

УТВЕРЖДАЮ

И.о. проректора по научной работе и инновациям  
ФГБОУ ВО «Казанский национальный  
исследовательский технологический  
университет»  
технических наук, профессор  
Сафин Руслан Рушанович  
«февраль» 2023 год

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования «Казанский национальный исследовательский  
технологический университет»  
Министерства науки и высшего образования Российской Федерации

Диссертационная работа Степановой Светланы Владимировны на тему «Теория, методы и принципы получения полифункциональных сорбционных материалов на основе целлюлозосодержащих отходов для очистки воды от нефти и ионов металлов» выполнена на кафедре «Инженерная экология» в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования (ФГБОУ ВО) «Казанский национальный исследовательский технологический университет».

В период подготовки диссертации и в настоящее время Степанова Светлана Владимировна работает в ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет» на кафедре «Инженерная экология» в должности доцента.

В 2005 году защитила диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук на тему «Повышение экологической безопасности производств полисульфидных каучуков путем обезвреживания сточных вод реагентными методами» по специальности 03.00.16 – Экология в диссертационном совете Д 212.080.02 при Казанском государственном технологическом университете. С 2011 по 2014 год Степанова С.В. обучалась в докторантуре по научной специальности 03.02.08 – Экология.

Научный консультант - доктор технических наук, профессор, Шайхиев Ильдар Гильманович, работает заведующим кафедрой «Инженерная экология» ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет».

Ежегодно образующееся количество отходов в результате антропогенной деятельности занимает огромные полезные площади, выводя из пользования земли сельскохозяйственного назначения и населенных пунктов, загрязняет почву и наносит ущерб геосфере.

В связи с постоянным увеличением количества валового продукта в сельском хозяйстве и ростом городов необходимо усовершенствование существующих технологий по размещению, хранению и утилизации образующихся целлюлозосодержащих отходов (ЦСО), в частности, отходов зерновых культур (плодовых оболочек злаковых культур - ПОЗК) и порубочных остатков (листовой опад – ЛО).

Решением проблемы накопления отходов является разработка методологических основ рационального использования биоресурсов, а также геоэкологическое обоснование безопасного использования отходов с целью получения товарного продукта (сорбционных материалов), а также предупреждения и ликвидации загрязнений природной среды. Производство полифункциональных сорбционных материалов (ПСМ) из растительных отходов позволит решить несколько актуальных задач: утилизации отходов, минимизации загрязнения почв, а также улучшения качества водных объектов.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

1. Личное участие автора в получении результатов, изложенных в диссертации, заключается в следующем:

Заключается в выдвижении идей, научном обосновании и непосредственном участии в проведении экспериментальных работ, статистической обработке данных, их обсуждении, обработке и интеграции полученных результатов, проведении промышленных испытаний, подготовке публикации. Разработке методологии производства сорбционных материалов на основе целлюлозосодержащих отходов (ЦСО) в практике очистки вод от ионов металлов и нефти. Соавторами являются аспиранты, защитившие под руководством и соруководством автора, диссертационные работы на соискание ученой степени кандидата технических наук. Основные положения работы разработаны лично автором.

2. Степень достоверности результатов проведенных исследований подтверждается

Достоверность результатов диссертационного исследования подтверждается достаточным количеством наблюдений, современными методами исследования. Статистический анализ и интерпретация полученных результатов проведены с использованием современных методов обработки информации. Подтверждением

правильности полученных результатов является их успешные промышленные испытания.

### 3. Научная новизна диссертационного исследования заключается в следующем:

- разработаны теоретические и научные основы рационального использования растительных отходов путем направленного их модифицирования химическим, физико-химическими (в потоке высокочастотной емкостной низкотемпературной плазмы пониженного давления и коронного разряда) и термическим методами с получением СМ с заданными свойствами и обладающими сорбционной активностью к ряду ЗВ (нефть, ИМ), типичных для природных и сточных вод;

- установлено, что обработка растительных отходов растворами кислот увеличивает эффективность удаления пленок нефти с поверхности водных объектов на 15-30 %, в потоке высокочастотной емкостной низкотемпературной (ВЧЕН) плазмы – на 5 %; при термической обработке отходов при температуре  $150 \pm 10$  °С в присутствии кислорода воздуха – на 15-25 %;

- доказано, что модификация ЦСО слабыми растворами кислот способствует увеличению эффективности удаления ИМ из вод на 7-27 %, в потоке ВЧЕН плазмы – на 5-20 %, униполярного коронного разряда – на 6-12 %, воздействием температуры – на 5-15 %; растворенной нефти не зависимо от метода модификации – на 10 %, по сравнению с нативными образцами;

- на основании проведенного термодинамического и кинетического анализа процессов извлечения ЗВ ПСМ установлены механизмы удаления растворенной нефти и ИМ из вод;

- доказано, что внедрение комплекса разработанных технических решений по утилизации отходов производства и потребления в качестве СМ позволит защитить от загрязнения почву и водные ресурсы, снизить воздействие поллютантов при ликвидации разливов нефти – на природные водные объекты, а на этапе локальной очистки СВ от ИМ и растворенных компонентов нефти – на искусственные экосистемы.

Новизна технических решений по рациональному использованию ЦСО и защиты водных объектов подтверждена тремя патентами РФ на изобретение.

### 4. Практическая значимость исследования:

- разработаны технические решения по утилизации ЦСО, по производству и применению полученных ПСМ для защиты водных объектов от нефти и ИМ;

- показана и апробирована эффективность применения матов с загрузкой из ПСМ на территории организаций Республики Татарстан для устранения разливов нефти на поверхности водных объектов: НГДУ «Азнакаевскнефть» ОАО «Татнефть»

(2013 г.), ЗАО «Предприятие Кара Алтын» (2012 г.), ООО «Карбон-нефтесервис» (2015 г.), ООО «ТатНефтеСервис» (2015 г.);

- показана эффективность применения ПСМ в качестве фильтрующих загрузок на стадии локальной очистки СВ на предприятиях Республики Татарстан: филиала АО «Казанское моторостроительное производственное объединение» - Зеленодольский машиностроительный завод (АО КМПО-ЗМЗ) (2016 г.), ПАО «Нижекамскнефтехим» (2020 г.), ООО «Гальванические покрытия» (2020 г.), ООО НПО «Экоэнергомаш» (2021 г.);

- научные результаты внедрены в курс дисциплин при подготовке бакалавров и магистров по направлениям «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биохимии» и «Техносферная безопасность».

#### 5. Ценность научных работ, полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем

Содержание диссертационной работы полно отражено в 42 работах, включающих 8 статей в журналах, входящих в перечень ведущих рецензируемых научных изданиях, 24 статьи в журналах, индексируемых в международных реферативных базах, три патента на изобретение, одну монографию.

1. Galblaub, O.A. Oil spill cleanup of water surface by plant-based sorbents: Russian practices / O.A. Galblaub, I.G. Shaykhiev, **S.V. Stepanova**, G.R. Timirbaeva // Process Safety and Environmental Protection: Transactions of the Institution of Chemical Engineers, Part B. – 2016. – vol. 101. – С. 88-92. (0,31 п.л./авт. 0,21 п. л) (**Scopus, Web of science**)

В статье анализируется передовой опыт российских исследователей, в том числе авторов статьи, в области очистки водной поверхности от нефти и нефтепродуктов альтернативными сорбентами. Обсуждаются различные способы модификации (термообработка, химическая модификация и др.) вышеперечисленных сорбентов, направленные на повышение нефтесорбционной способности и развитие гидрофобных свойств. Из обзора видно, что данные сорбенты обладают значительным потенциалом для ликвидации разливов нефти.

2. Fazullin, D.D. The use of leaves of different tree species as a sorption material for extraction of heavy metal ions from aqueous media / D.D. Fazullin, D.A. Kharlyamov, G.V. Mavrin, A.A. Alekseeva, **S.V. Stepanova**, I.G. Shaikhiev, A.S. Shaimardanova // International Journal of Pharmacy and Technology. – 2016. – V. 8, No 2. – pp. 14375-14391. (1,06 п.л./авт. 0,71 п. л) (**Scopus**)

В обзорной статье обобщены литературные данные по использованию листьев деревьев в качестве сорбционных материалов для удаления ионов тяжелых металлов из водных сред. Показано, что сорбционные характеристики листьев деревьев и

степень удаления ионов металлов зависит как от условий адсорбции, так и от вида пород деревьев.

3. Shaimardanova A.Sh. Influence of the Corona Discharge Parameters on the Sorption Properties of Birch Litter with Respect to Iron Ions / A.Sh. Shaimardanova, I.G. Shaikhiev, M.F. Galikhanov, S.V. Stepanova, I.R. Nizameev, A.A. Guzhova // *Surface Engineering and Applied Electrochemistry*. – 2017. – Vol. 53, No. 5. – pp. 501–507 (0,44 п.л./авт. 0,29 п. л) (**Scopus, Web of science**)

Показано, что обработка коронным разрядом увеличивает сорбционную емкость березового опада по отношению к ионам железа. Параметры коронного разряда (напряжение и время поляризации) определяются, при которых достигается максимальная сорбционная способность листьев березы. Термодинамический рассчитываются параметры процесса. Полученные значения энергии активации (13,39 кДж/моль для ионов  $Fe^{2+}$  и 14,56 кДж/моль для ионов  $Fe^{3+}$ ) подчиняются законам физической сорбции.

4. Alekseeva, A. A. Effect of Plasma Surface Modification of Mixed Leaf Litter on the Mechanism of Oil Film Removal from Water Bodies / A. A. Alekseeva, S. V. Stepanova // *Russian Journal of General Chemistry*. – 2019. – Vol. 89, No. 13. – pp. 2763–2768 (0,38 п.л./авт. 0,25 п. л) (**Scopus, Web of science**)

Влияние плазменной модификации смешанной листовой подстилки на механизм удаления нефти из воды поверхность изучалась. Установлено, что изотерма сорбции плазменно-модифицированного смешанного опада описывается с высокой достоверностью по уравнениям Ленгмюра, Фрейндлиха и Дубинина–Радушкевича. Кинетическое исследование показало диффузионно-кинетический режим сорбции. Модификация предлагаемого материала в плазменном потоке образует на поверхности заряженные частицы, тем самым обеспечивая специфическую адсорбцию и наличие электростатических (кулоновских) сил, вызывающих ориентационные и индуктивные взаимодействия.

5. Stepanova, S.V. Technological recommendations for the use of leaf litter based adsorption material to remove an oil slick from water bodies surface / S.V. Stepanova, A.A. Alekseeva, L.Y. Khafizova // В сборнике: *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 4th International Scientific and Technical Conference on Energy Systems ICES 2019. – 2020. – P. 012076. DOI: 10.1088/1757-899X/791/1/012076 (0,63 п.л./авт. 0,42 п. л) (**Scopus**)

В работе представлены результаты исследования свойств адсорбционного материала на основе листового опада. Установлены показатели смешанного листового опада, характеризующие его как адсорбционный материал по отношению к нефти. Степень очистки воды от нефти составила более 98 %, а биотестирование очищенной

воды показал снижение по токсичности в 2,5 раза. Исходя из этого, предлагаются технические варианты использования смешанного листового опада в качестве сорбционных материалов для ликвидации аварийных разливов нефти на водной поверхности с помощью матов, бонов. Предложено термическое сжигание в качестве метода утилизации отработанного адсорбционного материала.

6. S V Stepanova, S Yu Garmonov, G I Pavlov, U A Kazakova Thermal utilization of spent sorptive material from phythogenic waste IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volume 815, Innovative technologies for environmental protection in the modern world 18 March 2021, Kazan, Russian Federation Citation S V Stepanova et al 2021 IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 815 012001S Published under licence by IOP Publishing Ltd DOI: 10.1088/1755-1315/815/1/012001 (0,31 п.л./авт. 0,21 п. л) (**Scopus**)

Для термической утилизации отработанных сорбционных материалов на основе отходов растительного происхождения предлагается установка пульсирующего сжигания. Температура горения определялась по методу дифференциальной сканирующей калориметрии. Класс опасности (3) образующейся золы рассчитан на основе элементного анализа.

7. S Stepanova, A Alekseeva, L Khafizova / Studies on the Sorption Mechanism of Removing Nickel Ions from Model Waters by Cereal Grain Husks / International science and technology conference «Earth science». IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. –2021. – vol. 720. - No 012038. DOI:10.1088/1755-1315/720/1/012038 (0,31 п.л./авт. 0,21 п. л) (**Scopus**)

В исследовании показана возможность использования шелухи злаковых культур (ячменя, пшеницы и овса) в качестве сорбционного материала для удаления ионов  $Ni^{2+}$ . В статье показано, что адсорбционная емкость при исходной концентрации ионов  $Ni^{2+}$  17 ммоль/дм<sup>3</sup> достигает 1,1 ммоль/г, а при концентрации 68 ммоль/дм<sup>3</sup> достигает 1,4 ммоль/г. Построенные изотермы адсорбции ионов  $Ni^{2+}$  отходами злаковых культур описываются согласно модели.

8. Sverguzova, S.V. Technology development of producing adsorption material from cereal crops waste for accidental oil spill response / S.V. Sverguzova, S.V. Stepanova, L. Y. Khafizova, I.G. Shaikhiev // IOP Conference Series: Earth and environmental science . – 2022. – V. 1052. – 012122 doi:10.1088/1755-1315/1052/1/012122 (0,38 п.л./авт. 0,25 п. л) (**Scopus**)

Исследовалась возможность использования листового опада различных пород деревьев (*Betula pendula*, *Litter mixed foliage*, *Quercus robur*) в качестве сорбционного материала по отношению к ионам  $Fe^{2+}$  и  $Fe^{3+}$ . Процесс сорбции проводился в несколько этапов до полного насыщения сорбционного материала ионами железа. Эксперимент проводился в статическом режиме, при постоянном перемешивании в течение 120 мин.

С целью восстановления сорбционных свойств листового опада и достижения полной десорбции ионов железа производилась кислотная регенерация насыщенного поллютантом сорбента. Экспериментально установлено, что соляная кислота в разбавлении 1:8 является наиболее оптимальным элюентом. В ходе исследования выявлено, что сорбционный материал целесообразно использовать для первичной очистки, поскольку эффективность последующей регенерации не превышает 40%.

9. Кондаленко, О.А. Ликвидация разливов нефти сорбционным методом с применением новых материалов / О.А. Кондаленко, С.М. Трушков, В.А. Доможиров, **С.В. Степанова** // Вестник Казанского технологического университета. – 2011. – № 10. – С. 159-160 (0,19 п.л./авт. 0,13 п. л) (**Chemical Abstract**)

Исследованы сорбционные свойства отходов от переработки сельскохозяйственных культур (пшеницы, ячменя, льна). Определена максимальная нефтеемкость. Изучена возможность изменения гидрофобных свойств растительных отходов методом обработки растворами кислот.

10. Доможиров В.В. Исследование удаления нефтяных пленок с водной поверхности плазмообработанными отходами злаковых культур. 1. Лузгой овса / В.В. Доможиров, **С.В. Степанова**, И.Г. Шайхиев, И.Ш. Абдуллин // Вестник Казанского технологического университета –2011. – № 12. – С. 110-118 (0,56 п.л./авт. 0,38 п. л) (**Chemical Abstract**)

Исследовано удаление нефти девонского отложения с водной поверхности с использованием лузги овса, обработанной высокочастотной плазмой пониженного давления. Найдены оптимальные параметры плазмообработки, приводящие к увеличению гидрофобности и олеофильности сорбционного материала.

11. Трушков, С.М. Исследование удаления нефтяных пленок с водной поверхности плазмообработанными отходами злаковых культур. 2. Лузгой пшеницы / С.М. Трушков, **С.В. Степанова**, И.Г. Шайхиев, И.Ш. Абдуллин // Вестник Казанского технологического университета. –2011. – № 13. –С. 129-136 (0,44 п.л./авт. 0,29 п. л) (**Chemical Abstract**)

Исследовано удаление нефти девонского отложений с водной поверхности с использованием лузги пшеницы, обработанной высокочастотной плазмой пониженного давления. Найдены оптимальные параметры плазмообработки, приводящие к увеличению гидрофобности и олеофильности сорбционного материала.

12. Кондаленко, О.А. Исследование удаления нефтяных пленок с водной поверхности плазмообработанными отходами злаковых культур. 3. Лузгой ячменя / О.А. Кондаленко, **С.В. Степанова**, И.Г. Шайхиев, И.Ш. Абдуллин // Вестник Казанского технологического университета. – 2011. - № 15. -С. 244-251 (0,44 п.л./авт. 0,29 п. л) (**Chemical Abstract**)

Исследованы сорбционные свойства отходов от переработки сельскохозяйственных культур (ячменя). Определена максимальная нефтеемкость. Изучена возможность изменения сорбционными материалами гидрофобных свойств путем обработки плазмой высокочастотного разряда.

13. Степанова, С.В. Опад березы и ее химические модификаты для удаления нефти / С.В. Степанова, А.Ш. Шаймарданова, И.Г. Шайхиев // Вестник Казанского технологического университета. – 2013. – № 15 – С. 215-218 (0,25 п.л./авт. 0,17 п. л) **(Chemical Abstract)**

В работе показано, что обработка березового опада растворами серной и уксусной кислот позволяет повысить показатель качества сорбции на 39,2 % и 55,6 %. При этом наименьшее содержание нефти в воде достигается при использовании образца, обработанного раствором уксусной кислоты.

14. Степанова, С.В. Очистка модельных вод, содержащих ионы меди, отходами переработки зерновых культур / С.В. Степанова, Т. И. Шайхиев, С. В. Фридланд // Вестник Казанского технологического университета. – 2013. – № 16 – С. 318-322 (0,31 п.л./авт. 0,21 п. л) **(Chemical Abstract)**

Изучена возможность использования отходов переработки злаковых культур (плодовых оболочек пшеницы, овса и ячменя) для удаления ионов меди. Показано, что обработка плодовых оболочек злаковых культур растворами серной кислоты низкой концентрации способствует увеличению сорбционной емкости по ионам  $\text{Cu(II)}$  на 11,7-15,4 %. Найдено, что из исследованных сорбционных материалов наибольшей сорбционной емкостью по отношению к ионам меди обладают плодовые оболочки зерен пшеницы.

15. Степанова, С.В. Отходы переработки зерновых культур в качестве сорбционных материалов ионов никеля / С.В. Степанова, И. Г. Шайхиев // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – № 17, т. 1. –С. 181-183 (0,25 п.л./авт. 0,17 п. л) **(Chemical Abstract)**

Изучена возможность использования отходов переработки злаковых культур (плодовых оболочек пшеницы, овса и ячменя) для удаления ионов никеля из модельных растворов. Показано, что обработка плодовых оболочек растворами серной кислоты низкой концентрации способствует увеличению сорбционной емкости. Найдено, что из исследованных сорбционных материалов наибольшей сорбционной емкостью по отношению к ионам никеля обладают плодовые оболочки ячменя.

16. Степанова, С.В. Удаление ионов цинка из модельных растворов плодовыми оболочками зерновых культур / С.В. Степанова, И. Г. Шайхиев // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – № 17, т. 3. –С. 166-168 (0,19 п.л./авт. 0,13 п. л) **(Chemical Abstract)**



Изучена возможность использования отходов переработки злаковых культур (плодовых оболочек пшеницы, овса и ячменя) для удаления ионов цинка из модельных растворов. Показано, что обработка плодовых оболочек злаковых культур растворами серной кислоты низкой концентрации способствует увеличению сорбционной емкости. Найдено, что наибольшей сорбционной емкостью по отношению к ионам цинка обладают плодовые оболочки ячменя.

17. Доможиров, В.В. Исследование сернокислотной обработки отходов переработки овса на нефти - и водопоглощение / В.В. Доможиров, **С.В. Степанова**, И.Г. Шайхиев// Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – № 17, т. 8. –С. 228-231 (0,25 п.л./авт. 0,17 п. л) (**Chemical Abstract**)

Исследовано влияние обработки раствором серной кислоты малой концентрации на изменение нефтеемкости, нефтепоглощения и водопоглощения альтернативных сорбционных материалов на основе отходов переработки зерен овса. Показано, что модификация слабоконцентрированными растворами серной кислоты способствует снижению значения водопоглощения и увеличению нефтепоглощения, что связано с изменением структуры поверхности образцов.

18. Алексеева, А.А. Применение листового опада для удаления пленки нефти с поверхности воды / А.А. Алексеева, **С.В. Степанова** // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – № 22, т. 17. – С. 304-306 (0,19 п.л./авт. 0,13 п. л) (**Chemical Abstract**)

В ходе исследования изучена возможность применения отходов растительного происхождения (сосновой хвои, опада листьев дуба, березы и осины) для ликвидации аварийных разливов нефти с поверхности воды, определены характеристики исследуемых сорбентов: плавучесть, суммарный объем пор, водопоглощение и нефтеемкость.

19. Степанова, С.В. Влияние параметров плазменной обработки на сорбционные свойства березового опада по отношению к ионам железа / С.В. Степанова, А.Ш. Шаймарданова, И.Г. Шайхиев, И.Ш. Абдуллин// Вестник Казанского технологического университета. – 2015. – № 15, т. 18 – С. 253-256 (0,25 п.л./авт. 0,17 п. л) (**Chemical Abstract**)

В настоящей работе исследована возможность использования в качестве сорбционного материала березового опада, прошедшего плазменную обработку, по отношению к ионам  $Fe^{2+}$ ;  $Fe^{3+}$ . В работе показано, что наибольшее увеличение значения максимальной сорбционной емкости (24 %) достигается для образца, обработанного в потоке высокочастотной плазмы в среде аргон-пропан.

20. Шайдуллина, А.А. Использование термообработанных оболочек зерен овса для очистки вод от нефтяных загрязнений / А.А. Шайдуллина, **С.В. Степанова**, И.Г.

Шайхиев // Вестник Казанского технологического университета. – 2016. – Т. 19, № 21. – С. 199-202. (0,25 п.л./авт. 0,17 п. л) (**Chemical Abstract**)

Исследована возможность применения нативных и термообработанных плодовых оболочек зерен овса в качестве сорбционных материалов для очистки модельных вод, загрязненных нефтью. В качестве образца сравнения использовался активированный уголь. Показано, что термическое воздействие при 160 °С в течение 15 минут способствует увеличению максимальной нефтеемкости исследуемого сорбционного материала с 2,5 до 6 г/г и снижению водопоглощения. Степень удаления нефти с водной поверхности с использованием термообработанных оболочек зерен овса составила 99,45 %.

21. Силайчева, М.В. Изучение десорбции ионов железа (II) из отработанного кленового листового опада в статических условиях / Силайчева М.В., Степанова С.В., Шайхиев И.Г. // Вестник Технологического университета. 2016. Т. 19. № 16. С. 11-13. (0,19 п.л./авт. 0,13 п. л) (**Chemical Abstract**)

Исследована возможность повторного применения кленового листового опада в качестве сорбционного материала для очистки модельной воды, загрязненной ионами железа (II). Сорбционный процесс проводился в течение 60 мин. Регенерация сорбционного материала осуществлялась раствором соляной кислоты с концентрацией 1 моль/дм<sup>3</sup> в течение 45 мин. Было последовательно проведено несколько циклов «сорбция-десорбция» для установления момента истощения сорбционного материала.

22. Назаренко А.А. Использование термообработанных плодовых оболочек зерен ячменя для очистки никельсодержащих вод / А.А. Назаренко, С.В. Степанова // Вестник технологического университета. – 2017. – Т. 20, № 6. – С. 150-154. (0,31 п.л./авт. 0,21 п. л) (**Chemical Abstract**)

Исследована возможность очистки модельных вод, содержащих ионы никеля (II), сорбционным методом - плодовыми оболочками зерен ячменя. Для увеличения их сорбционных свойств проведена термообработка исходных образцов. Проанализированы условия, влияющие на сорбционные свойства образцов: температура и время контакта. По проведенным исследованиям выявлено, что максимальная сорбционная емкость для термообработанного образца составила 5,97 мг/г, нативных - 3,55 мг/г, активированный уголь - 2,74 мг/г. Установлено, что получение данных сорбционных материалов целесообразно в экологическом и экономическом плане ввиду их низкой стоимости, простоты получения, хороших сорбционных свойств, возможности утилизации вторичного сырья.

23. Трушков С.М. Высокочастотная плазменная модификация лужги пшеница с целью повышения сорбционной емкости / С.М. Трушков, С.В. Степанова, И.Г.

Шайхиев, И.Ш. Абдуллин // Экспозиция Нефть Газ. –2012. – № 2 (20). – С. 56-59 (0,25 п.л./авт. 0,17 п. л)

Исследовано удаление нефти карбонового отложения с водной поверхности с использованием лузги пшеницы, обработанной в потоке высокочастотной плазмы пониженного давления. Найдены оптимальные параметры плазмообработки, приводящие к увеличению гидрофобности и олеофильности сорбционного материала.

24. Кондаленко О.А. Повышение сорбционной емкости лузги ячменя воздействием потока плазмы / О.А. Кондаленко, **С.В. Степанова**, И.Г. Шайхиев, И.Ш. Абдуллин // Безопасность в техносфере. – 2012. – № 6. –С. 57-62 (0,38 п.л./авт. 0,3 п. л)

Показано, что при воздействии потока плазмы в гидрофобном режиме на поверхность лузги ячменя поверхность модифицированного материала изменяется по сравнению с исходным за счет сглаживания выступающих фрагментов от 700—800 до 350—500 нм. Наибольшая степень очистки от нефти и наименьшее водопоглощение наблюдаются при использовании образца, обработанного в смеси пропана с бутаном. Найдены оптимальные параметры, установлено, что степень удаления нефти при использовании обработанных образцов составила не менее 99,8%.

25. Алексеева, А.А. Применение листового опада в качестве сорбционного материала для ликвидации аварийных нефтяных разливов / А.А. Алексеева, **С.В. Степанова** // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2015. – № 7. – С. 9-13. (0,31 п.л./авт. 0,21 п. л)

По результатам проделанной работы можно сделать вывод: смешанный листовой опад – эффективный сорбционный материал для удаления пленки нефти с поверхности воды. Он обладает развитой пористой поверхностью и высокой степенью очистки (97-99 %).

26. Алексеева А.А. Кинетика сорбции нефти материалом на основе листового опада / А.А. Алексеева, **С.В. Степанова** // Безопасность в техносфере. – № 2. – 2018. – С. 10-14. (0,31 п.л./авт. 0,21 п. л)

Проведены исследования листового опада в качестве сорбционного материала по отношению к нефти при различных температурах. Выявлено, что при увеличении температуры процесса, сорбционная емкость образцов уменьшается. Изучен механизм сорбции нефти, показано, что активное время сорбции находится в интервале от 60 до 600 с.

27. Доможиров В.В. Влияние параметров плазменной обработки на сорбционные свойства плодовых оболочек овса [Электронный ресурс] / В.В.Доможиров, С.В. Степанова, И.Г. Шайхиев, И.Ш. Абдуллин // Технологии техносферной безопасности (электронный журнал). –2012. – 3 (43). –режим доступа:

<http://ipb.mos.ru/ttb/2012-3>. <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2012-3/19-03-12.ttb.pdf> (0,31 п.л./авт. 0,21 п. л)

Исследовано удаление нефти с водной поверхности с использованием плодовых оболочек овса, обработанных высокочастотной плазмой пониженного давления. Найдены оптимальные параметры плазменной обработки.

28. Степанова, С.В. Обоснование новых подходов к решению проблемы загрязнения поверхностных вод нефтедобывающего региона, на примере Республики Татарстан / С.В. Степанова, И.Г. Шайхиев // Экономика строительства и природопользования. – 2019. – № 1 (70). – С. 124-134. (0,69 п.л./авт. 0,49 п. л)

Для расширения рынка сорбционных материалов, применяемых для удаления пленки нефти с поверхности воды при аварийных разливах нефти, авторами предложены новые альтернативные адсорбенты на основе плодовых оболочек злаковых культур (ПОЗК) как в чистом виде, так и модифицированном растворами кислот и в потоке высокочастотной низкотемпературной плазмы в различных средах. Разработанные способы модификации обеспечивают высокую степень очистки водной поверхности от нефти при реализации методов инженерной защиты окружающей природной среды. Результаты промышленных испытаний показали, что при использовании ПОЗК в качестве сорбционной загрузки в нефтеулавливающих конструкциях снижается содержание нефтепродуктов в 625 раз; при использовании плазмообработанных плодовых оболочек – в 2000 раз. Рассчитана себестоимость нативных и модифицированных образцов ПОЗК.

29. Кондаленко, О.А. Интенсификация процесса сорбции нефти отходами переработки ячменя с водной поверхности / О.А. Кондаленко, С.В. Степанова, И.Г. Шайхиев// Research Journal of International Studies. Meždunarodnyj naučno-issledovatel'skij žurnal: сборник по результатам XIII заочной научной конференции. – 2013. – №3 (10), Часть 1. – С. 41-42 (0,12 п.л./авт. 0,08 п. л) (**Google Scholar, GeoRef, Agris, Math-Net, РАЦС, WorldCat, ROAD, BASE (Bielefeld Academic Search Engine)**)

В статье усовершенствована технология использования сорбционного материала из семенных оболочек ячменя путем обработки плазмой высокочастотного разряда для ликвидации последствий загрязнения окружающей среды при техногенных авариях и катастрофах на объектах нефтехимических отраслей промышленности.

30. **Патент** на изобретение RU 2595654 С1 МПКВ01J 20/24 ((2006.01), В01J 20/30 ((2006.01)). Способ получения сорбента для удаления нефти и нефтепродуктов с

поверхности воды. Патентообладатель: ФГБОУ ВО «КНИТУ» Авторы: Алексеева А.А., Шаймарданова А.А., Степанова С.В., Шайхиев И.Г., Гафаров И. Г., Абдуллин И.Ш. Заявка: 2015110560. Приоритет изобретения 25 марта 2016 года. Опубликовано 27.08.2016 г. Бюл. № 24

Способ получения сорбента включает обработку предварительно высушенного и измельченного листового опада низкотемпературной плазмой высокочастотного разряда при давлении в разрядной камере 26,6 МПа, при силе тока на аноде 0,5 А и напряжении 7,5 кВ в течение 60 секунд. В качестве плазмообразующего газа используют смесь аргона с пропаном при их массовом соотношении газов 70:30. Сорбент рекомендован для удаления нефти и нефтепродуктов с поверхности воды. Ёмкость полученного сорбента составляет 8 г/г, эффективность очистки от нефти - 99% при времени контакта 5 минут.

#### 6. Соответствие диссертации научной специальности

Содержание диссертационного исследования, представленного Степановой Светланой Владимировной, соответствует паспорту научной специальности 1.6.21. «Геоэкология» пунктам: 6. «Разработка научных основ рационального использования и охраны водных, воздушных, земельных, биологических, рекреационных, минеральных и энергетических ресурсов Земли»; 17. «Ресурсосбережение, санация и рекультивация земель, утилизация отходов производства и потребления, в том числе возникающих в результате добычи, обогащения и переработки полезных ископаемых, строительной, хозяйственной деятельности и эксплуатации ЖКХ. Геоэкологическое обоснование безопасного размещения, хранения и захоронения токсичных, радиоактивных и других отходов».

Представленная Степановой Светланой Владимировной диссертационная работа является прикладным исследованием.

7. Соответствие содержания диссертационной работы требованиям, установленным п.14 «Положения о присуждении ученых степеней».

В диссертационной работе соискатель приводит ссылки на авторов и источники заимствования материалов и отдельных результатов. Результаты диссертационной работы опубликованы в ведущих рецензируемых изданиях, материалах конференций, соответствующие ссылки присутствуют в тексте диссертации.

Диссертационная работа Степановой Светланы Владимировны «Теория, методы и принципы получения полифункциональных сорбционных материалов на основе целлюлозосодержащих отходов для очистки воды от нефти и ионов металлов» рекомендуется к защите на соискание ученой степени доктора технических наук по научной специальности 1.6.21 Геоэкология (технические науки).

Заключение принято на расширенном заседании кафедры «Инженерная экология» ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет».

Присутствовали на заседании 16 человек. Результаты голосования: «за» - 16 человек, «против» - нет, «воздержалось» - 0 чел., протокол № 7 от 3 февраля 2023 г.

06 февраля 2023 г.

Председатель  
Профессор кафедры  
инженерной экологии, д.х.н.

Гармонов  
Сергей  
Юрьевич

Секретарь кафедры  
Доцент,  
к.х.н.

Л

Мадякина  
Альмира  
Мустакимовна

Подпись *Гармонов С.Ю.*  
*Мадякина А.М.*

удостоверяю.  
Начальник отдела по работе с  
сотрудниками ФГБОУ ВО КНИ

«06» 7 А.Р. У

ОБРАЗОВАНИЕ  
КАЗАНСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА  
ФАКУЛЬТЕТ ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК