

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

Проблема утилизации коры хвойных пород деревьев, в частности коры, весьма актуальна. По объему лесозаготовок и переработки древесины главенствуют хвойные древесные породы: сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.), лиственница сибирская (*Larix sibirica* L.). В настоящее время отсутствуют высокотехнологические методы переработки древесной коры. Часть ее сжигается для получения энергии, а основное количество складывается в отвалах, захламляющих территорию, загрязняющих водоемы и представляющих реальную пожарную опасность.

На сегодняшний день известно, что в промышленном масштабе химическая переработка коры осуществляется в основном только для получения дубильных экстрактов, основной частью которых являются фенольные соединения, обладающие биологической активностью и дубящей способностью.

Основными причинами недостаточного использования коры хвойных в производстве дубильных экстрактов, при возрастающем в них дефиците, является:

1 Несоответствие основной массы отходов окорки требованиям технических условий на сырье для дубильно-экстрактовой промышленности по содержанию влаги и примесей (коры других пород и древесины в виде

отщепа), что отрицательно влияет на качество получаемого экстракта, снижая дубящие свойства растительных дубителей.

2 Низкий выход экстрактивных веществ при использовании в качестве экстрагента воды и, как следствие, большой объем твердых отходов, так называемой одубины, которые вывозятся в отвал, загрязняя окружающую среду.

Вместе с тем проблема все возрастающих потребностей в растительных дубильных экстрактах, а также продуктах кормового назначения продолжает приобретать все большую остроту и значимость. Поэтому сложившаяся ситуация делает совершенно необходимым поиск новых, более совершенных интенсивных способов переработки коры, в результате которых образовывалось бы меньше побочных и вредных продуктов, а сама технология была бы экологически чистой.

Идеальным решением данной проблемы, естественно было бы создание комплексной безотходной технологии с замкнутым циклом потребления воды и химикатов. Такое эффективное использование коры в промышленном производстве требует более глубокого изучения ее химического состава, поиска новых более эффективных экстрагентов, а также изучения состава получаемых экстрактов и особенностей их переработки в востребованные продукты.

В работе в качестве альтернативных решений существующей технологии дубильно-экстрактивного производства, базирующегося на извлечении водорастворимых полифенолов, предлагается использование в качестве экстрагента водного раствора моноэтаноламина, относительно доступного и сравнительно дешевого химического реагента, который является амфолитом, сочетает свойства аминов и спиртов и обладает уникальной способностью вступления в реакции, характерные для обеих групп.

Разработанная технология позволит повысить эффективность процесса экстракции, снизить материалоемкость производства, получая товарный продукт в жидкой форме, исключив из технологической схемы узлы по

переработке жидкого экстракта и получения его в твердом виде. Кроме того и образующийся послеэкстракционный остаток имеет компонентный состав и поверхностную структуру, приемлемую для биоконверсии, что 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 систематизированных данных о компонентном составе экстрактов коры хвойных и одубины, полученных с использованием МЭА, а также о технологии комплексной переработки коры с получением МЭА-содержащих дубильных экстрактов и кормовых продуктов.

Новизна

Научная новизна заключается в разработке основ получения МЭА-содержащих дубильных экстрактов из коры хвойных, с высоким содержанием дубильных веществ и длительным сроком хранения. Установлен характер влияния технологических факторов на выход экстрактивных веществ и сумму флаваноидов в процессе экстракции коры водным раствором МЭА.

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 формы МЭА-содержащих дубильных экстрактов могут быть использованы в кожевенно-меховом и текстильном производствах, а одубина может быть хорошим субстратом для культивирования базидиомицетов.

Практическая значимость заключается в разработке технологии комплексной переработки коры хвойных, включающую экстракцию ее водным раствором МЭА с получением жидкой формы дубильных экстрактов и биоконверсию одубины базидомицетами (штаммами РР-3.2 *Pleurotus pulmonarius* с получением кормовой добавки.

Проведена апробация получаемых продуктов в производственных условиях: экстрактов - ООО «МИП «ЭКОМ» (г. Улан-Удэ, Республика Бурятия) и кормовой добавки - 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 WoS и Scopus).

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 импортозамещающих и

востребованных продуктов, указаны цели и задачи исследования, показаны 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, направления её использования. Особое внимание уделено получению экстрактов из коры с использованием различного рода экстрагентов, их составу и направлениям применения извлекаемых соединений. Рассмотрены проблемы и недостатки существующих технологий получения дубильных экстрактов из древесной коры варианты их устранения.

Во **второй главе** приведены методики исследования химического состава коры хвойных и одубины, получения экстрактов с использованием водного раствора МЭА, а также изучения их 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 опытных партий дубильных экстрактов и кормового продукта.

Третья глава посвящена обсуждению результатов проведенных лабораторных исследований.

Результаты компонентного анализа состава коры хвойных изучены на примере коры сосны обыкновенной и лиственницы сибирской. Показано, что доля экстрактивных веществ в коре составляет от 20 до 30 %. В связи с этим кора сосны и лиственницы может быть использована для извлечения экстрактивных веществ.

Математическая модель процесса экстракции коры сосны обыкновенной и лиственницы сибирской водным раствором МЭА показывает, что максимальные показатели выхода экстрактивных веществ и доброкачественности достигаются при соблюдении следующих условий:

размер частиц коры 0,5–1 мм, концентрация МЭА – 5 %, гидромодуль – 14, температура 90–95 °С, продолжительность экстракции – 5 ч.

Проведено детальное исследование влияния продолжительности хранения жидких МЭА-содержащих экстрактов коры хвойных на свойства экстрактов. Установлено, что при хранении МЭА-содержащих экстрактов в течение года не наблюдается видимых изменений.

Установлено также, что в процессе длительного концентрирования и сушки экстрактов наблюдаются существенные изменения их доброкачественности и ММР. Физико-химическими методами исследования установлено, что изменения в составе экстрактов обусловлено как ботаническим видом коры, так и условиями экстрагирования и процессами взаимодействия с МЭА.

Результаты компонентного анализа одубины показывают, что твердый остаток после экстракции представляет собой лигно-углеводный комплекс, обладает развитой пористой структурой и может быть использован в качестве углеродного субстрата для микробиологической обработки. С этой целью проведено успешное культивирование *Pleurotus pulmonarius* PP-3.2. Показано, что взаимодействие одубины с грибами белой гнили в течение двух недель способствует обогащению субстрата белковыми веществами, что делает его перспективной кормовой добавкой, в частности, для телят молочного периода вскармливания.

В **четвертой главе** приведены результаты полупроизводственных испытаний получаемых в жидкой форме дубильных экстрактов и кормовой добавки - биоконвертированной одубины, которые являются подтверждением практической ценности рассматриваемой диссертации.

В условиях ООО «МИП «ЭКОМ» проведено испытание МЭА-содержащих 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 был апробирован кормовой продукт, который в составе кормосмеси в количестве 15 % или 1,09 – 1,66 г/гол/сутки способствовал не только увеличению абсолютного прироста на 24,5 %, что на 56 % выше по сравнению с аналогами контрольной группой, но и, в отличие от контрольной группы, нормализовал обменные процессы в организме растущего молодняка крупного рогатого скота.

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

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

В **заключении** работы подведены основные итоги исследования и сформулированы обобщающие выводы, подтверждающие соответствие полученных результатов поставленной цели и задачам исследования.

В **приложении** представлены **Акты** испытания у потенциальных потребителей, получаемых по разработанной технологии продуктов, которые подтверждают их высокое качество, а также и практическую ценность рассматриваемой диссертационной работы

По своему содержанию текст диссертации представляет собой законченный, самостоятельный научный труд, решающий важную проблему комплексной переработки многотоннажного отхода окорки древесины хвойных пород с получением импортозамещающего дубильного экстракта и биоконверсией твердого остатка после экстракции в продукт кормового назначения. Некорректных заимствований и других нарушений научной этики в работе не обнаружено. Текст диссертации четко структурирован и логично изложен, написан ясным, профессионально грамотным языком, дает достаточно полное представление о выполненном исследовании.

Автореферат диссертации отражает основное содержание исследования, а его структура включает все необходимые элементы.

Высоко оценивая результаты данного диссертационного исследования и признавая заслуги его автора, в то же время считаем необходимым отметить некоторые замечания и пожелания:

Замечания и вопросы по диссертационной работе.

1. При характеристике объектов исследования (диссертация с. 56 и с.7 автореферат) указано, что объектом служила воздушно-сухая кора сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) и лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ledeb.), измельчённая на дезинтеграторной установке до фракции 0,5–1 мм., Кроме этого следовало бы привести, где и как проводили заготовку или отбор коры.
2. Для изучения процесса экстракции коры водным раствором МЭА (диссертация с. 59 табл. 2.1 2.2.), приведены Основные переменные факторы эксперимента и уровни их варьирования для экстракции коры, следовало бы расширить диапазон варьирования переменных факторов. Неясно, почему выбран такой интервал варьирования, в частности для концентрации МЭА. Наверно следовало бы увеличить значение верхнего уровня. Подтверждением этому являются и результаты анализа уравнений регрессии (с.75-77), которые показывают, что с увеличением концентрации МЭА повышается выход экстрактивных веществ и флавоноидов.

3. В таблице 3.5 (с. 81) приведены результаты, показывающие влияние длительности хранения на некоторые свойства дубильного экстракта, в частности на рН, оптическую плотность и содержание флавоноидов. Отмечено, что в течение 12 месяцев содержание флавоноидов в жидком экстракте существенно не изменяется. Через 18 месяцев содержание флавоноидов падает. Для объяснения этого явления автор, ссылаясь на литературные источники, высказывает несколько гипотез, хорошо было бы подтвердить это экспериментально.

4. В главе 5 ТЕХНОЛОГИЯ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ КОРЫ ХВОЙНЫХ ПОРОД (с 128-133, рис. 5.1 и рис. 5.2) предусмотрена промывка одубины в аппарате кавитационного типа, а с какой целью и в аппаратах какого типа не показано.

Кроме того в этой же главе приведена технологическая схема с подробным описанием части предлагаемой технологии комплексной переработки коры, а, именно, с получением только дубильного экстракта (рис. 5.2), а по биоконверсии одубины дано краткое перечисление стадий. Почему?

5. Автору следует рекомендовать продолжить работу по более глубокому изучению состава экстрактов, что, учитывая востребованность в БАВ входящих в их состав, позволит существенно расширить направления использования экстрактов и повысить уровень использования коры хвойных пород.

Все указанные замечания и пожелания не носят принципиального характера и не снижают общей положительной оценки представленной к защите работы.

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 порядке присуждения 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 технических наук (05.21.03 «Технология и оборудование химической переработки биомассы дерева; химия древесины»), профессор, профессор высшей школы биотехнологии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уральский государственный лесотехнический университет».

Адрес: 620100, Россия, Уральский федеральный округ, Свердловская область, город Екатеринбург, улица Сибирский тракт, дом № 37

Тел. +7 (906) 811-81-98

Профессор кафедры «Высшая школа биотехнологии», д.т.н.

Юрьев Юрий Леонидович

Проректор по учебной работе,
доцент, к.с-х.н.

Безгина Юлия Николаевна

15.08.2025

ПОДПИСЬ ЗАВЕРЯЮ
10/06/2025
Белвицкий специалист по кадрам