

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

**«Пермский национальный исследовательский политехнический
университет»**

**Заключение диссертационного совета Д ПНИПУ.05.12
по диссертации Ардуановой Анны Михайловны
на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

Диссертация «Разработка способов утилизации жидких отходов целлюлозно-бумажных производств» по специальности 1.5.15 – Экология принята к защите 25 сентября 2024 г. (протокол заседания № 2) диссертационным советом Д ПНИПУ.05.12, созданным по приказу ректора Пермского национального исследовательского политехнического университета от 27 января 2022 г. № 5-О в рамках реализации предоставленных ПНИПУ прав, предусмотренных абзацами вторым – четвертым пункта 3.1 статьи 4 Федерального закона от 23 августа 1996 г. N 127-ФЗ «О науке и государственной научно-технической политике» на основании распоряжения Правительства Российской Федерации от 23 августа 2017 г. N 1792-р.

Диссертация выполнена на кафедре «Охрана окружающей среды» в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель - доктор технических наук, профессор Глушанкова Ирина Самуиловна, профессор кафедры «Охрана окружающей среды» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Официальные оппоненты:

Николаева Лариса Андреевна, доктор технических наук, профессор (03.02.08 – Экология в химии и нефтехимии), профессор, заведующая кафедрой «Инженерная экология и безопасность труда» ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации;

Смятская Юлия Александровна, кандидат технических наук (03.02.08



Экология в химии и нефтехимии), доцент Высшей школы биотехнологий и пищевых производств ФГАОУ ВО «Санкт-петербургский политехнический университет Петра Великого» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации,

дали *положительные* отзывы диссертации.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский государственный лесотехнический университет» г. Екатеринбург. Отзыв ведущей организации утвержден проректором по научной работе и инновационной деятельности ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет» доктором биологических наук, профессором Фоминым Валерием Владимировичем, рассмотрен на расширенном заседании кафедр химико-технологического института ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»: кафедры технологий целлюлозно-бумажных производств и переработки полимеров, кафедры химической технологии древесины, биотехнологии и наноматериалов, кафедры физико-химической технологии защиты биосферы (протокол № 1 от 24.10.2024 г.).

Отзыв составлен доктором химических наук, директором химико-технологического института, профессором кафедры физико-химической технологии защиты биосферы Первой Инной Геннадьевной, подписан заведующим кафедрой технологий целлюлозно-бумажных производств и переработки полимеров, кандидатом технических наук, доцентом Савиновских Андреем Викторовичем; и.о. заведующего кафедрой химической технологии древесины, биотехнологии и наноматериалов, кандидатом технических наук, доцентом Гиндулиным Ильдаром Касимовичем; заведующим кафедрой физико-химической технологии защиты биосферы, кандидатом химических наук, доцентом Горбатенко Юлией Анатольевной.

В отзыве указано, что диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой предложено научно обоснованное решение задачи по повышению экологической безопасности предприятий целлюлозно-бумажных отрасли за счет глубокого обезвреживания промывных сточных вод сульфит-целлюлозного производства и утилизации упаренного щелока, что в свою очередь вносит вклад в развитие теории и практики применения физико-химических методов переработки компонентов растительного сырья, а ее автор Ардуанова Анна Михайловна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.5.15 - Экология.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обоснован их



научными достижениями в области обращения со сточными водами и получения углеродных сорбентов, которые по предметной области соответствуют направлению диссертационного исследования соискателя; наличием достаточной квалификации для оценки научной и практической значимости, обоснованности и достоверности полученных выводов.

По теме диссертации соискателем опубликовано 7 научных трудов, в том числе основные результаты представлены в 4 статьях в журналах, включенных в перечень ведущих рецензируемых научных изданий, в том числе 3 - в изданиях, индексируемых в международных реферативных базах: Scopus, Chemical Abstracts, GeoRef. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем научных трудах. Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Ардуанова А.М. Выбор коагулянтов и флокулянтов для локальной очистки сточных вод целлюлозно-бумажного производства / Ардуанова А.М., Глушанкова И.С. // Водоснабжение и санитарная техника. -- 2022. -- № 5. -- С.14-20 (0,75 п. л., авт. 0,4 п. л.) (Chemical Abstracts Service, ВАК).

Представлены результаты исследований по реагентной очистке сточных вод целлюлозно-бумажного производства от лигносульфонатов, взвешенных веществ и серосодержащих соединений с использованием коагулянтов (сульфат алюминия (III), сульфат железа (II, III)) и флокулянтов серий Праестол и РусФлок. Показано, что наиболее эффективно очистка сточных вод протекает в присутствии коагулянта – сульфат железа (II) и катионного флокулянта марки «Праестол-810». На основании проведенных исследований обоснован выбор эффективных реагентов и параметров проведения процесса.

2. Ардуанова А.М. Разработка способа локальной очистки сточных вод от лигносульфонатов методом напорной флотации / Ардуанова А.М., Глушанкова И.С. // Экология и промышленность России.– 2023. – №7. – С. 18 - 23 (0,81 п.л., авт. 0,41 п.л.) (Scopus, GeoRef, ВАК).

Представлены результаты исследований по очистке сточных вод, содержащих лигносульфонаты, методом реагентной напорной флотации и сорбции на активных углях. Определены закономерности процесса флотации и установлены условия его проведения. Обоснован выбор марки активного угля, применяемого для глубокой доочистки сточных вод. На основании проведенных исследований соискателем разработаны технические решения по локальной очистке сточных вод от лигносульфонатов с применением радиального много-секционного флотофилтра.

3. Ардуанова А.М. Разработка способа получения углеродных сорбентов термохимическим пиролизом жидких отходов производства

целлюлозы / Ардуанова А.М., Глушанкова И.С. // Водоснабжение и санитарная техника. 2024. - № 8. С. 13-20 (0,8 п. л., авт. 0,5 п. л.) (Chemical Abstracts Service, ВАК).

В работе представлены результаты исследования по переработке упаренных целюков производства целлюлозы сульфитным методом с получением углеродного сорбента методом термохимического пиролиза в присутствии гидроксида калия. Показано, что разработанный способ позволяет в одну стадию получать углеродные сорбенты по свойствам сопоставимые с промышленными марками активных углей на древесной основе – БАУ (березовый активный уголь). Показаны результаты исследования по адсорбционной доочистке стоков целлюлозно-бумажного производства от лигносульфонатов на полученных образцах углеродных сорбентов и обоснована возможность их применения для этих целей.

На диссертацию и автореферат поступило 10 отзывов, все отзывы положительные: **Степанова Светлана Владимировна** доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Инженерная экология» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет»; **Богданов Андрей Викторович** доктор технических наук, профессор кафедры «Обогащение полезных ископаемых и охрана окружающей среды имени С.Б. Леонова», Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Иркутский национальный исследовательский технический университет», **Шатрова Анастасия Сергеевна** кандидат технических наук, научный сотрудник лаборатории экологического мониторинга природных и техногенных сред Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Иркутский национальный исследовательский технический университет», **Таранцева Клара Рустемовна** доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой «Биотехнология и техносферная безопасность» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Пензенский государственный технологический университет»; **Пикифорова Татьяна Евгеньевна** доктор химических наук, профессор кафедры «Технология пищевых продуктов и биотехнология» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ивановский государственный химико-технологический университет»; **Куликова Юлия Владимировна** кандидат технических наук, научный сотрудник Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта»; **Кручинина Наталья Евгеньевна**

доктор технических наук, зав. кафедрой «Промышленная экология» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет им. Менделеева», **Кузин Евгений Николаевич** кандидат технических наук, доцент кафедры «Промышленная экология» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет им. Менделеева»; **Свергузова Светлана Васильевна** доктор технических наук, профессор кафедры «Промышленная экология» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Белгородский государственный технологический университет»; **Бойкова Татьяна Евгеньевна** кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология металлов и машиностроения» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова»; **Белоусова Вита Юрьевна** кандидат технических наук, доцент Высшей школы гидротехнического и энергетического строительства Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»; **Корнилов Андрей Геннадьевич** доктор географических наук, зав. кафедрой «География, геоэкология и безопасность жизнедеятельности» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Белгородский государственный национальный исследовательский университет».

В отзывах дана высокая оценка научного уровня диссертации Ардуановой Анны Михайловны, ее теоретической и практической значимости. Отмечено, что диссертационная работа полностью удовлетворяет требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям по специальности 1.5.15 - Экология, а её автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

проведен анализ воздействия целлюлозно-бумажных предприятий на объекты гидросферы по данным государственной сети наблюдений мониторинга окружающей среды (Пермского ЦГМС);

научно-обоснованы методы очистки промывных сточных вод производства целлюлозы сульфитным способом от лигносульфонатов, серосодержащих соединений и способы переработки отработанных целюков с получением углеродных сорбентов;



обоснованы

- выбор пары коагулянт - флокулянт (коагулянт сульфат железа (II) и флокулянты катионного типа «Праестол -810» и «РусФлок-504») для локальной очистки промывных сточных вод производства сульфитной целлюлозы от лигносульфонатов и серосодержащих соединений;

- условия проведения процесса термохимического пиролиза упаренных щелоков с получением микропористых углеродных сорбентов (скорость нагрева - 10 °С/мин, температура пиролиза 800 °С и соотношение КОН:ЖЛС 1:10);

установлены закономерности процессов очистки промывных сточных вод с использованием коагуляции, флокуляции и напорной реагентной флотации;

на основании установленной зависимости электро-кинетического потенциала промывных сточных вод, представляющих собой коллоидную систему, от рН **обоснован** выбор этой величины для очистки воды, методом пробного коагулирования определены оптимальные дозы реагентов;

показано, что применение метода реагентной напорной флотации позволяет в два раза снизить дозу реагента – железного купороса;

доказана возможность получения углеродных сорбентов из упаренных щелоков методом термохимического пиролиза в присутствии гидроксида калия в одну стадию и использование их для глубокой очистки сточных вод от лигносульфонатов;

разработаны функциональная модель процесса получения углеродного сорбента из лигнинсодержащих отходов и технические решения по локальной очистке промывных сточных вод производства сульфитной целлюлозы от лигносульфонатов и серосодержащих соединений.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

изучено влияние дозы реагентов, скорости подачи водо-воздушной смеси, размера воздушного пузырька на эффективность очистки промывных сточных вод и **обоснованы** оптимальные параметры проведения процесса;

изучены физико-химические, химические и термические методы анализа, позволяющие получить достоверные данные по составу и свойствам жидких отходов при получении сульфитной целлюлозы: промывных вод и отработанных щелоков, условия проведения процессов их обезвреживания и утилизации, состава и свойств образующихся продуктов на их основе;

изучено влияние рН среды, температуры, дозы щелочных реагентов (NaOH, КОН и CaO) на кинетику процесса сушки упаренных щелоков, влияние температуры и дозы гидроксида калия на формирование пористой структуры образцов углеродных сорбентов;

установлены технологические параметры способа получения углеродного сорбента в присутствии активатора гидроксида калия.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработан способ комплексной локальной очистки промывных сточных вод производства целлюлозы от взвешенных веществ, лигнин- и серосодержащих соединений;

разработан способ переработки упаренных щелоков с получением углеродных сорбентов;

результаты проведенных исследований по локальной очистке промывных сточных вод **апробированы** на ООО «Прикамский картон» (г. Пермь);

определены перспективы практического использования разработанных способов утилизации жидких отходов целлюлозно-бумажного комплекса, обеспечивающие снижение негативного воздействия целлюлозно-бумажной промышленности на объекты гидросферы;

представленные результаты могут быть использованы в целлюлозно-бумажной промышленности как комплексная схема утилизации и обезвреживания жидких лигнинсодержащих отходов.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

экспериментальные работы проводились в лабораторных условиях с применением современных общепринятых стандартных методов исследования и аттестованных приборов, позволивших получить точные и воспроизводимые данные;

идея базируется на анализе и обобщении отечественного и зарубежного опыта по очистке сточных вод целлюлозно-бумажных производств, и термической утилизации растительных отходов и биомассы;

установлено, что результаты лабораторных исследований, полученные автором, согласуются с данными, представленными в современной научной литературе.

Личный вклад соискателя состоит в анализе литературных данных, в постановке цели и задач диссертации, в разработке методик и проведении экспериментальных исследований, систематизации и статистической обработке полученных результатов, формулировке основных положений выносимых на защиту, определяющих научную новизну и практическую значимость работы, в формулировке выводов и подготовке публикаций по материалам диссертации.

Доказана возможность применения метода напорной реагентной флотации для очистки лигнинсодержащих сточных вод.

Диссертационный совет пришел к выводам о том, что: диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, которая соответствует

критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, и Порядком присуждения ученых степеней в ПНИПУ, утвержденным приказом ректора ПНИПУ от 28.05.2024 № 27-О: в работе изложены и научно обоснованы технологические решения по обращению с производственными отходами целлюлозно-бумажной промышленности, в частности, разработаны способы утилизации и обезвреживания жидких отходов сульфитного производства, имеющих важное значение для снижения экологической нагрузки на объекты гидросферы.

На заседании 5 декабря 2024 г. диссертационный совет Д ПНИПУ.05.12 принял решение присудить Ардуановой Анне Михайловне ученую степень кандидата технических наук (протокол № 9 от 5 декабря 2024 г.).

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 5 докторов наук по специальности защищаемой диссертации, участвовавших в заседании, из 21 человека, входящих в состав совета, проголосовал: за присуждение ученой степени — 17, против присуждения ученой степени — 0, воздержавшихся - 0.

Председатель диссертационного совета Д ПНИПУ.05.12,
доктор технических наук, проф.

Рудакова Л.В.

Ученый секретарь диссертационного совета Д ПНИПУ.05.12,
кандидат технических наук

Калинина Е.В.

« 9 » декабря 2024 г.

