

В диссертационный совет  
24.2.403.03 при ФГБОУ ВО  
«Сибирский государственный  
университет науки и технологий имени  
академика М.Ф. Решетнева»

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента на диссертацию Каплёва Евгения Вячеславовича  
«Получение микрокристаллической целлюлозы из биоповрежденной древесины»,  
представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности  
4.3.4 – Технологии, машины и оборудование для лесного хозяйства и переработки древесины

### **Актуальность темы**

Диссертационная работа Каплёва Е.В. посвящена решению актуальной задачи – разработке эффективной технологии получения микрокристаллической целлюлозы (МКЦ) из биоповрежденной древесины. В условиях нарастающего дефицита высококачественного древесного сырья и курса на импортозамещение стратегически значимой задачей является организация отечественного производства МКЦ – продукта глубокой переработки биомассы с высокой добавленной стоимостью, широко применяемого в фармацевтической, пищевой, химической и косметической отраслях. В настоящее время собственное производство МКЦ в Российской Федерации практически отсутствует, а потребности внутреннего рынка полностью обеспечиваются импортом.

В лесных фондах России накоплены значительные объемы биоповрежденной древесины, утрачивающей товарную ценность вследствие воздействия насекомых-вредителей (уссурийский полиграф, сибирский шелкопряд) и грибковых поражений.

Разработанная автором технология позволяет не только расширить сырьевую базу для производства МКЦ, но и снизить экологическую нагрузку на лесные экосистемы. Таким образом, тема диссертации является безусловно

актуальной и соответствует современным направлениям развития целлюлозно-бумажной промышленности.

### **Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций**

Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, обладают высокой степенью обоснованности. Автором выполнен глубокий анализ отечественной и зарубежной литературы по способам получения целлюлозы и МКЦ, проблемам биоповреждения древесины, а также методам размола волокнистых полуфабрикатов.

**Научная новизна работы** не вызывает сомнений и заключается в следующем:

1. Впервые в качестве сырья для получения МКЦ предложено использовать биоповрежденную древесину (пихта, лиственница, осина).

2. Разработан новый способ получения МКЦ, включающий стадию предгидролизного размола волокнистой массы на безножевой установке типа «струя-преграда» (патент RU 2797202 C1).

3. Получены регрессионные уравнения, описывающие влияние концентрации кислоты, температуры, продолжительности гидролиза и степени помола на степень полимеризации и кристалличности МКЦ.

4. Впервые исследовано влияние предгидролизного размола на свойства композиционных материалов (бумажные отливки, вулканизируемые резиновые смеси) с добавлением МКЦ из биоповрежденной древесины.

Практическая значимость заключается в разработке технологии получения МКЦ из биоповрежденной древесины с использованием предгидролизного размола. Получены результаты оценки экономической эффективности предлагаемой технологии, что обосновывает ее внедрение. Получены акты внедрения материалов диссертационного исследования в учебный процесс и в производство ООО «СК-Полимеры».

### **Достоверность и апробация результатов**

Экспериментальные исследования проведены с использованием современных стандартизованных методик и сертифицированного оборудования. Достоверность полученных результатов подтверждается значительным объемом экспериментальных данных, их статистической обработкой с применением регрессионного анализа и планирования эксперимента, а также положительными результатами апробации на всероссийских и международных конференциях. Выводы логически вытекают из результатов исследований и подкреплены экономическими расчетами, что подтверждает их практическую значимость.

По результатам исследований опубликовано 35 печатных работ, из них 4 – в изданиях перечня ВАК, 4 – в базах данных Scopus и Web of Science, четыре патента Российской Федерации на изобретение № 2797202 С1, № 2813723 С1, № 2828592 С1, № 2803626 С1.

#### **Общая характеристика диссертации**

Диссертация изложена на 170 страницах, включает 18 рисунков, 15 таблиц, состоит из введения, 4 глав, заключения, списка литературы из 197 наименований и 5 приложений.

Во **введении** обоснована актуальность темы, четко сформулированы цель и задачи, показана научная новизна и практическая значимость работы.

В **первой главе** (аналитический обзор) автором детально проанализировано современное состояние сырьевой базы ЦБП, проблемы биоповреждения лесов Сибири, а также существующие способы получения и применения МКЦ, их достоинства и недостатки. Обоснована целесообразность использования предгидролизного размола.

Во **второй главе** приведена подробная характеристика материалов и методов исследования, включая методики варки, отбелки, размола на установке «струя-преграда», гидролиза и планирования эксперимента.

В **третьей главе** представлены основные экспериментальные результаты. Показано, что применение предгидролизного размола способствует увеличению реакционной способности целлюлозы. Путем регрессионного анализа установлены оптимальные режимы получения МКЦ (степень помола 50 °ШР,

концентрация кислоты 54,69 кг/м<sup>3</sup>, температура 80 °С, продолжительность 60 мин). Продемонстрирована эффективность использования полученной МКЦ для модификации бумажных отливок и вулканизируемых резиновых смесей, где условная прочность при растяжении возрастает в 2 раза.

В четвертой главе представлен экономический анализ, подтверждающий целесообразность предложенной технологии. Показано, что общая экономия при производстве 1 тонны МКЦ из биоповрежденной древесины составляет от 12 175 до 13 378 рублей, а также отмечен значительный экологический эффект.

**Заключение** содержит 7 обоснованных выводов, полностью соответствующих поставленным задачам.

В приложениях представлены акты внедрения, которые подтверждают практическую значимость рассматриваемой диссертационной работы.

#### **Замечания и вопросы по диссертационной работе**

1. Отсутствие данных о воспроизводимости результатов для разных партий сырья. Эксперименты проводились на образцах, отобранных в 2020 и 2022 гг. Однако не показано, насколько стабильны свойства МКЦ при использовании биоповрежденной древесины из разных мест отбора или разных лет заготовки.

2. В работе упоминается нейтрализация отработанной кислоты в солеотделителе, но не рассматриваются вопросы регенерации кислоты или возможности её повторного использования в замкнутом цикле. Это могло бы повысить экологичность и экономическую привлекательность технологии.

3. Каким образом определялась степень биоповреждения древесины?

4. В Табл. 4.1 и 4.2 рассчитаны только операционные расходы (сырьё, реагенты, энергия, вода). Не учтены: капитальные затраты (CAPEX) на установку «струя-преграда» и реакторы, амортизация, затраты на логистику и дополнительную сортировку биоповреждённой древесины (удаление гнили, смолы, насекомых итд.). В этой связи заявленное снижение себестоимости на 20% (с. 118) выглядит завышенным без учёта этих статей.

5. В тексте упоминается «многократное повторение опытов», но конкретное число параллельных определений экспериментальных значений для каждого эксперимента и метода к сожалению не указано.

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

### **Заключение**

Диссертационная работа Каплёва Евгения Вячеславовича «Получение микрокристаллической целлюлозы из биоповрежденной древесины» является законченной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные технологические решения, имеющие значение для развития целлюлозно-бумажной промышленности.

Представленная работа отвечает критериям, установленным в п. 9 Положения «О порядке присуждения ученых степеней» (Постановление Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842), а её автор заслуживает присуждения 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 (05.21.03 - Технология и оборудование химической переработки биомассы дерева; химия древесины), профессор, профессор кафедры химической технологии переработки возобновляемых ресурсов, ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет»

420015, Респ. Татарстан, г. Казань, ул. Карла Маркса, д. 68

Тел. +7(843)231-43-50; +7(905)375-18-23

E-mail: energolesprom@gmail.ru

«13» мая 2026 г.



Грачев Андрей Николаевич