

Отзыв

официального оппонента д.т.н., профессора Тимербаева Наиля Фарировича на диссертацию Авдюковой Оксаны Дмитриевны «Синтез активных древесных углей и оценка эффективности их применения в производстве слабоалкогольных напитков», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.4 - Технологии, машины и оборудование для лесного хозяйства и переработки древесины.

Актуальность темы диссертационной работы

Эффективная переработка древесины лиственных и хвойных пород, является важной задачей, стоящей перед предприятиями лесопромышленного комплекса России. Производство доступных и качественных бифункциональных нанопористых углеродных материалов, находящихся применение в различных отраслях промышленности, является одним из перспективных способов переработки древесины лиственных пород. Такие материалы могут быть широко использованы в химической и пищевой промышленности, в технологических процессах, стабилизации готовых продуктов. Проблема коллоидной неустойчивости имеет комплексную природу и обусловлена, в частности, образованием белково-полифенольных комплексов, наличием таниновых фракций, а также присутствием иных низко- и среднемолекулярных соединений, способных инициировать помутнения при хранении. Практическая эффективность такого подхода определяется не только общим уровнем сорбционной активности, но и структурно-сорбционными характеристиками материала (микро-/мезопористость, распределение пор по размерам, химия поверхности), задающими селективность извлечения и риск нежелательной сорбции компонентов, ответственных за вкус, аромат и «тело» пива.

Рассматриваемая работа посвящена разработке технологии получения и изучению свойств активных древесных углей, позволяющих повысить эффективность их применения в качестве адсорбционных материалов. Тема исследования, имеющая своей целью получение активных древесных углей с высокими сорбционными свойствами, расширяющими спектр их использования в различных технологических процессах, безусловно

является актуальной и значимой задачей, представляющей интерес для предприятий лесопромышленной отрасли.

Общая характеристика диссертации

Диссертация включает введение, пять глав, общие выводы и рекомендации, приложение и библиографический список. Объем работы составляет 135 страниц, представлено 49 рисунков и 16 таблиц, список литературы содержит 162 источника. Автореферат диссертации изложен на 20 страницах и по своему содержанию соответствует структуре диссертации и позволяет оценить цель и задачи исследования, научную новизну, теоретическую и практическую значимость работы.

Диссертационная работа характеризуется четко сформулированной целью исследования, заключающейся в исследовании закономерностей получения активных древесных углей, и изучении возможности их применения в пищевой промышленности, в частности в производстве слабоалкогольных напитков. Композиция исследования выдержана; логика изложения последовательна и соотнесена с целевыми установками, что обеспечивает целостность работы и корректность переходов от постановки задачи к экспериментальной проверке и технологическому обоснованию.

Для достижения поставленной цели автором на основании большого объема проведенных теоретических и экспериментальных исследований предложены технологические решения использования активных древесных углей с повышенной сорбционной способностью, для повышения стойкости пива в пивоваренных производствах.

Введение содержит постановку проблемы и обоснование актуальности; последующие главы выстроены по принципу «обзор → методология → получение сорбентов → оценка сорбции в модельных и реальных средах → технологическая и экономическая интерпретация». Такое построение позволяет проследить причинно-следственные связи между условиями пиролиза и активации, формированием структуры угля и его влиянием на показатели технологического процесса и качества продукта.

В первой главе выполнен аналитический обзор отечественной и зарубежной научно-технической литературы, систематизированы факторы, определяющие выход и структурно-сорбционные свойства древесных углей

и активных углей, а также рассмотрены особенности и ограничения применения активированных углей в технологиях производства слабоалкогольных напитков. Автор корректно обозначает технологические «мишени» сорбционной обработки (белки, полифенолы, танины и др.) и формирует научно-техническую гипотезу о возможности повышения коллоидной стойкости за счёт целенаправленного извлечения проблемных фракций.

Во **второй главе** описаны объекты и методики исследований. Использован комплекс физико-химических методов анализа, методы математического моделирования, элементы регрессионного анализа, что обеспечивает обоснованность выводов и повышает достоверность полученных результатов.

В **третьей главе** представлены результаты экспериментального исследования закономерностей получения активных углей из берёзы, сосны и осины. Обоснованы рекомендуемые режимы пиролиза и паровой активации, ориентированные на формирование пористой структуры, обеспечивающей сорбцию соединений различной молекулярной массы. Значимой частью главы является сопоставление пород по выходу угля и изменению показателей сорбционной активности при варьировании режимов, что создаёт основу для выбора породы-«кандидата» под конкретную технологическую задачу.

В **четвёртой главе** проведена сравнительная оценка сорбционных свойств полученных активных углей и исследованы процессы сорбционной обработки пивного сусла активным углём на основе берёзы, осины, сосны. Показано, что выбранный сорбент обеспечивает значимое снижение содержания фракций, ассоциированных с коллоидной нестабильностью, и оказывает влияние на параметры ферментации. Отмечается не только технологический эффект по стабильности продукта, но и биотехнологический аспект: корректировка состава среды, с которой взаимодействует дрожжевая культура, потенциально снижает стресс-факторы и улучшает ход процесса брожения.

В **пятой главе** рассмотрены аппаратно-технологические решения получения древесного и активного угля, а также варианты включения сорбционной обработки в технологическую схему (на этапе сусла и/или пива). Представлены технико-экономические расчёты, согласно которым

внедрение участка сорбционной обработки с использованием активного угля из осины позволяет снизить потери от возврата продукции по причине помутнений и улучшить экономические показатели производства: рентабельность возрастает с 48,1 % до 54,9 %, валовая прибыль увеличивается ориентировочно на 16,6 %. Важным достоинством является попытка связать химико-технологический эффект с экономической метрикой, что повышает практическую ориентированность работы.

Оформление и содержание диссертации в целом отвечает требованиям ГОСТ Р 7.011-2011.

Диссертацию Авдюковой О.Д. отличает четкость, ясность, последовательность и единство изложения материала. Диссертация написана современным научным языком, что положительно квалифицирует соискателя как исследователя.

Цель и задачи, поставленные в диссертации, в целом реализованы. Работа прошла широкую апробацию, её результаты доложены на конференциях различного уровня, представлены в 10 публикациях.

Степень достоверности и обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Основные научные положения, выводы и рекомендации, приведенные в диссертации, обоснованы, сформулированы с учетом современного уровня знаний и опираются на результаты экспериментальной оценки.

Достоверность научных положений не вызывает сомнений, так как они получены с использованием современных методов исследований, подвергнуты статистическому анализу и хорошо согласуются с известными экспериментальными и расчетными данными других авторов. Достоверность полученных результатов обеспечена корректной постановкой экспериментов, повторяемостью измерений, применением общепринятых методик анализа и статистической обработкой данных (включая регрессионный анализ). Важным обстоятельством является сопоставление результатов для различных пород древесины в сопоставимых условиях, что позволяет интерпретировать различия именно как следствие сырьевой природы и режимов получения. Сформулированные выводы согласуются с представленными экспериментальными материалами и

логически следуют из результатов исследования. Представленные технологические рекомендации опираются на экспериментальную базу и не означают экстраполяции за пределы продемонстрированных режимов.

Научная новизна диссертации

Основные положения научной новизны, соответствуют уровню диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук, грамотно сформулированы в диссертации и автореферате. Научная новизна рассматриваемой диссертационной работы заключается в: обосновании рациональных параметров получения активных углей на основе древесины березы, сосны и осины с возможностью их применения для сорбции соединений с низкой и сравнительно высокой молекулярной массой при производстве слабоалкогольных напитков; выявлении закономерности сорбции белков и полифенольных соединений активными углями на основе осиновой древесины в сравнении с активными углями на основе древесины березы и сосны. Обоснована эффективность применения активного угля на основе древесины осины в производстве слабоалкогольных напитков с целью повышения их коллоидной стойкости и интенсификации процесса ферментации. Следует подчеркнуть, что новизна имеет прикладной характер: она выражается в идентификации технологически применимых режимов получения сорбента и в демонстрации эффекта в реальной технологической матрице, а не только в модельных растворах.

Считаю, что работа Авдюковой О.Д. в полной степени обладает новизной, а результаты выполненных теоретических исследований могут применяться в дальнейшей практической деятельности.

Теоретическая и практическая значимость диссертации

Теоретическая значимость работы состоит в уточнении представлений о влиянии ключевых факторов пиролиза и активации (температурный режим, удельный расход пара, продолжительность обработки) на формирование структурно-сорбционных характеристик активных углей из берёзы, сосны и осины. Полученные зависимости могут рассматриваться как база для целевого проектирования свойств сорбента

под конкретные классы соединений.

Главная **практическая ценность** диссертации заключается в определении возможности использования активных древесных углей из различных пород древесины в производстве слабоалкогольных напитков с целью повышения качественных и технико-экономических показателей производства. Разработана технология обработки пивного суслу активным древесным углем на основе осины. Результаты диссертационного исследования использованы в практической деятельности ООО «Дикий хмель» п. Белоярский Свердловской области.

Апробация и публикации

Результаты диссертационной работы апробированы на всероссийских и международных научно-технических конференциях. По теме исследования опубликовано **10 работ**, в том числе **3 статьи** в изданиях, рекомендованных ВАК РФ. Наличие публикаций и апробации подтверждает завершённость исследования и его интеграцию в профессиональную среду по тематике адсорбционных материалов на основе древесного сырья и их прикладного использования в технологиях пищевых производств.

Личный вклад автора

Личный вклад автора является определяющим и заключается в формулировании основных идей, в постановке и решении задач по теме диссертации. Автором синтезированы исследуемые образцы активных углей. При непосредственном участии автора проведены лабораторные и опытно-промышленные испытания, полученных активных углей.

Вопросы и замечания по работе

1. Чем объясняется выбор исходного сырья для получения модифицированных углеродных сорбентов?
2. Почему технологией не предусмотрено использование парогазовой смеси пиролиза для получения других продуктов, кроме активного угля?
3. Сорбционная обработка способна изменять не только содержание

нежелательных примесей, но и профиль вкусо-ароматических соединений. Какие могут быть критерии селективности извлечения компонентов, определяющих вкус, аромат и потребительское восприятие продукта.

4. В работе рассмотрены варианты обращения с отработанным углём, однако полезно дополнительно обсудить технологическую реализуемость регенерации сорбента, число циклов, динамику изменения сорбционных показателей и ограничения повторного применения в пищевой технологии.

5. Как влияет режим перемешивания и геометрия аппарата на эффективность контакта сорбционной обработки.

Сделанные замечания не снижают теоретического и практического значения работы, не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы и не ставят под сомнение ее выводы.

Заключение

Анализ диссертационной работы, автореферата и опубликованных работ показывает, что диссертация Авдюковой Оксаны Дмитриевны «Синтез активных древесных углей и оценка эффективности их применения в производстве слабоалкогольных напитков», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.4 - «Технологии, машины и оборудование для лесного хозяйства и переработки древесины» по пункту 2 «Химия, физико-химия и биохимия основных компонентов биомассы дерева и иных одревесневших частей растений, композиты, продукты лесохимической переработки», пункту 4 «Технология и продукция в производствах: лесохозяйственном, лесозаготовительном, лесопильном, деревообрабатывающем, целлюлозно-бумажном, лесохимическом и сопутствующих им производствах» показывает, что диссертация является законченной научной квалификационной работой. Содержание автореферата соответствует основным положениям диссертации.

Считаю, что диссертационная работа по объему, новизне и значимости удовлетворяет требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, Авдюкова Оксана Дмитриевна заслуживает

присуждения ей ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.4 - «Технологии, машины и оборудование для лесного хозяйства и переработки древесины».

Официальный оппонент:

Доктор технических наук (специальность 05.21.03 «Технология и оборудование химической переработки биомассы дерева; химия древесины»),

Профессор кафедры переработки древесных материалов
ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет»

Адрес: 420015, Российская Федерация, Республика Татарстан,
Казань, ул. К. Маркса, 68.

+79270390415

Timerbaevnail@gmail.com

Тимербаев Наиль Фарирович

3 февраля 2026 года

