленной деятельности.

Ликвидация вреда, накопленного в окружающей среде вследствие хозяйственной и иной деятельности в условиях возрастающей экономической активности и глобальных изменений климата, является одной из целей государственной политики в сфере обеспечения экологической безопасности, необходимой для благоприятной жизни человека и устойчивого развития экономики.

Как следует из указа Президента Российской Федерации № 176 от 19.04.2017 г. «О Стратегии экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года» ежегодно на территории РФ образуется 4 млрд. т отходов, при этом перерабатывается около 40 %, свыше 30 млрд. т отходов накоплено в результате прошлой хозяйственной деятельности. По итогам инвентаризации территорий РФ к 2017 году выявлено 340 объектов, причиняющих вред окружающей среде и являющихся источником потенциальной угрозы жизни и здоровью 17 млн чел. Осадки физико-химической очистки сточных вод предприятий лесохимического комплекса, представленные, как правило, коллоидными осадками шлам-лигнина, вносят огромный вклад в основную массу отходов, которые к настоящему времени не удалось утилизировать.

Одним из таких примеров являются накопленные осадки прошлых лет ОАО «Байкальский ЦБК» (ОАО «БЦБК»). В мировой литературе практически отсутствуют данные о рекультивации площадей, занятых осадками, подобными шлам-лигнину. Отсутствие реальных решений по утилизации осадков шлам-лигнина объясняется их сложным физико-химическим и дисперсным составом, высокой степенью гидрофильности, а также трудоемким и сложным технологическим процессом их переработки. Предлагаемые варианты утилизации осадков такие, как омоноличивание с применением извести или золы, обработка солями железа, вермикулирование, транспирация или их простое захоронение к настоящему времени в практике не нашли никакого применения. Осадки объемом более 8 млн м³ складированы в картах-накопителях ОАО «БЦБК», расположенных в сейсмо- и селеопасной зоне на площади более 145 га, представляют огромную социально-экологическую опасность и находятся в двухстах метрах от населенных пунктов и четырехстах метрах от оз. Байкал, который отнесен ЮНЕСКО к объектам мирового наследия.

Таким образом, разработка экологически безопасной технологии переработки накопленных осадков шлам-лигнина, которая базируется на принципах «наилучших доступных технологий при обращении с отходами», является крайне актуальной задачей для всего Байкальского региона. Работа выполнена в рамках ФЦП «Охрана озера Байкал и социально-экономическое развитие Байкальской природной территории на 2012-2020 годы», государственной программы Иркутской области «Охрана окружающей среды на 2014-2020 годы» и хозяйственно-договорной темы по проекту «Реализация мероприятий по ликвидации негативного воздействия отходов, накопленных в результате деятельности ОАО «БЦБК».

1. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Озеро Байкал, на побережье которого был построен теперь уже печально известный Байкальский целлюлозно-бумажный комбинат, являлся одним из самых современных предприятий своего профиля и выпускал продукцию,

использовавшуюся в авиационной промышленности. Очистные сооружения БЦБК являлись в отрасли самыми совершенными, что особенно касалось очистки сточных вод комбината. Однако после закрытия комбината для рекультивации площадей, на которых находились очистные сооружения, выяснилось, что нет экологически и экономически приемлемых научных и технических рекомендаций по утилизации осадков карт-шламонакопителей вследствие особых физико-химических свойств этих осадков и, главное – их коллоидного состояния, что делало экономически весьма затратным весь цикл их удаления из карт, а также неясности с дальнейшей переработкой этих осадков – в каком направлении их можно утилизировать. Отдельные разрозненные предложения по переработке шламов оказались не готовы для их реализации. Исследованием вопросов мониторинга и утилизации осадков шлам-лигнина карт-накопителей ОАО «БЦБК» занимались многие ученые, в основном из иркутского региона, непосредственно примыкающего к Байкалу. Рассматривались самые различные варианты: вермикулирование осадков, утилизации осадков с применением зол ТЭЦ и технологией рекуперации осадков с получением сорбента и коагулянта.

Организации, работающие в этих направлениях: Всесоюзное научно-производственное объединение бумажной промышленности (ВНПОБумпром), ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет», Лимнологический институт, Иркутский институт химии имени А.Е. Фаворского СО РАН, Сибирский государственный институт проектирования предприятий бумажной промышленности, Сибирский научно-исследовательский институт целлюлозы и картона, Институт водной токсикологии им. А.М. Бейма. Ранее было изучено воздействие процессов вымораживания на схожие коллоидные гидроксидные системы. Однако исследования процессов вымораживания накопленных коллоидных осадков шлам-лигнина ОАО «БЦБК» с целью их дальнейшей переработки до настоящего времени никем не проводились. Ввиду актуальности и острой необходимости решения проблем обезвреживания отходов БЦБК положения и выводы диссертанта по разработке приемлемой технологии утилизации шлам-лигнина являются вполне обоснованными.

2. Достоверность и новизна основных положений диссертации

Достоверность результатов проведенных исследований обеспечена комплексным анализом и обобщением предшествующих научных исследований, набором полевых, физико-химических и математических исследований, выполненных в аккредитованной лаборатории экологического мониторинга природных и техногенных сред ФГБОУ ВО «ИРНТУ» ROCC RU.0001.518897 с применением аттестованных методик, в которых ведется контроль полученных результатов с помощью статистической обработки, а также результатами опытно-промышленных испытаний и ожидаемым эколого-экономическим эффектом.

Научная новизна работы представлена в виде 4-х пунктов:

1. Установлены закономерности изменения морфологического и элементного состава коллоидных осадков карт-накопителей ОАО «БЦБК» по глубине их залегания. На основе установленного морфологического и элементного состава впервые была проведена систематизация осадков карт-накопителей, позволяющая разработать технологию их переработки с учетом положения о наилучших доступных технологиях по обращению с отходами.
2. Впервые изучены изменения морфологических и физико-химических характеристик коллоидных осадков шлам-лигнина в процессе их вымораживания. Установлено, что при вымораживании коллоидного осадка шлам-лигнина в нем происходят изменения аморфной структуры гидроксида алюминия, которая до вымораживания представлена гиббситом, а после – диаспором, сопровождающиеся переходом коллоидно-связанной влаги и сорбированных лигнинных веществ в жидкую фазу.
3. Установлено, что зола сжигания осадков шлам-лигнина может быть использована в качестве алюмосиликатного компонента для получения быстротвердеющего, коррозионностойкого цемента со сниженной температурой обжига, состоящего также из гипсового и известнякового компонентов.
4. Предложен механизм интенсификации флокулирующей способности флокулянта «Zetag-64», модифицированного пропиленгликолем, заключающийся в разрушении амидных групп флокулянта и сшивании пропиленгликолем его полимерных цепей с увеличением молекулярной массы в 2 раза.

3. Оценка содержания диссертации

Рецензируемая работа построена по традиционному принципу, изложена на 150 страницах машинописного текста, (из них 18 страниц 9-ти приложений) включает 25 таблиц и 41 рисунок и состоит из введения, шести глав, выводов, списка цитируемой литературы (126 источников отечественных и зарубежных авторов, нормативной информации, ГОСТов и т.д.)

Глава 1 (аналитический обзор литературы по переработке отходов ЦБП, с.11-29) содержит обзор литературы по темам: Современное состояние технологий переработки многотонных коллоидных осадков ЦБП; Общая характеристика накопленных отходов ОАО «Байкальский ЦБК» и оценка их влияния на объекты окружающей среды. На основании проведенного анализа обосновывается выбор направления исследования.

Представленный аналитический обзор литературы современного состояния методов переработки и утилизации осадков лесохимического комплекса, в том числе применение «наилучших доступных технологий», использование

методов вымораживания промышленных осадков как возможный вариант, применимый в данном конкретном случае, современное состояние объектов окружающей среды и района размещения осадков ОАО «БЦБК». В обзоре представлены имеющиеся сравнительные данные морфологического и элементного состава осадков ОАО «БЦБК», образующихся на стадии химической очистки сточных вод сульфатной варки древесины и отмывки целлюлозы после отбелки.

В результате обобщения данных литературного обзора автором установлено, что из-за отсутствия систематизированных научных и практических данных по вопросам состава и переработки коллоидных осадков шлам-лигнина ОАО «БЦБК» необходимо было проведение соответствующего целенаправленного исследования по разработке экологически безопасной технологии их переработки, базирующейся на представлениях о «наилучших доступных технологиях при обращении с отходами».

Глава 2 (мониторинг состояния природно-техногенного комплекса территории промышленной площадки карт-накопителей ОАО «БАЙКАЛЬСКИЙ ЦБК», с.30-51), в которой дана оценка современного состояния территории промплощадки карт-накопителей ОАО «Байкальский ЦБК и проведены исследования морфологических и физико-химических свойств коллоидных осадков шлам-лигнина карт-накопителей БЦБК.

В данной главе автором представлены результаты мониторинговых работ современного состояния природно-техногенного комплекса территории размещения коллоидных осадков карт-накопителей ОАО «БЦБК». Коллоидные осадки шлам-лигнина, объемом более 8 млн м³ складированы в картах-накопителях ОАО «БЦБК». Всего на территории ОАО «БЦБК» располагается две площадки для размещения отходов – Солзанская площадка (138 га, карты № 1-10), Бабхинская (42 га, карты № 12-14) и промежуточная карта № 11.

Коллоидные осадки шлам-лигнина состоят: на 80-90 % из органических веществ, представленных лигнинными веществами (45-50 %), в том числе сульфатным лигнином и хлорлигнином; целлюлозным волокном (10-15 %); отработанным активным илом (10-15 %); минеральных веществ – 10-15 %; до 5 % гидроксида алюминия и полиакриламида.

Для оценки динамики изменения состояния окружающей среды в районе промышленной площадки карт-накопителей ОАО «БЦБК» в период с 2012-2017 гг. отбирались и анализировались образцы проб почв, растений, подземных, надшламовых вод и осадков. В ходе проведенных исследований было установлено, что содержание тяжелых металлов в почве достигло своих максимальных значений и в несколько раз превышает нормативные показатели и региональный фон химических элементов, содержащихся в почвах района Южного Прибайкалья.

Определен суммарный показатель загрязнения почв Z – отношение фактической концентрации тяжелых металлов к их фоновому значению – для данной территории, который позволяет провести оценку степени опасности

загрязнения почв комплексом тяжелых металлов. С применением программы «Surfer», предназначенной для математического моделирования поверхностей, построена схема его распространения на исследуемой территории. Все образцы почв имеют суммарный показатель загрязнения Z больше 16, что относит их к умеренно-опасной категории и характеризуется повышенным уровнем общей заболеваемости населения. Наиболее загрязненной является почва вблизи карт-накопителей № 4-7. Это связано с тем, что верхние слои осадков карт-накопителей представлены тонкодисперсными золами ТЭЦ, которые мигрируют с поверхности карт в объекты окружающей среды. Исследования почвы на ее токсичность на трех тест-объектах – *Lepidium sativum*, *Chlorella vulgaris* Beijer и *Daphnia magna* Straus определили ее как среднетоксичную.

Автором установлено, что осадки, хранящиеся в картах-накопителях, имеют различный морфологический и элементный состав по глубине их залегания. Так, показатель влажности осадков варьируется от 50 до 90 %, а потери при прокаливании (ППП при 600 °C) от 40 до 80 %. Надшламовые воды с карт-накопителей относятся к хлоридно-сульфатной и гидрокарбонатной натриево-магниевое-кальциевой воде. На основании полученных данных, с применением программы Surfer, впервые было построено 3D-изображение залегания осадков в картах-накопителях ОАО «БЦБК», которое показало, что с увеличением глубины залегания осадка, содержание оксида алюминия – основного ценного компонента увеличивается до 25 %, что дает предпосылки к его возможной рекуперации. Анализ полученных данных показал, что по морфологическому составу осадков и таким его показателям как влажность, зольность, органическое вещество (лигнинные вещества, целлюлозное волокно, активный ил) и содержание алюминия, что впервые позволило провести их систематизацию, которая легла в основу технологии их переработки согласно ГОСТ Р 55827-2013 и учитывает их ресурсный потенциал, необходимость охраны окружающей среды и здоровье людей. отходы первой группы состоят из органических отходов, содержащих коллоидные осадки шлам-лигнина. Анализ полученных данных позволил автору в качестве решения вопроса о направлении утилизации шламов предложить применение технологического процесса рекуперации $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$, основанного на их сжигании с получением золы, в состав которой входит до 75 % $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$. Полученная зола может быть использована для приготовления сырьевой смеси цемента М-400. В качестве одного из выводов по результатам мониторинговых исследований автор показал, что ко второй группе органоминеральных отходов, состоящих из верхнего слоя зол ТЭЦ (до 2 м) и нижнего слоя, представленного коллоидными осадками шлам-лигнина (до 2,5 м), применим технологический процесс их послойной рекуперации с получением сырьевой смеси для изготовления цемента М-400. Отходы третьей группы, состоящие из зол ТЭЦ, могут также использоваться в качестве компонента для изготовления цемента М-400, в дорожном или строительном производстве.

Глава 3 (исследование процессов изменения физико-химических свойств накопленных коллоидных осадков карт-накопителей ОАО «Байкальский ЦБК» при их вымораживании, с.52-81), в которой

приведены экспериментальные результаты по исследованию процессов вымораживания накопленных коллоидных осадков карт-накопителей ОАО БЦБК, а также исследования изменения поверхностных и структурных свойств коллоидных осадков шлам-лигнина в процессе их вымораживания и приведены токсикологические исследования осадков шлам-лигнина до и после из вымораживания. В данной главе автором представлены результаты исследований процессов вымораживания и превращений коллоидных осадков карт-накопителей ОАО «БЦБК» и показано, что доминирующим процессом при такой обработке осадков является их деструкция. В процессе исследований была установлена кинетика изменения объема выделившейся влаги из коллоидного осадка шлам-лигнина от температуры вымораживания. Исследования показали, что эффективное вымораживание коллоидного осадка шлам-лигнина в естественных условиях может происходить при температуре от минус 15 °С и ниже. Поскольку количество дней, при которых температура воздуха в районе расположения карт-накопителей ОАО «БЦБК» от минус 15 °С и ниже, составляет порядка 27 дней, при этом максимально низкая среднесуточная температура равна минус 25 °С. Такой температурный режим делает возможным реализацию применения технологии естественного вымораживания, которая заключается в освобождении поверхности карт от снежного и ледяного покровов.

Проведенные камеральные и полевые исследования показали, что вымораживание осадка шлам-лигнина приводит к разрушению его коллоидной структуры и уменьшению объема, в зависимости от его состава, на 40–50 %, при этом существенно изменяются его физико-химические свойства. Так, влажность деструктурированного осадка уменьшается на 10–20 %, удельное сопротивление в 5–10 раз, поверхностный заряд (ζ -потенциал) в 2–3 раза, константа влагоотдачи увеличивается в 1,5 раза, содержание бенз(а)пирена и других токсичных веществ снижается в 4–9 раз, а всхожесть семян кресс-салата увеличивается на 10–25 %. С целью оценки токсичности осадков шлам-лигнина до и после вымораживания была проведена процедура их биотестирования на разных тест-объектах, таких как *Lepidium sativum*, *Chlorella vulgaris Beijer* и *Daphnia magna Straus*. Установлено, что осадки шлам-лигнина после вымораживания переходят в среднем значении с третьего (умеренно опасные) в четвертый класс (малоопасные), что может быть объяснено переходом токсичных лигнинных веществ в водную фазу. Таким образом, вымораживание коллоидных осадков шлам-лигнина приводит не только к уменьшению их объема и увеличению водоотдающих свойств, но и сопровождается снижением их токсичности. Автор с привлечением методов электронной микроскопии показала, что до вымораживания структура поверхности осадка была представлена коллоидными частицами шлам-лигнина и макропорами (поры диаметром

более 50 нм). При вымораживании коллоидного осадка происходит сжатие его структуры, сопровождающееся коагуляцией коллоидных частиц с вытеснением коллоидно-связанной влаги в объем с ее последующей кристаллизацией и образованием льда. После оттаивания и декантации выделившейся влаги происходит увеличение размера макропор, а также укрупнение частиц осадка на единицу площади поверхности. Полученные результаты по изменению структуры коллоидных осадков шлам-лигнина ОАО «БЦБК» до и после вымораживания также были подтверждены при их термографическом исследовании, выполненном на приборе «Термоскан-2». На основании полученных результатов автором был сделан вывод о том, что в процессе вымораживания коллоидных осадков шлам-лигнина происходят его структурные преобразования, связанные с перераспределением коллоидно-связанной влаги, органической и минеральной составляющей осадков.

Глава 4 (исследование возможности рекуперации коллоидных осадков шлам-лигнина из карт-накопителей ОАО БЦБК с целью получения α -оксида алюминия с.82-90), в которой приведены анализ и расчет компонентного состава сырьевой смеси для получения коррозиестойкого гидравлического цемента марки М-400 с использованием зол сжигания коллоидных осадков шлам-лигнина ОАО БЦБК и даны характеристики цементоблоков, полученных с использованием зол осадков шлам-лигнина ОАО БЦБК

Данная глава посвящена исследованию получения строительных материалов из осадков шлам-лигнина ОАО «БЦБК». Ссылаясь на Федеральный закон № 89-ФЗ от 24 июня 1998 года «Об отходах производства и потребления» автор считает, что коллоидные осадки шлам-лигнина, содержащиеся в картах-накопителях, необходимо рассматривать как техногенное сырье, подлежащее переработке с целью получения из них ценных компонентов. Одним из таких ценных компонентов по мнению диссертанта может стать алюминий, который может быть использован как компонент для получения цемента, что и было реализовано в патенте РФ № 2552288.

В качестве необходимых компонентов цемента, кроме осадка шлам-лигнина, также были взяты другие отходы – фторгипс и карбидный ил. На основании полученного компонентного состава была рассчитана и разработана сырьевая смесь сульфоклинкера, содержащего одну часть карбидного ила, 0,73 частей золы шлам-лигнина и 1,4 части фторгипса. Прочность на сжатие полученного образца после двадцати восьми дней затворения водой составила 83,2 мПа, коэффициент коррозионной стойкости – 1, что соответствует показателям качества цемента марки М-400. Полученный из золы сжигания осадка шлам-лигнина цемент М-400 прошел успешные опытно-промышленные испытания на ООО «Тимлюйский цементный завод» (Республика Бурятия) и рекомендован в производство.

Глава 5 (посвящена использованию модифицированных флокулянтов при очистке надшламовых вод карт-накопителей ОАО БЦБК, с.91-105), в которой приведены результаты по исследованию флокулирующей способности модифицированных флокулянтов при очистке надшламовых вод

карт-накопителей БЦБК и представлены данные по интенсификации данной способности флокулянта «Zetag-7664» пропиленгликолем. В данной главе представлены результаты исследований использования модифицированных полиакриламидных флокулянтов для очистки надшламовых вод карт-накопителей ОАО «БЦБК». По предлагаемой технологии переработки осадков карт-накопителей ОАО «БЦБК» высокоминерализованную надшламовую воду (среднее значение минерализации – 769 мг/дм³) перед сбросом в пруд аэратор необходимо подвергать очистке. Для осаждения загрязняющих веществ автором проведена оценка различных флокулянтов и на основании полученных результатов предлагается использовать полиакриламидный флокулянт «Zetag-64», модифицированный пропиленгликолем. Модификация флокулянта по мнению автора позволит повысить его эффективность и исключить обработку надшламовых вод минеральными коагулянтами, тем самым избежать их дополнительной высокой минерализации. По результатам диссертанта модификация исследуемых флокулянтов пропиленгликолем приводит к существенному увеличению их флокулирующей способности по всем качественным и количественным характеристикам и наилучшие показатели достигнуты с использованием флокулянта «Zetag-64». Автором приводится предполагаемый механизм изменения структуры флокулянта вследствие такой модификации и показано, что предлагаемая модификация позволяет снизить расход флокулянта в 1,6 раза.

Глава 6 (посвящена обоснованию экологически безопасной технологии утилизации накопленных коллоидных осадков ОАО БЦБК, с.103-114), в которой предложена технологическая схема рекуперации коллоидных остатков карт-накопителей БЦБК и приведен расчет эколого-экономического эффекта ликвидации ущерба прошлых лет от карт-накопителей ОАО БЦБК.

Данная глава как бы подводит итог всей ранее выполненной работе и в ней представлены результаты опытно-промышленных испытаний и технологическая схема цепи аппаратов переработки осадков карт-накопителей ОАО «БЦБК», базирующаяся на представлениях о «наилучших доступных технологиях при обращении с отходами». В ходе опытно-промышленных испытаний было установлено, что в процессе естественного вымораживания коллоидных осадков шлам-лигнина можно выделить три фракции: деминерализованная вода – до 25 %, которая по своему составу близка к пресной воде; минерализованная вода – до 15 % и деструктурированный коллоидный осадок – до 60 %. Разработанная экологически безопасная технология переработки осадков карт-накопителей ОАО «БЦБК» состоит из двух основных этапов работ:

Первый этап работ выполняется в холодный период времени года и направлен на создание условий протекания процессов естественного вымораживания коллоидных осадков, который заключается в удалении с поверхности карт-накопителей снежного покрова, препятствующего промерзанию осадка с применением турбин машины, например, АИСТ-5ТМ.

А также образовавшегося льда, с применением гусеничной техники, например, гусеничные мини-погрузчики Bobcat, и ледорубных установок. Снег и лед могут быть складированы в отстойниках КОС ОАО «БЦБК». Второй этап работ реализуется уже в теплое время года и заключается в непосредственной переработке осадков в зависимости от их морфологических и физико-химических свойств и их состава.

Технология переработки осадков карт-накопителей может быть представлена тремя отдельными технологическими процессами:

Первый технологический процесс заключается в рекуперации зол ТЭЦ (карты № 13, 14) и зол от сжигания коллоидных осадков шлам-лигнина с получением сырьевой смеси для изготовления цемента М-400.

Второй технологический процесс заключается в рекуперации зол ТЭЦ и коллоидных осадков шлам-лигнина (карты № 1, 4–6) с получением сырьевой смеси для изготовления цемента М-400.

Третий технологический процесс заключается в рекуперации α - Al_2O_3 из коллоидных осадков шлам-лигнина карт № 2, 3, 8–10.

Таким образом, предложена экологически безопасная технология переработки накопленных коллоидных осадков шлам-лигнина ОАО «БЦБК», что позволит не только сократить технико-экономические затраты, но и повысить социально-экологическую безопасность проекта с ожидаемым экологическим эффектом от ликвидации накопленных отходов прошлых лет, согласно методике расчета предотвращенного экологического ущерба, в размере 17,7 млрд руб. Автор считает, что разработанная экологически безопасная технология может быть реализована при переработке аналогичных коллоидных осадков шлам-лигнина ОАО «Селенгинский ЦКК» (Республика Бурятия).

Главным достоинством рецензируемой работы является выдвинутый автором и подтвержденный результатами подход к переработке отходов ЦБП

Общее заключение автора по выполненной работе в форме 6 общих выводов приведено на страницах **(с.115-116)** и содержат обобщение результатов диссертации в целом. Общие выводы диссертационной работы Шатровой Анастасии Сергеевны представляются вполне обоснованными по представленным в предыдущих главах экспериментальным результатам.

В библиографическом списке, состоящем из 126 наименований, из них монографий 23 (21 отечественная и 2 на английском языке), 29 статей (26 и 3 соответственно), 3 тезисов докладов на английском языке, 1 патент (свой) и еще 5 российских, 1 кандидатская диссертация, 13 ГОСТов и 1 ТУ, 2 ссылки на электронный ресурс из интернета, а также специфические источники информации, такие как ПНД – перечни нормативных документов – 25, Государственные доклады о состоянии озера Байкал и мерах по его охране в 2004 и 2015 гг и Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области в 2009 и в 2016 году, Постановления

правительства, указы президента, Законы РФ и приказы министерства – 8, справочники – 2, учебные пособия – 2, государственный отчет – 3, отчеты по НИР – 3. Спектр публикаций от 1956 г. до 2018 г.

Замечания

Первоначально хочется отметить, что представленная на рецензию диссертационная работа корректно выполнена и все разделы работы, как химическая аналитическая, так и технологическая практически не имеют существенных изъянов и недостатков. Положительные результаты опытно-промышленных испытаний являются тому подтверждением. Необходимо добавить, что направленность работы весьма специфическая – экологическая, что требовало от автора привлечения многих смежных отраслей знаний, на первый взгляд, не связанных с химией и технологией переработки древесины. Однако, решая острейшую проблему устранения последствий деятельности предприятий ЦБП, автор смогла предложить и обосновать свой подход к решению поставленных задач и в результате предложила вполне реальную схему целенаправленной переработки отходов деятельности предприятий ЦБП. И не беда автора в том, что ценными компонентами отходов, которые можно утилизировать, являются не компоненты древесного комплекса, а реагенты, используемые в производстве и очистке сточных вод.

По содержанию и оформлению диссертационной работы Шатровой Анастасии Сергеевны возникли следующие вопросы, которые скорее можно рассматривать как рекомендации, альтернативные авторским, по теме работы:

1. Известно, что общей проблемой для таких моногородов как Байкальск является обобщенная схема очистки сточных вод промышленного и хозяйственно-бытового происхождения. Как отражается на составе осадков в картах-накопителях присутствие в общей схеме очистки непромышленных сточных вод.
2. Почему при исследовании флокулянтов их круг был таким ограниченным? Почему не использовали другие высокоэффективные флокулянты, например, типа «Санфлок», применявшийся и на БЦБК для очистки лигнинсодержащих сточных вод?
3. Хочу возразить против того, что на территории промплощадки БЦБК в качестве загрязняющих веществ определены лигносульфонаты – стр.113 дисс., - способ производства целлюлозы на БЦБК другой – сульфатный, а не сульфитный.

При общем высоком уровне оформления (дизайн диссертации производит хорошее впечатление) не удалось избежать досадных описок и опечаток (стр. 5, 14, 15, 58, 63, 67, 90).

Публикации, автореферат

Основные научные и практические положения диссертации достаточно полно отражены в 11 публикациях, в том числе 3 статья списка ВАК, тезисах и материалах докладов на международных и российских научных

конференциях.

Автореферат, как по своей структуре, так и по сути изложения материала вполне адекватно соответствует содержанию диссертации и отвечает требованиям о порядке присвоения ученых степеней и званий.

Заключение

Представленная на рецензию диссертационная работа несомненно нова, актуальна и практически полезна. Эта работа является одним из немногих удачных вариантов решения проблемы утилизации многотонных отходов шлам-лигнина, накопленных в картах-накопителях в виде гетерогенных коллоидных многокомпонентных осадков веществ различной природы. Автором показана не только возможность утилизации отходов деятельности предприятий по химической переработке древесины, но и, исходя из изученных свойств этих отходов, предложен достаточно эффективный путь их переработки не просто методом выделения, перемещения и захоронения этих отходов, но и целенаправленной переработки этих шламовых отходов в полезные продукты. Естественно, что работа такой направленности, особенно в бассейне озера Байкал, при ее реализации принесет колоссальный экологический эффект, исчисляемый даже не миллионами, а миллиардами рублей.

Рецензируемая работа отличается особой специфичностью, широким использованием разнообразных разделов химии – химии древесины, органической, неорганической, физической и коллоидной химии, кристаллохимии, структурной химии, процессов и аппаратов химической технологии - и смежных наук – биологии, экологии и др., а также широким применением современных методов исследования: ИК-спектроскопии, рентгеновского анализа, хроматографии, математической обработки результатов эксперимента, что позволило определить оптимальные параметры как обработки таких малотехнологичных коллоидных осадков шламов, так и технологических процессов их целенаправленной переработки с получением нового качественного продукта.

В целом, диссертация представляет собой законченную работу, содержит значительное количество иллюстративного материала и таблиц, достаточную библиографию по исследуемой проблеме.

Оценивая рецензируемую работу в общем и целом, можно заключить, что она весьма актуальна, положения и выводы диссертации обоснованы, соответствует современному уровню науки и техники, результаты ее достоверны. Очевиден большой личный вклад автора при постановке задач исследования, получении экспериментальных данных и разработке общих выводов. Отмеченные недочеты не снижают общей высокой оценки рецензируемой работы.

Рецензируемая работа полностью соответствует критериям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым к диссертациям на

соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.21.03 - "Технология и оборудование химической переработки биомассы дерева; химия древесины", а ее автор Шатрова Анастасия Сергеевна, безусловно, заслуживает присуждения искомой ученой степени кандидата технических наук.

Официальный оппонент

Гоготов Алексей Федорович – доктор химических наук по специальности 05.21.03 – Технология и оборудование химической переработки биомассы дерева; химия древесины, профессор; старший научный сотрудник лаборатории химии древесины ИрИХ СО РАН



/Гоготов А.Ф./

тел. рецензента: +79021775743 +79149587062, e-mail: alfgoga@mail.ru



Подпись Гоготова Алексея Федоровича

заверяю
должность

начальник кадрово-
правового отдела

И.О. Фамилия

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Иркутский институт химии» Сибирского отделения Российской академии наук (ИрИХ СО РАН)

Адрес организации: 664033, г. Иркутск, ул. Фаворского, 1

тел.: (3952) 41-81-40, e-mail: irk_inst_chem@irioch.irk.ru; <http://www.irkinstchem.ru>

27.11.2018