

## **ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ**

доктора технического наук, профессора

Глушанковой И.С. на диссертационную работу Анны Михайловны Ардуановой на тему: «РАЗРАБОТКА СПОСОБОВ УТИЛИЗАЦИИ ЖИДКИХ ОТХОДОВ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНЫХ ПРОИЗВОДСТВ», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.5.15 – «Экология»

Ардуанова А.М. в 2019 году окончила с отличием ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» с присвоением степени магистра по направлению «Техносферная безопасность». С 01 октября 2019 г. по 30 сентября 2023 года Ардуанова Анна Михайловна обучалась в аспирантуре очной формы обучения на кафедре «Охрана окружающей среды» ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» по направлению 19.06.01 «Промышленная экология и биотехнологии», которую успешно закончила в 2023 году.

В настоящее время работает старшим преподавателем кафедры «Охрана окружающей среды», проводит практические занятия для студентов по дисциплинам «Экология», «Химия и технология очистки воды», «Физико-химические методы защиты окружающей среды» и «Водоснабжение и водоподготовка».

Работа А.М. Ардуановой посвящена решению актуальной экологической и технологической проблемы – утилизации и переработке жидких отходов производства целлюлозы сульфитным методом.

К жидким отходам производства целлюлозы сульфитным способом относятся отработанные варочные щелока и сточные воды, образующиеся при промывке целлюлозы, которые содержат биорезистентные примеси – лигносульфонаты (ЛС) и одоранты - серосодержащие соединения - меркаптаны и сероводород.

Поступление жидких отходов, лигносульфонатов на биологические очистные сооружения значительно снижает эффективность очистки и оказывает негативное воздействие на объекты гидросферы.

Разработка способов локальной очистки сточных вод производства целлюлозы и утилизация отработанных щелоков с получением материалов с добавленной стоимостью является актуальной экологической и технологической задачей.

Отработанные щелока на предприятиях целлюлозно-бумажного комплекса подвергаются упариванию или сушке с получением технических лигносульфонатов и находят применение в ряде областей: в качестве вяжущих добавок, реагентов для буровых растворов, связующего компонента в производстве композиционных материалов, вяжущих веществ для топливных брикетов и др. Несмотря на возможность получения из ЛСТ целого ряда продуктов, в России в основном используют не более 10 - 15 %

образующихся лигносульфонатов. Связано это с тем, что качество ЛСТ часто не отвечает заданным требованиям к продукту, а также объемы их образования значительно превышают спрос, что приводит к формированию техногенных накоплений лигносульфонатов в окружающей среде и сопровождается длительным негативным воздействием на объекты окружающей среды, эмиссиями парниковых газов. Вовлечение отходов в ресурсные и энергетические циклы с использованием способов рекуперации энергии и консервации углерода является актуальной проблемой.

В работе автором предложены следующие подходы к решению проблемы:

1. Разработка способов локальной очистки промывных сточных вод от лигносульфонатов и серосодержащих соединений с использованием методов коагуляции, флокуляции, реагентной напорной флотации с адсорбционной доочисткой.

2. Термохимическая обработка упаренных щелоков с получением сорбционных углеродных материалов.

А.М. Ардуановой изучены известные методы и технологии очистки лигнинсодержащих сточных вод, способы переработки и утилизации сульфитных щелоков и лигносульфонатов.

Проведенные экспериментальные исследования по очистке сточных вод с использованием ряда промышленных коагулянтов – глинозем, сульфаты железа (II, III), отечественных и импортных флокулянтов серий «Праестол» и «РусФлок», выявленные факторы, влияющие на процесс, позволили автору обосновать выбор пары коагулянт-флокулянт для локальной очистки сточных вод производства целлюлозы и определить оптимальные условия проведения процесса.

Доказана возможность применения метода напорной реагентной флотации для очистки лигнинсодержащих сточных вод, установлены закономерности процесса реагентной флотационной очистки лигнинсодержащих сточных вод и основные факторы, влияющие на эффективность процесса: скорость подачи водовоздушной смеси, давление, размер воздушного пузырька, время контакта, оптимальные условия очистки сточных вод от лигносульфонатов методом реагентной напорной флотации: рН = 9 размер пузырька воздуха не более 30 мкм, доза коагулянта 150 мг/дм<sup>3</sup>, длительность обработки - 15 мин.

В работе большое внимание уделено получению сорбционных углеродных сорбентов из упаренных щелоков. Особенностью щелоков является содержание в них редуцирующих соединений – сахаров, карбоновых кислот и термообработке они подвергаются карамелизации, что значительно усложняет процесс переработки. Исследование процессов реагентной сушки позволило определить условия, позволяющие в два раза увеличить скорость процесса, разработан способ термохимического пиролиза упаренных щелоков получением углеродных сорбентов.

Работа обладает научной новизной и практической значимостью.

1. Установлены закономерности процесса реагентной флотационной очистки лигнинсодержащих промывных сточных вод с использованием флотаторов напорного типа и основные факторы, влияющие на эффективность процесса: скорость подачи водовоздушной смеси, давление, размер воздушного пузырька, время контакта. Обоснованы оптимальные условия очистки от лигносульфонатов методом реагентной напорной флотации: рН=9, размер пузырька воздуха не более 30 мкм, доза коагулянта 150 мг/дм<sup>3</sup>, длительность обработки - 15 мин.

2. Впервые предложен способ термохимической утилизации жидких лигносульфонатов с получением микропористого углеродного сорбента, заключающийся в обработке упаренных щелоков гидроксидом калия в соотношении ЛС: КОН = 10:1, гранулировании методом окатывания и термоборботке гранул при температуре 800 °С в течение 60 минут. Полученные образцы по сорбционным свойствам сопоставимы с известными промышленными марками АУ, полученными из растительного сырья (БАУ и АГ-3).

3. Доказана возможность использования полученных образцов углеродных сорбентов для глубокой очистки сточных вод от лигносульфонатов. Установлены закономерности процесса извлечения лигносульфонатов; изотерма адсорбции ЛС аппроксимируется уравнением Ленгмюра.

Обоснованность и достоверность полученных результатов подтверждается применением современных методов анализа и обработки результатов исследований, удовлетворительной сходимостью полученных результатов экспериментальных исследований.

Ардуанова А.М. начала заниматься научно-исследовательской работой на кафедре студенткой с третьего курса бакалавриата. В период выполнения работы зарекомендовала себя как думающий, самостоятельный исследователь, умеющий достигать поставленные цели, способный к работе на аналитическом и лабораторном оборудовании, ею показаны умения и навыки проведения исследовательских работ, обобщения и анализа полученных результатов.

Ардуанова А.М. принимала активное участие в выполнении научно-исследовательских работ кафедры, являлась сотрудником лаборатории рационального природопользования и природоподобных технологий.

Ардуанова А.М. активно участвовала в конференциях различного уровня. По материалам диссертационного исследования опубликовано 7 печатных работ, из них 4 статьи в журналах, включенных в перечень ведущих рецензируемых научных изданий, в том числе 3 - в изданиях, индексируемых в международных реферативных базах: Scopus, Chemical Abstracts, GeoRef.

Разработанные технические решения по локальной очистке сточных вод от лигносульфонатов апробированы на ООО «Прикамский картон» (г. Пермь).

Считаю, что работа Ардуановой А.М. «Разработка способов утилизации жидких отходов целлюлозно-бумажных производств» представляет собой законченную научно-исследовательскую работу, соответствует требованиям «Положения о присуждении ученых степеней» Постановления Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г. (в редакции от 25.01.2024), а ее автор, заслуживает присуждения степени кандидата технических наук по специальности 1.5.15 – «Экология».

Научный руководитель:

Доктор технических наук, профессор, (05.23.04), профессор кафедры «Охрана окружающей среды» ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет».

Адрес: 614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, тел.: 7 (342) 2-391-482

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 г. Глушанкова Ирина Самуиловна

Я, Глушанкова Ирина Самуиловна, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Ардуановой Анны Михайловны, и их дальнейшую обработку.

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 г. Глушанкова Ирина Самуиловна

«Подпись проф. Глушанковой И.С. заверяю»:

Ученый секретарь Ученого совета

ФГАОУ ВО «ПНИПУ»

к.и.н. доцент

Макаревич Владимир Иванович

