

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Северный (Арктический) федеральный
университет имени М.В. Ломоносова»
(САФУ имени М.В. Ломоносова)
набережная Северной Двины, д. 17,
г. Архангельск, Россия, 163002
http://www.narfu.ru, e-mail: public@narfu.ru
тел./факс: 8(8182) 28-76-14
тел.: 8(8182) 21-89-20

02.10.2020 № 12-03-662
На № 1114-26.20/ от 04.09.2020
2299

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научно-
инновационному развитию
Федерального государственного
автономного образовательного
учреждения высшего образования
«Северный (Арктический)
федеральный университет
имени М.В. Ломоносова»

М.К. Есеев
2020 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации – ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова»
на диссертацию и автореферат диссертации Ву Ким Лонг
«Рециклинг отходов производства изделий авиационной техники на базе ПКМ с целью регенерации углеродных волокон и получения активных углей», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.01 - Технология неорганических веществ

Актуальность, важность и значимость темы обусловлены следующими обстоятельствами:

Производство множества деталей и узлов авиационной техники основано на использовании синтетических полимерных композиционных материалов (ПКМ), оцениваемом в настоящее время в России суммарной массой около 118 тыс. тонн в год. Особенностью изделий из ПКМ обычно являются уникальные эксплуатационные свойства, включающие, в частности, высокую термическую, механическую и химическую стойкость наряду с легкостью, обусловленные использованием достаточно дорогостоящих углеродных наполнителей в виде волокон и тканей. По имеющимся оценкам объем отходов на основе ПКМ составляет от 1 до 3 % от годового производства. Проблема их утилизации носит как экономический (стоимость рубленого углеродного волокна составляет 3–5,5 тыс. руб./кг), так и экологический (связанный в основном с органической составляющей

отходов) характер. Поиск ее эффективных решений в этой связи весьма актуален и важен.

Разработанные методы выделения волокон из отходов угле-, органо- и стеклопластиков (пиролиз, сольволиз) обычно сопряжены с разрушением их связующего (матрицы) и образованием различных продуктов, причем в ряде случаев пиролиз отходов органопластиков приводит к образованию активных углей. Однако, в доступной научно-технической литературе особо значимая для авиационной отрасли проблема утилизации с данной целью отходов ПКМ, образующихся при производстве и эксплуатации изделий авиационной техники, освещена достаточно ограниченно и требует более детальной проработки.

Состав и содержание диссертации. Диссертационная работа представлена введением, 4-мя главами, выводами и списком литературы, изложенными на 162 страницах, содержащих 42 таблицы, 60 рисунков и список литературы в виде 206 позиций.

Введение (стр. 5-12). Во введении диссертации изложены актуальность и степень разработанности проблемы, цель и задачи исследования, его научная новизна и практическая значимость. Охарактеризованы методология и методы исследования, выносимые на защиту положения, достоверность полученных результатов, характер их внедрения в практику и апробации диссертационного материала. Представлены сведения о публикациях и личном вкладе автора в работу.

Глава 1 (стр. 13-66) представляет аналитический обзор доступной информации по теме исследования, содержащий 5 разделов.

Раздел 1.1 (стр. 13-36) содержит общие сведения о ПКМ – органо-, угле- и стеклопластиках, как композитных материалах авиационного, состояний их использования, принципах формирования терморектопластов, термоэластопластов и термопластов на основе волокон, входящих в состав ПКМ, рынке углеродного волокна и препрегов на его основе, классификациях изделий по структуре и целям применения, а также оценку ценности переработки ПКМ.

Раздел 1.2 (стр. 36-50) характеризует ПКМ с позиций механической, термической и химической стойкости, источники образования и направления использования отходов ПКМ наряду с современными методами их утилизации.

В разделе 1.3 (стр. 50-66) изложены общие сведения об активных углях, включающие понятие этих адсорбентов, сырьевые источники их получения, примеры производства на базе отходов пластмасс, области использования, а также способы регенерации насыщенных и реактивации отработанных адсорбентов.

Раздел 1.4 (стр. 66) содержит сжатые и наиболее обобщенные выводы из выполненного обзора, констатирующие усугубление проблемы отходов ПКМ в ближайшие десятилетия и целесообразность изыскания возможностей производства на их основе продуктов предпочтительно с высокой добавленной стоимостью.

В разделе 1.5 (стр. 66), завершающем главу 1, представлены ключевые задачи исследования в виде установления перспективных направлений термического воздействия на образцы отходов, предоставленных ВИАМ, и утилизации продуктов такого воздействия наряду с разработкой технологических основ производства на базе полученных отходов активных углей с обоснованием сопоставительной эффективности их прикладного использования.

Глава 2 диссертации (стр. 67-80) содержит описание объектов и методов выполненных в работе экспериментальных исследований и представлена в виде 4-х разделов: **раздел 2.1. Характеристика объектов исследования** (стр. 67-70), включающая углепластики и органопластики, как отходы ФГУП «ВИАМ», и каменноугольную смолу, как связующее; **раздел 2.2. Объекты углеадсорбционной обработки** (стр. 70-73) в составе сточной воды АО «Москокс», модельных жидкофазных систем (водные растворы ацетона, фенола, бензола и толуола, ионов тяжелых металлов, система «вода – пленка дизельного топлива») и паровоздушных смесей углеводородов; **раздел 2.3. Экспериментальные установки и методики** (стр. 73-77) в виде схем и принципов эксплуатации установок пиролиза, химической активации сырья и изучения кинетики и равновесия в системе «ПВС – активный уголь», описания термографических исследований и способов контакта и разделения фаз при оценке растворимости в воде углеродных материалов и углеадсорбционной обработке сточных вод; **раздел 2.4. Аналитические средства и методики** (стр. 77-80), характеризующие определения влагосодержания, зольности, объемов сорбирующих пор, суммарного объема пор, прочности при истирании и сжатии, сорбционной активности по йоду и метиленовому голубому, а также методы низкотемпературной адсорбции азота и спектроскопии комбинационного рассеяния наряду с методиками

анализа фенола и газохроматографического определения органического углерода в сточной воде.

Глава 3 работы (стр. 81-131) – ее экспериментальное существо, изложенное в виде 6 разделов.

Раздел 3.1 (стр. 81-91) содержит результаты исследования сырья, **раздел 3.2** (стр. 91-94) – обоснование рациональных условий его пиролиза, а **раздел 3.3** (стр. 94-105) – таковое химической активации органопластика О-2 в исходном и гранулированном виде (охарактеризованы влияние добавки гидроксида калия и режима активации на адсорбционные свойства активного угля, а также получение последнего формованием), в **разделе 3.4** (стр. 106-109) оценены побочные продукты (газы и конденсат) процесса химической активации сырья, **раздел 3.5** (стр. 110-129) представляет аспекты прикладного использования целевых и побочных продуктов разработанной технологии на примерах, в частности, объектов, указанных в главе 2, и возможность регенерации и циклического использования полученного активного угля, **раздел 3.6** (стр. 129-131) характеризует эффективность повышения прочности активных углей из отходов органопластиков введением армированных вторичных углеродных волокон.

В главе 4 диссертации (стр. 132-139), представленной тремя разделами, освещены вопросы технико-экономической оценки разработанной технологии. В **разделе 4.1** (стр. 132) приведена ее принципиальная аппаратурно-технологическая схема, в **разделе 4.2** (стр.132-134) изложено ее описание, **раздел 4.3** (стр. 134-139) характеризует ориентировочную технико-экономическую оценку разработанной технологии применительно к гипотетическому производству 100 т/год активного угля, свидетельствующую о целесообразности ее реализации.

Текст диссертации завершён **выводами** (стр. 131-140) из 8 позиций, достаточно полно отражающими основное существо работы, и **списком использованной литературы** (стр. 142-163), включающим 136 зарубежных публикаций.

Оценивая существо работы, следует сделать следующие замечания:

1. В аналитическом обзоре работы отсутствует информация о результатах диссертационного исследования Храмовой Г.Б. (1992 г.), выполненного по созвучной тематике с аналогичной ориентацией.

2. В экспериментальной части работы нет четкого обоснования начального выбора условий химической активации препрега О-2 (стр. 94) и пиролиза сырых гранул (стр. 101).
3. В описании эксперимента имеется разночтение: на стр. 76 отмечено, что поток реометра 2 насыщали парами бутанола в «гуське» (барботере) 4, а затем смешивали в заданной пропорции с чистым воздухом, тогда как на стр. 110 указано, что варьирование концентрации (н-бутанола) обеспечивали изменением расхода воздуха через барботер.
4. Полученный активный уголь содержит, как отмечено выше, достаточно дорогостоящие компоненты, что ограничивает целесообразность его использования для фиксации плавающих нефтепродуктов, тем более, что в подразделе 3.5.2.2 связанные с этим вопросы сбора, регенерации продуктов фиксации, циклического использования регенерированных и утилизации отработанных адсорбентов не освещены.
5. Выявление эффективности использования полученного в работе активного угля для глубокого извлечения из воды ацетона (подраздел 3.5.2.3) логично не завершено.
6. В подразделе 3.5.2.6, обосновывающем возможность удаления полученным активным углем из гальванических стоков ионов железа, меди и цинка до санитарных нормативов, не отражены сведения о возможности и приемах регенерации насыщенного поглотителя, повторного использования и судьбы отработанного адсорбента.
7. Текст работы не свободен от немногих, но досадных оплошностей.

Перечисленные замечания не снижают, однако, сколько ни будь существенно общего положительного впечатления от ознакомления с диссертацией, ее авторефератом и их анализа. Их тексты хорошо оформлены графически, ясно и четко изложены. Позиции научной новизны и практической значимости не вызывают принципиальных возражений. Основные результаты работы доведены до сведения научной общественности: доложены и обсуждены на ряде специализированных форумов различного уровня, опубликованы в виде 13 печатных работ, включая патент на изобретение и 4 статьи в рецензируемых изданиях, в том числе статьи в издании, индексируемом в международной базе данных Scopus.

Четкая ориентированность, логичные направленность и характер изложения материала и трактовки полученных результатов указывают на квалифицированную ориентацию автора диссертации в области научных знаний по утилизации отходов с получением углеродных адсорбентов, оценки их

свойств и эффективности использования. В целом диссертационная работа Ву Ким Лонг представляет собой выполненное на современном научно-техническом уровне, значимое, объемное и трудоемкое исследование, несомненно вносящее существенный теоретический и практический вклад в названную научную сферу. Автореферат диссертации и указанные публикации автора в должной степени соответствуют существу выполненного исследования.

Диссертация Ву Ким Лонг «Рециклинг отходов производства изделий авиационной техники на базе ПКМ с целью регенерации углеродных волокон и получения активных углей» соответствует паспорту специальности 05.17.01 - Технология неорганических веществ в части позиций формулы специальности (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) 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 порядке присуждения ученых степеней» (Постановление Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842), предъявляемым к кандидатским диссертациям. Она является самостоятельно выполненной завершенной научно-квалификационной работой, содержащей решение задачи эффективной утилизации отходов

авиационных предприятий на базе полимерных композиционных материалов с получением высококачественных активных углей.

Автор диссертационной работы – Ву Ким Лонг достоин присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.01 - Технология неорганических веществ.

Диссертация, ее автореферат и отзыв на диссертационную работу Ву Ким Лонг «Рециклинг отходов производства изделий авиационной техники на базе ПКМ с целью регенерации углеродных волокон и получения активных углей», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.01 - Технология неорганических веществ, рассмотрены и одобрены на заседании кафедры целлюлозно-бумажных и лесохимических производств ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова» (протокол № 10 от «01» сентября 2020 г.), одно из основных направлений научно-исследовательской деятельности которой соответствует тематике диссертации.

Отзыв подготовил: Богданович Николай Иванович профессор кафедры целлюлозно-бумажных и лесохимических производств, доктор технических наук по специальности (05.21.03 – Технология и оборудование химической переработки древесины; химия древесины, 11.00.11 – Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов), профессор ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова»; почтовый адрес - 163002, Россия, г. Архангельск, наб. Северной Двины, д. 17; телефон 8(8182) 21-89-46; E-mail: n.bogdanovich@narfu.ru

Н.И. Богданович

Богдановича Н.И.
член ученого совета САФУ
Е.Б. Раменская
сентябрь 2020г.

