

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу

Федорова Владимира Сергеевича

«Переработка коры хвойных пород с использованием моноэтаноламина: получение дубильного экстракта и утилизация одубины», 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

Одним из крупнотоннажных отходов лесопереработки является кора, содержащая в своём составе химические соединения (экстрактивные вещества, целлюлоза, лигнин и др.). Для переработки данного отхода с целью получения ценных продуктов, предлагаются различные подходы. Особое значение уделяется экстрактивным веществам, обладающим биологической активностью и дубящей способностью.

Исследования в данном направлении весьма актуальны, поскольку помогают решить проблему импортозамещения качественных дубильных экстрактов. Следует отметить, что традиционные методы с использованием в качестве экстрагирующего агента воды обладают рядом существенных недостатков.

Одним из вариантов решения данной проблемы может служить использование высокоэффективного реагента, в данном случае водного раствора моноэтаноламина (МЭА), обладающего целым рядом свойств: высокая нуклеофильность, амфифильная структура, способность к комплексообразованию и водородному связыванию.

Следует отметить, что использованию отхода экстракции, одубины, может способствовать получению ценных продуктов, таких как кормовые добавки, адсорбенты и т.д.

Актуальность подтверждается также тем, что данное исследование выполнялось по проекту «Технология и оборудование химической переработки биомассы растительного сырья» при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (номер темы FEFE-2020-0016).

Степень обоснованности научных положений

Степень обоснованности заключается в отсутствии обобщенных и систематизированных данных о компонентном составе МЭА-экстрактов коры хвойных и одубины, а также о технологии комплексной переработки коры с получением ценных продуктов.

Новизна

Научная новизна заключается в разработке основ получения МЭА-экстрактов коры хвойных, с высоким содержанием дубильных веществ (более 60 %). Построена математическая модель влияния технологических параметров процесса экстракции коры водным раствором МЭА на выход экстрактивных веществ и флаваноидов.

С применением физико-химических методов исследования (спектрофотометрия, ИК-, ЯМР-спектроскопия, хроматографические методы исследования и др.) показано, что экстракты коры хвойных представлены мономерными и олигомерными фенольными соединениями, а также продуктами взаимодействия МЭА с компонентами коры.

Автором показано, что жидкие дубильные экстракты могут быть использованы в кожевенно-меховом и текстильном производствах, сохраняя стабильность в течение 12 месяцев.

Практическая значимость заключается в разработке технологии комплексной технологии переработки коры хвойных с получением дубильных экстрактов и субстратов для кормовых добавок.

Проведена апробация полученных экстрактов и одубины в производственных условиях ООО «МИП «ЭКОМ» (г. Улан-Удэ, Республика Бурятия) и ООО «Аксел» (Темниковский район, Республика Мордовия).

Достоверность и апробация результатов

Достоверность результатов подтверждается статистической обработкой данных эксперимента, а также использованием современных физико-химических методов исследования и сертифицированного оборудования.

Основные результаты доложены на международных и всероссийских конференциях. По результатам проведенных исследований опубликовано 26 печатных работ (из них 3 статьи в изданиях из перечня ВАК, 3 статьи из баз цитирования Scopus и WoS).

Общая характеристика диссертации

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, выводов и списка использованной литературы, включающего 228 наименований. Материал изложен на 198 страницах машинописного текста, содержит 25 рисунков, 26 таблиц и 6 приложений.

Во **введении** приведено обоснование актуальности работы по переработке коры хвойных с получением ценных продуктов, указаны цели и задачи исследования, выделены предмет и объект исследования, основные положения, выносимые на защиту, научная новизна, практическая и теоретическая значимости работы.

Первая глава диссертации является литературным обзором по тематике проводимых исследований. Подробно рассмотрен состав коры хвойных. Особое внимание уделено получению экстрактов из коры и применению выделенных соединений.

Во **второй главе** приведены методики получения МЭА-экстрактов коры хвойных и одубины, а также изучения компонентного состава физико-

химическими методами: спектрофотометрия, ИК-, ЯМР-спектроскопия, хроматографические методы исследования, термогравиметрия и др.

Уравнения регрессии процесса экстракции коры хвойных получены с помощью пакета программ STATGRAPHICS® Centurion и MathCad 14.

Представлены методики получения опытной партии кормового продукта и партии дубильных экстрактов.

Третья глава посвящена обсуждению результатов проведенных лабораторных исследований.

Результаты компонентного анализа состава коры хвойных изучены на примере коры сосны обыкновенной и лиственницы сибирской. Установлено, что доля экстрактивных веществ в обоих исследуемых объектах значительна (20 % для коры лиственницы и 30 % для коры сосны). При этом в коре сосны содержание экстрактивных веществ существенно выше, чем в коре лиственницы. В связи с этим кора сосны и лиственницы могут быть использованы для получения экстрактивных веществ.

Математическая модель процесса экстракции МЭА коры сосны обыкновенной и лиственницы сибирской показывает, что максимальные показатели выхода экстрактивных веществ и доброкачественности достигаются при соблюдении следующих условий: размер частиц коры до 1 мм, концентрация МЭА – 5 %, гидромодуль – 14, температура 90–95 °С, продолжительность экстракции – 5 ч.

Проведено детальное исследование продолжительности хранения жидких МЭ-экстрактов коры хвойных от времени. В процессе концентрирования автором установлено изменение доброкачественности и ММР экстрактов. Физико-химическими методами исследования установлено, что изменения в составе экстрактов обусловлено не только ботаническим видом коры, но также и процессами взаимодействия с МЭА.

Результаты компонентного анализа одубины показывают, что отход после экстракции обладает хорошей адсорбционной активностью и может быть использован для изготовления субстрата для микробиологической

обработки. С этой целью проведено успешное культивирование грибами белой гнили *Pleurotus pulmonarius* PP-3.2. Показано, что взаимодействие одубины с грибами способствует увеличению содержания белковых веществ, что делает полученный материал перспективной кормовой добавкой для скота.

Исследование обработки одубины коры сосны с *Ganoderma lucidum* G14-16A показало накопление негидролизуемого остатка, что может быть обусловлено разложением лигнинных структур.

В четвертой главе приведены результаты полупроизводственных испытаний получаемых экстрактов и продуктов переработки одубины.

В условиях ООО «МИП «ЭКОМ» проведено исследование МЭА-экстрактов в качестве дубильных и красильных средств. Результаты эксперимента свидетельствуют о технологической пригодности данных экстрактов для кожевенно-мехового производства, а также для окрашивания.

В условиях ООО «Аксел» на основе одубины разработан кормовой продукт, повышающий прирост массы телят и улучшающий метаболические процессы.

В пятой главе представлена безотходная технология комплексной переработки коры хвойных с целью получения ценных продуктов: МЭА-экстрактов и кормовых добавок.

Технико-экономические расчеты подтверждают эффективность комплексной переработки коры хвойных пород по предложенной технологии. При этом рентабельность производства составляет 36,2 %, срок окупаемости - 3 года.

Выводы по диссертационной работе соответствуют поставленным целям и задачам. Материал изложен логично и обоснованно. Однако имеется ряд замечаний и вопросов.

Замечания и вопросы по диссертационной работе.

1. При изучении процесса экстракции МЭА получены уравнения регрессии (с. 75-78). Анализ данных уравнений показывает, что максимальный выход экстрактивных веществ коры сосны обыкновенной и лиственницы сибирской наблюдается при максимальных значениях исследуемых параметров – концентрации МЭА (5 %) и продолжительности экстракции (5 часов), которые принимаются за оптимальные. В связи с этим возникает вопрос – а как изменится выход экстрактивных веществ при увеличении концентрации МЭА (более 5 %) и продолжительности экстракции (более 5 часов)?

2. Число значащих цифр в коэффициентах в приведённых уравнениях регрессии разные (например, уравнения 3.3. и 3.4, с. 78). Чем это может быть обусловлено?

3. Согласно данным таблицы 3.5 (с. 81), содержание флавоноидов в жидком экстракте существенно не изменяется в течение 12 месяцев. Через 18 месяцев содержание флавоноидов падает. Чем может быть вызвано первоначальное увеличение содержания флавоноидов в течение года (с 53,6 % до 56,7 %)?

4. Для изучения компонентного анализа автором используется метод ИК-спектроскопии. На рисунке 3.5 приведены ИК-спектры экстрактов коры сосны обыкновенной и лиственницы сибирской. Указывается на различия в интенсивности колебаний в некоторых областях, например, $3000-2800\text{ см}^{-1}$, $1000-1200\text{ см}^{-1}$. Однако, данные ИК-спектры практически идентичны и различия в них не значимы.

5. В зависимости от вида экстрактора предлагается 2 способа экстракции (с. 131). Первый способ соответствует оптимальным условиям – процесс протекает в течение 5 часов. Чем обусловлено, что согласно второму варианту, продолжительность процесса экстракции составляет всего 30 минут?

6. В работе встречаются неточности и опечатки. Например, на с. 105, автор путает понятия интегрированной и дифференцированной

термографической кривой, на с. 130 на технологической схеме не указана центрифуга (6).

Заключение

Диссертация Федорова Владимира Сергеевича «Переработка коры хвойных пород с использованием моноэтаноламина: получение дубильного экстракта и утилизация одубины» является законченной научной работой, соответствует критериям, установленным «Положением о присуждении ученых степеней» Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842 (ред. от 01.10.2018, с изм. от 26.05.2020 № 751), предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, а её автор заслуживает присуждения искомой степени по специальности 4.3.4. «Технологии, машины и оборудование для лесного хозяйства и переработки древесины».

Официальный оппонент,

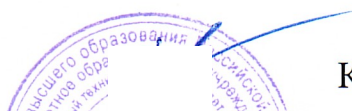
доктор химических наук (05.21.03 «Технология и оборудование химической переработки биомассы дерева; химия древесины»), доцент, профессор кафедры «Химическая технология» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова».

Адрес: 656038, Сибирский федеральный округ, Алтайский край, г. Барнаул, проспект Ленина, д.46.

Тел. (83852)245793.

e-mail: vadandral@mail.ru

07.07.2025



Коньшин Вадим Владимирович

И.И. В.В.

ИС
Н.