

О Т З Ы В

официального оппонента на диссертацию

Со Вин Мьинт

«Основы термического рециклинга растительных отходов Мьянмы в углеродные адсорбенты»»,

представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.6.12 - Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ

Актуальность темы диссертационной работы

Проблема негативного воздействия примышленного производства на природу является одной из наиболее постоянных и актуальных проблем человеческого общества со времен его активного техногенного развития. Новые материалы и технологии их производства связаны с образованием отходов, нарушающих установившееся экологическое равновесие с окружающей средой, что зачастую приводит к тяжелым последствиям для всей живой природы. Для решения проблемы проводятся исследования новых материалов, выполняются работы по созданию сорбционных материалов с комплексом ценных физико-химических свойств. Перспективность системы углеродных адсорбентов определяется их высокой активностью и повышенной эффективностью удаления поллютантов. Актуальными являются как теоретические исследования в данной области, направленные на разработку технологических основ получения новых, доступных и недорогих материалов, так и апробация полученных результатов на практике. Однако, препятствием для широкого использования углеродных адсорбентов в развивающихся странах является отсутствие собственного производства, хотя они и располагают существенной сырьевой базой природных углеродсодержащих материалов. С этой точки зрения диссертационная работа Со Вин Мьинт, связанная с глубоким и систематическим изучением сырьевых ресурсов Республики Союз Мьянма и технологиями их переработки в углеродные адсорбенты, представляется безусловно актуальной и целесообразной.

Целью диссертационного исследования явилось обоснование целесообразности разработки углеродных адсорбентов на основе целого ряда природных материалов Мьянмы и соответствующих технологий их прикладного использования. Работа посвящена решению комплекса задач, связанных с аналитическим исследованием растительных отходов, существующих в больших объемах, путем проведения термографических, физико-химических и химических исследований; определения оптимальных условий пиролиза сырья и активации целевых продуктов водяным паром, с оценкой выходов и структурно-адсорбционных характеристик получаемых продуктов; составления материальных балансов исследуемых процессов, установления состава продуктов и возможных направлений их использования; обоснования принципиальных технологических схем производства углеродных адсорбентов согласно разработанным технологиям и определения их технико-экономической эффективности.

Оценка содержания диссертации

Диссертация Со Вин Мьинт состоит из введения, четырёх глав, выводов, списка литературы (530 наименований цитированных работ российских и зарубежных авторов) и 12 приложений. Работа изложена на 372 страницах рукописного текста, включает 46 рисунков и 67 таблиц. По теме диссертации опубликовано 55 работ, в том числе 10 в изданиях, индексируемых в базах данных SCOPUS и WOS, 1 статья в журнале, входящем в перечень ВАК, 1 монография в издательстве РХТУ им. Д.И. Менделеева. Получено 5 патентов РФ на изобретения.

Автореферат и публикации полностью отражают основное содержание диссертации.

Во введении раскрыта актуальность и степень разработанности проблемы, сформулированы цель и задачи работы, ее научная новизна, теоретическая и практическая значимость, основные положения, которые выносятся на защиту.

Первая глава раскрывает проблему и свидетельствует, что автором выполнена большая работа по анализу литературных данных, связанных с природными ресурсами

страны Республика Союз Мьянма. Приведены подробные данные о структуре, содержании и состоянии лесов. Приведены характеристики всех других растительных материалов, которые были задействованы автором в технической части работы. Обоснованы сформулированные цели и задачи исследовательской работы.

Во второй главе приведены общие сведения об использованных в работе отходах в виде рисовой шелухи (РШ), скорлупы кокосовых орехов (СКО), стеблей и корневищ высохших растений хлопка - гуза-паи (ГП), кожуры плодов тамаринда (КПТ), древесины бирманского железного дерева (ЖД), выпшедших из употребления букетов роз (БР), оболочек семян манго (ОСМ) и скорлупы косточек сливы (СКС). Охарактеризованы значимые для освещения темы технические показатели и свойства отходов и обсуждены результаты их термографии, на основании которых сформулированы рекомендации относительно рационального уровня термического воздействия на них при пиролизе. Установлено, что использование показателей проведённого термического анализа (как качественных, так и количественных) применительно к процессам пиролиза более крупных, чем лабораторные навески, масс отходов вследствие известных эффектов масштабирования носят ориентировочный характер, показывающий тенденции поведения испытываемых материалов при термическом воздействии на них в защитной и окислительной атмосферах.

В третьей главе представлены результаты, отражающие существо выполненных научных исследований. Выведены и сопоставлены результаты определения рациональных условий пиролиза отходов, выхода, структурно-адсорбционных свойств и технических показателей его науглероженных продуктов, включая оценку состава их поверхности методом рентгенофлюоресцентного анализа. Освещены изотермы низкотемпературной адсорбции азота полученными карбонизированными продуктами пиролиза отходов и данные распределения объёмов их пор по размерам. По совокупности этих данных сделано заключение о невысоком качестве большинства целевых продуктов пиролиза использованных отходов как адсорбентов.

Приведены сведения по материальным балансам пиролиза отходов и практически значимые сведения о побочных продуктах пиролиза отходов. Путём обычной перегонки установлен фракционный состав полученных конденсатов пиролиза. С применением хроматографии оценен состав его неконденсирующихся газов. Обсуждены возможные направления использования этих продуктов.

Охарактеризовано, также, решение специфичной задачи обеззоливания карбонизированного продукта пиролиза воздушно сухой смеси измельчённых до частиц размером $<0,25$ см и <5 мм фрагментов довольно низкой механической прочности букетов роз, исчерпавших их прямое назначение, выполненного с минимальными тепловыми затратами в температурном интервале $450-500^{\circ}\text{C}$. Обработка этого материала, содержащего в процентах по массе 79,65 углерода и 2,40 золы, осуществлена разбавленными минеральными кислотами с последующими многократными отмывками горячей водой. Качество отмывки оценено анализами твёрдой фазы, показателями pH промывной воды и её электропроводности. Выявлено, что резкое сокращение массы обработанного кислотами и отмытого продукта по причине его значительных потерь из-за низкой прочности и существенное сокращение полярных свойств его поверхности обусловлено общей деградацией пористой структуры вследствие воздействия кислот, о чем свидетельствует и падение адсорбционной способности по тестовым веществам. Тем не менее, весьма затратная обработка удовлетворяет потребностям технологий, в которых преобладают задачи использования углеродных материалов с минимальным содержанием золы. Таким образом, выполненными исследованиями обоснованы режим карбонизации сырья и реагентной отмывки ее целевого продукта, обеспечивающий получение материала с минимальной зольностью и максимальным содержанием углерода.

Представлены результаты установления рациональных условий активации водяным паром карбонизированных остатков пиролиза отходов, выхода её продуктов, структурно-адсорбционных свойств и технических показателей активных углей. Определение характера распределения объёма пор активных углей по диаметрам и их сопоставление с

такowymi для продуктов пиролиза использованных отходов показало существенное развитие пористой структуры при переходе от карбонизированных остатков пиролиза отходов к активным углям равной природы и позитивном изменении качественных и количественных параметров последних.

В четвертой главе диссертационной работы представлены эксплуатационные свойства углеродных адсорбентов, полученных активацией водяным паром. Оценены возможности получения из использованных отходов углеродных адсорбентов и некоторые аспекты организации производства этих продуктов.

Охарактеризована эффективность использования полученных углей паровой активации для очистки от органических примесей отобранных проб одного из многокомпонентных стоков АО «Москокс» и фиксации плёнок дизельного топлива, разлитого на водной поверхности. За исключением активного угля на базе древесины ЖД, все адсорбенты обеспечивают за относительно короткое время контакта фаз значение показателя остаточной величины ООУ на уровне 30 мг/л, способствующем решению задачи удаления органических загрязняющих веществ до кондиций воды водоёмов рыбохозяйственного назначения.

Освещены результаты оценки способности полученных активных углей при улавливании паров летучих органических растворителей (ЛОР) из их смесей с воздухом на примере н-бутанола. Установлена вполне удовлетворительная кинетика насыщения поглотителей и сравнительно простая регенерация, способствующая циклическому использованию адсорбентов.

Приведена серия данных об использовании уникальных свойств некоторых активных углей паровой активации, полученных из отходов, в решении ряда задач защиты окружающей среды и охраны здоровья человека. Обоснована высокая эффективность применения активных углей, полученных из отходов древесины ЖД, для улавливания из табачного дыма паров одного из его наиболее опасных компонентов – метанола. Глубокую очистку воды от фенола – одной из важнейших проблем водоподготовки, позволяет осуществить использование активных углей на базе СКС. Высокоэффективное осветление растворов желатина, используемых, в частности, в микробиологии, фармакологии и для медицинских инъекций, обеспечивают активные угли в виде частиц размером менее 100 мкм, полученные на основе ОСМ. Весьма эффективное обезвреживание (ремедиацию) почв сельскохозяйственных угодий, загрязнённых остатками гербицида атразина (майзина), являющегося одним из основных гербицидов, применяемых при возделывании риса – наиболее важной пищевой культуры Мьянмы, обеспечивают активные угли, полученные на базе отходов возделывания хлопчатника в виде гуза-паи. Установлено, что порошковые активные угли парогазовой активации с массовым количеством фракции 50-80 мкм не менее 80 %, полученные из скорлупы кокосовых орехов Мьянмы (наряду с таковыми на базе косточек персика и абрикоса), имеют минимальное содержание остаточных канцерогенных веществ, что благоприятно сказывается на их совместимости с бифидобактериями, адсорбционная способность по которым для угля на основе СКО составляет $1,0 \times 10^5$ колониеобразующих единиц (КОЕ) на 1 мг. Применительно к рисовой шелухе, доставленной из Мьянмы, оценена эффективность ее переработки охарактеризованными в литературе приёмами с получением наряду с активными углями важных товарных продуктов. Установлено, что модифицирование активного угля паровой активации на базе древесины железного дерева тиомочевинной и последующий пиролиз импрегната обеспечивают изменение ионообменных свойств целевого продукта и практическую сохранность его охарактеризованных показателей на уровне таковых исходного материала. Кроме этого, оно существенно сказывается на прикладных свойствах модифицированного активного угля (МАУ). Модифицирование открывает возможность использования характеризованного угля для извлечения из сточных вод ионов тяжёлых металлов. Оценена эффективность переработки косточкового сырья в активные угли методами химической активации. Целесообразность использования данного приёма применительно к отходам в виде СКС оценена в работе с привлечением ряда наиболее

употребляемых средств химической активации при их массовом отношении к сырью 1:1 в рациональных условиях её пиролиза.

Весьма важным представляется раздел, освещающий некоторые аспекты организации производства активных углей на базе растительных отходов Мьянмы. В качестве иллюстрационных примеров приведены две принципиальные аппаратурно-технологические схемы переработки использованных в работе отходов на активные угли. Поскольку потребности Республики Союз Мьянма в активных углях собственного производства в настоящее время чётко не определены, целесообразна реализация производства названных адсорбентов по сравнительно простой и поэтому относительно легко доступной к реализации технологии парогазовой активации. Значимыми аргументами являются дешевизна рассмотренного сырья (определяемая в ряде районов его низкими затратами на логистику и малой местной востребованностью), простота изготовления технологического оборудования в виде средств перемещения и хранения соответствующих материалов и достаточно широкая доступность приобретения более сложных технологических агрегатов и устройств.

Технико-экономические показатели производства активных углей на базе сырья в виде использованных в работе отходов свидетельствуют о принципиальной возможности внедрения разработанных технологий в условиях Мьянмы. Себестоимость получения активных углей может быть существенно снижена при непрерывной эксплуатации производства с обеспечением его более высокой прибыли, способствуя увеличению объёмов утилизации отходов и решению задач защиты окружающей среды. Соотношение цена/качество и ряд конкретных обстоятельств в хозяйственной деятельности страны представляются определяющими в решении вопроса о целесообразности реализации конкретных из охарактеризованных технологий.

В целом диссертационная работа выстроена логически, написана понятным научным языком.

Степень обоснованности и достоверности научных положений и выводов

Достоверность и обоснованность сформулированных в работе научных положений и выводы обеспечиваются использованием современных методов исследования с применением высокоточного, метрологически поверенного оборудования. Точность и правильность результатов доказана статистической обработкой данных. Полученные материалы экспериментальной работы докладывались и обсуждались на международных конференциях и научных семинарах. Обоснованность и достоверность результатов обусловлена, также, применением в работе разнообразного их наглядного отображения. Результаты соответствуют современным научным представлениям и закономерностям, установленным научными коллективами, работающими в аналогичной области науки.

Научная новизна, теоретическая и практическая значимость исследований. В диссертации Со Вин Мьянт представлены впервые полученные результаты:

Выявлены принципиально важные свойства крупнотоннажных растительных отходов Мьянмы как сырьевых резервов для производства углеродных адсорбентов;

Определены новые данные о технических характеристиках, пористой структуре и поглотительных свойствах полученных углеродных адсорбентов на основе отходов в виде рисовой шелухи (РШ), скорлупы кокосовых орехов (СКО), стеблей и корневищ высохших растений хлопка - гуза-паи (ГП), кожуры плодов тамаринда (КПТ), древесины бирманского железного дерева (ЖД), вышедших из употребления букетов роз (БР), оболочек семян манго (ОСМ) и скорлупы косточек сливы (СКС). Совокупность полученных диссертантом новых сведений обеспечивает прикладное использование получаемых материалов; показывает очевидную конкурентоспособность и уникальность углеродных адсорбентов в решении ряда практически важных задач охраны окружающей среды и здоровья населения;

Осуществлена технико-экономическая оценка себестоимости производства углеродных адсорбентов, результаты которой свидетельствуют о принципиальной возможности и целесообразности реализации в условиях Мьянмы разработанных

технологий, способных обеспечить своей продукцией национальные потребности и расширить номенклатуру активных углей на мировых рынках;

Оригинальность и техническая новизна ряда предложенных в работе технологических решений защищена патентами РФ.

Рекомендации по использованию результатов диссертации. Результаты диссертационного исследования Со Вин Мьинт могут быть использованы для практического получения новых углеродных материалов, обладающих высокими сорбционными характеристиками для удаления многих поллютантов и решения ряда экологических проблем. Полученная информация представляется пригодной для дальнейшего развития теоретических представлений по эффективному получению новых сорбционно-активных углеродных систем.

По материалам представленной работы могут быть сделаны следующие замечания:

1. Автор указывает, что основным мотивом к выполнению исследований явились, отраженные в ряде документов, государственные нужды Мьянмы. Документы упоминаются в начале диссертации, но ссылки на них, во внушительном списке цитируемых источников (530) сложно обнаружить.

2. Основные результаты по изученным материалам подробно представлены в большом количестве таблиц (67 по тексту и 63 в приложениях), однако данные не сгруппированы по каким-либо признакам или характеристикам, поэтому проследить возможные закономерности в изменениях свойств можно только гипотетически.

3. В литературном обзоре указано, что в лесах страны произрастает до ста видов бамбука (стр.20). Почему этот вид сырья не заинтересовал автора исследования в сравнении, например, с букетами вышедших из употребления роз.

4. Себестоимость производства углеродных адсорбентов, по расчетам автора, оказывается довольно высокой (табл.66, стр.235-239). Какой вид сырья предпочтительнее использовать для организации реального и эффективного производства в стране Республика Союз Мьянма?

Указанные замечания не снижают научную ценность и практическую значимость результатов диссертационной работы.

Заключение

Диссертационная работа Со Вин Мьинт представляет собой завершенную научно-квалификационную работу, выполненную на высоком теоретическом и экспериментальном уровне. Автором решена актуальная научная проблема, имеющая важное социально-экономическое и хозяйственное значение для развития страны Республика Союз Мьянма.

Анализ полученных результатов показывает, что диссертационная работа по содержанию соответствует паспорту специальности научных работников 2.6.12 - Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ и областям исследования по позициям 10 (Неметаллические углеродсодержащие материалы. Физико-химические принципы технологии углеродных материалов и изделий, включают стадии подготовки исходных материалов, смешивания и гомогенизации компонентов, формования заготовок или изделий, их упрочнения, высокотемпературных процессов, обработки материалов и изделий для придания им требуемых свойств, формы и размеров. Технологии производства углеродных материалов различного назначения, технический углерод. Сырьевые углеродсодержащие материалы), 11 (Научные основы и закономерности физико-химической технологии и синтеза специальных продуктов. Новые технологии производства специальных продуктов) и 12 (Моделирование и оптимизация химико-технологических процессов на основе цифрового прогнозирования, математических методов, системного анализа и информационных технологий применительно к производствам). В целом, диссертационная работа представляет собой новое исследование в области сорбционной техники, которое вносит значимый вклад в развитие направления, связанного с разработкой научно-практических основ получения новых перспективных сорбционных материалов для использования их в народном хозяйстве.

Работа по актуальности, научной новизне и значимости результатов исследований, степени их опубликования и научной апробации соответствует требованиям, предъявляемым к диссертационным работам на соискание ученой степени доктора наук, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», утвержденном приказом и.о. ректора № 103ОД от 14 сентября 2023 г (с последующими редакциями), а её автор Со Вин Мьинт заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.6.12 - Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ.

Официальный оппонент

Профессор кафедры химии и биотехнологии имени В.В. Тутуриной ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет», почетный работник высшего профессионального образования РФ, доктор технических наук

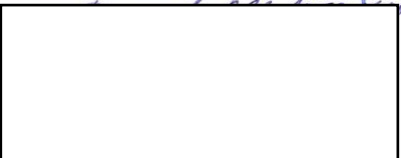
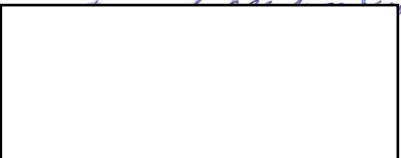
профессор ВАК  Дударев Владимир Иванович

E-mail: @

664074 г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83. ИРНТУ. Тел.: +7  5

Подпись профессора Дударева В.И. удостоверяю
Ученый секретарь ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет»
К.т.н., доцент  Артемова Олеся Станиславовна

24 октября 2025 г.

 
По  
определено