

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу Аджигитовой Айгуль Айдаровны
на тему: «Очистка сточных вод промышленных предприятий от ионов меди
сорбентом на основе растительных отходов»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по
специальности 1.5.15. Экология

Диссертационная работа Аджигитовой Айгуль Айдаровны посвящена рациональному использованию и утилизации растительных отходов путем производства сорбционных материалов для инженерной защиты водных ресурсов от антропогенного воздействия.

Актуальность темы исследования не вызовет сомнения, так как ежегодно образующееся количество растительных отходов способствует загрязнению литосферы, атмосферы, гидросферы в результате их хранения с нарушением санитарно-гигиенических норм, несвоевременного вывоза и утилизации. Автором предложено решение проблемы путем переработки их в сорбенты для очистки вод, содержащих ионы тяжелых металлов, путем предварительной термической обработки.

В качестве **научной новизны** следует отметить то, что автором доказана возможность применения золы от сжигания растительных отходов (фрукты, зелень и овощи) при температуре 500 °С в качестве адсорбента ионов меди путем предварительного перемешивания со связующим жидким натриевым стеклом в соотношении 2:1 и последующего гранулирования.

Степень обоснованности и достоверности. Достоверность результатов диссертационного исследования подтверждается достаточным количеством наблюдений, современными методами исследования, которые соответствуют цели работы и поставленным задачам. Сформулированные в тексте диссертации научные положения, выводы и практические рекомендации основаны на фактических данных, продемонстрированных в приведенных таблицах и рисунках. Статистический анализ и интерпретация полученных результатов проведены с использованием современных методов обработки информации и статистического анализа.

Теоретическая значимость работы. Впервые определен состав золы, полученной при сжигании растительных отходов. Исследование ее физико-химических характеристик позволило рекомендовать ее в качестве адсорбента ионов меди из водных растворов. Разработана технология замкнутого цикла утилизации накопленных растительных отходов (овощи, зелень и фрукты) с использованием продуктов, полученных при термическом воздействии, в качестве

адсорбентов для доочистки вод от ионов меди, а также отработанных материалов в качестве катализатора при сжигании топлива.

Новыми достижениями автора, **особенно с практической точки зрения**, является то, что разработана технология получения адсорбента на основе золы растительных отходов, усовершенствована принципиальная технологическая схема очистки сточных вод компании ООО «ЕЛТОНС» от катионов меди путем добавления блока доочистки гранулированным сорбционным материалом. ФГУН «Всероссийский научно-исследовательский институт автоматики им. Н.Л. Духова» рекомендовано применение отработанного сорбента в качестве катализатора при сжигании топлива.

Структура и объем работы. Диссертационная работа включает в себя 5 глав: литературный обзор, методологическую часть, главы, посвященные описанию результатов и их обсуждению, разработке технических решений по способам производства и применения альтернативного сорбента из золы растительных отходов, включающая в себя технико-экономическую часть, и приложения.

Введение имеет необходимые структурные компонент этого раздела: актуальность, цель, основные задачи, положения, выносимые на защиты, характеризуется степень новизны полученных результатов, теоретическая и практическая значимость, апробация результатов и т.д.

В **первой главе** представлены данные о методах очистки вод от ионов тяжелых металлов, а также изучена проблема образования растительных отходов (фруктов и овощей), способах их утилизации.

Во **второй главе** описаны объекты (отходы компании ООО «Интерфрут»), представлены утвержденные методики по определению показателей воды, а также основных адсорбционных характеристик, перечислены использованные инструментальные методы анализа. Описание методов исследования дано с достаточной степенью подробности для того, чтобы результаты могли быть независимо воспроизведены.

В **третьей главе** изложены основные результаты работы. Первоначально автором дана характеристика сточных вод ООО «ЕЛТОНС» (Республика Татарстан, г. Елабуга). Показано превышение содержания ионов меди в очищенной воде.

Далее автор делает акцент на описание характеристик твердых отходов органического растительного происхождения (овощи, фрукты, зелень), потерявшие потребительские свойства. У предварительно высушенных и измельченных отходов определен элементный состав, технологические характеристики, а также теплота сгорания, значение которой позволит использовать пищевые отходы в качестве вторичного энергетического ресурса.

Согласно инженерно-техническому справочнику по наилучшим доступным технологиям ИТС 9-2020 «Утилизация и обезвреживание отходов термическими методами» подобран паровой котел ДКВр-10-13С. Определено, что при сжигании 1 кг растительных отходов необходимо $6,38 \text{ м}^3$ воздуха, при этом в атмосферу будет выброшено $5,23 \text{ м}^3/\text{с}$ дымовых газов.

Автором получено два адсорбента:

1) С1 (зола растительных отходов) – влажность 3 %, насыпная плотность $329 \text{ кг}/\text{м}^3$, удельная поверхность – $140 \text{ м}^2/\text{г}$, водопоглощение – 23 %, суммарный объем пор – $0,8 \text{ м}^3/\text{г}$;

2) гранулированный С2 (С1:жидкое натриевое стекло = 2:1 при температуре 500°C) – влажность 3 %, насыпная плотность $665 \text{ кг}/\text{м}^3$, удельная поверхность – $158 \text{ м}^2/\text{г}$, водопоглощение – 23 %, суммарный объем пор – $0,91 \text{ м}^3/\text{г}$.

Для расчета и рекомендации к внедрению установок для очистки модельных и сточных вод необходимы изотерма сорбции, константа адсорбции и требуемая степень очистки.

Аджигитовой А.А. исследован процесс адсорбции сорбентом С1 в статическом режиме. Исходя из рассчитанного значения энергии активации $5,36 \text{ кДж}/\text{моль}$, автором обоснована физическая природа процесса. Далее автором исследована сорбция ионов меди из водных раствором образца С2 в динамических условиях.

В четвертой главе автором осуществлен выбор технологии очистки сточных вод компании ООО «ЕЛТОНС» и расчет основного оборудования с загрузкой из разработанных сорбционных материалов. Аджигитовой А.А. приведен расчет различных схем работы адсорберов: при применении сорбента С1 (аппарат с мешалкой) в статических условиях трехступенчатой противоточной при расходе – 6,98 т, при использовании С2 в качестве фильтрующей загрузки в динамических условиях – 1939,14 т. Акт с положительными рекомендациями к внедрению от ООО «ЕЛТОНС» представлен в Приложении.

Кроме того, автором даны рекомендации по применению отработанного сорбента, содержащего ионы меди, в качестве эффективного катализатора топливного угля. Последнее подтверждено актом об использовании результатов диссертационной работы Аджигитовой А.А. от ФГУН «Всероссийский научно-исследовательский институт автоматики им. Н.Л. Духова».

В пятой главе представлены результаты расчетов:

- себестоимости изготовления сорбентов: С2 – 13,9 тыс. руб./т., С1 6,2 тыс.руб./т. В качестве сравнения приведен АУ марки ДАК;

- себестоимость очистки сточных вод предлагаемыми сорбентами (С1 – 35 руб./ м^3 , С2 – 37,4 руб./ м^3 ,

- размер вреда, причиненный в результате загрязнения почв при складировании растительных отходов 1938,4 тыс. руб.;
- размер вреда, причиненного водным объектам, вследствие сброса сточных вод гальванического производства – 1002 тыс. руб./год;
- экономическая эффективность – 1505 тыс. руб./год.

При ознакомлении с диссертацией возникли следующие замечания и вопросы:

1. Не понятно, из текста диссертации, достаточно ли количества образующихся отходов на ООО «Интерфрут» для производства сорбента в промышленных масштабах, так как из 2,5 кг растительных отходов после стадии высушивания образуется 1,06 кг, а золы – 0,12 кг.

2. Автором не обоснован выбор жидкого натриевого стекла в качестве связующего? За счет чего происходит увеличение удельной поверхности гранул сорбента С2 при введении в С1 жидкого натриевого стекла? Механизм процесса адсорбции сорбентом С2 ионов меди не исследован.

3. Так как к внедрению предлагаются автором оба сорбента, то возникает вопрос об исследовании различных сорбционных и технических характеристик. Почему для сорбента С1 определена только статическая емкость, а для С2 – динамическая и полная обменная емкость? Не определен класс опасности сорбента С2.

4. На рисунке 4.1 (стр. 100-101) не понятно, что относится к нововведению? Почему даны оба блока А и Б? Изображение техсхемы не соответствует требованиям нормативной документации, а также прилагаемым расчетам по количеству необходимого оборудования.

5. При расчете себестоимости готовых продуктов не учтено применение отработанного сорбента в качестве вторичного материального ресурса.

Однако, высказанные замечания не влияют на общее положительное впечатление о работе, выполненной на высоком научном и экспериментальном уровне.

Заключение

Диссертационная работа Аджигитовой А.А. на тему «Очистка сточных вод промышленных предприятий от ионов меди сорбентом на основе растительных отходов» является завершенной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные технологические решения по утилизации растительных отходов в сорбенты для доочистки сточных вод, содержащих ионы меди, имеющие существенное значение для сельскохозяйственной и гальванической отрасли.

Основные положения работы апробированы на научных конференциях различного уровня и изложены в 18 работах, из них 2 – в журналах, входящих в перечень ведущих рецензируемых научных изданий, 1 – изданиях, индексируемых в международных реферативных базах Scopus, Web of science, 15 – в материалах конференций различного уровня.

Автореферат и публикации соискателя полностью отражают содержание диссертации.

Представленная работа по форме и содержанию отвечает требованиям, установленным «Положением о присуждении ученых степеней», утвержденным Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842, предъявляемых к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Аджигитова Айгуль Айдаровна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.5.15. Экология.

Официальный оппонент:

доктор технических наук по
специальности 1.6.21.
Геоэкология, доцент, профессор
кафедры инженерной экологии
федерального государственного
бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Казанский национальный
исследовательский
технологический университет»



Степанова
Светлана
Владимировна

28.11.2024

Организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет»

Структурное подразделение: кафедра «Инженерная экология»

Почтовый адрес: 420015, г. Казань, ул. К. Маркса, д. 68

Телефон: +7 (843) 231-40-77, +7 (960) 045-15-69

Электронный адрес: stepanovasv@corp.kntu.ru, ssvkan@ya.ru

Вход. № 05-8278
«06» 12 2024 г.
подпись 



Степанова С.В.
удостоверяю.
Начальник отдела
производственного делопроизводства
ФГБОУ ВО «КНТУ»

А.Р. Уренцов
«28» 11 2024