

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной и
международной деятельности
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский
государственный лесотехнический
университет имени С. М. Кирова»,
кандидат с.-х. наук, доцент

А.А. Добровольский

«01» 2025 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации – Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова» (ФГБОУ ВО «СПбГЛТУ им. С.М. Кирова») на диссертационную работу Антоновой Вероники Сергеевны на тему «Физико-химические закономерности модификации целлюлозы для получения распушенного материала с улучшенным влагопоглощением », представленную на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.4. «Физическая химия»

Актуальность темы диссертационной работы

«Fluff pulp» целлюлоза или распушенная целлюлоза («пушенка») представляет собой волокнистый полуфабрикат, получаемый в основном из древесины хвойных пород с улучшенными впитывающими свойствами. Мировыми лидерами по производству распушенной целлюлозы являются США и Финляндия, которые предлагают своим потребителям как обработанную, так и не обработанную «пушенку». Распушенная целлюлоза в основном используется в производстве впитывающих гигиенических изделий, в том числе детские подгузники, женские гигиенические прокладки, нетканые материалы, полученные методом воздушной укладки, для таких применений, как салфетки и медицинские прокладки. Безусловно, что спрос на эти изделия всегда был на высоком уровне.

США и Финляндии. Учитывая сложившуюся ситуация на мировой арене и политические разногласия, в частности санкции, высокие пошлины, задержку грузов на таможне, что ведет к удорожанию данного сырья и убыткам у предпринимателей – совершенствование технологии по получению распушенной целлюлозы в России является актуальной задачей, которая смогла бы обеспечить данным полуфабрикатом производственный сектор гигиены в котором имеется спрос на распушенную целлюлозу.

Научная новизна результатов исследования

Научная новизна диссертации состоит в теоретическом обосновании и экспериментальном подтверждении метода получения флафф-целлюлозы традиционным (мокрым) способом формования. Активацию целлюлозы проводили аналогично предобработке для распуска на волокна в воздушном потоке. Предобработка позволила сократить время размола при мокром способе почти в 2 раза. Распушенная целлюлоза, полученная традиционным способом имела такие же показатели качества, как и целлюлоза, полученная методом аэроформования. Определены и обоснованы оптимальные условия воздействия частичного кислотного гидролиза на древесную целлюлозу для снижения температуры стеклования. С помощью инструментальных методов анализа (ИК-спектроскопия) доказано, что в гидролизованной целлюлозе увеличивается содержание карбонильных групп. Впервые показана эффективность последовательного воздействия химического и биохимического методов обработки целлюлозы. Это проявилось в сохранении влажности на уровне 32,5% для лиственной и 30,7% для хвойной целлюлоз, сохранении длины волокон при роспуске в воздушном потоке (аэродинамическом) и традиционным (мокрым) способом формования. На основании расчета термодинамических функций обосновано получение распушенной целлюлозы с улучшенным влагопоглощением.

Теоретическая и практическая значимость результатов диссертации

Автором обоснованы теоретические аспекты получения распушенной целлюлозы. Выявлены оптимальные условия термо-, влагообработки целлюлозного волокна из хвойных/лиственных пород древесины для восстановления и развития капиллярно-пористой структуры целлюлозы, утраченных ею при сушке производственной целлюлозы. Обоснованы условия обработки целлюлозы ферментативным гидролизом для сохранения ее степени полимеризации с целью получения распушенного целлюлозного материала с улучшенным влагопоглощением. Диссертантом разработаны 2 способа получения флафф-целлюлозы – аэродинамическим методом распуска на волокна, который пока не представляется возможным реализовать на практике, и второй – традиционный (мокрый) способ формования, в котором активацию целлюлозы проводили аналогично предобработке для распуска на

волокна в воздушном потоке. Предварительная обработка целлюлозы позволяет сократить время размола при мокром способе формования почти в 2 раза: 8 мин для лиственной и 9 мин для хвойной целлюлозы. Практическая значимость заключается в создании улучшенной технологии получения распушенной целлюлозы с улучшенным влагопоглощением, что подтверждено патентом.

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций, выносимых на защиту

Представленные в диссертации Антоновой В.С. научные положения, выводы и заключение не вызывают сомнений. Диссертационная работа основана на глубокой проработке литературы по тематике, в работе применялись современные методы проведения исследований, использованием современных химических, физических, оптических методов исследования, согласованностью результатов, полученных различными методами. Цели и задачи, поставленные в диссертационной работе, полностью выполнены, выводы по диссертационной работе хорошо согласуются с полученными результатами исследований и литературными данными. Результаты работы докладывались и обсуждались на научных конференциях различного уровня. По результатам исследований опубликовано 25 печатных работ, в том числе 7 статей в журналах, входящих в перечень, утвержденный ВАК Российской Федерации и включенных в международные базы данных Scopus и Web of Science, имеется 1 патент.

Оценка структуры и содержания диссертационной работы

Структура диссертационной работы Антоновой Вероники Сергеевны построена по требованиям, предъявляемым к научным отчетам, и состоит из введения, литературного обзора, методической части, результатов эксперимента и их обсуждения, выводов и списка литературы. Работа изложена на 135 страницах машинописного текста, включая 50 рисунков и 10 таблиц. Библиографический список включает 284 наименования.

Во введении автором обоснованы актуальность темы, научная новизна, определены цель и задачи исследования, указаны основные положения, выносимые на защиту, приведены основные результаты.

В первой главе представлен аналитический обзор литературы. Автором подробно рассмотрены вопросы исследования надмолекулярной структуры целлюлозы и её изменения при модификации целлюлозы. Описаны капиллярность, пористость, влияние различных факторов на термодинамические свойства целлюлозы, влияние воды на целлюлозу при получении волокнистых полуфабрикатов. В разделах кислотного и ферментативного гидролиза приведены данные о влиянии этих процессов на изменение в структуре целлюлозы.

Во второй главе приводится описание объектов, методов и методик исследования, которые были использованы в диссертационной работе. Были применены как традиционные методы изучения структуры и свойств материалов, так и современные, высокотехнологичные методы. Применяемые методы исследования, безусловно, отвечают уровню постановки задач диссертационной работы.

Третья глава состоит из 5 разделов. В **разделе 3.1** автором выявлены оптимальные условия термо-, влагообработки целлюлозного волокна из древесины хвойных и лиственных пород для восстановления и развития капиллярно-пористой структуры целлюлозы. В **разделе 3.2** представлены экспериментальные данные по низкотемпературной обработке влажной целлюлозы. Рассчитаны термодинамические функции гидратации воды целлюлозой, подвергнутой шоковой заморозке в широком диапазоне влажности и времени обработки. **Раздел 3.3.** посвящен кислотному гидролизу целлюлозы. Определено, что в результате кислотного гидролиза количество образовавшихся низкомолекулярных фракций составило 12,16 и 28% для целлюлозы, обработанной раствором 10% H_2SO_4 в течение 40, 60 и 300с соответственно. Влагосодержание, соответствующее предельному насыщению функциональных групп молекулами воды и указывающее на увеличение содержания активных центров, доступных к взаимодействию с водой и с выделением тепла определено при 90 $^{\circ}\text{C}$, 40с. Изучено влияние кислотного гидролиза на разрывную длину образцов целлюлозы, которая зависит от структуры целлюлозы. Методом ИК-спектроскопии с Фурье преобразованием показано увеличение карбонильных групп в целлюлозе на 30% при оптимальных условиях. В **разделе 3.4** показаны результаты исследования закономерностей биохимической обработки целлюлозы ферментом BANZIME на получение целлюлозы с повышенным влагопоглощением. Выявлены закономерности влияния ферментативного воздействия на получение и свойства распушенной целлюлозы, изучены условия ферментативного гидролиза целлюлозы хвойных и лиственных пород древесины.

В результате проведенных теоретических и экспериментальных исследований автором сформулированы **выводы** по диссертационной работе.

Соответствие автореферата диссертации

Автореферат диссертации полно отражает основное содержание диссертационной работы. Все основные положения, выносимые на защиту, научная новизна, выводы и рекомендации, представленные в диссертации, нашли свое отражение в автореферате. Объем и структура автореферата соответствуют требованиям «Положения о присуждении ученых степеней».

По диссертационной работе имеются следующие вопросы и замечания:

1. На с.67 в п.2.1. табл.2.1 автором приведена характеристика объектов исследования – целлюлоз с Архангельского ЦБК. Эти показатели определены автором? Если да, то какие методики использованы для определения каждого показателя. В тексте диссертации данная информация отсутствует.

2. В главе 3 «Результаты и их обсуждения» при обсуждении данных, полученных автором, и сравнении их с литературными источниками, нет четкой границы, что существенно затрудняет восприятие материала при прочтении и его осмысление. Как рекомендация – в первую очередь необходимо приводить свои полученные значения, графики и таблицы, а затем уже проводить обсуждение с учетом литературных данных, а не наоборот.

3. Были ли попытки использовать другие целлюлазные ферменты, например, отечественных производителей, при ферментативном гидролизе?

4. В конце раздела 3 диссертации на с.104-105 (табл.3.6) автором сделаны выводы о том, что «распушенная целлюлоза (fluff-целлюлоза) не имеет запаха и посторонних примесей, имеет необходимые впитывающую способность, капиллярную впитываемость, разрывную длину, нейтральный рН водной вытяжки, белизну, что обеспечивает возможность её использования в качестве компонента сырья для получения санитарно-гигиенических изделий разового пользования: подгузников, прокладок, впитывающих пеленок». Безусловно, полученные автором данные представляют фундаментальный и научный интерес, но говорить о практическом использовании пока преждевременно без получения опытно-промышленной партии.

5. с. 99-100 текста диссертации при обсуждении влияния расхода фермента на степень полимеризации целлюлозы хвойных и лиственных пород древесины автором указано, что «при расходе фермента менее 0,15 г/кг а.с.ц. изменение степени полимеризации незначительно. Незначительное снижение СПср при времени обработки 10 мин можно объяснить быстрым ферментативным гидролизом присутствующих в образцах более доступных низкомолекулярных фракций, доля которых невелика». Какова доля низкомолекулярных фракций?

Указанные замечания не снижают значимость данной диссертационной работы и носят рекомендательный характер.

Заключение

Диссертация Антоновой Вероники Сергеевны на тему «Физико-химической закономерности модификации целлюлозы для получения распушенного материала с улучшенными влагопоглощением» является законченной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые

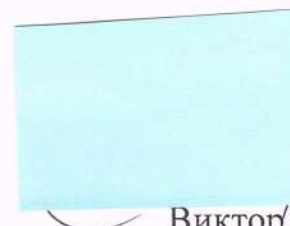
научно-обоснованные решения по совершенствованию технологии получения распушенной целлюлозы.

Диссертационная работа Антоновой Вероники Сергеевны «Физико-химические закономерности модификации целлюлозы для получения распушенного материала с улучшенным влагопоглощением», по актуальности, научной новизне, объему и обоснованности научных результатов отвечает всем требованиям ВАК РФ, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук. Работа соответствует требованиям пп. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г. (с изменениями и дополнениями), а ее автор - Антонова Вероника Сергеевна - заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.4. «Физическая химия».

Отзыв на диссертацию подготовлен на основании обсуждения его на заседании кафедры технологии химической переработки биомассы дерева ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова», протокол заседания № 4 от «27» ноября 2025 года.

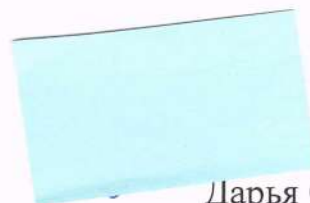
Отзыв подготовили:

Профессор кафедры технологии химической переработки биомассы дерева, доктор химических наук (05.21.03 – Технология и оборудование химической переработки древесины; химия древесины), старший научный сотрудник



Роцин
Виктор Иванович

доцент кафедры технологии химической переработки биомассы дерева, кандидат химических наук (05.21.03 – Технология и оборудование химической переработки биомассы дерева; химия древесины)



Миксон
Дарья Сергеевна

27.11.2025

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С. М. Кирова», 194021, г. Санкт-Петербург, Институтский переулок, д. 5, литер У; телефон: 8(812)2179295, e-mail: forestchem@mail.ru

