

О Т З Ы В О Ф И Ц И А Л Ь Н О Г О О П П О Н Е Н Т А

на диссертационную работу и автореферат диссертации Мин Тху
«Переработка на активные угли оболочек косточек сливы - отходов пищевых
производств», представленную на соискание ученой степени
кандидата технических наук по специальности
05.17.01 Технология неорганических веществ

Тематика диссертационной работы гражданина Мьянмы Мин Тху, несомненно, **актуальна** вследствие её ориентированности на решение насущной задачи получения прочных и сравнительно дешевых зеренных углеродных адсорбентов – дефицитных материалов в стране, не располагающей собственными предприятиями по их получению, но имеющей острые потребности в такой продукции. Особенно интересным представляется предложенный в работе подход термической утилизации отходов пищевых производств этого государства в виде фрагментов скорлупы косточек сливы, при реализации которого автором установлена совокупность технологических параметров, управляющих процессами получения целевых функциональных материалов, что указывает на высокую практическую значимость диссертационного исследования.

Научную новизну диссертации, по мнению оппонента, представляют впервые:

- выявленные для воздушно-сухих фрагментов скорлупы косточек сливы (отходов пищевых производств Мьянмы) закономерности влияния параметров, управляющих процессами пиролиза данного сырья и активации его карбонизатов водяным паром, на показатели выхода и структурно-адсорбционных свойств целевых продуктов;
- обоснованные анализом совокупности указанных закономерностей рациональные условия реализации названных процессов пиролиза и активации;
- охарактеризованные особенности трансформации пористой структуры полученных углеродных адсорбентов при переходе от целевого продукта пиролиза к активированному углю;
- установленные кинетические и равновесные зависимости, характеризующие эффективность использования полученных углеродных адсорбентов при решении задач очистки производственных выбросов и сбросов;
- обнаруженная способность полученных активированных углей к эффективному извлечению из воды низких концентраций фенола.

Практическую значимость выполненного исследования выражают:

- принципиально обоснованная пригодность охарактеризованных отходов для получения прочных и сравнительно дешевых зеренных активных углей,

способных к эффективному решению задач очистки и обезвреживания производственных сбросов и выбросов;

- выбор технологий пиролиза отходов и активации полученных карбонизатов водяным паром, обоснованный технико-экономическими и природными условиями Мьянмы;

- значения параметров операций пиролиза и активации, определяющих в их ансамбле эффективное сочетание показателей выхода и адсорбционных свойств получаемых поглотителей;

- технические характеристики, показатели пористой структуры и поглотительной способности целевых продуктов названных операций наряду со свойствами конденсатов и неконденсирующихся газов, сопровождающих их получение;

- материальные балансы обеих операций и сведения о возможных приемах обезвреживания и использования их побочных продуктов;

- кинетические закономерности и особенности использования полученных углеродных адсорбентов при улавливании летучих органических растворителей из смесей их паров с воздухом, очистке от органических примесей многокомпонентных производственных стоков и индивидуальных водных растворов, фиксации плавающих пленочных нефтепродуктов, сопоставленные в плане эффективности с активными углями на основе иных растительных отходов;

- обоснованная выполненными исследованиями низкая пригодность K_2CO_3 , Na_2CO_3 , H_3PO_4 , H_2SO_4 , $ZnCl_2$ и $NaOH$ в качестве агентов химической активации скорлупы косточек сливы;

- результаты примерного технико-экономического обоснования односменного производства 100 т в год активных углей, указывающие на принципиальную целесообразность его организации с получением относительно дешевой, дефицитной в Мьянме и конкурентоспособной продукции.

Достоверность и точность полученных в работе результатов обеспечивается использованием аттестованных измерительных средств и известных апробированных методик, в большинстве соответствующих государственным стандартам, а также современных аналитических методов исследования: термографии, сканирующей электронной микроскопии, рентгенофлуоресцентного анализа и низкотемпературной адсорбции азота, выполненных в основном на оборудовании Центра коллективного пользования РХТУ имени Д.И. Менделеева.

Основные **результаты работы** полностью отражены в 14 печатных работах, включая патент на изобретение, из них 4 статьи в рецензируемых изданиях, в том числе 1 статья в издании, индексируемом в международной базе данных Scopus; неоднократно докладывались на международных и всероссийских конференциях и известны достаточно широкому кругу специалистов в целевой области.

В диссертации Мин Тху поставленная цель исследования – установление рациональности использования крупнотоннажных отходов Мьянмы в виде скорлупы косточек сливы в качестве сырья для получения активных углей для решения задач очистки и обезвреживания производственных выбросов и сбросов национальных предприятий – успешно достигнута.

Структурно работа, изложенная на 140 страницах, представлена в виде введения, четырех глав, выводов и списка литературы из 118 позиций, содержит 46 рисунков и 43 таблиц.

Во введении работы (~4,32 % общего объема её текста) представлены описания 12 позиций, освещающих актуальность предмета исследования, состояние его освоенности, цель и связанные с ней задачи исследования, научную новизну и практическую значимость, концепцию и методологию, положения, выносимые на защиту, характер достоверности полученных результатов, сведения об апробации работы, выполненных публикациях и личном вкладе автора.

Глава 1 работы (~26,62 %), представляющая собой аналитический обзор доступных литературных источников по теме диссертационного исследования, включает разделы: 1.1 - Общая характеристика активных углей (понятие этих адсорбентов, практическое значение, сырьевые источники, принципы активирования, разновидности и классификация, пористая структура, приемы промышленного производства); 1.2 - Природоохранные проблемы республики Союз Мьянма (актуальные задачи в области защиты биосферы, выращивание сливы и проблемы, связанные с переработкой ее плодов); 1.3 - Получение и применение углеродных адсорбентов на базе отходов растительного сырья (потенциал растительных отходов как сырья для производства углеродных адсорбентов, переработка отходов растительного сырья на углеродные адсорбенты, особенности получения углеродных адсорбентов из уплотненного (в том числе косточкового) сырья); 1.4 - Инженерные основы использования углеродных адсорбентов для решения природоохранных задач (способы реализации и аппаратное оформление процессов углеадсорбционной обработки газовых и жидких сред, основные кинетические, динамические и равновесные закономерности контакта фаз при адсорбции, приемы регенерации насыщенных и реактивации отработанных адсорбентов), а также выводы и постановку задач исследования. В целом качественно выполненный обзор, содержащий достаточно сжатое, но конкретное и ясное изложение рассматриваемых сведений, и характеризующийся нетривиальной информацией в части разделов 1.2 и 1.3, завершен четко сформулированными выводами и логично связанными с ними задачами исследования, что позволяет квалифицировать его автора, как вполне осведомленного в круге освещенных вопросов.

Глава 2 диссертации (~9,35 %), являющаяся её экспериментально-методической частью, носящей название «Объекты и методы исследования», включает сжатые, но четкие описания 4-х разделов: 2.1 - Сырье, 2.2 - Объекты угледсорбционной обработки (сточные воды АО «Москокс», модельные жидкофазные системы в виде растворов ионов тяжелых металлов, определение сухого и прокаленного остатков, водные растворы фенола, системы «вода – пленка дизельного топлива» и модельных паровоздушных смесей углеводородов), 2.3 - Экспериментальные установки и методики (установки карбонизации сырья, активации карбонизата водяным паром и изучения кинетики и равновесия в системе «ПВС – активный уголь», сопровождаемые информацией о термогравиметрических исследованиях) и 2.4 – Аналитические средства и методики в виде перечня ссылок на них с указанием целей использования.

Глава 3 диссертации (Экспериментальные результаты и их обсуждение), являющаяся наиболее объемной (~40,29 %) и значимой её частью, представлена 7-ю разделами.

Первый из них (3.1 - Термографическое исследование сырья и полученного из него карбонизата) характеризует термическое поведение порошков сырья и карбонизата, полученного его пиролизом, при равномерном нагревании в защитной и окислительной атмосферах, на основании чего сделано заключение о целесообразных уровнях термического воздействия на эти материалы при обосновании рациональных условий проведения процессов их пиролиза и активации водяным паром, соответственно.

Разделы 3.2 (Изучение условий пиролиза фрагментов скорлупы косточек сливы) и 3.3 (Изучение условий активации водяным паром карбонизата скорлупы косточек сливы) содержат результаты исследований влияния значений параметров, управляющих этими операциями, на выход и структурно-адсорбционные свойства их целевых продуктов. На базе этих данных обоснованы рациональные условия реализации обеих операций. Представлены материальные балансы последних и сопоставительные оценки ряда смежных характеристик названных продуктов. Полученный активный уголь оценен как поглотитель с развитой мезопористой структурой, доля микропор которого в общей пористости (более 20 %) превосходит таковую угля марки БАУ на основе березовой древесины (около 13 %), хотя и значительно (в ~3-4 раза) меньше этого показателя активных углей на основе скорлупы орехов кокосовой пальмы (65-85 %). Наряду с этим он превосходит уголь БАУ по величинам удельной поверхности, поглощения йода и прочности, несколько уступая, однако, по первым двум из этих показателей большинству активных углей на базе кокосовой скорлупы.

Раздел 3.4 (Исследование поглотительных свойств и пористой структуры полученных углеродных адсорбентов) содержит сведения о ионообменных свойствах карбонизата и активного угля на основе фрагментов скорлупы косточек сливы и их способности к выщелачиванию в

дистиллированной воде наряду с данными о пористой структуре этих поглотителей, полученными с привлечением метода низкотемпературной адсорбции азота.

Раздел 3.5 (Побочные продукты операций пиролиза и активации) представляет информацию о некоторых свойствах конденсатов процессов пиролиза и активации и результатах их перегонки, а также ряд сведений об оценке состава неконденсирующихся при обычной температуре газов. Отмечено, что горючесть газов пиролиза определяет возможность их использования в качестве топлива для компенсации собственных энергетических потребностей, а газы активации, согласно существующей практике, обезвреживаются сжиганием в отдельной топке в кислороде воздуха, используя тепло образующихся дымовых газов для нагрева печи активации.

Раздел 3.6 (Оценка эффективности активного угля в решении прикладных задач) представляет результаты экспериментальных исследований кинетики и равновесия адсорбции полученными активными углями паров летучих органических растворителей из смесей различной концентрации с воздухом, их контакта с целью глубокой очистки с водным раствором фенола концентрацией 0,01 мг/л и стоком с территории коксохимического производства АО «Москокс», а также поглощения порошками обоих углеродных адсорбентов сплошных плавающих пленок дизельного топлива. Названные результаты сопоставлены с аналогичными для других активных углей, полученных, в том числе, на древесной основе. Сделано заключение о потенциальной возможности использования углеродных адсорбентов, полученных из скорлупы косточек сливы, в решении задач извлечения органических загрязняющих веществ из названных парогазовых и жидкофазных объектов.

Завершающий главу 3 раздел 3.7 (Оценка целесообразности химической активации скорлупы косточек сливы) представляет в основном результаты использования для химической активации характеризуемых отходов следующих веществ: хлорида цинка, гидроксида натрия, фосфорной и серной кислот, карбонатов калия и натрия – агентов, обеспечивающих, согласно литературным данным, получение качественных активных углей из косточкового сырья. Однако, совокупность изложенных здесь обстоятельств исключает целесообразность использования с данной целью перечисленных агентов, по крайней мере в условиях, обозначенных в данном разделе.

Глава 4 работы (~6,47 %), названная «К гипотетической реализации разработанной технологии», содержит 3 раздела, включающие принципиальную аппаратно-технологическую схему утилизации скорлупы косточек сливы при производстве активных углей, описание существа ее функционирования и ориентировочное технико-экономическое обоснование разработанной технологии при производстве в периодическом режиме 100 т в год активного угля. Результаты последнего свидетельствуют о целесообразности практической реализации разработанной технологии в условиях Мьянмы.

Текст диссертации завершён выводами из 9 пунктов (~1,44 %), отражающих существо выполненных исследований, и списком литературы (~8,63 %), англоязычные источники в котором превосходят пятую часть его позиций.

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

Итоги рассмотрения существа работы вызывают следующие принципиальные **замечания**:

- в экспериментальном обосновании разработанной технологии (стр. 59-87 + 93-98, в сумме 20,87 % текста) наибольшая доля (16,55 % текста) принадлежит достаточно тщательно выполненному описанию ее основных операций (пиролиз сырья и активация карбонизата водяным паром) и структурно-адсорбционных свойств полученных углеродных адсорбентов. Побочные же (побочные) продукты этих операций, массовый выход которых значительно больше целевых, несмотря на их технологическую важность, охарактеризованы недостаточно, как с позиций исследования состава и свойств, так и в плане обоснования направлений использования: касающаяся их информация занимает лишь ~5 % текста;

- изложенные результаты исследования улавливания полученным активным углем паров летучих органических растворителей из их воздушных смесей дают представление лишь о характере насыщения этого поглотителя, указывая на возможность его использования с данной целью, но никак не отражают степень газоочистки, что указывает на определенную опрометчивость в заявленной в работе оценке его эффективности в таких процессах;

- оценка охарактеризованных в работе зависимостей выполнена в основном путем их описания с привлечением обычных математических уравнений, не отражающих существа соответствующих явлений;

- непонятная формулировка четвертой задачи исследования, вытекающей из поставленной в работе цели;

- выбор продолжительности изотермической выдержки, составляющей 10 мин (исходя из данных табл. 9 и рис. 14 и 15), не очевиден;

- элементный состав, приведенный, в частности, в табл. 11, содержит 110 % масс. для сырья и 100% масс. для карбонизата. Требуется пояснение.

Анализ текстового и графического представления диссертации выявляет следующие недочеты:

- относительно многочисленные объединенные написания двух и более слов;

- 20 стр., 3 предложение – некорректная формулировка;

- графики 12, 13 на стр. 66, а также 19, 20 на стр. 75 и 76; рис. 21 и 22 на стр. 77 – неинформативны;

- рис. 28 – на всех трех СЭМ-изображениях (а, б, в) выделенные области определения элементного состава идентичны?
- необоснованность выбора условий регенерации насыщенных адсорбентов, охарактеризованного на стр. 103;
- несогласованность сведений, изложенных на стр. 90 и 115, в части способности адсорбентов, полученных различными приемами, к поглощению ионов тяжелых металлов.

В целом же тексты диссертации и автореферата изложены вполне доступным для восприятия и четким языком, довольно хорошо оформлены. Логичные направленность, последовательность, стиль, характер и существо изложения рассматриваемых вопросов в целом свидетельствуют о достаточном уровне научной компетенции автора диссертации в рассматриваемой области знаний. Способы организации выполненных исследований, интерпретации и обобщения полученных результатов в целом соответствуют современным приемам реализуемой научно-исследовательской практики, не вызывая весомых принципиальных возражений.

В связи с изложенным выше необходимо подчеркнуть, что отмеченные выше замечания и огрехи не влияют существенно на общую ценность изложенного в диссертации Мин Тху значимого, достаточно объемного, трудоемкого, целенаправленного и плодотворного исследования, выполненного на современном научном уровне и обеспечившего получение результатов, обоснованность и достоверность которых, подтвержденные практикой их апробации, не противоречат передовым знаниям в области производства и применения углеродных адсорбентов.

Представленные замечания носят рекомендательный характер, не искажают сути выводов и не умаляют ценности рассматриваемой научной работы. Полученные автором результаты имеют важное научное значение в области развития технологий получения продуктов с качественными функциональными характеристиками для решения широкого спектра прикладных задач материаловедения и экологии.

По актуальности, научной новизне, практической значимости и степени достоверности полученных результатов рассматриваемая работа соответствует паспорту специальности ВАК 05.17.01 - Технология неорганических веществ. Диссертация соответствует требованиям п.п. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г. (ред. 30.07.2014 г.), а также требованиям Положения о присуждении ученых степеней в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева, предъявляемым к кандидатским диссертациям, представляя собой законченную, самостоятельно и качественно выполненную научно-квалификационную работу, в которой содержится решение задачи вовлечения в материальное

производство практически не находящихся эффективного использования отходов пищевых производств Мьянмы в виде фрагментов скорлупы косточек сливы путем их термической переработки в ценную продукцию – прочные зерненные активные угли для решения природоохранных проблем национальных предприятий, связанных с очисткой и обезвреживанием их выбросов и сбросов.

Автор работы – Мин Тху заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.01 - Технология неорганических веществ.

Официальный оппонент,

доцент кафедры «Техника и технологии
производства нанопродуктов»
федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего
образования «Тамбовский государственный
технический университет»,

к.т.н., доцент

Телефон: 8(920)232-77-35

E-mail: m-alex1983@yandex.ru



Бураков Александр Евгеньевич

федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования «Тамбовский государственный
технический университет»

Адрес: 392000, г.Тамбов, ул.Советская, д.106

Телефон: +7 (4752) 63-10-19

Факс: 63-06-43

E-mail: tstu@admin.tstu.ru; **Сайт:** www.tstu.ru

Подпись Буракова А.Е. заверяю

**ПОДПИСЬ ЗАВЕРЯЮ
УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ ТГТУ**

Г.В. Мозгова

Г.В. Мозгова 20 *11* г.