

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА
РХТУ.2.6.02. РХТУ им. Д.И. Менделеева

по диссертации на соискание учёной степени доктора наук
аттестационное дело №24/25
решение диссертационного совета
от 20 ноября 2025 г., протокол № 2

О присуждении ученой степени доктора технических наук Со Вин Мьинт, представившему диссертационную работу на тему «Основы термического рециклинга растительных отходов Мьянмы в углеродные адсорбенты» по научной специальности 2.6.12. Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ.

Принята к защите «19» сентября 2025 года (протокол №1) диссертационным советом РХТУ.2.6.02 РХТУ им. Д.И. Менделеева.

Состав диссертационного совета утвержден в количестве 12 человек приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева № 535А от 30 декабря 2021 года, с изменениями, внесенными приказами и.о. ректора от «25» мая 2022 года № 183 А, от «26» октября 2023 года № 308 А. Полномочия диссертационного совета продлены приказом проректора по науке и инновациям от 27 сентября 2024 года № 248 А.

Соискатель Со Вин Мьинт, 1986 года рождения, в 2016 году окончил аспирантуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева» (г. Москва) по специальности 05.17.07 – Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ.

Диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 05.17.07 – Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ на тему «Переработка скорлупы орехов кокоса республики Союз Мьянма в активные угли» защитил в 2017 году в диссертационном совете Д 212.204.08, созданном на базе РХТУ им. Д.И. Менделеева, диплом серия КНД № 039333.

В 2025 году окончил докторантуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева» по направлению подготовки: 2.6.12. Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ.

Диссертационная работа выполнена на кафедре промышленной экологии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева».

Научный консультант – Клушин Виталий Николаевич, профессор кафедры промышленной экологии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», доктор технических наук, профессор.

Официальные оппоненты:

- Дударев Владимир Иванович, доктор технических наук, профессор ВАК, профессор кафедры химии и биотехнологии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Иркутский национальный исследовательский технический университет»;
- Самонин Вячеслав Викторович, доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой химической технологии материалов и изделий сорбционной техники федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)»;

- Ефремов Сергей Анатольевич, доктор химических наук, профессор, академик Казахстанской национальной академии естественных наук, заместитель директора Центра физико-химических методов исследования и анализа Казахстанского национального университета имени аль-Фараби Министерства образования и науки Республики Казахстан.

Ведущая организация – Инжиниринговый центр Акционерного общества «Эльконский ГМК» – предприятия Государственного дивизиона госкорпорации «Росатом».

дала **положительный** отзыв.

Результаты исследований отражены в 55 публикациях: в 11 статьях, 10 из которых – в научных журналах, индексируемых в международных базах данных научного цитирования Scopus, Chemical Abstracts, GeoRef, 44 докладах и тезисах докладов научно-практических конференций, а также в монографии и в 5 патентах РФ на изобретения. Опубликованные работы полностью отражают результаты, полученные в диссертации. Результаты апробированы на всероссийских и международных конференциях. Личный вклад соискателя в работах, выполненных в соавторстве, заключается в непосредственном участии в планировании работ, проведении экспериментов, обработке и обсуждении результатов, а также в подготовке статей к публикации.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

Статьи в переводной версии журналов, индексируемых базами Scopus, Chemical Abstracts, GeoRef:

1. С.В. Мьянт. Углеродные адсорбенты на базе растительных отходов Мьянмы как средства очистки производственных выбросов и сбросов / Наинг Линн Со, Зин Мо, Мин Тху, Мят Мин Тху, Со Вин Мьянт, Нистратов А.В., Клушин В.Н. // Сорбционные и хроматографические процессы. – 2019. – Т.19, № 5. – С. 574-581. (Scopus).

2. Saw W. M. Inexpensive resources of Myanmar as a source of carbon adsorbents / W.M. Saw, Z.Y. Naing, M. Thu, M.M. Thu, V.N. Klushin // International Journal of Modern Agriculture. – 2020. – Vol. 9, №. 3 – P.342-350. (Web of Science).

3. Наинг Л.С., Зин Мое, Со Вин Мьянт, Нистратов А.В., Клушин Н.В. Технологические аспекты и показатели переработки отходов древесины железного дерева и оболочек семян манго на углеродные адсорбенты / Л.С. Наинг, М.Р. Зин, В.М. Со [и др.] // Химическая промышленность сегодня. – 2018. – № 4. – С. 28-34. (Chemical Abstracts).

4. Со В.М. Особенности активных углей, полученных химическим модифицированием из отходов растительного сырья Республики Союз Мьянма / В.М. Со, Т. Мин, Л.С. Наинг [и др.] // Химическая промышленность сегодня. – 2020. – № 1. – С. 32-35. (Chemical Abstracts).

5. Со В.М. Предпосылки и технологические основы получения активных углей из доступного сырья Мьянмы Зо Е Наинг, Со Вин Мьянт, Нистратов А. В., Клушин В. Н. / Химическая промышленность сегодня. – 2021. – № 6. – С. 32-35. (Chemical Abstracts)

6. Со В.М. Исследование переработки ископаемых углей месторождений «Калейва» и «Тиджит» как сырья для производства активных углей парогазовой активацией / Е.Н. Зо, В.М. Со, А.В. Нистратов, В.Н.Клушин // Chemical Bulletin. – 2024. – Т. 7, № 3. – С. 93-101. (Chemical Abstracts).

7. Со В.М. Удаление вредных газов из потока воздуха с использованием углеродные сорбенты на основе растительных отходов Республика Союз Мьянма / В.М. Со, Е.Н. Зо, А.А. Курилкин [и др.] // Chemical Bulletin. – 2024. – Т. 7, № 4. – С. 118–130. (Chemical Abstracts).

8. Saw W.M. New carbon base nano absorbents from Myanmar macadamia nutshells, applied for the adsorption of n-butanol from vapor-gas mixture / W.M. Saw, Y.N. Zaw, L.S. Naing

[et al.] // International Research Journal. – 2024. – №12 (150). – P. 1-7. – DOI: 10.60797/IRJ.2024.150.4 (GeoRef).

9. Saw W.M. Myanmar agricultural wastes processing by using the method of pyrolysis to produce new nano sorbents for environmental pollution control / W.M. Saw, Y.N. Zaw, A.V. Nistratov, V.N. Klushin // International Research Journal. – 2025. – №1 (151). – P. 1-6. – DOI: 10.60797/IRJ.2025.151.62 (GeoRef).

10. Saw W.M. Oxidation - adsorption method of wastewater treatment from synthetic dyes / Saw Win Myint, Zaw Ye Naing, T.G. Lyubushkin, Timofey G., A.V. Nistratov, A.A Kurilkin // Journal of Siberian Federal University: Chemistry. – 2025. – 18 (I). – P. 85-93. (Scopus).

Статьи в изданиях, рекомендованных ВАК

1. Со В.М., Наинг Линн Сое, Зин Мое, Мин Тху, Мьят Мин Тху, Нистратов А.В., Клушин В.Н. Термический рециклинг растительных отходов Мьянмы с получением углеродных адсорбентов / В.М. Со, Л.С. Наинг, М. Зин [и др.] // Башкирский химический журнал. – 2020. – Т. 27, №1. – С. 61-67. (ВАК).

Патенты:

1. Патент № 2609802 С1 Российская Федерация, МПК С01В 31/08. Способ получения активного угля из растительного сырья: № 2015149673 : заявл. 19.11.2015 : опубл. 06.02.2017 / В.Н. Клушин, Т.А. Си, В.М. Со [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева».

2. Патент № 2605967 С 1 Российская Федерация, МПК С01В 31/08. Способ получения дроблёного активного угля : № 2015149672 : заявл. 19.11.2015 : опубл. 10.01.2017 / В.Н. Клушин, В.М. Со, В.М. Мухин [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева».

3. Патент № 2675576 С1 Российская Федерация, МПК С01В 32/318, С01В32/324. Способ получения активного угля на основе растительных отходов : № 2018116213 : заявл. 28.04.2018 : опубл. 19.12.2018 / В.Н. Клушин, В.М. Мухин, В.М. Со [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева».

4 . Патент № 2675569 С1 Российская Федерация, МПК С01В 32/318, С01В 32/324. Способ получения активного угля на основе древесного сырья : № 2018116211 : заявл. 28.04.2018 : опубл. 19.12.2018 / В.Н. Клушин, В.М. Мухин, В.М. Со [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева».

5. Патент № 2829815 С 1 Российская Федерация, МПК С01В 32/312, В01J 20/30. Способ получения активного угля : № 2024104709 : заявл. 26.02.2024 : опубл. 06.11.2024 / В.Н. Клушин, Й.Н. Зо, В.М. Со [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева».

Монография:

1. Модифицирование в технологии углеродных адсорбентов / В.М. Мухин, В.Н. Клушин, А.В. Нистратов А.В., Со Вин Мьинт [и др.]. – Москва: Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, 2022. – 326 с. – ISBN 978-5-7237-19552.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

Отзыв официального оппонента, доктора технических наук, Дударева Владимира Ивановича, профессора ВАК, профессора кафедры химии и биотехнологии ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет».

В отзыве оппонент указывает, что диссертационная работа Со Вин Мьинт представляет собой завершённую 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 пунктам 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-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.

В своём отзыве Дударев Владимир Иванович подробно описывает научную новизну работы, её теоретическую и практическую значимость, подробно рассматривает структуру и содержание диссертации и утверждает, что достоверность полученных результатов обеспечивается использованием современных методов исследования, аттестованного оборудования и измерительной аппаратуры, применением современных методов обработки и анализа экспериментальных данных.

По результатам рассмотрения диссертации высказаны замечания:

1. Автор указывает, что основным мотивом к выполнению исследований явились, отражённые 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 расчётам 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?

Отзыв официального оппонента, доктора технических наук, профессора, Самонина Вячеслава Викторовича, заведующего кафедрой химической технологии материалов и изделий сорбционной техники ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)».

В отзыве оппонент отметил актуальность темы диссертационной работы, указав важность для экономики и экологии государства проблемы эффективного вовлечения в хозяйственный оборот мало используемых крупнотоннажных растительных отходов путём 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.

Одним из главных преимуществ работы оппонент отмечает намеченные пути создания углеродных адсорбентов для решения проблем экологии, здравоохранения Мьянмы и смежных задач.

Оппонент сделал следующие замечания и рекомендации по диссертации:

1. Отсутствуют сведения об актуальных потребностях Мьянмы в углеродных адсорбентах для решения проблем экологии, здравоохранения и смежных задач.

2. В тексте диссертации использован термин «рациональные условия», базированный на целесообразных, по мнению автора, сочетаниях выхода и определяемых свойств целевых продуктов. Однако, в самой работе демонстрированы примеры получения и 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.

3. 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.

4. 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), причём в тексте отсутствует указание на рис. 25.

5. Отсутствует необходимый перечень условных обозначений и сокращений.

6. Языку изложения текста работы свойственны немногочисленные, но досадные оплошности. Виде не разделённых (сплошных) словосочетаний, бессмысленных слов, орфографических синтаксических ошибок.

7. Имеется путаница в номерах страниц разделов работы, обозначенных в её оглавлении, и их размещения в тексте.

8. Перечисленные недостатки частично характерны и для автореферата, достаточно полно и чётко отражающего существо диссертации.

Отзыв официального оппонента, доктора технических наук, профессора Сергея Анатольевича Ефремова, академика КазНАЕН, заместителя директора Центра физико-химических методов исследования и анализа КазНУ имени аль-Фараби МОН Республики Казахстан.

В отзыве оппонент отметил, что одним из условий эффективного и устойчивого развития экономики Республики Союз Мьянма является рациональное использование и переработка возобновляемых источников растительного и вторичного сырья. При этом особое значение приобретают новые технологии, направленные на получение материалов с высокой добавленной стоимостью путём использования доступного и дешёвого сырья, при минимальных энергетических затратах. Так как выбор исследовательской деятельности научных кадров во многом определяется состоянием дел в промышленности, её весьма актуальными направлениями представляются, с одной стороны, создание новых технологических схем для получения дешёвых неорганических веществ, альтернативных традиционным, с другой стороны, поиск возможных путей переработки отходов, тенденция к накоплению которых в результате производственной деятельности имеет место практически повсеместно.

Оппонент сделал следующие замечания и рекомендации по диссертации:

1. В литературном обзоре много информации о растительном сырье. В процессе карбонизации и других технологических переделах образуется значительные объёмы мелкодисперсного материала. Нет информации по получению гранулированных углей из мелочи.

2. Стр. 100. Автор утверждает, что после процесса карбонизации зольность составляет 22,5 % . Из литературных данных и практической работы известно, что содержание аморфного оксида кремния составляет не менее 40 %, а в частности 45–47 %.

3. Стр. 113. Говорится об измерении показателя прочности карбонизатов при истирании (86–98 %). Как мерили, по какой методике?

4. Таблица 21. Из материального баланса следует, что товарный продукт составляет 25–48 %. Остальная часть конденсат и пиролизные газы. Куда они деваются? Направления их утилизации или использование? Ведь 52–75 % отходов это очень значительные показатели при промышленном производстве.

5. При описании раздела 3.1.3, нет подтверждающей информации. «...При этом вклад гистерезиса в сорбционные процессы существенно различен, о чем свидетельствуют величины отклонения десорбционных ветвей от адсорбционных в точках завершения гистерезиса...». Рисунки с петлёй гистерезиса необходимо приложить, чтобы видно было обоснование.

6. Стр. 131. Карбонизаты БР- не могут использоваться при очистке сточных вод и водоподготовке, без предварительной грануляции. Т.к. у них низкая механическая прочность. За счёт пылевидных фракций не будет проницаемости жидкости.

7. Рисунок 22, говорится об определении электропроводности. Как определяли электропроводность. Чем это подтверждено?

8. Таблица 28. За счёт чего так, более в два раза увеличивается показатель $V_{\Sigma}, \text{см}^3/\text{г}$.

9. Стр. 167. Говорится о контакте сорбента с нефтяной плёнкой. Что означает фраза относительно тонкая плёнка и большая толщина плёнки? Это какие характеристики? Каково соотношение сорбент-загрязнитель? Какова сорбционная ёмкость этих сорбентов по отношению к загрязнителю?

10. п. 4.2.2. По утверждению автора, в процессе работы было установлено, что материал не эффективен при сорбционной очистке паров ЛОР низких концентраций. Автор делает предположение, что материал будет эффективен при высоких концентрациях ЛОР. Был бы смысл апробировать эти предположения и тогда выносить их в работу.

11. Таблица 48. Очень сомнительно, что при карбонизации РШ температурой 600 °С, выход составит 50 %. Обычно из практики не более 30 % составляет выход. Остальное летучие и смола.

12. п. 4.4.1. Не понятна методика ведения анализа. Какова концентрация раствора щелочи. Говорится о дозе 3,67 г/см³ это чего доза. Если раствора к объёму порошка, то не реалистично или что это? Каковы характеристики полученного SiO₂, как доказали, что 98 % чистота, остальное что? Выше было упомянуто про жидкое стекло. Где информация по этому вопросу, его характеристики?

Отзыв ведущей организации – Инжинирингового центра Акционерного общества «Эльконский ГМК» – предприятия Государственного дивизиона госкорпорации «Росатом», подготовленный начальником отдела технологий и оборудования, кандидатом технических наук В.Ю. Кольцовым и утвержденный первым заместителем генерального директора АО «Эльконский ГМК», доктором физико-математических наук, Г.А. Сарычевым.

В отзыве отмечается, что Республика Союз Мьянма ориентирована на оценку пригодности и рационального использования образующихся в этой стране возобновляемых крупнотоннажных растительных отходов в виде скорлупы кокосовых орехов (СКО), рисовой шелухи (РШ), древесины железного дерева (ЖД), оболочек семян манго (ОСМ), полевых остатков возделывания хлопчатника – гуза-паи (ГП), скорлупы косточек сливы (СКС), кожуры плодов тамаринда (КПТ) и вышедших из употребления букетов роз (БР) в качестве сырья для производства активных углей путём пиролиза и активации водяным паром его науглероженных продуктов и разработку научных основ ключевых термических операций этой технологии.

Идея утилизации разнообразных углеродсодержащих отходов путем получения углеродных адсорбентов в последние десятилетия является предметом внимания многих исследователей в различных странах. Её реализация, основанная на квалифицированном обосновании (решении ряда теоретических и прикладных задач) условий получения новых углеродных адсорбентов на базе таких часто бросовых материалов, обещает их вовлечение в производство достаточно дорогостоящей продукции, использование которой позволит эффективно решить многие насущные проблем преимущественно в сфере защиты окружающей среды и области здравоохранения.

В отзыве даётся краткая характеристика обоснованности и достоверности полученных в работе результатов, изложенных выводов и заключений. Результаты объёмных, многосторонних и самостоятельно выполненных исследований автора, первичная экспериментальная информация о которых представлена в приложениях работы, как и сформулированные путём их обработки и обобщения выводы и заключения, базируются на привлечении к получению и обсуждению широко практикуемых в подобных исследованиях установок лабораторного масштаба, приёмов их эксплуатации, современных методов и средств аналитических определений (термография, рентгенография, ИК-спектроскопия, низкотемпературная адсорбция-десорбция азота и др.). Применяемые исследователем методы и приёмы оценки характеристик получаемых продуктов в основном выполнены в соответствии с ГОСТ РФ, что обосновывает легитимность и достоверность полученных данных.

Ведущая организация сделала следующие замечания и рекомендации по диссертационной работе:

1. Глава 1 диссертации, представляющая собой аналитический обзор, содержит избыточную информацию (в виде географии выращивания различных культур, их климатических зон, происхождения и т.п.), хотя и интересную, но не актуальную относительно темы исследования;

2. Упомянутые в главе 3: понятия рациональные условия, технологически целесообразные энергетические затраты, работе практически никак не освещены и не обсуждены.

по оформлению работы :

3. Номера страниц расположения глав диссертации и ряда её разделов, указанные в оглавлении диссертации, не соответствуют их нахождению в тексте;

4. диссертации технологической ориентации обычно имеют список условных обозначений и сокращений, предваряющий текст, однако он в работе отсутствует, хотя на многих её страницах приведены сокращённые (символические) обозначения рассматриваемых показателей, без их расшифровки, что осложняет понимание изложенного текста;

5. ряд таблиц диссертации представлен в разрыве, хотя мог бы быть размещён целиком на листе, что затрудняет их изучение;

6. текст работы не свободен от ряда упущений орфографического и синтаксического плана, слитного и ошибочного написания отдельных слов. Однако, сложно сочинённые предложения, которыми автор выражает свои мысли, говорит о глубоком проникновении в Великий и могучий русский язык;

7. Ласкают слух выражения типа «результаты, ансамбль которых доведён до сведения общественности. «Ансамбль операций разделки стволочной древесины. «Ансамбль проблем и т.д. Начинаешь понимать, что наука - тоже искусство!

На автореферат получено 6 отзывов, все положительные.

В отзыве на автореферат доктора физико-математических наук, начальника лаборатории кинетики слабоионизированной плазмы Акционерного общества "Государственный научный центр Российской Федерации Троицкого института инновационных и термоядерных исследований" (АО "ГНЦ РФ ТРИНИТИ") профессора Юрия Семёновича Акишева характеризуется структура работы, как логичная и обоснованная. Научная новизна результатов, теоретическая и практическая значимость работы, а также достоверность полученных данных существенных замечаний не вызывают.

Рецензент в отзыве выразил следующие замечания:

1. В тексте автореферата имеется ряд упущений в основном в виде синтаксических неточностей (стр. 1, 2, 6), неудачных фраз (стр. 3, 5), а также в форме устаревших сведений относительно паспорта научной специальности, по которой планируется защита диссертации (стр. 5).

2. К рисунку 11 отсутствуют пояснения характера изображённых кинетических кривых.

3. В таблице 22 нет сведений об источниках ожидаемой прибыли.

В отзыве на автореферат доктора технических наук, доцента, доктора биологических наук, Лидии Георгиевны Пьяновой, главного научного сотрудника отдела технологии топлива и углеродных материалов Центра новых химических технологий федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный исследовательский центр «Институт катализа им. Г.К. Борескова Сибирского отделения Российской академии наук». По автореферату отмечено следующее замечание:

1. Для каких природоохранных задач Республики Союз Мьянма возможно применение разработанных углеродных адсорбентов?

2. Применяются ли в настоящее время углеродные адсорбенты растительного происхождения зарубежного производства для решения задач защиты окружающей среды и здоровья человека?

В отзыве на автореферат доктора технических наук, профессора Гонопольского Адама Михайловича, заведующего кафедрой промышленной экологии федерального

государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина» отмечается, что развитие производства практически повсеместно обуславливает образование твёрдых отходов, часто не находящихся достойного использования. Данное обстоятельство сопровождают проблемы экономического (логистика) и экологического плана (загрязнение биосферы при захоронении в почву, размещении на свалках и полигонах, сжигании). Особенно остра современная ситуация с крупнотоннажными растительными отходами в Мьянме – развивающейся стране с экономикой преимущественно аграрного профиля. Вместе с этим сбросы и выбросы многочисленных производств страны не имеют должной очистки, обычно завершаемой в мировой практике их обработкой активными углями. Однако собственными предприятиями для их получения государство не располагает. Рыночная же стоимость таких адсорбентов достаточно высока, сводя к минимуму возможность их широкого практического использования. В этой связи важно научное обоснование эффективности использования наиболее крупнотоннажных растительных отходов Мьянмы для получения углеродных адсорбентов путём пиролиза этих материалов и активации паром его науглероженных продуктов – проблема, широко освещаемая в научно-технической литературе применительно к подобному сырью.

В качестве замечания указано: текст автореферата достаточно хорошо оформлен графически, хотя и имеет некоторые недостатки в виде пробелов, как между словами и знаками препинания в его строках, так и между отдельными абзацами, рисунками и таблицами. Очевидную неэтичность имеет представление рисунка 11 (стр. 29) без пояснения характера представленных на нем зависимостей.

В отзыве на автореферат кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории экологических исследований разработок федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского» Российской академии наук Соколовский Павел Викторович отмечает, что научная новизна исследования заключается, прежде всего, в выявлении общих закономерностей термического разложения растительной биомассы при использовании лигнинсодержащего сырья различной морфологии. Данные научные принципы могут быть использованы для сырья различного происхождения, что позволяет разработать технологию получения активных углей из различного вида отходов. В работе использованы современные методы физико-химических исследований, которые дают детальную информацию о структуре и свойствах получаемых углей из таких нетрадиционных для России отходов как полевые остатки выращивания хлопчатника – стеблей и корневищ растений – гуза-пай, кожуры плодов тамаринда, древесины бирманского железного дерева, букетов роз, оболочек семян манго и скорлупы косточек сливы.

В качестве замечаний рецензент отмечает:

1. Не представлено прямого сравнительного анализа адсорбционной емкости полученных углей с коммерческими аналогами, используемыми в Мьянме.
2. В работе глубоко изучены лабораторные режимы пиролиза и активации. Однако, какие технологические сложности и ограничения, на Ваш взгляд, возникнут при масштабировании этих процессов до промышленного уровня.
3. Какие различия технологических параметров процесса пиролиза и активации будут наблюдаться при использовании различного вида растительного сырья?
4. Исследована начальная адсорбционная способность материалов, но недостаточно раскрыты вопросы их эксплуатационной стабильности. Пожалуйста, уточните,

проводились ли циклы регенерации полученных активных углей, и как их эффективность снижалась в процессе многократного использования?

5. Предлагаемая технология решает одну экологическую проблему (утилизация отходов), но создаёт новые потоки (газы пиролиза, сточные воды от промывки). Представлен ли полный экологический анализ, включая оценку выбросов парниковых газов и предложения по утилизации вторичных отходов?

6. Для таких нестандартных видов сырья, как букеты роз, с их высоким содержанием влаги и зольности, требуются особые подходы к подготовке. Необходимо описать, какие именно режимы пиролиза потребовались для работы с этим типом отходов?

7. В технико-экономическом обосновании приведены оценки себестоимости, но не ясна чувствительность этих расчётов к ключевым параметрам. Как изменение, например стоимости энергоносителей или транспортных расходов на 20–30% повлияет на рентабельность производства?

8. Представленный экономический анализ целесообразно дополнить рассмотрением возможностей переработки побочных продуктов (смола и газообразных компонентов), что позволит повысить общую эффективность прибыльности предложенного технологического процесса.

В отзыве на автореферат доктор технических наук, профессор кафедры «Безопасность полётов и жизнедеятельности» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет гражданской авиации» профессор Николай Иванович Николайкин отмечает, что диссертационное исследование Со Вин Мьинт ориентировано на научное обоснование рациональных условий реализации термических операций пиролиза крупнотоннажных отходов Мьянмы и активации его целевых продуктов водяным паром с обоснованием выхода, технических и структурно-адсорбционных свойств, сопоставительной эффективности использования полученных углеродных адсорбентов для обеспечения ряда прикладных проблем защиты окружающей среды и здравоохранения. Его актуальность не вызывает сомнений, как в свете указанного, так и в связи с наличием в этой стране больших масс возобновляемых растительных отходов, отсутствием собственных государственных производств названной продукции, широкой потребностью в ней и вынужденным её импортированием.

При этом рецензент отмечает, что автореферат достойно оформлен графически, хотя текст не свободен от нескольких стилистических и синтаксических оплошностей.

В отзыве на автореферат кандидата физико-математических наук, консультанта по научно-исследовательской работе ООО "НЕПКО", Дмитрия Витальевича Ключкова отмечено, что представленный экономический анализ вызывает определённые сомнения в части приведённых данных по себестоимости производства указанных в работе видов активных углей. Для более полного анализа данных желательно привести сведения по техническим и стоимостным характеристикам оборудования, при использовании которого могут быть достигнуты данные показатели (ввиду недостаточной развитости мирового производства оборудования, используемого при производстве карбонизата и, в первую очередь, активных углей, его стоимость и эксплуатационные показатели варьируются в достаточно широком диапазоне, что необходимо учитывать при расчёте производственных расходов, а следовательно и итоговых экономических показателей).

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обусловлен областью их научных интересов, наличием большого числа публикаций в ведущих рецензируемых журналах в области химии и технологии высокоэнергетических веществ и большого

практического опыта, что позволило им определить научную и практическую значимость представленной диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований в части теоретической значимости впервые:

- выявлены принципиально важные свойства крупнотоннажных растительных отходов Мьянмы как сырьевых резервов для производства углеродных адсорбентов;
- обоснованы принципы получения активных углей из отходов растительного сырья Мьянмы, не находящихся квалифицированного применения;
- 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;
- в результате исследования кинетических и равновесных закономерностей извлечения модельных и реальных образцов опасных загрязнений водных и воздушных сред доказана высокая эффективность большинства полученных активных углей при высоких концентрациях загрязнителей;
- выявлены условия получения из рисовой шелухи товарных жидкого стекла, диоксида кремния и активных углей повышенного качества путём активации в присутствии $ZnCl_2$ 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 полученного импрегната;

В части практической значимости:

- выявлена важность и значимость использованных при исследованиях крупнотоннажных растительных отходов Мьянмы как сырьевых резервов для производства углеродных адсорбентов;
- определены режимные параметры предварительной обработки растительных отходов, 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 поглонительных 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.
- 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.

Достоверность полученных результатов, представленных в диссертационной работе, обеспечивается применением стандартных методов испытаний, апробированных методик исследования, а также современных методов анализа и обработки полученных результатов.

Личный вклад автора состоит в поиске и анализе литературных данных по теме диссертации, участии в постановке цели и задач исследования, в разработке экспериментальных установок и проведении на них экспериментов, в обработке экспериментальных данных, в обобщении результатов, формулировании положений и выводов диссертационной работы. Результаты исследований являются оригинальными и получены лично автором или при его непосредственном участии.

По своему содержанию диссертация соответствует паспорту специальности 2.6.12. Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ в части п. 10. Неметаллические углеродные материалы. Физико-химические принципы технологии углеродных 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 и п. 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.

Диссертационная работа Со Вин Мьинт на тему «Основы термического рециклинга растительных отходов в углеродные адсорбенты» полностью соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», утвержденного приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.09.2023 г. (в последней редакции) №103ОД. Диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в которой решена важная народно-хозяйственная задача создания конкурентоспособных активированных углей из отходов природного сырья Республики Союз Мьянма, что создает научную базу для развития промышленности по производству в стране активированных углей, применение которых даст возможность решить ряд экологических задач и проблем здравоохранения.

На заседании «20» ноября 2025 года диссертационный совет принял решение присудить Со Вин Мьинт учёную степень доктора технических наук по специальности 2.6.12. Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 10 человек, из них 6 докторов наук по специальности и отрасли наук рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 12 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение учёной степени 10, против присуждения учёной степени – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель диссертационного совета

Ученый секретарь диссертационного совета



Т.В. Бухаркина

Р.А. Козловский