

**УТВЕРЖДАЮ:**

Проректор по научной и  
инновационной деятельности  
ФГБОУ ВО

«Белгородский государственный  
технологический университет  
им. В.Г. Шухова»

д-р пед. наук, профессор  
Г.М. Давыденко



«25»

3

2020 г.

### **ОТЗЫВ**

ведущей организации на диссертационную работу

Нгуен Динь Тъиена на тему:

**«Разработка углеродсодержащих адсорбентов на основе продуктов  
пиролиза отходов сахарного тростника для очистки воды от органических  
загрязнителей»**

представленную на соискание ученой степени кандидата химических наук по  
специальности 02.00.04 Физическая химия

#### **Актуальность работы**

Представленная работа по своей актуальности не вызывает сомнений, исходя из общей ее направленности разработки нового ресурса, в том числе энергосберегающего метода получения адсорбентов на основе амортизированного и графитизированного углерода, полученного из отходов переработки технических и сельскохозяйственных культур и исследования их адсорбционных свойств.

Адсорбция занимает особое место среди явлений, протекающих на поверхности твердых тел. С помощью адсорбции решаются многие технические задачи, в том числе задачи по защите окружающей среды. Причем, в настоящее время при создании новых материалов с заданными свойствами предпочтение отдается ресурсосберегающим технологиям.

Автором получены адсорбционные материалы, специально разработанные для тонкой очистки природной, технологической и сточной воды от ароматических углеводородов с высокой токсичностью, нефтепродуктов и остатков гербицида глифосата.

В диссертационной работе для получения адсорбирующих материалов использованы отходы производства сахара из сахарного тростника (жом), которые подвергали термической обработке (пиролизу) при ограниченном контакте с кислородом воздуха за счет экранирования их бентонитоподобной (монтмориллонитсодержащей) глиной, что позволило снизить себестоимость продукта. Разработанный метод получения адсорбирующих материалов из жома сахарного тростника характеризуется простотой, что делает этот метод не

только ресурсосберегающим, в том числе энергосберегающим, но и технически более доступным, так как пиролиз возможен в воздушной (окислительной) среде. При применении данного метода не требуется специального дорогого оборудования и инертной газовой атмосферы. Шамотированная глина повторно используется в качестве экранирующего материала, что позволяет дополнительно снизить себестоимость продукта, в том числе за счет сокращения тепловой энергии на удаление свободной, адсорбционной и конституционной воды из глинистых минералов.

Работа базируется на результатах экспериментальных исследований, выполнена с привлечением современных методов – рентгенофазового анализа, дифференциально-термического анализа, энергодисперсионного анализа, ИК-Фурье-спектроскопии, электронной микроскопии, лазерной гранулометрии, метода низкотемпературной адсорбции азота на установке Quantachrome 3200e, а также апробированных стандартных методов анализа и испытаний для определения характеристик материалов с использованием оригинальных методик.

**Целью работы** является создание научных физико-химических основ ресурсосберегающего синтеза адсорбционно-активного материала на основе продуктов пиролиза жома сахарного тростника, экранированного бентонитоподобной глиной, изучение вещественного состава и адсорбционных свойств разработанных материалов по отношению к фенолу, 2,4-дихлофенолу, нефтепродукту низкой плотности (керосин) и гербициду сплошного действия (глифосат).

Для достижения цели автором решены поставленные **задачи**, которые отражают научную новизну, теоретическую и практическую значимость работы. Возможность решению данной проблемы обуславливает актуальность выполненного исследования.

Тема диссертации соответствует паспорту специальности 02.00.04 – «Физическая химия», п. 11.

**Научная новизна работы заключается в следующем:**

1. Установлены закономерности термической деструкции ЖСТ в окислительной(воздушной) и защитной (азотной) средах. Выявлено, что окисление компонентов ЖСТ (целлюлозы, гемицеллюлозы, лигнина) в присутствии кислорода воздуха сопровождается выделением тепловой энергии, а в среде азота (защитная среда) тепловая энергия выделяется в меньшем количестве, но выделяются пиролизные газы с высокой теплотворной способностью.

2. Разработана модель карбонизации ЖСТ и модель химической обработки карбонизата с целью получения активированного угля. Разработана модель адсорбции глифостата карбонизатом и модель адсорбции фенола активированным углем, полученным из ЖСТ по предлагаемой технологии.

3. Доказано, что разработанные материалы относятся к наноразмерным слабоупорядоченным графитоподобным материалам, на поверхности которых

присутствуют функциональные группы  $-\text{OH}$ ,  $=\text{C}=\text{O}$ ,  $=\text{C}=\text{C}=\text{}$ ,  $-\text{C}\equiv\text{C}-$ ,  $\equiv\text{C}-\text{C}\equiv$ ,  $\equiv\text{C}-\text{O}-$ , которые могут быть адсорбционно-активными центрами.

4. Установлена зависимость текстурных характеристик разработанных материалов от метода их получения: площадь удельной поверхности, значение общего объема пор, средний размер пор, распределение пор по размерам.

Площадь удельной поверхности химически активированного карбонизата, определенная различными методами, находится в пределах 489,3-509,5 м<sup>2</sup>/г; средний радиус пор – 0,68 нм, общий объем микропор – 0,317 см<sup>3</sup>/г; суммарный объем мезопор – 0,03 см<sup>3</sup>/г, большинство мезопор имеет радиус в диапазоне 3,93-5,09 нм.

5. Определена адсорбционная способность разработанных материалов по отношению к фенолу и 2,4-дихлорфенолу. Выявлено, что увеличение площади удельной поверхности в результате активации приводит к тому, что адсорбционная емкость по фенолу увеличивается в 3,67 раза; по 2,4-дихлорфенолу в 2,95 раза.

6. Выявлено, что эффективность очистки воды от фенола увеличивается в присутствии неорганических солей: NaCl, NaBr и KCl. Определено, что при одинаковой массовой концентрации минеральные соли влияют на эффективность очистки воды от фенола в соответствии со следующей схемой NaCl > KCl > NaBr. Показано, что ионы Na<sup>+</sup> оказывают большее влияние, чем ионы Cl<sup>-</sup> ввиду того, что гидратное число ионов натрия (4) более высокое, чем хлорид-ионов (2).

7. Определена зависимость эффективности дехлорирования воды от скорости потока: чем выше скорость, тем ниже эффективность. При исходной концентрации активного хлора 10 мг/л, эффективность дехлорирования составляет 92,0%, если скорость потока равна 100 л/ч; 81,0% при скорости 200 л/ч и 65,0%, если скорость потока 300 л/ч.

**Теоретическая и практическая значимость** диссертационной работы заключается в создании теоретических предпосылок, позволяющих разработать физико-химические основы ресурсосберегающих технологий получения адсорбентов из жома сахарного тростника (ЖСТ); получении высокоэффективного адсорбента на основе продуктов пиролиза ЖСТ; установлении возможности увеличения удельной поверхности до 23,26 раз путем химической активации ЖСТ раствором КОН и увеличении адсорбционной емкости разработанных материалов в 3,67 раз по фенолу и в 2,95 раз по 2,4-дихлорфенолу. Автором предложено, что адсорбенты на основе продуктов пиролиза ЖСТ могут быть альтернативой активированному углю из кокосовой скорлупы при очистке воды от гербицида глифосата; определены кинетические закономерности адсорбции и десорбции керосина продуктами пиролиза ЖСТ. Даны рекомендации по эксплуатации разработанных адсорбентов и обращению с отработанным материалом.

Работа построена традиционно, выстроена логично и по своему содержанию полностью отвечает научно-квалификационной работе на соискание ученой степени кандидата химических наук.

**Во введении** обоснована актуальность темы работы; сформулированы цель и задачи, представлены основные положения, выносимые на защиту, научная новизна и практическая значимость диссертационной работы. Описана структура диссертации и приведены сведения о публикациях и апробации работы.

**Первая глава** посвящена критическому анализу научной литературы по теме исследования.

**Вторая глава** является методической, в ней содержится описание объектов и методов исследования, применяемых в работе.

**В главе 3** отражено содержание работы, основные экспериментальные результаты и их обсуждение. Диссертантом представлены результаты определения вещественного состава и характеристик процесса термической деструкции ЖСТ. Определен вещественный состав разработанных материалов, исследованы текстурные и структурно-морфологические характеристики образцов. Изучена адсорбционная способность к различным загрязнителям. Оценена эффективность очистки модельных растворов с применением разработанных материалов. Подробно описаны все используемые способы получения рассматриваемых сорбентов и методы анализа их структуры, их сорбционных свойств. Детально рассмотрены химический и фазовый составы экспериментальных материалов; структурно-морфологические характеристики сорбентов, результаты исследования адсорбции фенола, 2,4-дихлофенола, гербицидов и извлечения керосина разработанными сорбентами.

Результаты диссертационной работы могут быть использованы в проведении научных исследований в ведущих научно-исследовательских центрах и университетах, связанных с разработкой и исследованием сорбционных материалов и очисткой воды от загрязняющих веществ. Результаты исследований могут быть также использованы в учебном процессе следующих организаций: Санкт-Петербургском ГТУ (ТИ); Российском ХТУ им. Д.И. Менделеева, Московском государственном университете им. М.В. Ломоносова, Белгородском государственном технологическом университете им. В.Г. Шухова и других заинтересованных организациях.

Диссертационная работа изложена на 130 страницах машинописного текста, состоит из введения, трех глав, выводов и приложений. Работа содержит 45 рисунков, 13 таблиц, 3 приложения и список литературы из 161 наименования.

Основные материалы диссертации в достаточном объеме отражены в 15 печатных работах, в числе которых 5 статей в журналах, включенных в перечень ВАК, одна статья – в изданиях базы Scopus.

Значимость полученных автором диссертации результатов для развития соответствующей отрасли науки заключается в том, что они представляют научный и практический интерес для специалистов, занимающихся разработкой сорбентов и очисткой природных, производственных и сточных вод.

Достоверность полученных результатов и обоснованность выводов обеспечивается корректностью поставленных задач, комплексными исследованиями с использованием современных подходов; использованием действующих стандартов и методик, применявшихся в рамках работы над диссертацией, а также апробацией и практическим внедрением результатов исследований.

**Личный вклад соискателя.** Наиболее существенные результаты получены автором лично и отражены в научной новизне и научно-практической значимости; в постановке задач исследований; проведение экспериментов и интерпретации полученных данных, подготовке публикаций по материалам диссертационной работы, апробации экспериментальных адсорбентов.

Материалы диссертации были доложены на научных конференциях российского и международного уровня в течение 2017-2020 гг.

Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации и достаточно полно отражает ее.

По содержанию, научной новизне, широте экспериментальных исследований, объектам и методам исследований диссертационная работа соответствует п. 11 паспорта специальности 02.00.04 – «Физическая химия».

В работе в соответствии с паспортом специальности решаются теоретические проблемы физической химии.

#### **Замечания по диссертационной работе:**

- отсутствует технологическая схема процесса;
- отсутствуют рекомендации по утилизации отработанного сорбционного материала;
- не совсем ясно, как автор предполагает проводить очистку морской воды и для каких целей;
- термин «сорбция керосина» не совсем корректен, так как сорбировать можно вещества, находящиеся в растворенном состоянии, а керосин, как известно, в воде не растворяется;
- отсутствуют расчеты экономической целесообразности предлагаемой технологии;
- в работе использован термин «площадь удельной поверхности» в то время, как в литературе широко используется термин «удельная поверхность»;
- оформление некоторых источников литературы не соответствует требованиям ГОСТ;
- в тексте диссертации имеются опечатки и редакционные неточности.

#### **Заключение**

Содержание диссертационной работы логически последовательно изложено русским языком, принятым в научно-технической литературе.

Выводы и рекомендации, приведенные в диссертации, достаточно обоснованы и не вызывают возражений. Отмеченные недостатки не меняют

общего положительного мнения о представленной на отзыв диссертационной работе.

Диссертационная работа Нгуен Динь Тьен удовлетворяет требованиям, предъявляемым п. 9 ВАК «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842 и представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, в которой содержится решение актуальной задачи разработки ресурсосберегающего способа получения адсорбционно-активного материала из жома сахарного тростника, позволяющего осуществлять эффективную очистку сточных вод и снижать негативную антропогенную нагрузку на окружающую среду, а ее автор, Нгуен Динь Тьен, заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 02.00.04 – «Физическая химия».

Диссертационная работа, отзыв на диссертацию и автореферат Нгуен Динь Тьен обсуждены и одобрены на заседании кафедры «Промышленная экология» ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова», протокол № 2 от 25 марта 2020 г.

**Отзыв составлен:**

Доктор технических наук, профессор

03.00.16 – Экология

Заведующий кафедрой промышленной экологии

ФГБОУ ВО «Белгородский государственный

технологический

университет им. В.Г. Шухова»

Свергузова Светлана Васильевна

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова»

308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46

контактные телефоны: +7 (4722) 54-20-87; +7 (4722) 54-52-27

e-mail: rector@intbel.ru

Подпись Свергузовой Светланы Васильевны заверяю.

Проректор по научной  
и инновационной деятельности



Давыденко Татьяна Михайловна