

## **ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА**

**Тихомировой Елены Ивановны**, доктора биологических наук, профессора, заведующей кафедрой «Экология и техносферная безопасность» Саратовского государственного технического университет имени Гагарина Ю.А. на диссертационную работу **Святченко Анастасии Владимировны** «Очистка поликомпонентных сточных вод с использованием реагентов на основе лигноцеллюлозных отходов и пыли электродуговых сталеплавильных печей», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.5.15. Экология

### **Актуальность темы исследования**

В настоящее время активно развивается направление исследований по изучению эффективности и обоснованию применения переработанных отходов производства и потребления в качестве вторичного сырья для создания сорбентов и фильтрующих систем для очистки сточных вод, в том числе производственных вод сложного состава. Несмотря на большое количество разработанных способов, методов и материалов для очистки таких сточных вод, поиск современных, экологически эффективных и экономически целесообразных сорбционных материалов является важным и востребованным.

Теоретическими и экспериментальными исследованиями российских и зарубежных ученых было установлено, что использование минеральных и органических отходов в качестве вторичного сырья для получения материалов, обладающих коагуляционными и сорбционными свойствами, перспективно для удаления из сточных вод различных поллютантов. При этом можно подобрать практически каждому виду загрязнений соответствующий вариант реагента или сорбента на основе переработанных отходов. В тоже время исследований по обоснованию комплексного применения материалов из отходов на разных этапах водоочистки недостаточно для широкого внедрения в практику.

В этой связи цель диссертационной работы Святченко А.В., заключающаяся в разработке способа снижения экологической нагрузки на водные объекты очисткой поликомпонентных сточных вод, содержащих нефтепродукты, тяжелые металлы и мелковзвешенные вещества, с использованием коагулирующей суспензии, полученной из отхода сталеплавильного производства и сорбента на основе опада листьев каштана, является, безусловно, актуальной.

### **Общая характеристика работы**

Диссертационная работа состоит из введения, 5 глав, заключения, списка литературы, насчитывающего 249 ссылок на работы отечественных и зарубежных авторов, приложений. Текст изложен на 174 страницах компьютерного текста, содержит 62 рисунка и 25 таблиц.

Во **введении** изложена актуальность темы исследования, сформулированы

цели и задачи исследования, а также положения, выносимые на защиту. Автор характеризует научную новизну, теоретическую и практическую значимость работы, ее апробацию, личный вклад в выполнение исследований и количество опубликованных научных работ по теме диссертационной работы.

**В первой главе** «Условия формирования поликомпонентных сточных вод, лигноцеллюлозных отходов и пыли электродуговых сталеплавильных печей» представлен обзор литературы по воздействию сточных вод, содержащих нефтепродукты и ионы тяжелых металлов, на водные объекты, а также влиянию листового опада на окружающую среду. Достаточно обстоятельно рассматриваются условия формирования поликомпонентных сточных вод, необходимость получения новых сорбентов для их очистки. Детально охарактеризовано лигноцеллюлозное сырье для производства сорбционных материалов, и исследования российских научных школ по получению сорбционных материалов для водоочистки на основе растительных отходов. Большое внимание в этой главе автор уделила описанию сорбционных процессов в очистке сточных вод, использованию коагулянтов, а также применению промышленных отходов в очистке сточных вод.

На основании анализа данных литературы Святченко А.В. убедительно показала, что обоснование целесообразности использования природных и промышленных отходов для получения сорбционных материалов и коагулянтов, является актуальной научной задачей, решение которой имеет выраженное практическое значение. Это позволило диссертанту четко определить цель диссертационного исследования и выбор адекватных методов исследования для достижения цели.

**Во второй главе** подробно описаны объекты исследования: реальные сточные воды механического цеха ООО «Гофротара» и автозаправочных станций (г. Белгород), содержащие нефтепродукты, ионы никеля и меди; модельные сточные воды под задачи лабораторных исследований, содержащие мелковзвешенные вещества и краситель «Метиленовый голубой»; пыль электродуговых сталеплавильных печей (ПЭСП) и коагулирующая суспензия на его основе (КС); нативный и термообработанный опад листьев деревьев конского каштана (ОЛК). В качестве модельных загрязнителей НП были использованы: зимнее дизельное топливо (ДТ), индустриальное масло И-20А; нефть Аксеновского месторождения (Самарская область); для имитации мелковзвешенных веществ использовался микрокремнезем ( $\text{SiO}_2$ ) и глина Ястребовского месторождения Белгородской области. Представлены данные рентгенофазового анализа, микрофотографии и описание физико-химических свойств используемой ПЭСП; описаны условия ее модификации для получения КС.

В главе представлен широкий спектр использованных в работе

общепринятых методов лабораторных физико-химических исследований с использованием современного оборудования, в том числе для рентгенофлуоресцентного, рентгенофазового, дериватографического и энергодисперсионного анализа, электронной микроскопии. Результаты статистически обработаны по стандартной методике с определением средней арифметической и интервалов достоверности. Комплекс методических подходов, используемых в работе, соответствует современному уровню исследований и свидетельствует о достаточно высокой квалификации диссертанта.

**Третья глава** посвящена обоснованию условий получения и применения реагентов на основе лигноцеллюлозных отходов и пыли электродуговых сталеплавильных печей. Святченко А.В. была изучена эффективность коагулирующего действия полученной суспензии КС на основе ПЭСП в отношении мелковзвешенных частиц глины и  $\text{SiO}_2$  в условиях присутствия сопутствующих загрязнителей. Проведенные исследования показали, что в условиях поликомпонентных стоков КС вызывает осветление модельных коллоидных систем. Установлено влияние отдельных компонентов стоков на эффективность водоочистки.

На основе ОЛК получены и исследованы образцы сорбционных материалов, описаны протекающие в образцах изменения. Было предположено, что наиболее эффективные результаты очистки СВ будут получены при использовании ОЛК, модифицированного в температурном диапазоне от 250 до 450 °С. При проведении лабораторных исследований была доказана эффективность применения сорбционного материала, полученного из ОЛК при температуре 400 °С, поскольку эффективность очистки при указанной температуре достигает 92 % для ионов никеля и 94 % для ионов меди. Обработка изотермы адсорбции ионов меди на материале ОЛК<sub>400</sub> показала, что протекание адсорбции лучше всего описывается моделью Фрейндлиха ( $R_2=0,9717$ ), что соответствует процессам сорбции на материале, имеющем неодинаковые по величине энергии сорбционные центры. Результаты исследований по очистке нефтесодержащих эмульсий показали хорошую эффективность извлечения загрязнителей при использовании ОЛК<sub>400</sub>. Сравнительный анализ показателей сорбционной емкости по нефти и НП позволил автору сделать вывод, что полученные сорбционные материалы не уступают многим разработанным ранее сорбентам и могут быть рекомендованы к использованию при очистке водных сред.

**В четвертой главе** представлены результаты испытаний разработанных КС и СМ на основе ОЛК<sub>400</sub> при очистке поликомпонентных сточных вод ООО «Гофротара» (г. Белгород), которые подтвердили эффективность применения разработанных материалов, в том числе на 93% по мелковзвешенным веществам.

Данные по применению разработанных КС и СМ очистке стоков АЗС АО «Оскольские дороги» (г. Старый Оскол, Белгородская обл.) и в производственной

лаборатории МУП «Горводоканал» (г. Алексеевка, Белгородская обл.) также показали высокие результаты.

В главе представлена разработанная принципиальная технологическая схема процесса водоочистки поликомпонентных сточных вод, содержащих НП и мелковзвешенные вещества с использованием КС и СМ на основе ОЛК<sub>400</sub>. Предложен способ утилизации отработанного СМ в качестве альтернативного вида топлива в производстве цементного клинкера; показана и доказана потенциальная возможность использования шламов водоочистки при производстве керамического кирпича. Биотестирование водных вытяжек из измельченных керамических изделий показало отсутствие острого и хронического токсического воздействия на стандартные тест-объекты из разных систематических групп: водоросли *Chlorella Vulgaris Beijer*, ракообразные *Daphnia Magna Straus*. Определен размер предотвращенной платы для предприятия при внедрении разработанного способа очистки поликомпонентных сточных вод с использованием КС и СМ на основе ОЛК<sub>400</sub>, который составил 1 319 677 руб./год.

В пятой главе приведены исследования возможности использования СМ на основе ОЛК<sub>400</sub> для обработки жиросодержащих стоков. Убедительно показано, что в присутствии СПАВ очистка идет намного эффективней даже при малых количествах сорбента: 92 % очистки при добавлении 0,6 г СМ и 98 % =- при добавлении 1,5 г. Исследования по интенсификации коагуляционной очистки эмульсий с применением КС в присутствии порошка ОЛК<sub>400</sub> показали, что добавление 0,2 г ОЛК<sub>400</sub> на 100 см<sup>3</sup> интенсифицирует процесс разрушения эмульсий в ходе коагуляционной очистки жиросодержащих вод, позволяя достигнуть 98% эффективности очистки эмульсии с исходной концентрацией 1 г/дм<sup>3</sup>.

В заключении обобщены результаты проведенных репрезентативных исследований, основанные на достоверном фактическом материале, подвергнутом адекватной статистической обработке. Выводы по работе содержательны, соответствуют поставленным задачам и положениям, выносимым на защиту, отражают суть проведенных исследований и являются логическим завершением работы. Следует отметить, что полученные данные могут служить опорным материалом для дальнейших разработок технологических решений по получению разработанных материалов для водоочистки поликомпонентных сточных вод.

В приложениях к работе представлены результаты апробирования полученных результатов исследований в промышленных условиях, свидетельство ноу-хау, акт внедрения в учебный процесс, ТУ на кирпич керамический полусухого прессования на основе глинистого сырья Ястребовского месторождения с добавлением осадка водоочистки

**Степень достоверности результатов** не вызывает сомнений, поскольку обеспечена значительным объемом собранного и качественно обработанного фактического материала, подтверждается использованием современных методов при определении физико-химических свойств объектов исследования. Статистический анализ данных и их интерпретация выполнены с использованием математических методов обработки информации.

**Научная новизна результатов**, представленных в диссертационной работе Святченко А.В., связана с обоснованием способа получения нового сорбционного материала при термической обработке опада листьев каштана и установлением оптимальных технологических параметров (при температуре 400 °С, рН среды 7-9 и установленной температуре – 20 мин) утилизации этого отхода. Новыми являются данные исследования структурных характеристик полученного сорбционного материала и его электроповерхностных свойств, а также установленные зависимости процессов извлечения им нефтепродуктов, ионов меди и никеля из сточных вод от температуры обжига ОЛК и дозы добавленного сорбционного материала. Впервые для повышения эффективности обработки поликомпонентных сточных вод на первом этапе предложено извлекать мелковзвешенные вещества коагулянтом, полученным из пыли электродуговых сталеплавильных печей (ПЭСП), на втором этапе – сорбировать нефтепродукты, ионы меди и никеля термообработанным ОЛК. Экспериментально доказана высокая эффективность очистки сточных вод (85-93 %) от мелковзвешенных и окрашенных примесей с использованием полученной коагулирующей суспензии. Обоснована возможность утилизации отработанного сорбента и коагулянта (шлама) в качестве выгорающей и упрочняющей добавки в производстве керамических изделий строительного назначения; установлены условия проведения процесса получения керамических изделий и доказана их экологическая безопасность методом биотестирования.

**Теоретическая значимость работы** заключается в получении новых научных данных, вносящих существенный вклад в развитие фундаментальных и прикладных аспектов промышленной экологии, связанных с реализацией принципов минимизации воздействия промышленного производства на окружающую среду, рационального природопользования и экономики замкнутого типа посредством переработки отходов и использования их в качестве вторичного сырья для получения ценных и востребованных материалов. Научно обоснован способ последовательного применения минерального отхода сталеплавильного производства и лигноцеллюлозного отхода для реализации комплексной технологии обезвреживания сточных вод, имеющих различную природу, состав и свойства, при которой мелковзвешенные вещества, как органические, так и неорганические, удаляются из водной среды с помощью коагуляционных процессов, а растворенные и эмульгированные – сорбционных.

Полученные данные дополняют знания о механизмах и зависимостях процессов извлечения мелковзвешенных веществ и сорбции нефтепродуктов, ионов меди и никеля из водных сред при использовании коагулянта, полученного из ПЭСР, и сорбента из термообработанного ОЛК.

**Практическая значимость** работы связана с разработкой диссертантом технологических решений по очистке поликомпонентных сточных вод, включающих обработку разработанным коагулянтом из ПЭСР для извлечения мелковзвешенных веществ и последующей очисткой воды от нефтепродуктов и ионов тяжелых металлов (меди и никеля) сорбционным материалом на основе ОЛК<sub>400</sub>. Эффективность разработанного способа подтверждена испытаниями по очистке сточных вод механического цеха ООО «Гофротара» и стоков АЗС.

Разработаны ТУ 23.32.11-001-02066339-2023 «Кирпич керамический полусухого прессования на основе глинистого сырья Ястребовского месторождения с добавлением осадка водоочистки». Показано снижение платы за негативное воздействие на окружающую среду от размещения ПЭСР на полигонах и сброса загрязняющих веществ с поликомпонентными сточными водами в централизованную систему канализации.

Результаты диссертационной работы внедрены в учебный процесс кафедры промышленной экологии БГТУ им. В.Г. Шухова.

При ознакомлении с диссертацией возникли следующие вопросы и замечания:

1. Как диссертант представляет реализацию разработанной технологии получения сорбента из ОЛК в условиях реального производства с учетом сезонности образования отхода, его сбора и транспортировки, однотипности и стоимости получаемого сорбента с учетом энергозатрат на термообработку?

2. Возможно ли технологически получение коагулянта из ПЭСР на предприятии – отходообразователе.

3. По тексту диссертации и в автореферате встречаются некорректные формулировки, например «Для статистической обработки результатов исследований применялся ГОСТ Р 8.736-2011» и другие.

Высказанные замечания не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы и не снижают ее практической и научной ценности.

Результаты работы апробированы на научных конференциях различного уровня, изложены в 15 научных публикациях, из них 3 – в журналах, входящих в перечень ведущих рецензируемых научных изданий, 9 – в изданиях, индексируемых в международных реферативных базах цитирования Scopus, Chemical Abstracts. Автореферат отражает и полностью соответствует материалам диссертации. По содержанию, объектам и методам исследований диссертационная работа соответствует паспорту специальности 1.5.15. Экология (технические науки).

Таким образом, диссертационная работа Святченко Анастасии Владимировны на тему «Очистка поликомпонентных сточных вод с использованием реагентов на основе лигноцеллюлозных отходов и пыли электродуговых сталеплавильных печей» представляет собой самостоятельное законченное научное исследование, посвященное решению актуальной экологической проблемы в области технических наук.

По актуальности, современным методам исследования, объему фактического материала, качеству его анализа и обработки, научной новизне и практической значимости, диссертационная работа и автореферат отвечают требованиям «Порядка присуждения ученых степеней в ПНИПУ», утвержденных ректором ПНИПУ от 09 декабря 2021 г. Автор диссертационной работы – Святченко Анастасия Владимировна – заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 1.5.15. Экология.

Официальный оппонент:

доктор биологических наук по специальностям  
03.00.16 – экология и 03.02.03 – микробиология  
профессор, заведующая кафедрой «Экология  
и техносферная безопасность»

Федерального государственного бюджетного  
образовательного учреждения высшего  
образования «Саратовский государственный  
технический университет имени Гагарина Ю.А.»

\_\_\_\_\_ : \_\_\_\_\_ Тихомирова Елена Ивановна  
«15» мая 2023 г.

Я, Тихомирова Елена Ивановна, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Святченко Анастасии Владимировны, и их дальнейшую обработку.

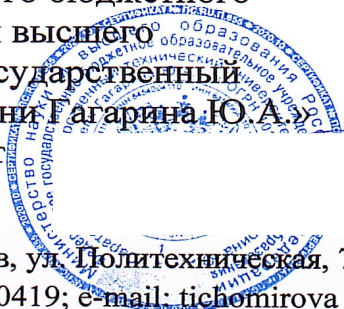
\_\_\_\_\_ Тихомирова Елена Ивановна  
«15» мая 2023 г.

Подпись д.б.н., профессора Е.И. Тихомировой «Заверяю»

Ученый секретарь Ученого совета

Федерального государственного бюджетного  
образовательного учреждения высшего  
образования «Саратовский государственный  
технический университет имени Гагарина Ю.А.»

доктор культурологии, доцент



Н.В. Тищенко

Почтовый адрес: 410054, г. Саратов, ул. Политехническая, 77, СГТУ, корпус 5, кафедра ЭТБ.  
Телефон: (8452)-998530; 8-905-3230419; e-mail: tichomirova\_ei@mail.ru