





Министерство науки и высшего образования  
Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
**«Уральский государственный  
лесотехнический университет»**  
(УГЛТУ)

Сибирский тракт, д. 37, г. Екатеринбург, 620100  
тел. (343) 221-21-00; тел./факс (343) 221-21-28  
e-mail: [general@m.usfeu.ru](mailto:general@m.usfeu.ru); <http://usfeu.ru>  
ОКПО 02069243, ОГРН 1026605426814  
ИНН/КПП 6662000973/668501001

\_\_\_\_\_ .2026 № \_\_\_\_\_  
на № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ .2026

**«УТВЕРЖДАЮ»**  
проректор по научной работе  
и инновационной деятельности,  
д-р биологических наук, профессор

  
В.В. Фомин  
«» 2026 г.

## ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

федерального государственного бюджетного образовательное учреждение высшего образования «Уральский государственный лесотехнический университет» (УГЛТУ) на диссертационную работу Фонарёва Ильи Игоревича «Разработка технологии бесхлорной отбелки и облагораживания древесной целлюлозы для химической переработки» по специальности 4.3.4. «Технологии, машины и оборудование для лесного хозяйства и переработки древесины» на соискание ученой степени кандидата технических наук.

### Актуальность темы диссертации

В настоящее время в Российской Федерации возникла проблема обеспечения сырьем химических предприятий для получения простых и сложных эфиров целлюлозы. В качестве сырья в Советском Союзе использовали высококачественный хлопок, который сейчас сложно закупать у иностранных государств, а выращенный в Краснодарском крае не соответствует требованиям качества. Поэтому необходимо получать техническую целлюлозу пригодную для химической переработки из древесины хвойных пород. Производство технической целлюлозы включает в себя варочный, промывной, отбельный отделы, которые наиболее негативно влияют на водный и воздушный бассейны рекреационной зоны предприятий. Снижение экологической нагрузки на окружающую среду в результате производственной деятельности целлюлозно-бумажной промышленности возможно с переходом на получение белой целлюлозы по ЕСF-технологии (без элементного хлора) и ТСF-технологии (без использования хлорсодержащих соединений).

Таким образом, разработка и апробация экологически малоопасных схем и технологий отбелики сульфитной и сульфатной целлюлозы представляет собой решение актуальной научной задачи с возможностью апробации основных элементов технологии на практическом примере и последующим внедрением на действующих предприятиях с невысокими капиталовложениями и небольшими изменениями в технологии получения целлюлозы требуемого качества.

### **Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

Обоснованность и достоверность результатов и выводов диссертационной работы подтверждается большим объемом проанализированной и обобщенной отечественной и зарубежной литературы по теме диссертации. Экспериментальные данные согласуются с имеющимися литературными данными. Достоверность и значимость результатов работы подтверждается восемью печатными работами по теме диссертации, в том числе три работы в изданиях, входящих в перечень, утвержденный ВАК РФ по специальности 4.3.4. «Технологии, машины и оборудование для лесного хозяйства и переработки древесины», две из которых входят в издания, цитируемые в МБЦ Scopus и 1 патент РФ. В ходе подготовки к публикации материалы прошли неоднократное рецензирование ведущими специалистами.

### **Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

Научная новизна диссертационной работы заключается в реализации сочетаний и чередований ступеней делигнификации, отбелики и добелики с применением различных химикатов, в том числе и без связанного и свободного хлора. Применение известных способов отбелики к новому объекту – жесткой сульфитной целлюлозе для получения целлюлозы для химической переработки различного назначения. Получены количественные данные об изменениях физико-химических и морфологических свойств бисульфитной целлюлозы при отбелике. Достоверность выводов и рекомендаций автора не вызывают сомнений, поскольку они не противоречат существующим научным представлениям, хорошо согласуются с разработанными научно обоснованными подходами к получению результатов отбелики полуфабрикатов на целлюлозно-бумажных предприятиях.

### **Практическая значимость**

Разработанные технологические схемы отбелики и облагораживания могут быть использованы на действующих целлюлозно-бумажных предприятиях без значительных капитальных затрат, так как основная стадия технологического процесса – варка целлюлозы – остается неизменной. Такой подход позволяет заменить импортное сырье в виде хлопка и «растворимой» целлюлозы на отечественные аналоги.

## **Соответствие диссертации и автореферата требованиям Положения о порядке присуждения учёных степеней**

Основные положения диссертации изложены в восьми печатных работах, в том числе трех в изданиях перечня ВАК РФ, два из которых входят в издания, цитируемые в МБЦ Scopus. Получен патент Российской Федерации на изобретение. Материалы диссертации были доложены и обсуждены на всероссийских научно-технических конференциях. Тематика конференций, преимущественно, посвящена проблемам получения древесной целлюлозы для нитрования, что соответствует теме исследований диссертационной работы. Все выступления ограничены городом

Автореферат и диссертация соответствуют требованиям Положения о порядке присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 4.3.4. «Технологии, машины и оборудование для лесного хозяйства и переработки древесины».

### **Личный вклад соискателя в разработку научной проблемы**

Личный вклад автора заключается в непосредственном участии определения направлений проведения работ, выполнении экспериментальных исследований, обработке результатов, объяснении полученных данных и формулировке выводов. Автору принадлежат основные идеи опубликованных в соавторстве и использованных в диссертации работ.

### **Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации**

Полученные соискателем результаты представляют практический интерес отечественным предприятиям целлюлозно-бумажной промышленности, производящих целлюлозу по сульфитному и бисульфитному способу для получения целлюлозы для химической переработки, которая сейчас отечественной промышленностью либо не производится в нужном ассортименте, либо производится в недостаточном количестве.

### **Структура и объем диссертационной работы**

Диссертационная работа изложена на 196 страницах машинописного текста, содержит 35 рисунков и 45 таблиц. Рукопись диссертации состоит из списка сокращений, введения, аналитического обзора, методической и экспериментальной частей, общих выводов, списка используемой литературы из 99 наименования и семи приложений.

### **Оценка содержания диссертации**

**Во введении** обоснована актуальность темы работы, степень разработанности темы исследования, сформулированы цель и задачи исследования, приведены научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, из-

ложена методология и методы исследования, отражены положения, выносимые на защиту, указана степень достоверности результатов исследования, соответствие паспорту специальности, приведены сведения об апробации работы и публикациях.

**В первом разделе** представлен аналитический обзор литературы, посвященный особенностям технологии получения целлюлозы для химической переработки. Представлены требования, предъявляемые к показателям качества целлюлозы для химической переработки. Рассмотрены виды отбелки целлюлозы хлорсодержащими и окислительными реагентами. Дан критический анализ существующих методов отбелки. Приведены сведения о применении ферментов при отбелке различных видов целлюлозы. Значительное внимание уделено современным технологическим возможностям перехода на бесхлорные способы отбелки. Рассмотрены современные схемы отбелки целлюлозы для химической переработки. На основании анализа литературы сформулированы цели и задачи исследования.

**В методической части** дано описание методик выполнения эксперимента, а также приведены сведения об аппаратурном оснащении эксперимента, использованном в ходе исследований. В разделе нет информации об используемых химических реагентах (концентрация основного вещества, степень чистоты, страна производитель и т.д.). Часть информации приведена в приложении 1, что затрудняет ознакомление с работой.

**В экспериментальной части подраздел 3.1.** дано обоснование исследований по получению древесной сульфитной растворимой целлюлозы.

**Подраздел 3.2.** посвящен получению небеленой сульфитной целлюлозы в лабораторных условиях.

**В подразделе 3.3.** отражены основные результаты исследований по получению древесной сульфитной растворимой целлюлозы – вискозной и для нитрования. На основании полученной в лабораторных условиях небеленой «мягкой» и среднежесткой сульфитной целлюлозы разработаны технологии и технологические ТСФ-схемы отбелки и облагораживания «мягкой» целлюлозы с получением растворимой целлюлозы. Для этого проведена делигнификация сульфитной «мягкой» целлюлозы, ее горячее щелочное облагораживание и отбелка. По технологии с применением реагентов не содержащих хлор ни в связанном, ни в свободно виде из небелёной сульфитной «мягкой» древесной целлюлозы получена целлюлоза для *нитрования* – по короткой трёхступенчатой схеме Пк-Щ-ГО-К; *вискозная* целлюлоза – по полной шестиступенчатой схеме Пк-Щ-ГО-П<sub>1</sub>-К<sub>1</sub>-П<sub>2</sub>-К<sub>2</sub>. Такие схемы полностью соответствует названию диссертационной работы.

Для получения растворимой целлюлозы из *среднежесткой* сульфитной целлюлозы также изучены процессы отбелки и облагораживания. Установлено, что для получения целлюлозы для *нитрования* необходима четырёхступенчатая схема отбелки Пк-Щ-Хт-ГО-К без применения элементарного хлора. Для получения вискозной целлюлозы предложена пятиступенчатая схема Пк-Щ-Хт-ГО-Г-К. Интересным моментом в схемах отбелки является замена диоксида хлора

на хлорит натрия. Полученные образцы целлюлозы соответствуют требованиям норм к целевым видам растворимой целлюлозы. Подраздел заканчивается выводами.

**В подразделе 3.4.** представлены результаты по получению растворимой целлюлозы из «жесткой» целлюлозы. Результатами предварительных исследований показано, что достичь нужного результата без применения хлорсодержащих реагентов невозможно. Изучены стадии делигнификации и отбелки (до-отбелки) бисульфитной целлюлозы производства Соликамского ЦБК с применением пероксида водорода и хлорита натрия. По результатам работы принята схема отбелки для получения целлюлозы для нитрования по технологии ЕСФ Пк-Щ-ХТ<sub>1</sub>-ГО-ХТ<sub>2</sub>-К. Проведены оптимизационные расчёты отдельных ступеней отбелки. Вязкую целлюлозу предложено получать по шестиступенчатой схеме ЕСФ отбелки Пк-Щ-ХТ<sub>1</sub>-ГО-ХТ<sub>2</sub>-Г-К.

**В подразделе 3.5.** рассмотрены возможности получения сульфитной целлюлозы для нитрования с применением химикатов, имеющихся на производстве таких как хлор, гидроксид натрия и гипохлорит натрия. Так для Туринского ЦБЗ предложена четырехступенчатая схема отбелки Х-Щ-К-Г-ГО-К, исключая две ступени кислотки с получением продукта соответствующего нормам для древесной сульфитной целлюлозы ЦА марки П.

**Подраздел 3.6.** включает результаты исследования по характеристикам отбельных растворов и растворов после облагораживания полученных в результате предложенных схем отбелки. Автор оценивает результаты работы положительно, так как сточные воды от отбелки хвойной еловой целлюлозы по предлагаемым схемам после биологической очистки по основным показателям (ХПК, БПК<sub>5</sub> и АОХ) соответствуют нормативам Евросоюза.

**Подраздел 3.7.** Дана технико-экономическая оценка отбелки сульфитной целлюлозы по ЕСФ технологии.

Каждый раздел и подраздел заканчивается выводами, что значительно упрощает ознакомление с результатами работы.

#### **Замечания по содержанию диссертации:**

По диссертационной работе Фонарева И.И. имеются следующие вопросы и замечания:

1. Положения научной новизны сформулированы «размыто», не конкретно. Практически все пункты (кроме пятого) представляют собой описательные рассуждения возможных процессов, перечисление сделанного.

2. Такие же замечания и к разделу «Теоретическая и практическая значимость». Многословно и неконкретно. На наш взгляд в разделе изложена значимость для практики. В чем же заключаются новые знания для теории отбелки, облагораживания или делигнификации?

3. Автор указывает на существование и апробацию работ по отбелке целлюлозы  $H_2O_2 + Щ + NaClO_2$  авторов Пен Р.З., Бывшев А.В., Полютов А.А., Синяев К.А. В чем отличия предлагаемой технологии?

4. В работе при отбелке пероксидом водорода использован катализатор молибдат натрия. При этом нет характеристик соединения, каков механизм ка-

тализа (гомогенный, гетерогенный). Не приведен контрольный эксперимент отбелки без катализатора, поэтому оценить «работу» катализатора по селективности разложения пероксида водорода в необходимом направлении сложно. Тем более сложно оценить эффект синергизма в каталитической системе «молибдат натрия – серная кислота», так как данных в работе по отбелке без катализатора нет, да и в выводах этот факт не отражен. Неочевидно и утверждение «*эффективность делигнификации целлюлозосодержащего сырья и повышает устойчивость углеводных компонентов целлюлозы к окислительной деструкции при дальнейших отбелке и облагораживании. Наши исследования подтвердили это положение в полной мере*» вызывает сомнение.

5. Почему расход катализатора  $\text{Na}_2\text{MoO}_4$  рассчитывали от абсолютно сухой целлюлозы, а не к пероксиду водорода?

6. Почему при расходе серной кислоты 1,0 % от абсолютно сухой целлюлозы реакционная среда получилась более кислой – 1 (таблица 3.12. строка 4, стр. 91), по сравнению с расходом серной кислоты 1,5 % от абсолютно сухой целлюлозы – pH 1,9...2,1 (строки 3, 5 и 7)?

7. Автором в разделе 3.4.3. выполнено три трехфакторных лабораторных эксперимента, показывающих возможность получения метода для промышленного применения. Автор ограничился лабораторными исследованиями, которые необходимы для последующего завершения экспериментов с применением методов теории подобия для перехода к опытно-промышленным изысканиям. Необходимо «привязать» данные лабораторных исследований через коэффициенты подобия по факторам температура, продолжительность процесса отбелки, расходы химикатов на исследуемую массу образцов абсолютно сухой целлюлозы к соответствующим производственным факторам промышленной отбелки при выработке беленой целлюлозы.

8. Замечания по трехфакторным экспериментам. На стр. 104 указано, что в таблице 3.19 выходные параметры проставлены как средняя величина из результатов двух параллельных обработок целлюлозы. Обычно, для оптимизации принято выполнять от четырех и более опытов. Использование термина «оптимальные условия» до проведения оптимизации некорректно (стр. 74).

9. Замечания по рисунку 3.15, А. Возможно ось ординат при градуировании (для приближенной интегральной функции нормального распределения) нанесена не точно. На этом же рисунке по оси абсцисс не проставлены цифровые значения.

10. Требуются пояснения к рисунку 3.23 (стр. 122, диссертация и рисунок 3. стр. 15 автореферат) в каких признаках выражаются явления контракции и набухания на этих микрофотографиях?

11. Почему ТЭО отбелки сульфитной целлюлозы рассчитано для отбелки с применением хлорита натрия, а не для заявленного в названии работы технологии бесхлорной отбелки?

12. На получение 1 т воздушно сухой целлюлозы требуется 12,72 кг серной кислоты, возможно ли использование отработанного отбелочного раствора

многократно (не будет ли накапливаться серная кислота в растворе?) и как это повлияет на стоки отбельного цеха?

13. Рис. 3.7. а и б (стр. 79) недопустимо соединять точки между ступенями отбели.

14. В работе имеются опечатки и несогласованные предложения (особенно литературный обзор).

15. Большое количество повторов! «Насосный эффект» стр. 77, 121, 131; катализатор и синергизм – стр. 88, 90, 148, и 155; про замену хлопка – стр. 11, 87, 88; замена  $\text{ClO}_2$  на хлорит натрия 89, 97, 146, 156.

Недостатки, отмеченные по работе, снижают качество представления работы в целом, но не снижают ценности диссертационного исследования, выполненного большого объема работы, подтверждающие достижение цели.

### **Заключение**

В целом диссертация Фонарёва Ильи Игоревича является законченной научно-квалификационной работой, в которой, на основании выполненных автором исследований, решена научно-технологическая задача по разработке экологически малоопасных способов отбели и облагораживания древесной целлюлозы с получением целлюлозы для химической переработки. Результаты работы являются решением задачи, имеющей существенное значение для развития целлюлозно-бумажной промышленности Российской Федерации.

Диссертационная работа Фонарёва Ильи Игоревича на тему: «Разработка технологии бесхлорной отбели и облагораживания древесной целлюлозы для химической переработки» 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 область исследований соответствует п. 4 паспорта специальности 4.3.4. «Технологии, машины и оборудование для лесного хозяйства и переработки древесины».

Считаем, что автореферат и опубликованные научные работы отражают основные идеи и выводы диссертационной работы, а её автор Фонарёв Илья Игоревич заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 4.3.4. «Технологии, машины и оборудование для лесного хозяйства и переработки древесины».

Отзыв рассмотрен и утвержден на заседании кафедры «Технологий целлюлозно-бумажных производств и переработки полимеров» (протокол № 7 от « 4 » февраля 2026 г.)

Отзыв составили:

доктор технических наук (специальность 05.21.03. «Технология и оборудование химической переработки биомассы дерева; химия древесины»), профессор, профессор кафедры Технологий целлюлозно-бумажных произ-

водств и переработки полимеров, ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»

620100, г. Екатеринбург, Сибирский тракт, 37.

Тел. +79043834663, e-mail: [vurasko2010@yandex.ru](mailto:vurasko2010@yandex.ru)

Вураско Алеся Валерьевна

доктор технических наук (научная специальность 05.21.03 – «Технология и оборудование химической переработки биомассы дерева; химия древесины»), профессор, профессор кафедры технологии и оборудования лесопромышленного производства, ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет» ФГБОУ ВО Уральский государственный лесотехнический университет

620100, г. Екатеринбург, Сибирский тракт, 37.

Тел. +79089277086, e-mail: [sivakovvp@m.usfeu.ru](mailto:sivakovvp@m.usfeu.ru)

Сиваков Валерий Павлович

кандидат технических наук (специальность 05.21.03. «Технология и оборудование химической переработки биомассы дерева; химия древесины»), доцент, доцент кафедры Технологий целлюлозно-бумажных производств и переработки полимеров, ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»

620100, г. Екатеринбург, Сибирский тракт, 37.

Тел. +79122438129, e-mail: [ageevma@m.usfeu.ru](mailto:ageevma@m.usfeu.ru)

Агеев Максим Аркадьевич