

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора химических наук, профессора Ефремова Сергея Анатольевича на диссертационную работу Со Вин Мьинт на тему: «Основы термического рециклинга растительных отходов Мьянмы в углеродные адсорбенты», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по научной специальности 2.6.12 – Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ

Актуальность работы. 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 путем использования доступного и дешевого 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 дешевых неорганических веществ, альтернативных традиционным, с другой стороны, поиск возможных путей переработки отходов, тенденция к накоплению которых в результате производственной деятельности имеет место практически повсеместно. Особую остроту в этом плане занимают производства углеродных адсорбентов.

В этой связи, диссертационная работа Со Вин Мьинт «Основы термического рециклинга растительных отходов Мьянмы в углеродные адсорбенты», посвященная решению научных и практических задач термической переработки растительных отходов с целью получения углеродных адсорбентов и применения последних в проблемах защиты окружающей среды, посвящена решению важной и актуальной задачи, представляющей интерес как с практической, так и с теоретической точек зрения.

Диссертационная работа выполнена на кафедре промышленной экологии РХТУ им. Д.И. Менделеева с использованием как кафедрального оборудования (специализированных экспериментальных установок, дериватографа, хроматографа, катетометра и т.п.), так и парка приборов центра коллективного пользования университета. Апробация полученных активных углей проведена с образцами многокомпонентных стоков с территории коксохимического производства АО «Москокс».

Научные результаты, полученные впервые:

- 1) систематическими исследованиями сырья и продуктов его термической деструкции научно обоснована принципиальная возможность термической переработки большинства мало используемых крупнотоннажных растительных отходов Мьянмы на углеродные адсорбенты различного качества;
- 2) совокупностью термографических, физико-химических и химических исследований доказаны целесообразность и перспективность изучения воздействия на названные отходы путем их пиролиза и активации водяным паром его карбонизированных продуктов, как ключевых этапов технологии получения углеродных адсорбентов, наиболее доступной к реализации в условиях Мьянмы;
- 3) комплексом изученных зависимостей выхода и структурно-адсорбционных свойств полученных из использованного сырья углеродных адсорбентов от изменяемых управляющих параметров обеих термических операций выявлены рациональные условия их реализации;
- 4) показано, что механоактивационное воздействие на ряд представителей указанного растительного сырья в присутствии щелочи, а также пропитка раствором тиомочевины с последующей карбонизацией позволяют получить углеродные сорбенты с высокими значениями удельной поверхности и объема пор, обеспечивая возможность изменения ионообменных свойств активного угля;
- 5) установлены кинетические особенности интенсивного контакта мелких фракций адсорбентов с образцами многокомпонентных стоков коксохимического производства АО «Москокс» и их взаимодействия с плавающими плёнками дизельного топлива;
- 6) определены кинетические и равновесные закономерности извлечения зёрнами полученных активных углей паров летучих органических растворителей (на примере н-бутанола) из потоков их смесей с воздухом.

Степень обоснованности и достоверности каждого результата, вывода и заключения соискателя, сформулированных в диссертации.

Все научные результаты, выводы, заключения и акты, представленные в работе, обоснованы и достоверны, так как базируются на собственных данных, полученных в результате объемной и многосторонней экспериментальной деятельности, реализованной при сочетании современных физико-химических методов исследования (рентгенографического и термического анализов, ИК-спектроскопии, низкотемпературной адсорбции азота) и классических

методов химического анализа, а также сертифицированных методических пособий и ГОСТов. Представлена технико-экономическая обоснованность получения активных углей из растительного сырья.

Достоверность научных результатов диссертации подтверждена патентами РФ и данными, полученными в ходе совместной деятельности с НПО «Неорганика» и АО «Москокс».

Подтверждение опубликования основных положений, результатов, выводов и заключений диссертации

Основные положения и выводы диссертационного исследования в полной мере изложены в 55 научных работах, опубликованных соискателем, из них 10 статей в журналах, индексируемых в международных базах данных Scopus, WoS, Chemical Abstracts. Имеется 1 монография, переизданная в Мьянме на английском языке, и получено 5 патентов РФ на изобретения.

Теоретическая и практическая значимости работы.

Полученные автором результаты направлены на решение актуальных прикладных и теоретических задач в области получения новых адсорбционных материалов:

1. Методами физико-химических, физических и химических исследований представительных образцов крупнотоннажных растительных отходов сельскохозяйственного и пищевых производств Мьянмы установлены элементный состав и показатели ряда технических свойств этих материалов, характеризующие их в качестве сырья для производства углеродных адсорбентов, чем внесён вклад в область научных знаний об этих материалах, как потенциальных ресурсах для данного производства.
2. Термографическим изучением отходов и науглероженных продуктов их пиролиза, выполненным в защитной и окислительной средах, установлены рациональные области исследований термического воздействия на эти материалы в атмосфере продуктов собственного разложения.
3. Систематическими исследованиями выявлены особенности и обобщены закономерности влияния сырьевых факторов и параметров, управляющих процессами пиролиза названных отходов и активации водяным паром его карбонизированных продуктов, на выход, технические свойства и структурно-адсорбционные показатели получаемых углеродных адсорбентов.
4. Путём сопоставительных оценок выходов, структурно-адсорбционных и технических свойств полученных углеродных адсорбентов обоснованы целесообразные условия их производства, обеспечивающие рациональное сочетание выхода и структурно-адсорбционных характеристик

целевых продуктов, чем установлены технологические основы ключевых термических переделов разрабатываемых технологий.

5. Установлены показатели целевых продуктов обоих термических переделов, реализованных в целесообразных условиях, характеризующие их большинство как адсорбенты достаточно высокого качества.

6. Охарактеризован ряд технологически важных показателей конденсатов и неконденсирующихся газов, как побочных продуктов операций пиролиза и активации, относительно которых обсуждены возможные направления их использования.

7. Прослежены зависимости технических (выхода, гравиметрической плотности, зольности, прочности при истирании) и структурно-адсорбционных характеристик (объёмов: суммарного, микро- и мезопор, удельной поверхности, поглощения йода и красителя метиленового голубого) полученных углеродных адсорбентов от типа растительных отходов, использованных в качестве сырья. Констатированы их хорошее соответствие известным фактам трансформации растительного сырья при пиролизе и активации его науглероженных остатков водяным паром наряду с индивидуальностью для каждого вида сырья, исключающей обоснование иных, кроме названных фактов, общих четких закономерностей.

8. Оценена эффективность полученных углеродных адсорбентов при их использовании для очистки производственных сбросов от растворенных загрязнений органической природы, фиксации плёночных разливов на зеркале воды дизельного топлива, извлечения из воздушных выбросов паров летучих органических растворителей и решения смежных задач, результаты которой свидетельствуют об их конкурентоспособности в сравнении с коммерческими активными углями на древесной основе российского производства.

9. Обоснована целесообразность более рационального использования рисовой шелухи путём обработки продукта её пиролиза раствором NaOH с последующей активацией с ZnCl_2 освобождённого от соединений кремния, отмытого и высушенного углеродного остатка, обеспечивающей возможность получения наряду с активным углем дополнительной товарной продукции в виде жидкого стекла или диоксида кремния чистотой 98 %.

10. Показано, что модифицирование активного угля на основе древесины железного дерева раствором тиомочевины и последующий пиролиз импрегната обеспечивают изменение ионообменных свойств целевого продукта, придавая ему определённую катионообменную способность и практически сохраняя его структурно-адсорбционные свойства на уровне таковых исходного материала. Наряду с этим, модифицированные адсорбенты демонстрируют существенные преимущества при очистке от органических

примесей многокомпонентных производственных стоков в сравнении с активным углём российского производства марки БАУ.

11. Выявлена рациональность химической активация оболочек семян манго с хлоридом цинка, обеспечивающей трансформацию пористой структуры и ионообменных свойств получаемых углей, значительный рост их поглотительной способности по парам н-бутанола и эффективности извлечения ИТМ из их растворов.

12. Новизна технических решений, связанных с получением из ряда использованных отходов активных углей, обладающих уникальными свойствами, защищена патентами РФ.

13. Выполнена технико-экономическая оценка реализации в условиях Мьянмы производства активных углей путём пиролиза изученных отходов и активации его науглероженных остатков водяным паром, результаты которой свидетельствуют о возможности получения качественной продукции пониженной себестоимости.

14. Совокупностью выполненных исследований внесён потенциально значимый вклад в технологию производства углеродных адсорбентов на основе растительных отходов и их номенклатуру.

Диссертационная работы изложена на 372 страницах, включает 46 рисунков и 67 таблиц, состоит из введения, 4-х глав, списка литературы из 530 источников и 12 приложений.

Введение выполнено в традиционном стиле, в соответствии с требованиями, предъявляемыми к докторским диссертациям. Отражены актуальность и важность выполненной работы, степень ее проработанности, сформулированы цель и основные задачи, описана научная новизна, практическая и теоретическая значимости, указан личный вклад автора.

Первая глава посвящена обзору использованных в работе растительных отходов Мьянмы, как потенциального сырья для получения углеродных адсорбентов. Освещены масштабы и особенности возделывания и реализации продукции Мьянмы, переработка которой обуславливает образование использованных в работе растительных отходов. Определена проблематика их утилизации. Проведен обзор литературы по производству и мировому рынку активированных углей.

Во второй главе охарактеризованы источники образования отходов и их номенклатура, приведены сведения об объемах образования и ряде физических свойств, представлены данные элементного анализа и результаты термогравиметрических исследований сырья и продуктов его карбонизации.

Глава 3 посвящена обоснованию непосредственно технологических параметров рационального ведения процессов пиролиза сырья и активации

полученных карбонизатов, а также исследованию свойств целевых и побочных продуктов этих операций. Дана оценка ионообменной способности активированных углей, полученных воздействием водяного пара и химических агентов.

Четвертая глава содержит сведения об эксплуатационных характеристиках полученных углеродных адсорбентов. Оценена их сопоставительная эффективность при глубоком удалении органических загрязнений из многокомпонентных стоков промышленных предприятий, фиксации разливов на воде нефтепродуктов, извлечении паров летучих органических растворителей из их смесей с воздухом и очистке от некоторых иных поллютантов ряда других сред. Представлены технико-экономические показатели обоснованности разработанных технологий получения активированных углей.

Выводы, характеризующие итог работы, отражают основные новые показатели, достигнутые в ходе выполнения научной работы.

Соответствие автореферата содержанию диссертации

Содержание автореферата полностью отражает содержание диссертационной работы.

Недостатки по содержанию и оформлению диссертации

По тексту и содержанию диссертации имеется ряд замечаний:

1. В литературном обзоре много информации о растительном сырье. В процессе карбонизации и других технологических переделах образуется значительные объемы 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 петель 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 счет пылевидных фракций не будет проницаемости жидкости.
7. Рисунок 22, говорится об определении электропроводности. Как определяли электропроводность. Чем это подтверждено?
8. Таблица 28. За счет чего так, более в два раза увеличивается показатель V_{Σ} , $\text{см}^3/\text{г}$.
9. Стр. 167. Говорится о контакте сорбента с нефтяной пленкой. Что означает фраза относительно тонкая пленка и большая толщина пленки? Это какие характеристики? Каково соотношение сорбент-загрязнитель? Какова сорбционная емкость 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 47. Очень сомнительно, что при карбонизации РШ температурой 600°C , 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 $3,67 \text{ г}/\text{см}^3$ это чего доза. Если раствора к объему порошка, то не реалистично или что это? Каковы характеристики полученного SiO_2 , как доказали, что 98 % чистота, остальное что? Выше было упомянуто про жидкое стекло. Где информация по этому вопросу, его характеристики?

Соответствие диссертации требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева»

Несмотря на указанные замечания, результаты и выводы диссертационной работы Со Вин Мьинг по теме «Основы термического рециклинга растительных отходов Мьянмы в углеродные адсорбенты» значимы в научном и в практическом направлении. Диссертационная работа

является законченной научной работой, в которой содержится решение задачи, имеющей существенное значение для технологии производства углеродных адсорбционных материалов.

Диссертация соответствует требованиям Положения 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 № 103 ОД от 14.09.2023 г. (в текущей редакции), предъявляемым к диссертационным работам на соискание ученой степени доктора наук, а ее автор – Со Вин Мьинт заслуживает присуждения учёной степени доктора технических наук по специальности 2.6.12 – Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ.

Официальный оппонент:

Академик КазНАЕН, член-корреспондент Национальной Инженерной Академии РК, доктор химических наук (докторская диссертация по специальности 05.17.01 – технология неорганических веществ), профессор, профессор кафедры аналитической, коллоидной химии и ТРЭ, факультета химии и химической технологии, НАО «Казахский Национальный Университет им. аль-Фараби»

«20» 10 2025 г.

Ефремов Сергей Анатольевич

050040, Республика Казахстан, г. Алматы, проспект аль-Фараби, 71,
НАО «Казахский Национальный Университет им. аль-Фараби»

Телефон: +7 777 000 1777

e-mail: efre

