

Заключение диссертационного совета 24.2.312.10, созданного
на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования

«Казанский национальный исследовательский технологический университет»,
Министерство науки и высшего образования Российской Федерации,
по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 17.06.2026 г. № 63

О присуждении Родионову Алексею Сергеевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Разработка технологии термической переработки лигниноцеллюлозных отходов в активированный уголь» по специальностям 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса, 4.3.4. Технологии, машины и оборудование для лесного хозяйства и переработки древесины принята к защите 15.04.2026 г., протокол заседания № 60 диссертационным советом 24.2.312.10, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования (ФГБОУ ВО) «Казанский национальный исследовательский технологический университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 420015, г. Казань, ул. Карла Маркса, д. 68; приказ Минобрнауки России о создании диссертационного совета 1524/нк от 21.11.2022 г.

Соискатель Родионов Алексей Сергеевич, 17.11.1999 года рождения, в 2023 году окончил с отличием магистратуру ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет». В 2026 году окончил аспирантуру очной формы обучения того же вуза. Работает ассистентом кафедры электропривода и электротехники в ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре переработки древесных материалов ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», Минобрнауки России.

Научный руководитель:

доктор технических наук, профессор Тимербаев Наиль Фарирович, ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», кафедра переработки древесных материалов, профессор кафедры.

Официальные оппоненты:

Глушанкова Ирина Самуиловна, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», кафедра охраны окружающей среды, профессор кафедры;

Тимофеева Светлана Сергеевна, кандидат технических наук, федеральный исследовательский центр «Казанский научный центр Российской академии наук», лаборатория энергетических систем и технологий института энергетики и перспективных технологий, старший научный сотрудник лаборатории,

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский государственный лесотехнический университет», г. Екатеринбург, в своем положительном отзыве, подписанном Гиндулиным Ильдаром Касимовичем, кандидатом технических наук, доцентом, доцентом кафедры высшей школы биотехнологии, указала, что диссертация Родионова А.С., направленная на разработку научно обоснованной технологии термической переработки лигниноцеллюлозных отходов в активированный уголь с установлением рациональных режимных параметров процессов сушки, пиролиза и физической активации, представляет собой своевременную и практически востребованную работу. Отмечено, что диссертационная работа Родионова А.С. на соискание ученой степени кандидата технических наук вносит определенный вклад в исследование и решение задачи повышения эффективности переработки лигниноцеллюлозных отходов путем разработки технологии их термической конверсии в активированный уголь. По объему, новизне и значимости результатов работа соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук. Содержание диссертации сформулировано на основе опубликованных автором научных трудов, что подтверждает достоверность выдвинутых на защиту теоретических и практических рекомендаций. Диссертация и автореферат соответствуют паспортам научных специальностей: 4.3.1. по п.10 и 4.3.4. по п. 4. Диссертационная работа Родионова А.С. на тему «Разработка технологии термической переработки лигниноцеллюлозных отходов в активированный уголь» является научно-квалификационной работой, и соответствует критериям, которым должна отвечать диссертация на соискание ученой степени кандидата наук, изложенным в п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г. (в текущей редакции), предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальностям 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса и 4.3.4. Технологии, машины и оборудование для лесного хозяйства и переработки древесины.

Соискатель имеет 17 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации – 17, общим объемом 239 страниц (авторский вклад 75 %), из них 5 статей в рецензируемых научных журналах и изданиях, рекомендуемых ВАК Минобрнауки России, 1 статья в издании, входящем в реферативную базу Scopus, 2 патента Российской Федерации на изобретение (№ 2789699, № 2844881), 9 трудов в прочих изданиях.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных

соискателем ученой степени работах, заимствованный материал без ссылки на автора/соавтора и/или источник заимствования.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Тимербаев Н.Ф. Методика расчета пиролизного реактора в установке производства активированного угля / Н.Ф. Тимербаев, **А.С. Родионов**, Т.О. Степанова, Р.Г. Сафин // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2025. – № 212. – С. 282-302.

2. Тимербаев Н.Ф. Переработка сельскохозяйственных отходов / Н.Ф. Тимербаев, **А.С. Родионов**, Т.О. Степанова, Р.Г. Сафин // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2025. – № 213. – С. 236-250.

3. Сафин Р. Г. Определение коэффициента влагопроводности вторичного растительного сырья решением обратной задачи массопроводности / Р.Г. Сафин, **А.С. Родионов**, Н.Ф. Тимербаев // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2025. – № 4(72). – С. 221-228.

На диссертацию и автореферат поступили 4 положительных отзыва от:

- д.т.н., профессора, профессора кафедры целлюлозно-бумажных и лесохимических производств ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова» **Казакова Я.В.** Замечания: 1. В автореферате не представлено информации по гранулометрическому, компонентному и химическому составу образцов сырья, использованные для исследования. Изначально скорлупа, лузга и щепы имеют разные размеры частиц. Поэтому остался открытым вопрос о причинах разной величины вычисленных коэффициентов и технологических параметров, определенных автором. 2. При представлении математических моделей автор не привел количественных значений исходных данных, принятых для расчета: размеры частиц, отклонение от шарообразной формы, плотность, пористость, влажность и т.п. 3. Требуют пояснения принятых автором единицы измерения коэффициента влагопроводности – $\text{м}^2/\text{с}$, в которых не учитывается количественная мера, относящаяся к влаге. Для сравнения, в ГОСТ Р 56504-2015, где регламентированы методы определения коэффициентов влагопроводности для строительных материалов, указаны единицы $\text{кг}/(\text{м}\cdot\text{ч})$, что более логично;

- д.т.н., профессора, профессора кафедры машин и аппаратов промышленных технологий ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева» **Алашкевича Ю.Д.** Замечания: 1. На рисунке 3 (с. 10) приведены зависимости коэффициента влагопроводности от температуры для трёх видов сырья. Хотелось бы пояснить: чем обусловлен немонотонный характер зависимости для лузги подсолнечника (кривая 1)? 2. В автореферате (с.12) указано, что оптимальная температура паровой активации составляет $900\text{ }^\circ\text{C}$. Как была определена эта температура и исследовался ли диапазон $850 - 950\text{ }^\circ\text{C}$?

- д.с.н., доцента, профессора кафедры растениеводства, селекции и семеноводства ФГБОУ ВО «Курский государственный аграрный университет имени

И.И. Иванова» Долгополовой Н.В. Замечания: 1. Из текста (с. 4) следует, что сушку проводят при 235 °С 15 мин, затем температуру снижают до 150 °С. Однако автореферат не поясняет, чем обусловлен именно двухстадийный режим – опасностью растрескивания частиц или неравномерностью влагопереноса. Хотелось бы видеть сравнение с изотермическим вариантом. 2. Для активированных углей нормируется не только адсорбционная активность, но и массовая доля золы. В таблице 2 (с. 12) этот показатель не приведен, хотя для отходов растительного происхождения зольность может быть значительной (особенно для лузги). Какова зольность полученных образцов и соответствуют ли они ГОСТ по этому параметру?

- к.т.н., заведующего кафедрой теплоэнергетики и физики ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет» Харисова Д.Д. и к.т.н., доцента той же кафедры Юхина Д.П. Замечания: 1. В тексте автореферата (стр. 5...7) встречаются технические опечатки и неполное оформление некоторых формул, что не значительно затрудняет восприятие. 2. Из автореферата не ясно, учитывалось ли влияние зольности исходных отходов на качество получаемого активированного угля, а также проводилась ли отдельная экономическая оценка для каждого вида сырья. 3. В математической модели процесса активации (стр. 8...9) не приведены значения кинетических констант $k_1 - k_5$ для использованных видов сырья, хотя сама модель изложена достаточно подробно.

Выбор официальных оппонентов обосновывается их высокой профессиональной квалификацией, компетентностью в области термохимической конверсии биомассы и органических отходов, пиролизической переработки растительного сырья в биоуголь, разработки технологий получения углеродных сорбентов и активных углей из отходов растительного происхождения, а также их применения в процессах водоподготовки и очистки сточных вод, публикационной активностью и способностью дать профессиональную оценку новизны и научно-практической значимости диссертационного исследования.

Ведущая организация известна научными исследованиями по направлениям: термическая переработка древесины различных пород в древесный и активный уголь; изучение взаимосвязи структуры и сорбционных свойств активных углей с содержанием нелетучего углерода; разработка и применение углеродных нанопористых материалов в процессах адсорбции и водно-спиртовой обработки; энергетическая переработка древесных биоресурсов. Наиболее значимые работы ученых ведущей организации отражены в публикациях в ведущих российских и международных изданиях, таких как «Деревообрабатывающая промышленность», «Леса России и хозяйство в них», «Лесной вестник. Forestry Bulletin» и др. Работы ученых ведущей организации в направлении исследований, близких тематике диссертации, неоднократно отмечались на российском и международном уровне.

Диссертационный совет отмечает, что наиболее существенные результаты, полученные лично соискателем, и их научная новизна заключаются в следующем:

разработана технология термической переработки лигниноцеллюлозных отходов в активированный уголь, включающая стадии конвективной сушки, пиролиза

и физической активации перегретым паром;

определены температурные зависимости коэффициента влагопроводности для трёх видов лигниноцеллюлозного сырья (лузга подсолнечника, скорлупа грецкого ореха, сосновая щепа) в диапазоне 40 – 110 °С;

разработана математическая модель тепло-массообменных процессов переработки лигниноцеллюлозных отходов в активированный уголь с применением модели диффузионных реакций, позволяющая рассчитать изменение удельной поверхности и суммарного объёма пор в процессе активации;

установлены рациональные режимные параметры технологического процесса: высокотемпературная сушка топочным газом с последующим снижением до 150 °С; пиролиз при 500 °С с толщиной насыпного слоя 0,15 – 0,3 м и размером частиц 0,25 – 1 мм; паровая активация при 900 °С в течение 25 – 40 минут с расходом перегретого пара 2,5 кг/кг, позволяющие получить активированный уголь с удельной поверхностью до 1370 м²/г и адсорбционной активностью по йоду до 625 мг/г.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана целесообразность термической переработки лигниноцеллюлозных отходов в активированный уголь по трёхстадийной схеме «сушка – пиролиз – паровая активация», обеспечивающей получение продукта с высокой адсорбционной активностью;

установлено влияние технологических параметров на характеристики продуктов: при пиролизе повышение температуры снижает выход карбонизата при росте содержания углерода, толщина слоя и размер частиц определяют продолжительность процесса и энергетические затраты; при активации увеличение температуры и продолжительности способствует развитию пористой структуры, однако при чрезмерных значениях удельная поверхность снижается из-за перекрытия пор, расход пара определяет полноту активации и адсорбционные характеристики угля; определены рациональные режимы каждой стадии, что может быть использовано при технологических расчётах и аппаратурном оформлении процесса;

изучена температурная зависимость коэффициента влагопроводности лигниноцеллюлозного сырья, процесс термического разложения трёх видов лигниноцеллюлозных отходов и взаимодействие углерода с перегретым водяным паром, что позволило оценить тепломассообменные процессы при сушке, пиролизе и активации;

проведено исследование физико-химических свойств полученных активированных углей: определены удельная поверхность, суммарный объём пор, адсорбционная активность по йоду и метиленовому синему, проведено сравнение с промышленными марками БАУ-А и БАУ-Ац. Полученные новые данные о взаимосвязи вида сырья и пористой структуры продукта позволяют целенаправленно подбирать сырьё под конкретное назначение угля и подтверждают перспективность исследованных отходов как сырья для производства адсорбентов, соответствующих требованиям ГОСТ.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработана технологическая схема и промышленная установка для термической переработки лигниноцеллюлозных отходов в активированный уголь на основе замкнутого энергоэффективного цикла;

разработан способ получения активированного угля, преимущественно из лигниноцеллюлозного сырья (патенты Российской Федерации № 2789699, № 2844881);

внедрены в учебный процесс ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет» результаты экспериментальных исследований и созданные установки при проведении лабораторных работ по дисциплине «Технология и оборудование деревообработки»;

принята к внедрению предлагаемая технология термической переработки лигниноцеллюлозных отходов в активированный уголь в ООО «Реализация альтернативных решений» (г. Казань) для производства углеродных адсорбентов, используемых в системах очистки воды и газовых выбросов.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

полученные соискателем результаты и теоретические заключения базируются на корректном использовании основных положений теории тепломассообменных процессов, описывающих явления тепло- и массопереноса, кинетику термического разложения лигниноцеллюлозных материалов, а также диффузионные процессы при паровой активации углеродсодержащего сырья; достоверность полученных результатов подтверждается комплексным применением современных физико-химических методов исследования с использованием поверенного оборудования; отклонение расчётных данных от экспериментальных при моделировании находится в пределах 15 – 17 %, что подтверждает адекватность разработанной модели.

Личный вклад соискателя состоит в выборе темы и постановке задач, разработке технологии термической переработки лигниноцеллюлозных отходов в активированный уголь, проведении экспериментальных исследований и математического моделирования, в обработке полученных данных. Автору принадлежат основные идеи опубликованных в соавторстве и использованных в диссертации работ.

По своему содержанию диссертация отвечает паспортам специальностей: 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса по п. 10 «Методы, технологии и технические средства обеспечения экологической безопасности, переработки и утилизации отходов сельскохозяйственного производства, эколого-реабилитационные процессы и технологии» (пункты 3, 4 научной новизны); 4.3.4. Технологии, машины и оборудование для лесного хозяйства и переработки древесины по п. 4 «Технология и продукция в производствах: лесохозяйственном, лесозаготовительном, лесопильном, деревообрабатывающем, целлюлозно-бумажном, лесохимическом и сопутствующих им производствах» (пункты 1, 2 научной новизны).

Рекомендации по использованию результатов диссертационного исследования: полученные результаты могут быть рекомендованы к использованию на предприятиях лесопромышленного и агропромышленного комплексов для термической переработки лигниноцеллюлозных отходов (лузги подсолнечника,

скорлупы грецкого ореха, сосновой щепы и других) в активированный уголь, в частности, для получения углеродных адсорбентов с заданными пористыми характеристиками, используемых для очистки воды, газовых выбросов и в технологических процессах. Также результаты диссертационного исследования могут быть использованы при подготовке бакалавров и магистров высших учебных заведений по направлению 15.03.02. «Технологические машины и оборудование».


В ходе защиты диссертации критических замечаний по научной новизне и значимости работы для науки и практики высказано не было. Родионов Алексей Сергеевич аргументировано ответил на замечания и задаваемые в ходе заседания вопросы, четко обосновал собственную позицию. С рядом высказанных замечаний соискатель согласился.

Диссертационным советом сделан вывод о том, что рассматриваемая диссертация является законченной научно-квалификационной работой и соответствует п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 (в текущей редакции).


На заседании 17.06.2026 г. диссертационный совет принял решение присудить Родионову Алексею Сергеевичу ученую степень кандидата технических наук за новые научно-обоснованные технические и технологические решения в области термической переработки лигниноцеллюлозных отходов в активированный уголь, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие лесопромышленного и агропромышленного комплексов.

При проведении тайного голосования диссертационный совет 24.2.312.10 в количестве 12 человек, из них 4 доктора наук по специальности 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса и 7 докторов наук по специальности 4.3.4. Технологии, машины и оборудование для лесного хозяйства и переработки древесины, участвовавших в заседании, из 16 человек, входящих в состав совета, проголосовал: за - 12, против - нет, недействительных бюллетеней - нет.

Председатель
диссертационного совета


Рушан Гареевич Сафин

Ученый секретарь
диссертационного совета


Екатерина Игоревна Байгильдеева

17 июня 2026 г.