

О Т З Ы В

официального оппонента Твардовского Андрея Викторовича
на диссертацию и автореферат диссертации Зин Мое на тему «Исследование
рациональности и эффективности переработки отходов консервирования
плодов манго на активные угли», представленной на соискание
ученой степени кандидата технических наук
по специальности 05.17.07 – Химическая технология топлива и
высокоэнергетических веществ

Диссертационная работа Зин Мое ориентирована на научное обоснование технологических основ переработки отходов консервирования плодов манго в виде оболочек семян этих фруктов в активные угли и оценку эффективности использования полученных адсорбентов в решении круга задач экологической ориентации. Практическое отсутствие на родине соискателя собственных производств углеродных адсорбентов, высокая стоимость активных углей на мировом рынке при значительной потребности в них отечественных предприятий и наличии большой массы названных отходов определяют несомненную актуальность темы исследования, прежде всего для национальной экономики республики Союз Мьянма.

Работа, изложенная на 149 страницах, структурно представлена в виде введения, четырех глав, выводов и списка литературы.

Введение работы (6 стр.) содержит 9 позиций, характеризующих актуальность предмета исследования, состояние его освоенности, цель и задачи, научную новизну и практическую значимость наряду с концепцией и использованной методологией, выносимые на защиту положения, сведения о достоверности полученных в работе результатов и их апробации.

Глава 1 работы (42 стр.) – ее литературный обзор, состоит из 8 разделов.

В разделе 1.1 (*Общая характеристика активных углей*) приведены краткие сведения об активных углях. Отмечены принадлежность этих адсорбентов к группе графитовых тел, представляющих собой, как и сажи, разновидности микрокристаллического углерода, и их структурные отличия от графита. Представлена общая информация о составе углеродных поглотителей, их пористой структуре и параметрах ее оценки.

В разделе 1.2 (*Пористая структура активных углей промышленного производства*) охарактеризованы интервалы величин объемов пор различных размеров (макро-, мезо- и микро-), а также их суммарных показателей, свойственных ряду марок активных углей различного назначения, производимых предприятиями СССР и России. Приведены фотографии фрагментов пористой структуры активных углей на древесной (растительной) основе, полученные при сильном увеличении. Отражены особенности физической адсорбции в микропорах.

В разделе 1.3 (*Некоторые закономерности адсорбции*) подчеркнута определяющая важность характеристики поглощения целевого компонента в

конкретных условиях равновесия фаз, как показателя качества микропористых адсорбентов. Отмечено, что наиболее удовлетворительно равновесие адсорбции на активных углях различной пористой структуры описывает теория объемного заполнения микропор, разработанная в трудах М.М. Дубинина и его школы. Приведен ряд уравнений теории объемного заполнения микропор и охарактеризована область их применения.

Раздел 1.4 (*Сфера использования и свойства активных углей*) содержит краткие сведения о физико-химических свойствах активных углей и источниках информации, дающих представление о наиболее важных для практического использования характеристиках этих адсорбентов, выпускаемых российскими предприятиями, и об областях их использования.

В разделе 1.5 (*Практика промышленного производства активных углей*) отмечено, что промышленность России выпускает гранулированные, дробленые и порошковые активные угли на основе различного сырья. Приведены пооперационные технологические схемы производства активных углей серии АГ (АГ-3, АГ-5, АГ-3у, АГ-3П, АГ-ПР, УСК-5 на базе каменноугольного сырья) и уникальных по техническим характеристикам и свойствам активных углей типа ФАС (на основе синтетического полимерного сырья), сопровождаемые достаточно подробным их описанием.

Здесь же приведены сведения о производстве в России активных углей марок БАУ-А, БАУ-А_ц, БАУ-МФ, ОУ-А и ОУ-В (на древесной основе), а также углей СКТ, СКТ-3, СКТ-6А, АРТ и других марок (на основе торфа и его смесей с другими углеродсодержащими материалами). Отмечено внимание к потенциальному сырью для производства углеродных адсорбентов в виде весьма многочисленных и крупнотоннажных углеродсодержащих производственных отходов.

Раздел 1.6 (*Агенты углеадсорбционного обезвреживания потоков, поступающих в окружающую среду*) содержит анализ существа значительного ансамбля публикаций, связанных с получением активных углей и углеадсорбционной обработкой жидких и газовых сред, ориентированной на решение экологических и некоторых технологических задач.

В разделе 1.7 (*Растительные отходы как сырье для производства активных углей и использование полученных адсорбентов для очистки производственных выбросов и сбросов*) рассмотрены публикации по актуальным вопросам использования отходов растительного сырья для производства углеродных адсорбентов различного качества и оценки их потребительских свойств. Особое внимание уделено работам, связанным с переработкой с названными целями отходов пищевых производств и предприятий, деятельность которых сопряжена с использованием плодов манго, в виде оболочек семян этой культуры. Отмечено, что наибольшее их число посвящено химическому активированию названных отходов.

Раздел 1.8 (*Культура манго и проблемы, связанные с переработкой ее плодов*) включает общие сведения о культуре плодовых деревьев манго, ее

разновидностях, возделываемых на плантациях Мьянмы, собственно плодах, их составе и урожайности. Здесь подчеркнута, что основными обременительными отходами пищевых предприятий и заведений общественного питания Мьянмы, занятых переработкой плодов манго, являются кожица этих фруктов, оболочки семян и сами их косточки (семена).

Выполненный литературный обзор завершен сформулированными на его основе заключениями и сопряженными с ними формулировками задач, подлежащих исследованию. В целом он содержит достаточно сжатое, но конкретное и ясное изложение рассматриваемых сведений, что позволяет квалифицировать его автора как вполне осведомленного в круге освещенных вопросов исследователя.

Глава 2 диссертации (*Объекты и методы исследования*) содержит на 14 страницах описание сырья и результатов исследования его характеристик, использованных в работе объектов углеадсорбционной обработки, экспериментальных установок и приемов их эксплуатации, сведений о выполненных термографических исследованиях, газохроматографическом определении органического углерода в воде, аналитических средствах и методиках, приемах анализа пористой структуры, особенностях оценки результатов выполненных измерений и их достоверности.

Глава 3 (*Разработка основ технологии активных углей на базе оболочек семян манго и исследование свойств целевых и побочных продуктов*) характеризует изложенные на 56 страницах результаты основной части выполненных в работе экспериментальных исследований, представленных 7 разделами.

Раздел 3.1 (*Подготовка и исследование сырья*) содержит сведения о подготовке сырья к экспериментальным исследованиям, ряде его технических характеристик, микроскопическом исследовании, спектрах и элементном составе поверхности, результатах элементного анализа и термографических испытаний в защитной и окислительной атмосферах.

В разделе 3.2 (*Обоснование рациональных условий пиролиза сырья*) представлены данные о влиянии управляющих факторов на выход и сорбционные свойства целевого продукта пиролиза сырья, на основании которых сделано заключение о рациональных условиях реализации этого процесса: интенсивность нагревания 15 °С/мин, конечная температура 550 °С и длительность термообработки при ней 30 мин. Приведены технические показатели полученного карбонизата, материальный баланс процесса пиролиза сырья и обоснована целесообразность его использования в воздушно-сухом состоянии.

Раздел 3.3 (*Общая характеристика карбонизата*) дает представление о внешнем виде и ряде свойств целевого продукта пиролиза сырья в виде данных, аналогичных таковым раздела 3.1. Здесь представлены изотермы низкотемпературной адсорбции азота на полученном карбонизате, свидетельствующие о наличии в нем мезопор и сравнительно низкой (на

уровне 100 с небольшим $\text{см}^3/\text{г}$) поглотительной способности, и результаты оценки распределения объема его пор по размерам в интервале диаметров до 200 нм, практически линейно падающего для изученного интервала диаметров пор с их увеличением (доля пор с диаметром до 5 нм составляет около 32 %).

В разделе 3.4 (*Обоснование рациональных условий активации карбонизата водяным паром*) представлены результаты термографических испытаний карбонизата, выполненных с целью примерной оценки уровня температурного воздействия на него при активации водяным паром. Охарактеризовано влияние на выход и поглотительные свойства получаемого активного угля управляющих параметров этой операции, на основании чего определены рациональные параметры ее проведения: интенсивность нагревания $15\text{ }^\circ\text{C}/\text{мин}$, удельный расход водяного пара $5\text{ кг}/\text{кг}$, предельная температура $800\text{ }^\circ\text{C}$ и длительность изотермической выдержки при ней 90 мин. Представлен материальный баланс данной операции.

Раздел 3.5 (*Технические характеристики активного угля*) характеризует технические показатели продукта активации карбонизата водяным паром, результаты его термографических исследований, свидетельствующие об определяющем влиянии на термическое поведение карбонизата и активного угля сырьевого фактора. Представлены электронное изображение, спектры и данные элементного анализа поверхности фрагмента активного угля, характеристика его элементного состава. Приведены изотермы адсорбции - десорбции азота при 77 К на этом адсорбенте, свидетельствующие о практически полуторакратном увеличении его удельной поглотительной способности по азоту в сопоставлении с карбонизатом (до уровня около $150\text{ см}^3/\text{г}$), и сведения о распределении объема пор активного угля по размерам, указывающие, как и для карбонизата, на его характер, близкий к линейному, и определенное увеличение по сравнению с карбонизатом доли микропор с размером до 5 нм наряду с сокращением доли переходных пор.

В разделе 3.6 (*Побочные продукты операций пиролиза и активации*) охарактеризованы состав и свойства конденсатов операций пиролиза и активации, а также продуктов их перегонки на песчаной бане. В виде данных хроматографического анализа и результатов их интерпретации освещены сведения о количественном и качественном составе неконденсируемых газов обеих операций. Отмечена горючесть этих газов, образующихся при пиролизе сырья.

Раздел 3.7 (*Прикладные свойства активного угля паровой активации*) содержит данные экспериментальной оценки ионообменных свойств активного угля паровой активации, обработки им жидкофазных объектов (стоков АО «Москокс», водных растворов желатина, плавающих пленок дизельного топлива) и очистки воздуха от паров летучих органических растворителей наряду с результатами их обсуждения.

Здесь же оценены возможности модернизации активного угля путем химической активации сырья и выполнена оценка свойств ее целевых

продуктов. С этой целью в сопоставимых условиях, свойственных одному из режимов паровой активации карбонизата оболочек семян манго, выполнена серия экспериментов с использованием ряда агентов, широко используемых в практике химической активации. Полученные данные свидетельствуют о наибольшей рациональности химической активации сырья с хлоридом цинка. Результатами серии экспериментов выявлено, что ее оптимальными условиями следует считать отношение пропитки (хлорид:сырье) 3:1, интенсивность нагревания 15 °С/мин, предельную температуру 800 °С и длительность изотермической выдержки при ней 30 мин.

В разделе представлены наиболее важные технические показатели активного угля хлорцинковой активации, результаты его элементного анализа, характеристики поверхности, низкотемпературного поглощения азота (свидетельствующие о существенно возросшем качестве по сравнению с углем паровой активации: удельная поглотительная способность увеличена до ~300 см³/г) и распределения объема пор по размерам (указывающего на схожесть его вида с таковым для угля паровой активации и примерно одинаковую долю пор с диаметром до 5 нм).

Приведены результаты сопоставительного изучения прикладных свойств активного угля хлорцинковой активации с использованием ряда объектов, охарактеризованных в разделе 2.2, указывающие на очевидное их возрастание в сравнении с углем паровой активации и свидетельствующие о возможности эффективного использования этого адсорбента, в частности, в качестве агента рекуперации паров летучих органических растворителей и предварительной очистки стоков от ионов тяжелых металлов.

Глава 4 (*К технико-экономической оценке разработанной технологии*), изложенная на 8 страницах, представлена 4-мя разделами.

Раздел 4.1 (*Предпосылки и условия организации производства*) содержит общую информацию о предполагаемой организации в условиях Мьянмы производства 50 тонн в год активных углей на базе оболочек семян манго в течение 308 дней в году в 8-часовом режиме его функционирования.

В разделе 4.2 (*Предлагаемая аппаратурно-технологическая схема*) представлены предложенная на основании результатов выполненного исследования аппаратурно-технологическая схема процесса получения активных углей на базе отходов пищевых производств Мьянмы в виде оболочек семян манго и спецификация ее оборудования.

Раздел 4.3 (*Описание эксплуатации аппаратурно-технологической схемы*) содержит информацию о возможных вариантах функционирования предложенной аппаратурно-технологической схемы.

В разделе 4.4 (*Технико-экономические оценки*) приведены сведения о технологических возможностях, обеспечиваемых ключевым агрегатом планируемой установки производства активных углей - вращаемой трубчатой печью косвенного нагрева, расчетные данные к оценке себестоимости производства и проектная калькуляция себестоимости

целевой продукции. Отмечено достаточно высокое значение этого показателя, обусловленное периодичностью производства. Подчеркнуто, что соотношение цена/качество и ряд конкретных обстоятельств в хозяйственной деятельности Мьянмы представляются определяющими в решении вопроса о целесообразности реализации охарактеризованной технологии, способной в соответствующих условиях обеспечивать определенную прибыль.

Следующие за разделом 4 выводы по работе, состоящие из 9 позиций, адекватно отражают ее содержание и итоги.

Завершающий работу список использованной литературы включает 177 источников, в том числе 33 англоязычных.

Подводя итоги рассмотрения существа работы, необходимо отметить следующие замечания:

- Уравнения, которые используются в диссертационной работе, необходимо приводить более аккуратно. Например, в уравнении № 5 на странице 16 в левой его части пропущен знак дифференциала.
- В том же уравнении № 5 на странице 16 присутствует странный множитель « 0^∞ », который обнуляет всю правую часть уравнения.
- Рисунки в диссертационной работе следовало бы выполнять более качественно, используя компьютерные программы (например, рис.2 на стр.19, рис.3 на стр.22, рис.16 на стр.62 и др.).
- Текст диссертации не свободен от ряда немногочисленных оплошностей.

В целом же тексты диссертации и автореферата изложены ясным и четким языком. Существо, логика направленности, стиль, характер и внятность изложения рассматриваемых вопросов и полученных в работе результатов свидетельствуют о достаточно высокой научной компетенции автора диссертации в рассматриваемой области знаний и принципиальных возражений не вызывают. В этой связи отмеченные выше замечания не влияют существенно на общую ценность изложенного в диссертации Зин Мое, несомненно, важного, достаточно объемного, трудоемкого, целенаправленного и значимого исследования, проведенного на современном научном уровне и обеспечившего получение результатов, обоснованность и достоверность которых подтверждены практикой их апробации.

Автореферат диссертации и выполненные по ее теме публикации достаточно полно отражают существо рассмотренного исследования.

Диссертация Зин Мое на тему «Исследование рациональности и эффективности переработки отходов консервирования плодов манго на активные угли» соответствует паспорту специальности 05.17.07 – Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ, формуле этой специальности и областям исследований по позициям 8, 9 и 11, а также требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (Постановление Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842), предъявляемым к кандидатским диссертациям. Она представляет собой законченную самостоятельно выполненную научно-

