

УТВЕРЖДАЮ

Директор по научной работе  
АО «ВНИИХТ»,  
канд. техн. наук  
В.А. Борисов  
« 18 » \_\_\_\_\_ 2021 г.



### ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу гражданина Республики Союз Мьянма 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

Диссертационная работа имеет целью установление рациональности использования отходов пищевых производств Мьянмы в виде скорлупы косточек сливы в качестве сырья для получения активных углей, предназначенных для решения задач очистки и обезвреживания производственных выбросов и сбросов национальных предприятий. Развивающуюся экономику этой страны с преобладающим аграрным сектором сопровождает растущее загрязнение окружающей среды, требующее сокращения и упразднения токсичности производственных выбросов и сбросов, практически невозможного без использования названных адсорбентов, собственных производств которых в государстве не существует.

**Значимость, важность и актуальность** темы диссертации Мин Тху состоят в предложении к разработке остро стоящей задачи научно обоснованного технологического решения, связанного с вовлечением в материальное производство косточковых отходов пищевых организаций различной ориентации с получением дефицитных в Мьянме и сравнительно дешевых углеродных адсорбентов, способных к эффективному использованию в решении задач сокращения и прекращения загрязнения окружающей среды путем обезвреживания и очистки сбросов и выбросов широкого круга действующих и планируемых к вводу в эксплуатацию запроектированных предприятий.

#### **Состав и содержание диссертации**

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, выводов и списка литературы из 118 позиций (включая 25 англоязычных), изложена на 139 страницах, содержит 46 рисунков и 43 таблиц.

**Введение**, изложенное на стр. 6-11, содержит краткие, но четкие описания актуальности предмета исследования, состояния его освоенности, целей и задач, перечни позиций научной новизны, практической значимости и положений, выносимых на защиту, сведения о концепции и методологии исследования, характере достоверности полученных результатов, апробации работы, выполненных публикациях и личном вкладе автора.

**Часть 1** работы (стр. 12-45), обозначенная как аналитический обзор, содержит в виде 4-х разделов описание общей характеристики активных углей (понятия, практическое значение, сырьевые источники, принципы активирования, разновидности и классификация, пористая структура, приёмы промышленного производства), природоохранных проблем республики Союз Мьянма (актуальные задачи в области защиты биосферы, выращивание сливы и проблемы, связанные с переработкой ее плодов), вопросов получения и применения углеродных адсорбентов на базе отходов растительного сырья (потенциал растительных отходов как сырья для производства углеродных адсорбентов, их переработка и особенности получения из уплотненного, в частности косточкового, сырья), а также инженерных основ использования углеродных адсорбентов для решения природоохранных задач (способы реализации и аппаратурное 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). Обзор завершён четко сформулированными позициями выводов и задач исследования.

**Часть 2** диссертации (стр. 46-58) характеризует объекты и методы выполненного исследования. В ее 4-х разделах приведены сведения, дающие достаточно полное представление об использованном сырье, объектах углеадсорбционной обработки (стоки АО «Москоккс», модельные жидкофазные системы в виде водных растворов ионов тяжелых металлов, фенола, продуктов растворения полученных углеродных адсорбентов, системы «вода – пленка дизельного топлива», модельные паровоздушные смеси углеводородов), а также об экспериментальных установках и методиках их эксплуатации наряду с информацией о проведенных термографических исследованиях, использованных аналитических средствах и методиках.

**Часть 3** диссертационной работы (стр. 59-115) представляет собой логично последовательное изложение в виде 7 разделов экспериментально полученных данных и результатов их обсуждения.

В разделе 3.1 приведены результаты термографических исследований сырья и полученного из него карбонизата в условиях их равномерного нагревания до  $\sim 900$  °С в атмосферах баллонного азота и стесненного доступа воздуха. На их основании

установлены ориентировочные границы температурного воздействия на эти материалы при использовании наиболее приемлемой для Мьянмы технологии производства целевой продукции пиролизом сырья и активацией произведенного зауглероженного остатка водяным паром.

**Раздел 3.2** работы характеризует результаты детального изучения условий пиролиза фрагментов скорлупы косточек сливы, базирующиеся на определениях выхода и ряда технических характеристик, включая структурно-адсорбционные, получаемых карбонизатов при варьировании показателей интенсивности нагревания сырья, конечной температуры и длительности выдержки при ней целевых продуктов. Итогами этих исследований установлены зависимости названных показателей карбонизата от перечисленных параметров пиролиза сырья и обоснованы рациональные условия этого процесса, обеспечивающие целесообразное сочетание выхода целевого продукта и его характеристик, как углеродного адсорбента. Наряду с этим раздел содержит данные о ряде физических свойств последнего и материальном балансе операции пиролиза. В нем подчеркнуто, что изложенные сведения позволяют классифицировать полученный карбонизат как очень прочный зерненный пористый материал, объем сорбирующих пор которого превышает четверть суммарного объема пор.

**Раздел 3.3** по структуре и содержанию весьма близок разделу 3.2, но характеризует изучение условий активации водяным паром карбонизата скорлупы косточек сливы. Здесь также освещены зависимости от величин параметров, управляющих процессом активации, выхода и ряда технических характеристик получаемого активного угля, охарактеризованы рациональные условия его реализации наряду с данными о материальном балансе, ряде физических свойств полученного активата и его сопоставительных свойствах с активными углями схожего происхождения. Отмечено, что результаты исследований позволяют оценить полученный активный уголь как весьма прочный зерненный адсорбент с долей сорбирующих пор на уровне 40 % от суммарного объема пор, могущий стать конкурентоспособной продукцией при организации его производства.

**В разделе 3.4** работы изложены результаты исследования ряда свойств и пористой структуры полученных углеродных адсорбентов, включающие определение их ионообменных свойств, способности к выщелачиванию и оценку параметров пористой структуры методом низкотемпературной адсорбции азота. Данные этой оценки свидетельствуют о существенном изменении характера зависимости объема пор от диаметра при переходе от карбонизата к активному углю: она трансформируется от близкой к линейной до выражено выгнутой по отношению к оси абсцисс, свидетельствуя

о сокращении объема переходных пор (как малых, так и больших размеров) и, как следствие, о совершенствовании пористой структуры целевого продукта.

**Раздел 3.5** диссертации характеризует ряд свойств значительных по массе (выходу) побочных продуктов операций пиролиза и активации в виде конденсатов и неконденсируемых газов с обсуждением возможных направлений их использования.

**В разделе 3.6** работы представлены оценки сопоставительной эффективности использования углеродных адсорбентов, полученных из фрагментов косточек сливы, в решении прикладных задач адсорбции паров летучих органических растворителей, очистки воды от фенола, очистки стока АО «Москокс», фиксации плавающих пленочных нефтепродуктов. По итогам выполненных оценок констатирована возможность эффективного использования активных углей на базе фрагментов оболочек косточек сливы при решении многих природоохранных задач, связанных с производственными выбросами и сбросами.

**Раздел 3.7** диссертации содержит данные о неэффективности химической активации скорлупы косточек сливы с целью получения активных углей.

**Часть 4** работы (стр. 116-126), включающая 3 раздела, посвящена гипотетической реализации разработанной технологии. В ней приведены принципиальная аппаратурно-технологическая схема утилизации скорлупы косточек сливы при производстве активных углей, описание существа предлагаемой технологии и её ориентировочного технико-экономического обоснования при производстве 100 т в год целевой продукции, результаты которого указывают на целесообразность практической реализации разработанной технологии в условиях Мьянмы.

Текст диссертации завершают на стр. 126-127 **выводы** в виде 8 позиций, в достаточной мере выражающие ее существо, и **список литературы** на стр. 128-139.

**Научная новизна работы** состоит в том, что:

- впервые для сырьевой базы отходов пищевых производств Мьянмы в виде фрагментов скорлупы косточек сливы разработаны основы технологии прочных зерненных активных углей, дополняющие арсенал теоретических и практических сведений в области знаний о производстве углеродных адсорбентов;
- впервые анализом и трактовкой результатов выполненного в защитной и окислительной атмосферах термографического анализа названных отходов и полученного из них карбонизата определены с привлечением литературных данных границы целесообразного температурного воздействия на эти материалы при пиролизе и активации водяным паром соответственно;

- впервые применительно к выбранным принципам переработки отходов обоснованы закономерности влияния технологических параметров стадий пиролиза сырья и активации его карбонизата водяным паром на выход, пористую структуру и поглотительную способность целевых продуктов, определяющие рациональные условия реализации этих стадий;

- впервые выявлены особенности кинетики извлечения полученным активным углем органических примесей из производственных выбросов и сбросов;

- впервые установлена повышенная эффективность активированных углей, полученных из скорлупы косточек сливы, при извлечении из воды фенола низких концентраций, послужившая основанием для подачи в Роспатент заявки на изобретение.

**Наиболее значимые научно-технические результаты**, полученные в диссертации, состоят в том, что:

- обоснована пригодность отходов переработки урожая слив в пищевых производствах Мьянмы - фрагментов скорлупы косточек плодов в виде сырья для производства активных углей, качество которых обеспечивает принципиальную возможность их эффективного и конкурентоспособного использования в решении проблем глубокой очистки и обезвреживания сбросов и выбросов национальных предприятий;

- разработанная технология является потенциалом для совершенствования в стране средств охраны окружающей среды путем одновременного решения смежных природоохранных задач вовлечения в производство названных отходов, практически не имеющих эффективного использования, получения на их основе дефицитной продукции повышенной стоимости в виде активных углей и использования последних с целью минимизации и ликвидации негативного воздействия на биосферу производственных выбросов и сбросов.

**Достоверность результатов** выполненных в диссертационной работе экспериментальных исследований сопряжена с использованием указанных в ней стандартизованных аналитических методик, современного приборного парка аттестованных измерительных средств серийного производства (термография, элементный анализ, спектрометрия, электронная микроскопия) и многократно апробированных в эксплуатации опытных установок лабораторных масштабов.

**Практическая значимость** диссертации заключается в том, что:

- установлена целесообразность термической переработки названных, по существу бросовых, отходов с получением дефицитных в Мьянме активных углей пониженной по отношению к рыночной стоимости;

- оценены показатели выхода, состава и технических характеристик целевых и побочных продуктов ключевых стадий разработанной технологии - пиролиза сырья и активации полученного пиролизом карбонизата водяным паром, сведены их материальные балансы и обсуждены возможные направления использования и обезвреживания побочных продуктов;

- предложены значения величин технологических параметров, управляющих операциями пиролиза и активации, обеспечивающие рациональные сочетания выхода и поглотительной способности их целевых продуктов;

- сопоставлением поглотительной способности полученных в работе активных углей и других углей на основе растительных (древесных) отходов при обработке однотипных объектов в близких условиях контакта фаз показаны особенности последнего и различия в эффективности, свидетельствующие об их конкурентоспособности;

- исследованием процессов рекуперации паров летучих органических растворителей показана возможность циклического использования полученного активного угля в условиях термической регенерации насыщенных адсорбентов;

- проведенными экспериментами показана неэффективность получения активных углей из скорлупы косточек сливы путем химической активации с использованием таких агентов, как  $ZnCl_2$ ,  $NaOH$ ,  $H_3PO_4$ ,  $H_2SO_4$ ,  $K_2CO_3$  и  $Na_2CO_3$ ;

- выполнены расчеты ориентировочного технико-экономического обоснования разработанной технологии применительно к получению в периодическом режиме 100 т в год активных углей, результаты которого свидетельствуют о целесообразности реализации такого производства.

**Содержание автореферата** диссертации в необходимой степени отражает её основные положения.

По диссертационной работе имеются следующие замечания и пожелания:

В части существа работы:

1. Недостаточно обоснован один из основных оценочных критериев результатов выполненного исследования, сформулированного как рациональное сочетание выхода и поглотительных свойств целевых продуктов.

2. В разделе «Характер достоверности результатов исследования» (стр. 10) отсутствуют конкретные сведения о точности выполненных определений.

3. Название раздела 1.4.2 работы (Основные кинетические, динамические и равновесные закономерности контакта фаз при адсорбции) неадекватно его содержанию: в нем отсутствуют сведения о названных закономерностях.

4. Следовало бы более детально охарактеризовать составы побочных продуктов пиролиза сырья и активации водяным паром полученных карбонизатов в связи со значительными величинами их выхода. С выполненной оценкой, особенно недостаточно информативной в отношении неконденсируемых газов, очевидно, связана ограниченность сформулированных в работе рекомендаций по использованию названных продуктов.

5. Данные, представленные в разделе диссертации «3.6.4 Фиксация плавающих пленочных нефтепродуктов», не обеспечивают в должном объеме необходимой информации об эффективности использования полученных в работе углеродных адсорбентов с данной целью, прежде всего из-за отсутствия сопоставления с другими средствами аналогичного назначения.

Анализ оформления и изложения текста диссертации обнаруживает довольно многочисленные упущения и небрежности:

1. Слитные написания слов, возможно обусловленные некорректностью электронной почты, на стр. 4, 10, 13, 17, 19, 23, 24, 26, 28, 40, 49, 51, 52, 73, 80, 82, 88, 90, 92, 104, 105, 111, 116, 117, 122, 124, что в меньшей степени свойственно и тексту автореферата, и неаккуратные надписи обозначений отдельных частей и фрагментов работы (стр. 12, 44, 45, 65, 67, 68, 78, 86, 104, 109).

2. Некорректные словосочетания и выражения в виде, в частности, «...рациональности приемов химической активации...» (стр. 7), «...примерно через 20-минутного контакта фаз...» (стр. 107), «...эффективность очистки активным углем раствора, содержащего ионы  $Zn^{2+}$  ~50 %. Еще меньшая глубина очистки имеет место для ионов  $Fe^{3+}$  (~45 %) и  $Cu^{2+}$  (~58 %).» (стр. 115), «Годовой фонд заработной платы составляет \$ США\$.» (стр. 122).

3. В тексте имеются фрагментированные по соседним страницам рисунки (стр. 48-49, 84-85) и пустые разрывы-пробелы существенных размеров (стр. 54, 55, 60, 62, 66, 69, 72, 77, 83, 85, 103, 109, 110, 112, 114, 123).

4. Не пояснена разница итоговых объемов для статей прихода и расхода таблицы 28 (стр. 95), что обуславливает сомнение в четкости данных представленного материального баланса.

5. Данные рисунка 37 (стр. 103), демонстрирующие практически равномерное падение эффективности циклического использования активного угля при улавливании паров бензола из воздуха, не сопровождаются пояснением причин такого снижения, вызывая вопрос о длительности использования угля.

6. В характеристике содержания подраздела 3.4.2 диссертации, изложенной в автореферате, указано, что «величины рН водных вытяжек составили ~5 для карбонизата и ~6 для активного угля». Однако в тексте диссертации эти сведения отсутствуют.

Наряду с этим в целом тексты, как диссертации, так и её автореферата, изложены вполне ясным и четким языком, достаточно хорошо оформлены графически. Существо, последовательность, стиль и характер изложения рассматриваемых вопросов указывают на достаточно высокую научную компетенцию автора диссертации в рассматриваемой области знаний.

Приведенные выше замечания не сказываются на общей ценности изложенного в диссертации Мин Тху несомненно важного, прежде всего для национальной экономики Мьянмы, достаточно объемного, завершенного в части поставленной цели и сформулированных задач, трудоемкого, целенаправленного и результативного исследования, выполненного на современном научно-техническом уровне.

Диссертация Мин Тху на тему «Переработка на активные угли оболочек косточек сливы - отходов пищевых производств» соответствует паспорту специальности научных работников 05.17.01 - Технология неорганических веществ [в части позиций 1 (Производственные процессы получения неорганических продуктов: соли, кислоты и щелочи, минеральные удобрения, изотопы и высокочистые неорганические продукты, катализаторы, сорбенты, неорганические препараты), 2 (Технологические процессы (химические, физические и механические) изменения состава, состояния, свойств, формы сырья, материала в производстве неорганических продуктов) и 3 (Способы и процессы защиты окружающей среды от выбросов производств неорганических продуктов, утилизация и обезвреживание неорганических производственных отходов) формулы специальности и пунктов области исследований 1 (Химические и физико-химические основы технологических процессов: химический состав и свойства веществ, термодинамика и кинетика химических и межфазных превращений), 2 (Явления переноса тепла и вещества в связи с химическими превращениями в технологических процессах), 3 (Механические процессы изменения состояния, свойств и формы сырья материалов и компонентов в неорганических технологических процессах), 4 (Способы и последовательность технологических операций и процессов переработки сырья, промежуточных и побочных продуктов, вторичных материальных ресурсов (отходов производства и потребления) в неорганические продукты), 5 (Способы и последовательность технологических операций и процессов защиты окружающей среды от выбросов неорганических веществ) и 6 (Свойства сырья и материалов, закономерности



технологических процессов для разработки, технологических расчетов, проектирования и управления химико-технологическими процессами и производствами)], 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 диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук.

Диссертация представляет собой законченную самостоятельно выполненную научно-квалификационную работу, в которой содержится решение задачи разработки технологических основ производства активных углей из фрагментов скорлупы косточек сливы - отходов пищевых производств Мьянмы, позволяющее считать данную работу полезным научно-практическим вкладом в область знаний об углеродных адсорбентах с широкой сферой прикладного использования.

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

Отзыв на диссертацию Мин Тху на тему «Переработка на активные угли оболочек косточек сливы - отходов пищевых производств», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук, рассмотрен, обсужден и одобрен на научно-техническом совещании отделения «Переработка промышленных отходов» Акционерного общества «Ведущий научно-исследовательский институт химической технологии» 10 февраля 2021 г. (протокол № 4).

Начальник центра по редким, редкоземельным и радиоактивным элементам АО «ВНИИХТ»,  
кандидат технических наук



В.Ю. Кольцов

Кольцов Василий Юрьевич, кандидат технических наук, начальник центра по редким, редкоземельным и радиоактивным элементам акционерного общества «Ведущий научно-исследовательский институт химической технологии» Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом» (Россия, 115409, Москва, Каширское шоссе, 33, раб. тел. + 7 (499) 324 6395, e-mail: basilik2@ya.ru)