

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора технических наук Самонина Вячеслава Викторовича на диссертационную работу 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

Подданным Республики Союз Мьянма кандидатом технических наук Со Вин Мьинт в стенах РХТУ им. Д.И. Менделеева выполнена диссертационная работа на соискание ученой степени доктора технических наук, целью которой является научное обоснование важной для экономики и экологии государства проблемы эффективного вовлечения в хозяйственный оборот мало используемых крупнотоннажных растительных отходов путем их переработки в углеродные адсорбенты с использованием пиролиза этого сырья и активации его карбонизированных продуктов водяным паром, как основных этапов технологии, наиболее доступной к реализации в условиях страны, не имеющей собственных производств этих материалов.

Актуальность работы. Среди приблизительно 100 млн. т ежегодно образующихся в Мьянме крупнотоннажных растительных отходов примерно 97,8 % составляют миллионотоннажные: 59,6 % приходится на древесину в основном железного дерева, 25,7 % на рисовую шелуху и 12,5 % на скорлупу кокосовых орехов. Доля же других отходов, в том числе тысячетоннажных полевых остатков возделывания хлопчатника – гуза-паи (0,294 %), завядших букетов роз (0,165 %), скорлупы косточек сливы (0,161 %), кожуры плодов тамаринда (0,155 %) и оболочек семян плодов манго (0,02 %), не превышает 2,2 %. Практикуемые в стране способы обращения с этими отходами преимущественно затратны и сопряжены с негативными последствиями экологического плана. Вместе с этим многие процессы, реализуемые в сельскохозяйственной, индустриальной, пищевой и других областях хозяйственной деятельности Мьянмы, сопровождается образование не только твердых отходов, но и сточных вод и газовых выбросов. Эти антропогенные поступления в окружающую среду, обычно содержащие загрязняющие примеси органического характера, удаляют в неё, как правило, без необходимой очистки. Эффекта глубокого и даже санитарного качества такой очистки,

как известно, наиболее часто обеспечивают использованием углеродных адсорбентов, в частности, активных углей, собственных производств которых страна не имеет.

Имеющиеся в специализированной научно-технической литературе и достаточно широко в ней освещённые убедительные свидетельства возможности получения из растительных отходов, подобных названным, углеродных адсорбентов, демонстрирующих высокие поглотительные свойства по целевым компонентам при решении многих природоохранных и смежных задач, а также необходимость в соответствии с планами и национальным законодательством Мьянмы в области экологии решения названных задач, включая рациональное использование отходов, наряду с мало приемлемым для развивающейся экономики страны уровнем рыночных цен на углеродные адсорбенты и вынужденным их импортом указывают на несомненную актуальность, важность и значимость, прежде всего для этого государства, выполненного диссертационного исследования.

Научная новизна работы, в которой впервые:

- систематическими исследованиями сырья и продуктов его деструкции научно обоснована принципиальная возможность термической переработки большинства использованных в работе крупнотоннажных растительных отходов Мьянмы на активные угли, конкурентоспособные в решении задач охраны окружающей среды и здоровья человека, что потенциально обеспечивает существенный вклад в экономику государства и номенклатуру этих адсорбентов на мировом рынке;
- совокупностью термографических, физико-химических и химических исследований расширен круг научных знаний об использованных отходах путём выявления ансамбля свойств, свидетельствующих о принципиальной возможности и перспективности изучения рациональных условий термической переработки этих материалов на углеродные адсорбенты;
- ансамблем полученных результатов научно обоснованы принципы получения активных углей достаточно высокого качества из отходов растительного сырья Мьянмы, не находящихся квалифицированного применения;
- обоснованы условия получения из рисовой шелухи товарных продуктов высокой чистоты (жидкого стекла и диоксида кремния) и активных углей повышенного качества путём активации с $ZnCl_2$ углеродной части карбонизированного продукта пиролиза этих отходов, а также

возможность изменения ионообменных свойств активного угля на базе древесины железного дерева путём его пропитки тиомочевинной и пиролиза результирующего её импрегната;

- установлены кинетические закономерности интенсивного контакта мелких фракций полученных целевых продуктов с образцами многокомпонентных стоков с территории коксохимического производства АО «Москокс» и их взаимодействия с плавающими плёнками дизельного топлива, свидетельствующие о высокой эффективности использования их большинства для удаления органических примесей и принципиальной пригодности для фиксации разливов нефтепродуктов;
- оценены кинетические и равновесные закономерности извлечения зёрнами полученных активных углей паров летучих органических растворителей (на примере н-бутанола) из потоков их смесей с воздухом, указывающие на целесообразность использования ряда из них для предварительной обработки таких потоков повышенных концентраций, сформулированными позициями выражена вполне четко.

Положения теоретической и практической значимости выполненного исследования, также впервые констатированные в работе:

- выявлена важность и значимость использованных при исследованиях крупнотоннажных растительных отходов Мьянмы как сырьевых резервов для производства углеродных адсорбентов;
- определён характер влияния названных отходов на режимные параметры операций их пиролиза и активации водяным паром его науглероженных продуктов;
- обоснованы целесообразные условия реализации обоих термических переделов, обеспечивающие рациональные сочетания выхода и структурно-адсорбционных свойств получаемых углеродных адсорбентов;
- охарактеризованы тестированные показатели технических характеристик, пористой структуры и поглочительных свойств полученных углеродных адсорбентов, совокупность которых наряду с результатами прикладного использования указывает на их очевидную конкурентоспособность, универсальность и даже уникальность использования в решении ряда практически важных задач охраны окружающей среды и здоровья населения;
- сопоставлением значений интенсивности нагревания сырья и полученных из него карбонизированных материалов, как одного из

значимых факторов, определяющих выход, показатели и свойства целевых продуктов операций пиролиза и активации его карбонизатов водяным паром, общих чётких количественных закономерностей не фиксировано.

- полученные адсорбенты испытаны на образцах промышленных стоков АО «Москокс», продемонстрировав высокую эффективность их очистки от органических загрязняющих веществ. Фармацевтическое предприятие (МРЕ) департамента здравоохранения министерства промышленности Республики Союз Мьянма планирует использовать эти и другие результаты диссертационной работы, касающиеся, прежде всего профиля его основной деятельности, в виде интегрирования в собственные проекты путём апробации в соответствующих исследовательских процессах, о чем свидетельствует письмо-обращение в адрес РХТУ им. Д.И. Менделеева.

- для полученных на базе использованного сырья активных углей паровой активации осуществлена ориентировочная технико-экономическая оценка себестоимости их производства, результаты которой свидетельствуют о принципиальной возможности и целесообразности реализации в условиях Мьянмы разработанных технологий, способных обеспечить своей продукцией национальные потребности (прежде всего в области очистки и обезвреживания жидкофазных сред и потоков) и расширить номенклатуру активных углей на мировых рынках;

- оригинальность и техническая новизна ряда предложенных в работе технологических решений защищена патентами РФ;

существом перечисленных абзацев выражены достаточно полно.

Обоснованность и достоверность результатов и выводов работы. Как собственно воспроизводимые экспериментальные данные, представленные в приложении диссертации, так и результаты их обобщения наряду с изложенными в её тексте заключениями и выводами, с учетом уточнений, изложенных на стр. 15 и 16, соответствуют сведениям схожей ориентации, охарактеризованным в достаточно многочисленных источниках информации, в связи с чем очевидно достоверны. Использование экспериментальных установок, весьма распространенных в лабораторной практике адсорбционных определений, приборов заводского производства, в том числе оборудования центра коллективного пользования университета и сторонних организаций, а также аналитических методик, в большинстве представляющих собой российские государственные стандарты, наряду с

широко применяемыми способами обработки экспериментальных данных указывает на обоснованность полученных результатов и сформулированных на их основе заключений и выводов.

Публикация значимых результатов и выводов. По наиболее важным итогам диссертационного исследования опубликовано 55 работ в виде 10 статей в изданиях, индексируемых в международных базах данных Scopus, Georeff, Chemical Abstracts и WoS (например, позиции 296, 369, 366, 455, 505 списка литературы), подготовленной в соавторстве монографии (поз. 401), статьи в рецензируемом научном издании перечня ВАК (поз. 281), 5 патентов РФ на изобретения (в частности, поз. 473, 476, 481, 482) и 38 сообщений, доложенных автором научной общественности на международных и всероссийских конференциях различной ориентации.

Объем, структурный состав и содержание диссертации. Основной текст работы представлен 307-ю машинописными страницами, включающими 67 таблиц и 46 рисунков. Структурно он представлен введением, 4-мя главами, выводами и библиографическим перечнем, содержащим 530 позиций. Диссертация имеет 100-страничное приложение, 12 позиций которого характеризуют преимущественно ансамбль полученных экспериментальных данных.

Во введении (стр. 9-18) охарактеризованы актуальность темы исследования, степень её разработанности, цель, задачи, объекты, предметы, методология и использованные методы, научная новизна, теоретическая и практическая значимость, достоверность результатов, личный вклад автора и основные положения диссертации, выносимые на защиту.

Глава 1 (стр. 19-87) является аналитическим литературным обзором по теме исследования. Здесь отражены вопросы значимости для экономики Мьянмы продукции её аграрного сектора, общие сведения о её культурах, возделывание и переработку которых сопровождает образование крупнотоннажных отходов, масштабы последних и состояние их использования, актуальные проблемы защиты в стране окружающей среды и сведения об углеродных адсорбентах, как агентах эффективной очистки производственных стоков и газовых выбросов, наряду с данными об их мировом рынке. Итогом выполненного обзора приведены выводы и вытекающие из них задачи исследования.

Главу 2 (стр. 88-125) характеризуют значимые для выполненных исследований сведения об использованных отходах, экспериментальных установках, принципах их эксплуатации и примененных аналитических методиках. Наряду с этим в ней представлен и обсужден ряд экспериментально определенных физико-химических характеристик указанных отходов и результатов их термографии в защитной и окислительной атмосферах.

Определенную научную значимость характеризует шестой раздел главы 2, демонстрирующий нерезультативную, как следует из данных последующих исследований, попытку автора количественно связать показатели использованных отходов, отражающие их природу, со средней скоростью их деструкции в характерных температурных интервалах пиролиза сырья, а также активации водяным паром его карбонизированных продуктов, с характеристиками целевых продуктов, полученных в близких условиях термической обработки, используя данные термогравиметрии этих материалов в атмосфере азота, согласно которым изученные величины одинаковых показателей пиролизатов формируют не соответствующие друг другу последовательности различного вида.

Глава 3 (стр. 126-183) представляет решение задач обоснования рациональных, по мнению автора, условий осуществления операций термического воздействия на растительные отходы при пиролизе и паровой активации целевых продуктов пиролиза. Такие условия представлены сочетанием величин параметров, управляющих названными операциями (интенсивности нагревания, предельной температуры, длительности изотермической обработки и удельного расхода водяного пара при активации), с оптимальным комплексом характеристик выхода и структурно-адсорбционных свойств получаемых углеродных адсорбентов, обусловленным энергетически целесообразными затратами. В главе приведены значения перечисленных показателей, фотографии полученных углеродных адсорбентов и результаты оценки ряда их технических характеристик. Показано, что величины однозначных показателей свойств обоих целевых продуктов формируют не совпадающие последовательности, как между собой, так и с установленными по данным термографии степенями деструкции, исключая, таким образом, смысл использования подхода, охарактеризованного в главе 2, к выявлению количественных закономерностей между свойствами углеродных адсорбентов и природой отходов, использованных для их получения. В главе охарактеризованы

материальные балансы обеих термических операций. Приведен ряд значимых сведений о побочных продуктах этих операций, осуществленных в рациональных условиях. С использованием в виде примера карбонизатов букетов роз и растворов плавиковой и соляной кислот оценены перспективы получения на базе науглероженных растительных отходов решения стоящей в ряде случаев задачи получения продуктов, содержащих повышенное количество углерода. Представлены результаты оценки способности полученных углеродных адсорбентов к выщелачиванию в воде и активных углей паровой активации к ионному обмену.

В главе 4 (стр. 184-246) в 5 разделах рассмотрены вопросы сопоставительной эффективности применения углеродных адсорбентов, полученных в работе, для углеадсорбционной обработки производственных сточных вод (раздел 4.1), извлечения летучих органических растворителей из их паровоздушных выбросов (раздел 4.2) и решения ряда смежных задач, в частности задач здравоохранения (раздел 4.3), а также ряд возможностей получения иных углеродных адсорбентов из использованного сырья другими приемами (раздел 4.4) и отдельные детали технико-экономического обоснования производства из изученных растительных отходов активных углей (раздел 4.5). В разделах 4.1-4.3 представлены доказательства эффективности применения целевых продуктов охарактеризованной переработки растительных отходов с целью удаления загрязнений органической природы из многокомпонентных стоков, фиксации находящихся на водной поверхности разливов дизельного топлива, извлечения паров н-бутанола из паровоздушных смесей различной концентрации, очистки рядом из них воды от фенола, табачного дыма от метанола, почвы от остатков гербицидов и иного совершенствования задач здравоохранения. Отражены особенности, кинетические и равновесные закономерности реализуемых процессов.

Выводы (стр. 246-248), резюмирующие итоги исследования, изложены в виде 14 пунктов, практически в полной мере отражающими обеспеченные ими результаты.

Замечания, недостатки и предложения. В отношении существа работы:

- Отсутствуют сведения об актуальных потребностях Мьянмы в углеродных адсорбентах для решения проблем экологии, здравоохранения и смежных задач.
- В тексте диссертации использован термин «рациональные условия», базированный на целесообразных, по мнению автора, сочетаниях выхода и определяемых свойств целевых продуктов. Однако, в самой работе продемонстрированы примеры получения из одинакового сырья одним и тем же приёмом активных углей высокого качества в иных, отличных от обозначенных рациональными, условиях. Это обстоятельство свидетельствует о несовершенстве использования данного термина, приводимого без уточняющих сведений.
- Перечень положений теоретической и практической значимости исследования целесообразно дополнить позициями вклада результатов оценки изученных свойств отходов в область научных знаний об этих материалах, значимости заключений по термографии, закономерностей влияния сырьевых факторов и параметров, управляющих обеими термическими операциями, на выход и характеристики получаемых адсорбентов, собственно факта выявления технологических основ разрабатываемых технологий в части операций пиролиза и активации, установления значимых показателей побочных продуктов операций пиролиза и активации, рациональности химической активации оболочек семян манго с хлоридом цинка, обеспечивающей увеличение ряда прикладных свойств получаемых углей, а также роли выполненных исследований в совокупности технологий активных углей на основе растительных отходов.

В части оформления работы:

- Текст диссертации характеризуют достаточно частые пробелы различного размера (стр. 52, 106, 109, 118, 120, 129, 130, 136, 155, 160, 161, 163, 173, 190, 193, 196, 197, 201, 210, 214, 219, 223, 228, 235, 239 и др.), разрывы в представлении таблиц (стр. 35/36, 42/43, 55/56, 63/64, 75/76, 89/90, 118, 120/121, 134/135, 135/136, 142/143, 148/149, 156/157, 158/159, 159/169, 196/197, 201/292, 211/212, 236/237, 230-243 и др.) и рисунков (стр. 112, 128/129, 166/167, 167/168), причем в тексте отсутствует указание на рис. 25.
- Отсутствует необходимый перечень условных обозначений и сокращений.
- Языку изложения текста работы свойственны немногочисленные, но досадные оплошности в виде не разделенных (сплошных)

словосочетаний, бессмысленных слов, орфографических и синтаксических ошибок.

- Имеется путаница в номерах страниц разделов работы, обозначенных в её оглавлении, и их размещения в тексте.
- Перечисленные недостатки частично характерны и для автореферата, достаточно полно и четко отражающего существо диссертации.

Наряду с этим как диссертация, так и её автореферат качественно оформлены графически, доступно и полно выражают освещаемые вопросы. Способы планирования, организации и выполнения проведенных исследований, как и характер трактовки и обобщения полученных результатов не вызывают сколько ни будь значимых возражений. Общая оценка формулировки цели и задач работы, существа, характера и стиля изложения рассматриваемых в ней вопросов свидетельствует о достаточно высокой научной компетенции автора диссертации в характеризующей области знаний.

Перечисленные замечания и недостатки существенно не снижают общей ценности изложенного в диссертации целенаправленного, весьма трудоёмкого, объемного, результативного и завершенного исследования, очевидно значимого, особенно для экономики Республики Союз Мьянма, самостоятельно выполненного на современном научно-техническом уровне и обеспечивающего достижение поставленной цели. Значимость итогов исследования для науки и практики состоит в научно-техническом обосновании возможности, целесообразности и эффективности использования крупнотоннажных растительных отходов этого государства для производства углеродных адсорбентов, вносящем существенный вклад в технологию этих материалов.

Диссертационная работа Со Вин Мьинт «Основы термического рециклинга растительных отходов Мьянмы в углеродные адсорбенты» по её 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 13 (Экологические аспекты переработки топлив. Разработка технических и технологических средств и способов защиты окружающей среды от вредных выбросов производств по переработке топлив, товарных нефтепродуктов и высокоэнергетических веществ).

По актуальности, новизне, практической значимости диссертация соответствует требованиям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева», утвержденным приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.09.2023 г. № 103 ОД. Автор диссертации «Основы термического рециклинга растительных отходов Мьянмы в углеродные адсорбенты» - Со Вин Мьинт - достоин присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.6.12 - Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ.

Отзыв на диссертацию Со Вин Мьинт «Основы термического рециклинга растительных отходов Мьянмы в углеродные адсорбенты», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук, рассмотрен, обсужден и одобрен на заседании кафедры Химии и технологии материалов и изделий сорбционной техники Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета), протокол № 2 от 30.09.2025 г.

Официальный оппонент,
доктор технических наук по

специальности
05.17.10 – Технология специальных
продуктов

Самонин Вячеслав
Викторович

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования Санкт-Петербургский государственный
технологический институт (технический университет),
190013, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, Московский
проспект, дом 26, +7(812) 494-93-95;
e-mail: samonin@lti-gti.ru

Подп
Нача