

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВИТЕБСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Объект авторского права

УДК 677.027

**ЛЕНЬКО**  
**Ксения Александровна**

**ТЕХНОЛОГИЯ ОТДЕЛКИ ХЛОПЧАТОБУМАЖНЫХ ТКАНЕЙ С  
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОЛИФЕРМЕНТНЫХ КОМПОЗИЦИЙ ИЗ  
ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ПРЕПАРАТОВ**

Автореферат диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук  
по специальности 05.19.02 – «Технология и первичная обработка текстильных  
материалов и сырья»

Витебск, 2025

Научная работа выполнена в учреждении образования  
«Витебский государственный технологический университет»

Научный руководитель:

**Ясинская Наталья Николаевна**, доктор технических наук, доцент, заведующая кафедрой «Экология и химические технологии» учреждения образования «Витебский государственный технологический университет».

Официальные оппоненты:

**Шустов Юрий Степанович**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой материаловедения и товарной экспертизы Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный университет им. А. Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)»;

**Ульянова Наталья Вячеславовна**, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры конструирования и технологии одежды и обуви учреждения образования «Витебский государственный технологический университет».

Оппонирующая  
организация:

Учреждение образования «Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий», г. Могилев, Республика Беларусь.

Защита состоится «23» октября 2025 г. в 10.00 на заседании совета по защите диссертаций К 02.11.01 в учреждении образования «Витебский государственный технологический университет» по адресу:

210038, г. Витебск, Московский проспект, 72.

E-mail: vstu@vitebsk.by

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке учреждения образования «Витебский государственный технологический университет».

Автореферат разослан «19» сентября 2025 года.

Ученый секретарь совета по защите  
диссертаций, кандидат технических  
наук, доцент



Н.В. Скобова

## **ВВЕДЕНИЕ**

В современном мире актуальной остается экологическая проблема в сфере отделочного производства текстильных материалов, которая заключается в интенсивном использовании разнообразных химических реагентов, образовании значительных объемов высокотоксичных сточных вод и высоким уровнем потребления электроэнергии. Эффективным решением рассматриваемой проблемы служит внедрение биохимических технологий, в которых на каждом этапе отделочного производства возможно использование ферментных препаратов и полиферментных композиций.

Несмотря на неуклонно растущий спрос на биотехнологии в текстильной промышленности, распространению биохимической модификации волокнистых материалов препятствует сложившаяся культура производства и отсутствие теоретически обоснованного выбора полиферментных композиций с учетом их избирательного действия на примеси различной природы. Состав выпускаемых ведущими белорусскими производителями биопрепараторов оптимизирован в соответствии с задачами главных областей их использования, таких как сельское хозяйство и пищевая промышленность. Их использование возможно применительно к текстильному производству, но требует полностью оптимизированной технологической рецептуры их применения.

Таким образом, актуальным является разработка технологий отделки текстильных материалов с использованием полиферментных композиций из отечественных препаратов, позволяющих значительно повысить их качество и безопасность, которое будет способствовать увеличению спроса на белорусские товары из хлопка.

Тема диссертационной работы соответствует Приоритетному направлению научной, научно-технической и инновационной деятельности на 2021–2025 годы №2. Биологические, медицинские, фармацевтические и химические технологии и производства (переработка сырья, лесохимия; текстильные материалы с заданными свойствами) (Указ Президента Республики Беларусь от 07.05.2020 №156).

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

### **Связь работы с крупными научными программами (проектами), темами.**

Работа выполнялась в рамках магистерского гранта Министерства образования 2019-Г/Б-358 с 17.02.2020 по 31.12.2020 г. на выполнение научно-исследовательской работы по теме «Биотехнологические способы обработки хлопчатобумажных текстильных материалов»; аспирантского гранта Министерства образования 2020-Г/Б-377 с 17.02.2021–10.12.2021 г. на выполнение научно-исследовательской работы по теме «Исследование влияния ферментных препаратов на структуру и свойства целлюлозосодержащих текстильных материалов в процессе их жидкостной обработки»; научно-исследовательской

работы БРФФИ №Т22УЗБ-062 «Биохимическая модификация целлюлозных текстильных материалов» 04.05.2022–31.03.2024 гг.;

### **Цель и задачи исследования.**

Целью диссертационной работы является разработка технологии биохимической модификации хлопчатобумажных тканей на различных стадиях отделки с использованием полиферментных составов из отечественных препаратов для улучшения потребительских свойств текстильных материалов, а также снижения энергоемкости и повышения экологической безопасности производства.

В соответствии с указанной целью в работе решались следующие основные задачи:

- осуществить выбор индивидуальных ферментных препаратов отечественного производства и экспериментально обосновать состав полиферментных композиций, условий их применения для эффективной подготовки хлопчатобумажных тканей к колорированию;
- установить зависимости сорбционных и прочностных свойств хлопчатобумажных тканей от качественного и количественного состава полиферментной композиции, а также условий жидкостной обработки для эффективной подготовки хлопчатобумажных тканей к колорированию;
- изучить уровень извлечения полимерных примесей из хлопковых волокон, на основании чего разработать рациональные схемы подготовки хлопчатобумажных тканей поверхностной плотности 100–300 г/м<sup>2</sup> к колорированию с использованием отечественных полиферментных композиций на существующем оборудовании;
- оценить возможность использования силиконовых аппретов, содержащих фермент целлюлолитического действия, в операциях заключительной отделки хлопчатобумажных тканей;
- провести промышленную апробацию технологий биохимической обработки хлопчатобумажных тканей и изделий, и внедрить результаты диссертационного исследования.

### **Объект и предмет исследования.**

Объектом исследования являются хлопчатобумажные ткани.

Предметом исследования являются технологии биохимической модификации хлопчатобумажных тканей, а также их потребительские свойства.

**Научная новизна работы заключается** в обосновании и экспериментальном подтверждении эффективности использования отечественных ферментных препаратов в составе полиферментных композиций в процессах биохимической модификации хлопчатобумажных текстильных материалов для получения тканей и изделий с улучшенными потребительскими свойствами:

- предложены новые составы отечественных полиферментных композиций и ключевые индивидуальные ферменты для эффективного извлечения нецеллюлозных примесей и подготовки хлопчатобумажных текстильных материалов к колорированию, обеспечивающие равномерное смачивание и сорбционную способность при минимальной потере прочностных характеристик;

– получены математические зависимости сорбционных и прочностных свойств хлопчатобумажных тканей от режимов биообработки и составов полиферментных композиций отечественного производства, позволяющих обеспечить высокие показатели качества их отварки и крашения;

– установлены новые экспериментальные закономерности изменения состава целлюлозного волокна для различных способов подготовки хлопчатобумажных тканей к крашению в темные и светлые тона с использованием отечественных полиферментных композиций;

– впервые экспериментально подтверждена гипотеза о возможности применения ферментосодержащих силиконовых композиций в операциях заключительной отделки для достижения эффектамягчения и повышения драпируемости хлопчатобумажных тканей;

– получены математические зависимости, описывающие влияние концентрации ферментосодержащей силиконовой композиции и активности фермента целлюлолитического действия на технологические и гигиенические свойства хлопчатобумажных тканей, позволяющие повысить драпируемость и шелковистость грифа;

– предложены схемы возможных технологических процессов, и разработаны рекомендации по выбору составов рабочих растворов для ферментной обработки хлопчатобумажных тканей поверхностной плотности 100–300 г/м<sup>2</sup>.

### **Положения, выносимые на защиту:**

– новые составы полиферментных композиций из отечественных препаратов для эффективного извлечения нецеллюлозных примесей и подготовки хлопчатобумажных текстильных материалов к колорированию, обеспечивающие равномерное смачивание и сорбционную способность при минимальной потере прочностных характеристик;

– математические зависимости сорбционных и прочностных свойств хлопчатобумажных тканей от режимов биообработки и составов полиферментных композиций отечественного производства, позволяющие обеспечить высокие показатели качества их отварки и крашения;

– закономерности изменения состава хлопкового волокна различных способов подготовки хлопчатобумажных тканей к крашению в темные и светлые тона, позволяющие осуществить выбор рациональной схемы технологического процесса для достижения высокой сорбционной способности при одновременном сохранении прочностных свойств;

– экспериментальные данные и математические зависимости, описывающие влияние концентрации ферментосодержащей силиконовой композиции и активности фермента целлюлолитического действия на технологические и гигиенические свойства хлопчатобумажных тканей для обеспечения перманентного эффекта умягчения;

– усовершенствованная методика определения коэффициента тангенциального сопротивления тканей методом горизонтальной плоскости, позволяющая количественно оценить туже тканей после заключительной отделки;

– схемы возможных технологических процессов и рекомендации по выбору составов рабочих растворов для ферментной обработки хлопчатобумажных тканей поверхностной плотности 100–300 г/м<sup>2</sup> для обеспечения повышенных потребительских свойств.

### **Личный вклад соискателя ученой степени.**

Соискателем лично:

– осуществлены выбор индивидуальных ферментных препаратов отечественного производства и экспериментальное обоснование состава полиферментных композиций и условий их применения для эффективной подготовки хлопчатобумажных тканей к колорированию;

– установлено влияние способа подготовки к колорированию на достигаемый уровень извлечения полимерных примесей из хлопкового волокна;

– разработаны научно-обоснованные рекомендации определения рациональных схем и технологических параметров биотехнологического способа обработки хлопчатобумажных текстильных материалов ферментными препаратами белорусского производства;

– разработаны математические модели, описывающие связь потребительских свойств хлопчатобумажных тканей от составов отечественных полиферментных композиций;

– предложены схемы возможных технологических режимов биообработки хлопчатобумажных текстильных материалов отечественными ферментными препаратами.

Научным руководителем оказывалась консультативная помощь в выборе методологии исследования и интерпретации полученных результатов.

Другими соавторами публикаций являются: доцент кафедры «Экология и химические технологии» Скобова Н.В., которая принимала участие в проведении экспериментальных исследований по выбору ферментных препаратов отечественного производства для использования в технологии подготовки к колорированию и заключительной умягчающей отделки; аспирант кафедры «Экология и химические технологии» Лисовский Д.Л., обеспечивавший техническую поддержку экспериментальных исследований по извлечению нецеллюлозных примесей хлопкового волокна в рамках испытательной лаборатории ООО «Фермент», содействовавший в присвоении компанией ООО «Фермент» торговых наименований рекомендованным ферментным препаратам; аспирант кафедры «Экология и химические технологии» Марущак Ю.И., которая проводила валидацию методики выполнения измерений коэффициента тангенциального сопротивления.

### **Апробация результатов диссертации.**

Основные результаты диссертационной работы были доложены и опубликованы в материалах и тезисах докладов на международных и республиканских конференциях: 50–55-я, 58-я Международная научно-техническая конференция преподавателей и студентов (Витебск, 2017–2022, 2025); Международная научно-техническая конференция «Инновационные технологии в текстильной и легкой промышленности» (Витебск, 2018, 2019); Международная

молодежная научно-практическая конференция «Научные стремления» (Минск, 2019); Национальная молодежная научно-техническая конференция «ПОИСК–2020» и «ПОИСК–2021» (Иваново, 2020–2021); Международная научно-техническая конференция «Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ–2020)» (Москва, 2020); Научно-техническая конференция, посвященная инновационному развитию текстильной и легкой промышленности (LightConf–2021) (Санкт-Петербург, 2021); Международная научно-практическая конференция «Современные концепции обеспечения качества изделий хлопковой, текстильной и легкой промышленности» (Намаган, 2021); Международная научно-исследовательская конференция «Молодежная наука в XXI веке: традиции, инновации, векторы развития» (Оренбург, 2021); Международная конференция «Инновации в текстиле, одежде и обуви (ICTAI–2021) (Витебск, 2021); XIX Всероссийская научно-практическая конференция «Молодежь. Наука. Творчество» (Омск, 2021); Международная научно-практическая Интернет-конференция молодых ученых и студентов 2021 «Ресурсосберегающие технологии легкой, текстильной и пищевой промышленности» (Хмельницкий, 2021); Международная научно-техническая конференция «ЛЁГКАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ» (Омск, 2021); Техническая научная конференция студентов, магистрантов и аспирантов (Молдова, 2022); Всероссийская научная конференция молодых исследователей с международным участием «Инновационное развитие техники и технологий в промышленности (ИНТЕКС–2022)» (Москва, 2022); XXII Международная научно-техническая Конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Исследования и разработки в области Машиностроения, энергетики и управления» (Гомель, 2022); Международная научно-практическая конференция «Экология и общество: баланс интересов» (Вологда, 2022); Международная научно-практическая конференция «Производственные системы будущего: опыт внедрения Lean и экологических решений» (Кемерово, 2023).

### **Опубликованность результатов диссертации.**

По результатам исследований опубликовано 66 печатных работ, в том числе – 9 в научных изданиях, включенных в перечень изданий, утвержденных ВАК Республики Беларусь. Общий объем опубликованных материалов составляет 19,052 авторского листа; в том числе объем публикаций, соответствующих п. 19 Положения о присуждении учёных степеней и присвоения учёных званий в Республике Беларусь, – 5,37 авторского листа.

### **Структура и объем диссертации.**

Диссертация содержит введение, общую характеристику работы, 5 глав, заключение, библиографический список и приложения. Общий объем работы составляет 225 страниц, в том числе 140 страниц текста, включает 117 рисунков, 43 таблицы, 30 формул и 11 приложений (39 страниц). Библиографический список содержит 192 наименования, список которых изложен на 21 странице, включая собственные публикации соискателя на 10 страницах.

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

**Первая глава** посвящена анализу отечественных и зарубежных источников и обобщению сведений об использовании ферментных препаратов и полиферментных композиций в отделочном производстве текстильной промышленности. Рассмотрены традиционные технологии отделки хлопчатобумажных тканей и выявлены недостатки. В частности, установлено, что использование агрессивных химических реагентов и высоких температур в процессе обработки оказывает негативное воздействие на волокнообразующий полимер, а также наносят ущерб окружающей среде при попадании в сточные воды и в атмосферу.

Для решения данных проблем наиболее перспективной представляется разработка инновационных биохимических технологий обработки текстильных материалов с применением ферментных препаратов и полиферментных композиций, характеризующихся избирательностью воздействия, полной биорасщепляемостью в сточных водах, проявлением активности к субстрату при низких температурах в слабокислых, нейтральных и слабощелочных средах. Проанализированы существующие способы ферментных обработок хлопчатобумажных тканей, которые дополняют химические методы воздействия на текстильный материал или полностью заменяют их.

Установлено, что в Республике Беларусь отсутствует производство специализированных ферментных препаратов, предназначенных исключительно для текстильной промышленности. Существующие ферментные составы разработаны с учетом потребностей приоритетных отраслей, включая сельское хозяйство и пищевую индустрию. Хотя допускается адаптация имеющихся ферментов для текстильного производства, что требует тщательной разработки и детальной оптимизации технологической рецептуры их применения. Кроме того, в настоящее время в Республике Беларусь множество импортной продукции попали под санкции, что затронуло и товары текстильной химии, ввиду чего актуальным является вопрос импортозамещения текстильно-вспомогательных веществ.

Показано, что наиболее перспективными направлениями применения ферментов в отделочных операциях текстильного производства являются расщепление амилазами, биоотварка пектиназами и их композициями с другими ферментами, заключительная отделка текстильных материалов и изделий с использованием нейтральных и кислых целлюлаз.

На основании анализа литературы сформулированы цель, задачи и основные направления исследования по теме диссертации.

**Во второй главе** определены объекты и методы исследования работы. Для исследований предложены хлопчатобумажные ткани производства ОАО «Барановичское производственное хлопчатобумажное объединение» поверхности плотности в диапазоне от 100 до 300 г/м<sup>2</sup>, а также выбраны препараты для исследования технологии подготовки к колорированию и заключительной отделки: ферментные препараты производства ООО «Фермент» (Республика Беларусь), Novozymes A/S (Дания) и Archroma GmbH (Германия),

текстильно-вспомогательные вещества и прочие химические реагенты производства ООО «Фермент», Archroma GmbH (Германия), СНТ R. Beilich GmbH (Германия).

Выбраны методики и средства качественного и количественного анализа, позволяющие за достаточно короткое время и с необходимой точностью осуществить контроль качества основных показателей хлопчатобумажных тканей после отделки. Проанализирована и выбрана для исследований драпируемости ткани принципиально новая методика для комплексной оценки коэффициента драпируемости тканей методом 3D сканирования.

**Третья глава** посвящена разработке технологии биоподготовки хлопчатобумажных тканей к колорированию, оценена возможность и целесообразность использования более экологичного технологического процесса расщихтовки и отварки с использованием отечественных ферментных препаратов для получения тканей с высокой сорбционной способностью и прочностными характеристиками.

Проведен сравнительный анализ ферментных препаратов амилолитического и целлюлолитического действия отечественного и импортного производства, отличающихся активностью и формой выпуска, для расщихтовки и отварки хлопчатобумажных тканей поверхностной плотности 139 и 259 г/м<sup>2</sup>. Осуществлен выбор экспериментальных образцов отечественных индивидуальных ферментов и определены их рациональные концентрации: для расщихтовки – Амилзим I (2 г/л) позволяет достичь высокой степени удаления крахмальной шлихты; для отварки – Целлюлаза VI (3 г/л) и Пектиназа (3 г/л), что позволит достичь максимальной капиллярности ткани при минимальной потере прочностных характеристик.

Экспериментально доказана эффективность использования полиферментных композиций из отечественных препаратов, что позволило предложить совмещенную технологию подготовки хлопчатобумажных тканей поверхностной плотности до 200 г/м<sup>2</sup>. На поверхности ткани поверхностной плотности 200 г/м<sup>2</sup> после подготовки по совмещеннной технологии зафиксировано остаточное содержание шлихты, ввиду чего для тканей поверхностной плотности более 200 г/м<sup>2</sup> рекомендовано проводить подготовку к колорированию по полунепрерывной схеме, где операция расщихтовки и отварки проходит последовательно.

Получены зависимости сорбционных и прочностных свойств хлопчатобумажных тканей поверхностной плотности 139 г/м<sup>2</sup> от количественного состава варочного раствора ( $X_1$  – концентрация целлюлолитического фермента, г/л;  $X_2$  – концентрация пектолитического фермента, г/л). Интервалы и уровни варьирования входных факторов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Уровни и интервалы варьирования факторов

Факторы	Нижний уровень (-1)	Основной уровень (0)	Верхний уровень (+1)	Интервал варьирования
Концентрация Целлюлазы VI, г/л, $X_1$	0,5	2,5	4,5	2
Концентрация Пектиназы, г/л, $X_2$	0,5	2,5	4,5	2

– зависимость капиллярности от входных факторов:

$$K = 166,32 + 18,67 \cdot X_1 + 8,56 \cdot X_2 \quad (R^2 = 0,9418), \quad (1)$$

– зависимость разрывной нагрузки по основе от входных факторов:

$$R_o = 330,01 - 22,17 \cdot X_1 - 10,50 \cdot X_2 - 23,50 \cdot X_1^2 \quad (R^2 = 0,9560), \quad (2)$$

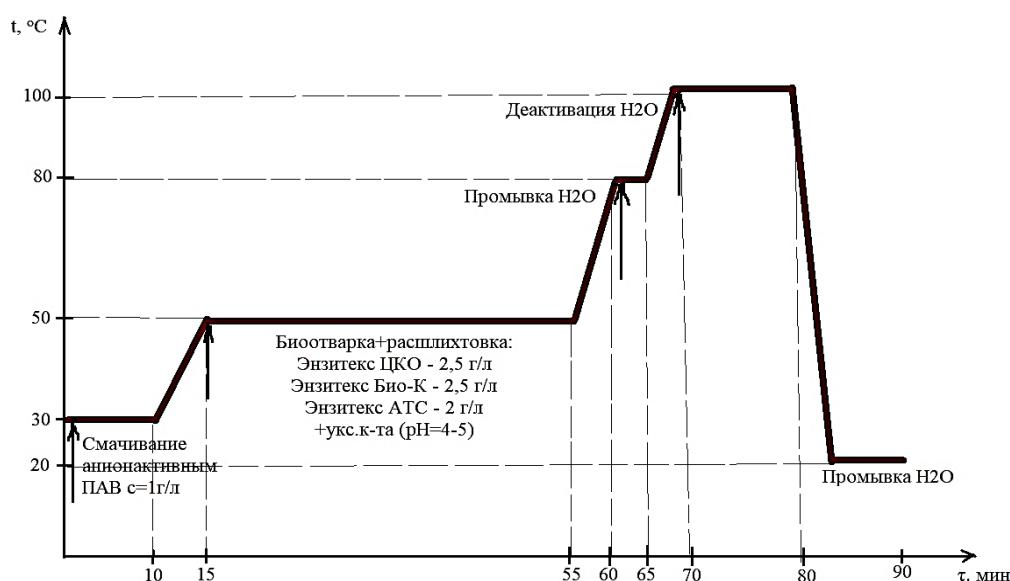
– зависимость стойкости к истиранию от входных факторов:

$$I = 685,11 - 73,67 \cdot X_1 - 59,10 \cdot X_2 \quad (R^2 = 0,9880), \quad (3)$$

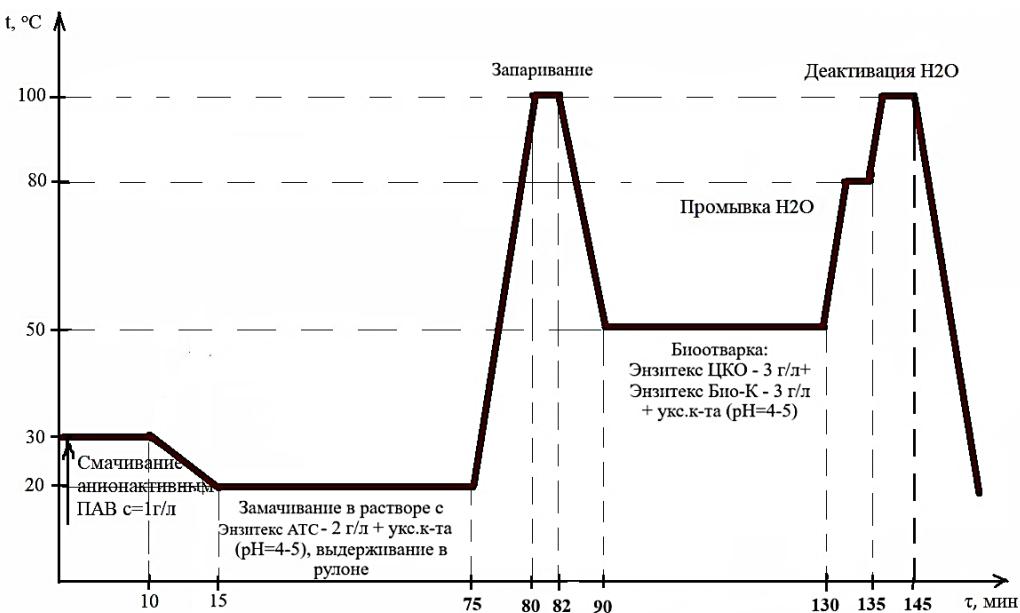
Анализ результатов исследования позволяет рекомендовать полиферментную композицию, включающую Амилзим I (2 г/л), Целлюлаза VI (2,5 г/л), Пектиназа (2,5 г/л), для достижения высокого качества подготовки ткани при наименьшей потере прочности. В соответствии с разработанными рекомендациями, компанией ООО «Фермент» присвоены торговые наименования препаратам: Энзитекс АТС, Энзитекс ЦКП, Энзитекс Био-К.

На основании изучения влияния природы и концентрации поверхностно-активных веществ, а также температурных и временных режимов биообработки на качество подготовки, предложено использовать в совмещенной технологии анионактивный смачиватель концентрацией 1 г/л, температура рабочего раствора составила 50 °C, продолжительность обработки – 30–40 мин.

Согласно проведенным исследованиям по определению рациональных составов, температурных и временных режимов, предложены технологические режимы подготовки к колорированию хлопчатобумажных тканей поверхностной плотности 100–300 г/м<sup>2</sup> с использованием отечественных полиферментных композиций (рисунок 1–2).



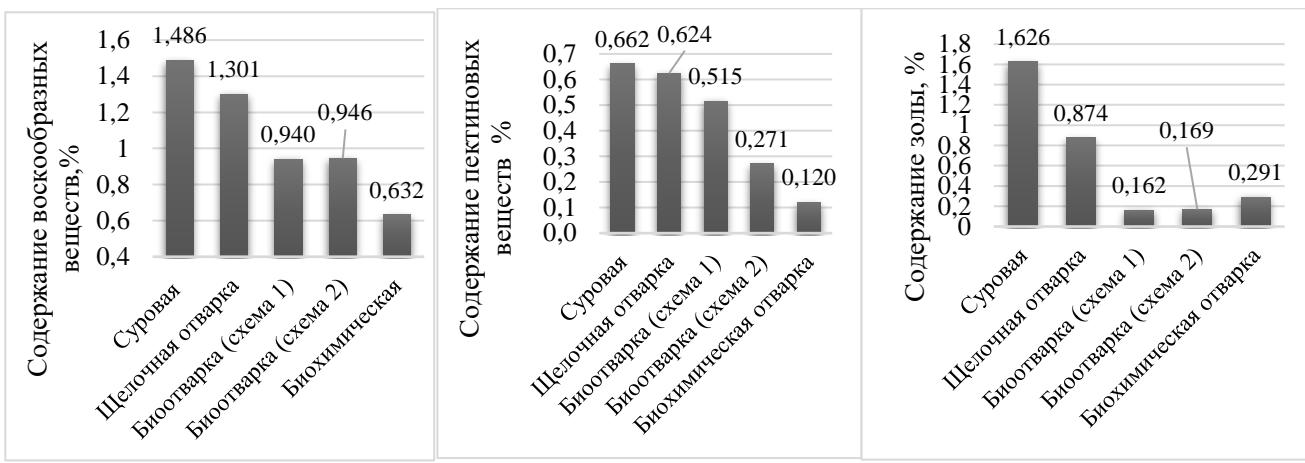
**Рисунок 1 – Технологический режим подготовки к колорированию хлопчатобумажных тканей поверхностной плотности до 200 г/м<sup>2</sup>**



**Рисунок 2 – Технологический режим подготовки к колорированию хлопчатобумажных тканей поверхности более 200 г/м<sup>2</sup>**

Установлена возможность снижения температуры крашения хлопчатобумажных тканей, прошедших биоподготовку, монохлортриазиновыми активными красителями на 10 °С. Методом спектрофотометрического анализа выявлено, что выбираемость и степень фиксации активного красителя на целлюлозном волокне на 14 % выше у образцов, подготовленных по ферментативной технологии. Визуальная оценка окраски хлопчатобумажных тканей, прошедших щелочную отварку и ферментативную отварку при температуре 60 °С и 90 °С показала, что наиболее интенсивно и равномерно окрашиваются образцы, подготовленные по ферментативному способу отварки.

Известно, что не все сопутствующие примеси хлопкового волокна удаляются в процессе биоотварки. В частности, белковая часть азотсодержащих веществ извлекается после разрушения под действием горячих растворов щелочи. С целью определения содержания природных примесей волокна после подготовки к колорированию проведен сравнительный анализ способов отварки хлопчатобумажных тканей: 1 – традиционная щелочная, 2 – биотехнологический способ согласно режиму, представленному на рисунке 1 (схема 1), 3 – биотехнологический способ с повышенной концентрацией пектиназы в композиции (схема 2), 4 – совмещенная биохимическая с сокращением концентрации NaOH, продолжительности обработки и воздействия высокой температуры. Установлено, что наименьшее содержание экстрагируемых воскообразных веществ демонстрирует образец, прошедший совмещенную биохимическую обработку (рисунок 3 а). С увеличением концентрации пектиназы увеличивается доля удаленных пектиновых веществ (рисунок 3 б). Наибольший процент зольных примесей удаляется при биоотварке, биохимическая отварка также позволяет удалить до 80 % минеральных веществ (рисунок 3 в). Установлено, что для тканей поверхности более 200 г/м<sup>2</sup>, а также сильно загрязненных, рекомендуется использовать биохимический способ.



a)

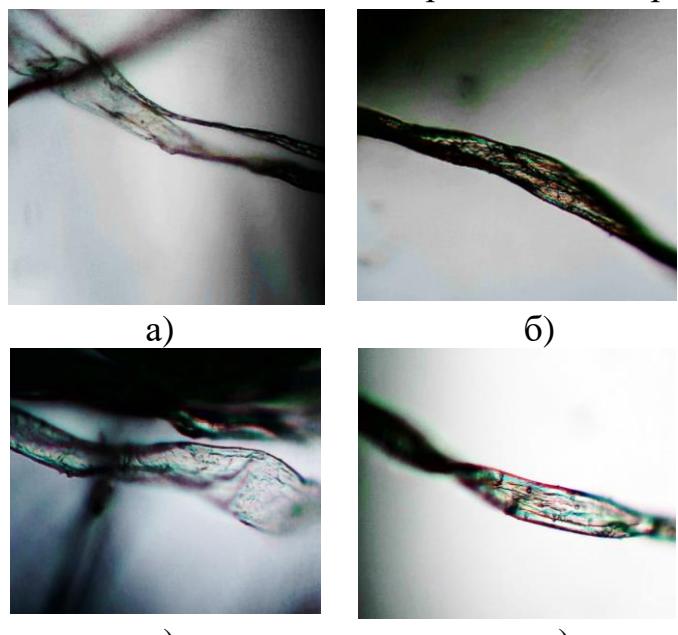
б)

в)

а – содержание воскообразных веществ, %; б – содержание пектиновых веществ;  
в – содержание золы, %

**Рисунок 3 – Содержание сопутствующих примесей хлопкового волокна**

Способ включает последовательную обработку полиферментной композицией и щелочным раствором при сокращении продолжительности и воздействия высокой температуры щелочной обработки, а также концентрации щелочи в варочном растворе. Визуальная оценка микрофотографий исследуемых хлопковых волокон (рисунок 4) позволяет сделать вывод о деструкции внешних слоев волокна после отварки по всем режимам что подтверждают результаты



а – суровое; б – щелочная отварка;  
в – биоотварка; г – биохимическая  
отварка

**Рисунок 4 – Микрофотографии  
сурового и обработанных волокон**

исследования вязкости медно-аммиачных растворов целлюлозы. Высокая экологическая безопасность биохимических процессов подтверждена результатами исследования показателей химического потребления кислорода (ХПК) и биохимического потребления кислорода (БПК<sub>5</sub>), характеризующими существенное улучшение качества сточных вод. Выявлено снижение ХПК варочного раствора после биоотварки на 83 % по сравнению со щелочной отваркой ( $75,2 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$ ), и на 10 % по сравнению с биохимической отваркой ( $56,8 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$ ). По показателю БПК<sub>5</sub> варочного раствора после биоотварки происходит снижение на 60% по сравнению со щелочной отваркой ( $15 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$ ), и на 47 % по сравнению с биохимической отваркой ( $2,9 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$ ).

на 47 % по сравнению с биохимической отваркой ( $2,9 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$ ).

**Четвертая глава** посвящена разработке технологии ферментативной заключительной умягчающей отделки хлопчатобумажных тканей. Традиционные процессы ферментативного умягчения основываются на ферментной обработке с последующим механическим воздействием. В некоторых случаях режим отделки состоит из последовательных операций: ферментная отварка, механическое действие и обработка синтетическими аппретами. Особый интерес представляет создание совмещенных технологий подготовки и заключительной умягчающей отделки для отбеленных тканей. Совместно со специалистами ООО «Фермент» выдвинута гипотеза о возможности использования ферментосодержащих силиконовых композиций, позволяющих формировать перманентный эффектмягчения хлопчатобумажных тканей и изделий.

Установлены закономерности изменения технологических и гигиенических свойств хлопчатобумажных тканей поверхностной плотности 120 г/м<sup>2</sup> после обработки силиконовыми аппретами, отличающимися по интенсивности молекулярного взаимодействия поверхности материала с водой и размером дисперсной фазы, содержащими целлюлолитический фермент с тополитической активностью 20 ед/г и 300 ед/г. Установлено, что присутствие фермента в составе композиции приводит к незначительному ухудшению способности поглощать влагу для всех композиций, позволяет повысить драпируемость, причем с повышением активности на 10 % снижается коэффициент драпируемости и коэффициент тангенциального сопротивления (далее – КТС) для всех исследуемых композиций, ткани приобретают более гладкий и шелковистый гриф. Количество циклов истирания, которое выдерживают образцы, снижается прямо пропорционально увеличению активности фермента, однако значения остаются в пределах нормируемых.

Установлено, что наиболее эффективной с точки зрения повышения драпируемости и максимального сохранения сорбционных свойств является гидрофильная силиконовая эмульсия Силиксол G. С целью подтверждения гипотезы о целесообразности введения в состав аппрета ферментного целлюлазного препарата проведены экспериментальные исследования и получены математические зависимости свойств хлопчатобумажных тканей поверхностной плотности 120 г/м<sup>2</sup> от концентрации аппретирующей композиции и тополитической активности целлюлолитического ферментного препарата. Уровни варьирования входных факторов представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Интервалы варьирования факторов

Параметры	Уровни варьирования		
	-1	0	1
Концентрация композиции, г/л ( $X_1$ )	10	20	30
Активность целлюлазы, ед. ( $X_2$ )	20	100	300

– зависимость воздухопроницаемости от входных факторов (рисунок 5 а):

$$V = 319,89 + 16,17 \cdot X_1 + 21,61 \cdot X_2 \quad (R^2 = 0,9417), \quad (4)$$

– зависимость гигроскопичности от входных факторов (рисунок 5 б):

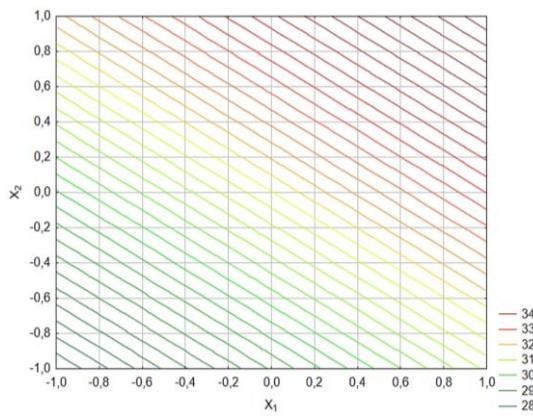
$$G = 16,43 - 0,19 \cdot X_1 - 0,21 \cdot X_2 + 0,045 \cdot X_1 \cdot X_2 \quad (R^2 = 0,9952), \quad (5)$$

– зависимость КТС от входных факторов (рисунок 5 в):

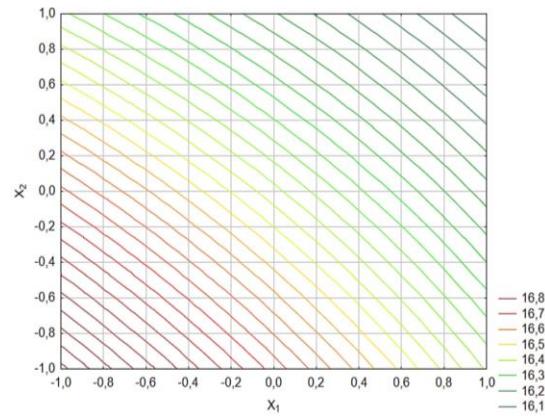
$$KT = 0,4350 - 0,0303 \cdot X_1 - 0,0033 \cdot X_2 + 0,0263 \cdot X_1^2 \quad (R^2 = 0,9967), \quad (6)$$

– зависимость коэффициента драпируемости от входных факторов (рисунок 5 г):

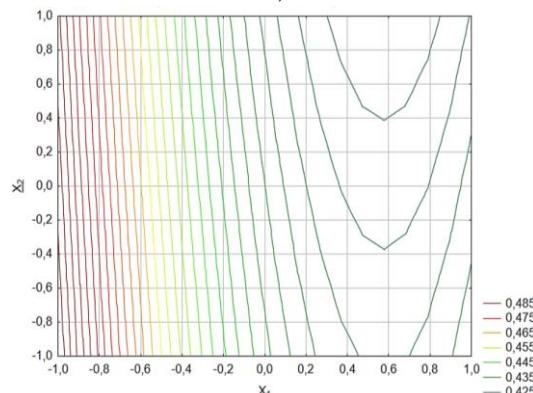
$$K = 49,0 - 1,5 \cdot X_1 - 2,17 \cdot X_2 + 1,83 \cdot X_1^2 \quad (R^2 = 0,9881), \quad (7)$$



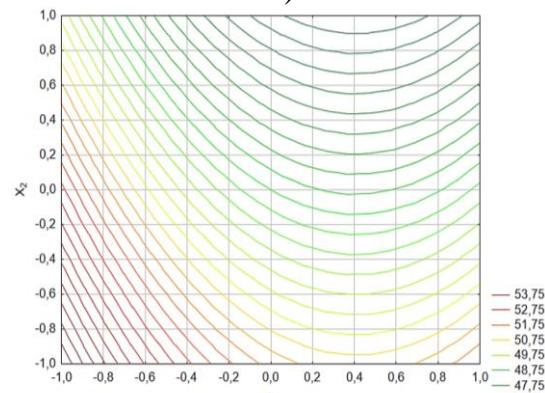
а)



б)



в)



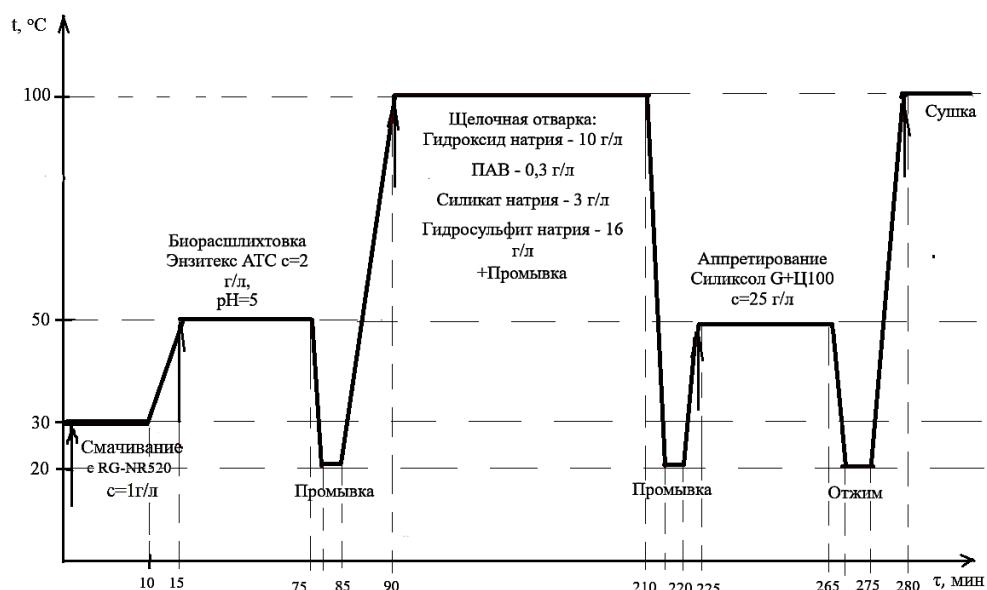
г)

**Рисунок 5 – Зависимости свойств хлопчатобумажной ткани поверхности плотности 120 г/м<sup>2</sup> от входных факторов эксперимента**

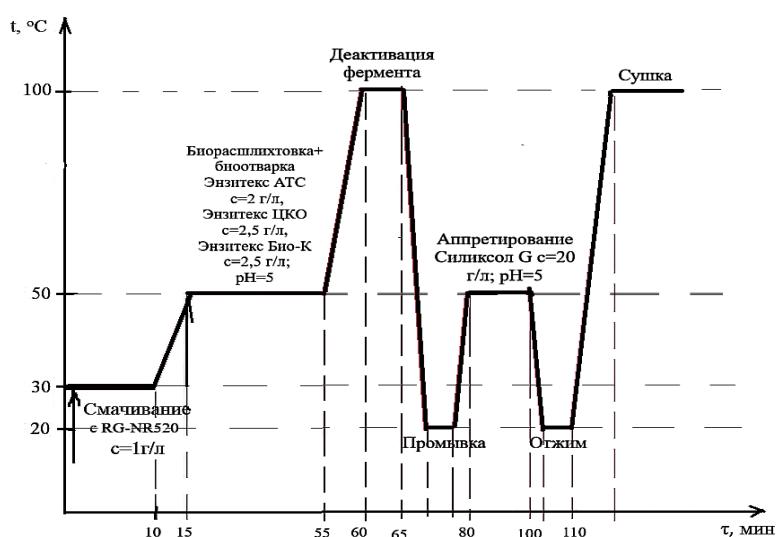
Согласно требованиям по приданию ткани мягкого грифа при максимальном сохранении гидрофильтрных свойств, а также анализу графических зависимостей выбрана область рациональных значений входных параметров: концентрация аппретирующей композиции – 25 г/л, активность целлюлазы – 100 ед/г (Силиксол G + Ц100). Применение ферментосодержащей силиконовой композиции позволяет повысить воздухопроницаемость окрашенной хлопчатобумажной ткани на 30 %, драпируемость на 22 %, понизить коэффициент тангенциального

сопротивления на 3 % в сравнении с образцом, который не подвергался умягчающей отделке. Доказана перманентность эффекта умягчения. Обработка ферментосодержащей композицией позволяет сохранить наполненность, шелковистость и драпируемость ткани после многократных стирок.

На основании вышеизложенных результатов исследований разработаны технологии получения высококачественных хлопчатобумажных тканей поверхностной плотности 100–300 г/м<sup>2</sup> с операциями ферментативной расщепленности, отварки и заключительной умягчающей отделки по последовательной и совмещенной технологиях с использованием отечественных ферментных препаратов (рисунок 6–8).

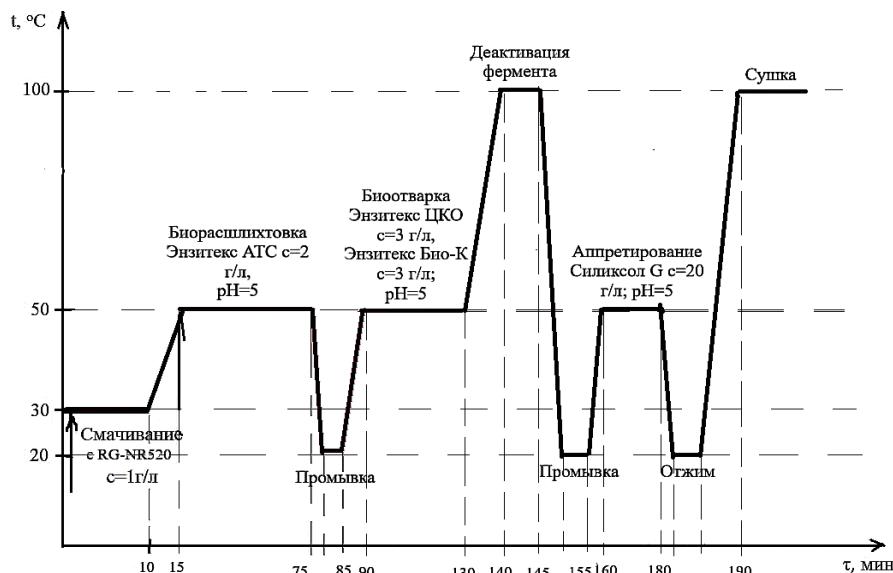


**Рисунок 6 – Технологический режим отделки хлопчатобумажных тканей, отбеленных или окрашенных в светлые и средние тона поверхности плотности 100–300 г/м<sup>2</sup>**



**Рисунок 7 – Технологический режим отделки хлопчатобумажных тканей, окрашенных в темные тона поверхности плотности до 200 г/м<sup>2</sup>**

Технологии позволяют повысить воздухопроницаемость, драпируемость и улучшить тусклое хлопчатобумажной ткани. Показатели сорбционных свойств практически не изменяются и соответствуют требованиям, предъявляемым к хлопчатобумажным тканям (таблица 3). Трехмерные модели драпированных образцов представлены на рисунке 9.



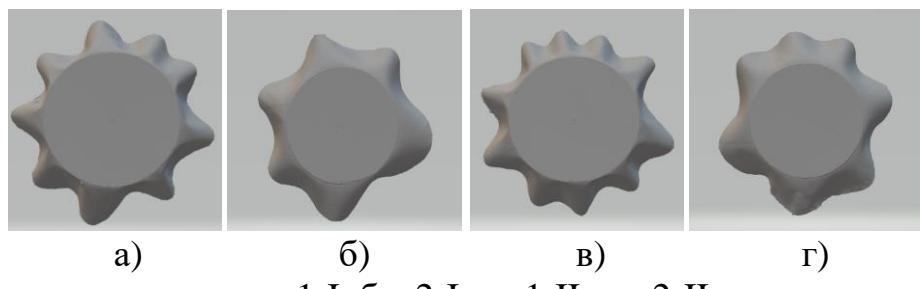
**Рисунок 8 – Технологический режим отделки хлопчатобумажных тканей, окрашенных в темные тона поверхностной плотности более  $200 \text{ г/м}^2$**

аппрета на значение КТС.

Многие исследователи считают, что для полного описания труда необходимо учитывать поведение материала при трении (тангенциальное сопротивление). В результате исследования КТС хлопчатобумажных тканей после заключительной умягчающей отделки установлено, что используемые методы определения не позволяют оценить влияние качественного и количественного состава

**Таблица 3 – Свойства обработанных образцов хлопчатобумажной ткани**

Свойство	Совмещенная подготовка + последовательное аппретирование	Последовательная подготовка + совмещенное аппретирование	
Образец (поверхностная плотность, $\text{г/м}^2$ )	1-I (139)	2-I (259)	1-II (139)
Воздухопроницаемость, $\text{дм}^3/\text{см}^2 \cdot \text{с}$	515	307	503
Усадка, %	4,0	4,0	5,0
Толщина, мм	0,67	0,71	0,65
Коэффициент тангенциального сопротивления	0,43	0,46	0,42
Гигроскопичность, %	16,9	16,2	16,1
Капиллярность, мм/час	164	175	160
Коэффициент драпируемости, %	46	57	42
Анизотропия поверхности, %	4,10	8,45	4,37
Количество складок	9	6	10
Стойкость к истиранию, циклов	787	1226	735
			1154



a – 1-I; б – 2-I; в – 1-II; г – 2-II

**Рисунок 9 – Трехмерные модели образцов**

В результате экспериментальных исследований установлены следующие параметры испытания для хлопчатобумажных тканей: использование колодки размером 65x120 мм массой  $m_k = 200 \pm 5$ ; скорость перемещения несущей плоскости – 300 мм/мин. При определении КТС полотен проводят 12 измерений, а результат подсчитывают как среднее арифметическое последних трех измерений.

Установлено, что при измерении КТС по методу горизонтальной плоскости наблюдается максимальный диапазон изменения результатов измерений КТС, что указывает на большую результативность метода горизонтальной плоскости по отношению к методу наклонной плоскости.

На основании результатов проведенных экспериментальных исследований по определению оптимальных параметров методики измерения КТС разработан проект усовершенствованной методики.

**В пятой главе** описаны представленные результаты опытно-промышленных апробаций разработанных технологий подготовки и заключительной отделки хлопчатобумажных текстильных материалов.

Проведена промышленная апробация биообработки хлопчатобумажной крученой (25x2 текс) и одиночной (38 текс) пряжи с последующим аппретированием в условиях ОАО «Речицкий текстиль». В результате производственных испытаний при замене щелочной отварки на ферментативную обработку капиллярность увеличивается на 23 %, прочностные показатели повышаются на 5 %, количество непсов значительно уменьшается, стойкость к истиранию увеличивается в 2 раза. Визуальная оценка колористических свойств пряжи подтверждает повышение интенсивности окраски в светлые тона после ферментной обработки.

В производственных условиях ОАО «Речицкий текстиль» проведена обработка махровых штучных изделий арт. 6с102 поверхностью плотности 380 г/м<sup>2</sup> в промышленной стиральной машине «ВЕГА» с целью умягчения и придания повышенных органолептических свойств. Согласно полученным результатам, предварительная ферментативная обработка образцов позволяет повысить драпируемость махровых изделий. Махровое полотно приобретает дополнительный объем, мягкий, пушистый гриф.

В производственных условиях предприятия ООО «Розовый Бриллиант» проведена опытная апробация результатов энзимной стирки хлопчатобумажных джинсовых изделий на промышленной стиральной машине фирмы Girbau. Образцы характеризуются наличием эффекта жатости, на швах появился эффект потертости, цветовая гамма изделий изменилась на более мягкие оттенки.

На ОАО «БПХО» внедрена технология биохимической модификации целлюлозных текстильных материалов с расчетом ожидаемого экономического эффекта за счет прибыли, получаемой за счет снижения себестоимости продукции. Технология позволяет придать улучшенные технологические, гигиенические и эксплуатационные свойства целлюлозным материалам и изделиям с одновременным снижением себестоимости готовой продукции. Общий ожидаемый экономический эффект от внедрения составил Э = 8 864,64 руб. (восемь тысяч восемьсот шестьдесят четыре рубля 64 коп.).

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

### **Основные научные результаты диссертации.**

1. Установлены закономерности изменения сорбционных и прочностных свойств хлопчатобумажных тканей поверхностной плотности 100–300 г/м<sup>2</sup> в технологиях ферментной расщепки и отварки, позволяющие обосновать составы полиферментных композиций из отечественных препаратов амилолитического, целлюлолитического и пектолитического действия, обеспечивающих капиллярность 180 мм/час при минимальной потере прочности – 14 % [1–А, 13–А, 15–А, 16–А, 17–А, 23–А, 25–А, 31–А].

2. Получены математические зависимости и закономерности, описывающие влияние качественного и количественного состава отечественных полиферментных композиций на сорбционные и прочностные свойства хлопчатобумажных тканей поверхностной плотности 100–300 г/м<sup>2</sup>. Установлено влияние природы и концентрации поверхностно-активных веществ в варочном растворе, а также температурных и временных режимов биообработки на качество подготовки. Предложено использовать в совмещенной технологии анионактивный смачиватель концентрацией 1 г/л, температуру рабочего раствора – 50 °С, продолжительность обработки – 30–40 мин. [9–А, 10–А, 33–А, 35–А, 37–А, 62–А, 64–А].

3. Методом спектрофотометрического анализа установлена возможность снижения температуры на 10 °С при крашении хлопчатобумажных тканей, прошедших биообработку, монохлортриазиновыми активными красителями. Экспериментально подтверждено, что выбираемость и степень фиксации активного красителя на целлюлозном волокне на 14 % выше у образцов, подготовленных по биотехнологии [4–А, 38–А].

4. Получены закономерности изменения степени извлечения нецеллюлозных примесей хлопчатобумажных тканей различных способов подготовки к крашению в темные и светлые тона, позволяющие осуществить выбор рациональной схемы технологического процесса для достижения высокой сорбционной способности при одновременном сохранении прочностных свойств [7–А, 8–А, 48–А, 51–А, 3–А, 54–А, 56–А, 58–А, 59–А, 61–А].

5. В результате анализа математических зависимостей, описывающих влияние концентрации ферментосодержащей силиконовой композиции и целлюлолитической активности фермента на потребительские свойства хлопчатобумажных тканей, экспериментально подтверждена гипотеза о синергетическом эффекте в операциях заключительной отделки для достижения эффектамягчения и повышения драпируемости. Применение ферментосодержащей силиконовой композиции позволяет повысить воздухопроницаемость окрашенной хлопчатобумажной ткани на 30 %, драпируемость на 22 %, понизить коэффициент тангенциального сопротивления на 3 % в сравнении с образцом, который не подвергался умягчающей отделке. [2–А, 3–А, 5–А, 11–А, 12–А, 14–А, 18–А, 19–А, 20–А, 21–А, 22–А, 24–А, 26–А, 27–А,

28–А, 29–А, 30–А, 32–А, 34–А, 36–А, 39–А, 40–А, 42–А, 43–А, 44–А, 45–А, 46–А, 47–А].

6. Усовершенствована методика определения коэффициента тангенциального сопротивления методом горизонтальной плоскости, позволяющая количественно оценить туже тканей и осуществить выбор способа заключительной отделки [6–А, 41–А, 49–А, 50–А, 52–А, 55–А, 57–А, 60–А, 63–А, 65–А, 66–А].

#### **Рекомендации по практическому использованию результатов.**

1. Разработаны рациональные составы и режимы, и внедрены в производство технологии получения высококачественных хлопчатобумажных тканей поверхностной плотности 100–300 г/м<sup>2</sup> с использованием отечественных ферментных препаратов. Ферментным препаратам присвоены торговые наименования: Энзитекс ЦКО, Энзитекс Био-К, Энзитекс АТС. [Акт об использовании (внедрении) НИР от 01.12.2017]. Подтверждена высокая экологическая безопасность биохимических процессов результатами исследования показателей ХПК и БПК<sub>5</sub> [Протокол проведения измерений от 06.03.2025].

2. Для практического использования разработан состав варочного раствора в совмещенной технологии расшлихтовки и отварки хлопчатобумажных тканей поверхностной плотности до 200 г/м<sup>2</sup>, содержащий Энзитекс АТС (2 г/л), Энзитекс ЦКО (2,5 г/л), Энзитекс Био-К (2,5 г/л). Экспериментально доказано, что для хлопчатобумажных тканей поверхностной плотности более 200 г/м<sup>2</sup> целесообразно осуществлять последовательно операции расшлихтовки препаратом Энзитекс АТС (2 г/л) и отварки полиферментной композицией, содержащей Энзитекс ЦКО (3 г/л) и Энзитекс Био-К (3 г/л) [Акт о внедрении результатов НИОКР в учебный процесс от 01.01.2024].

3. Предложены рекомендации по выбору технологических режимов биоподготовки и беления, биоподготовки под крашение в темные тона хлопчатобумажной пряжи [Акт опытной обработки от 12.06.2019], биоумягчения хлопчатобумажных и льносодержащих махровых изделий [Акт опытной обработки от 03.06.2021] в производственных условиях ОАО «Речицкий текстиль».

4. Разработана и внедрена в производство методика оценки туже методом горизонтальной плоскости на приборе для измерения трения/отслаивания, позволяющая повысить точность и объективность оценки структуры и туже текстильных полотен [Акт об использовании (внедрении) НИР от 01.06.2022].

5. Разработана и внедрена технология биохимической модификации целлюлозных текстильных материалов с расчетом ожидаемого экономического эффекта за счет снижения расходов на ферментные препараты методом импортозамещения и перехода на технологию с пониженной концентрацией препаратов в производственных условиях ОАО «БПХО» [Акт об использовании (внедрении) НИР от 09.06.2022].

6. Разработаны и внедрены технологические карты режимов биообработки хлопчатобумажных джинсовых изделий с использованием ферментных препаратов и мягчителей в производственных условиях ООО «Розовый бриллиант» [Акт об использовании (внедрении) НИР от 31.10.2022].

## СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ

### **Статьи в научных рецензируемых журналах:**

- 1–А. Ясинская, Н. Н. Применение ферментных препаратов пектинолитического действия для подготовки льняных тканей к колорированию / Н. Н. Ясинская, Н. В. Скобова, К. А. Котко (Ленько) // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2018. – № 2 (35). – С. 104–111.
- 2–А. Котко (Ленько), К. А. Экотехнология умягчения хлопково-льняных малярных изделий / К. А. Котко, Н. Н. Ясинская, Н. В. Скобова // Дизайн и технологии. – 2020. – №73. – С. 53–59.
- 3–А. Ленько, К. А. Влияние обработки микросиликоновыми эмульсиями на свойства хлопчатобумажных тканей в процессе заключительной умягчающей отделки / К. А. Ленько, Н. Н. Ясинская, Н. В. Скобова, Д. Л. Лисовский // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. – 2021. – Т.52 – № 2. – С. 22–25.
- 4–А. Ясинская, Н. Н. Оценка возможности перехода на энергосберегающий режим крашения целлюлозных материалов / Н. Н. Ясинская, Н. В. Скобова, К. А. Ленько // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2021. – № 1 (40). – С. 158–167.
- 5–А. Марущак, Ю. И. Обоснование параметров измерения коэффициента тангенциального сопротивления тканых полотен / Ю. И. Марущак, К. А. Ленько, Н. Н. Ясинская, И. А. Петюль, И. М. Грошев // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2022. – № 1(42). – С. 53–67.
- 6–А. Ленько, К. А. Исследование содержания примесей хлопкового волокна после биохимической подготовки к крашению с использованием полиферментных композиций / К. А. Ленько, Н. Н. Ясинская // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2022. – № 5. – С. 118–126.
- 7–А. Ясинская, Н. Н. Энергосберегающая технология подготовки хлопчатобумажных тканей к крашению / Н. Н. Ясинская, К. А. Ленько, Ю. И. Марущак // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2022. – № 2 (43). – С. 126–134.
- 8–А. Ленько, К. А. Влияние поверхностно-активных веществ на качественные показатели текстильных материалов из целлюлозных волокон после биоотварки / К. А. Ленько, Н. Н. Ясинская, А. С. Рафикова // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2024. – №1. – С. 109–115.
- 9–А. Ленько, К. А. Разработка рационального состава полиферментной композиции в технологии биоотварки хлопчатобумажных тканей / К. А. Ленько, Н. Н. Ясинская, Н. В. Скобова // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2024. – № 3 (49). – С. 75–83.

## **Статьи в других научных журналах:**

10–А. Котко (Ленько), К. А. Нетрадиционный способ придания мягкости хлопковольняным махровым изделиям / К. А. Котко, Н. Н. Ясинская, Н. В. Скобова // Материалы и технологии. – 2020. – № 1 (5). – С. 7–10.

11–А. Скобова, Н. В. Оптимизация качественного и количественного состава ферментсодержащей композиции для умягчающей отделки хлопчатобумажных текстильных материалов / Н. В. Скобова, Н. Н. Ясинская, К. А. Ленько // Материалы и технологии. – 2021. – № 2 (8). – С. 31–36.

## **Материалы конференций:**

12–А. Ясинская, Н. Н. Ферментативная расщихтовка хлопчатобумажных тканей / Н. Н. Ясинская, Н. В. Скобова, К. А. Котко (Ленько) // Материалы докладов 50-й международной научно-технической конференции преподавателей и студентов, посвященной году науки : в 2 т., Витебск, 20 апреля 2017 г. / УО «ВГТУ». – Витебск, 2017. – Т. 1. – С. 307–310.

13–А. Ясинская, Н. Н. Возможности энзимных технологий для создания структурных эффектов на льняных тканях / Н. Н. Ясинская, Н. В. Скобова, К. А. Котко (Ленько), Ю. С. Бакова // Международная научно-техническая конференция «Иновационные технологии в текстильной и легкой промышленности» : сборник научных статей, Витебск, 21–22 ноября 2017 г. / УО «ВГТУ». – Витебск, 2017. – С. 244–246.

14–А. Ясинская, Н. Н. Биотехнологические способы расщихтовки текстильных материалов из целлюлозных волокон / Н. Н. Ясинская, Н. В. Скобова, К. А. Котко (Ленько) // Материалы докладов 51-й Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов : в 2 т., Витебск, 19 апреля 2018 г. / УО «ВГТУ». – Витебск, 2018. – Т. 1. – С. 400–403.

15–А. Котко (Ленько), К. А. Исследование процесса биоотварки льняных тканей с использованием жидких целлюлаз / К. А. Котко, Н. В. Скобова, Н. Н. Ясинская, В. Ю. Сергеев // Международная научно-техническая конференция «Иновационные технологии в текстильной и легкой промышленности» : сборник научных статей, Витебск, 21–22 ноября 2018 г. / УО «ВГТУ». – Витебск, 2018. – С. 244–247.

16–А. Котко (Ленько), К. А. Создание «brush» эффекта на джинсовых льняных материалах с применением ферментных технологий / К. А. Котко, Н. Н. Ясинская, Н. В. Скобова // Материалы докладов Всероссийской научно-практической конференции «Научные исследования и разработки в области дизайна и технологий» : Кострома, 4 апреля 2019 г. / ФГБОУ ВО «Костромской государственный университет». – Кострома, 2019. – С. 136–138.

17–А. Скобова, Н. В. Умягчающая отделка льняных постельных тканей / К. А. Котко, Н. В. Скобова, Н. Н. Ясинская, К. А. Котко (Ленько) // Материалы докладов 52-й Международной научно-технической конференции преподавателей

и студентов : в 2 т., Витебск, 24 апреля 2019 г. / УО «ВГТУ». – Витебск, 2019. – Т. 1. – С. 400–403.

18–А. Котко (Ленько), К. А. Инновационный способ создания «moult»-эффекта на льносодержащих тканях / К. А. Котко, Н. Н. Ясинская, Н. В. Скобова // Сборник материалов международной научно-технической конференции: «Молодые ученые – развитию национальной технологической инициативы (ПОИСК-2019) : Иваново, 24–26 апреля 2019 / Текстильный институт ФГБОУ ВПО «ИВГПУ». – Иваново, 2019. – №1-1. – С. 126–127.

19–А. Котко (Ленько), К. А. Биотехнология создания колористических и структурных эффектов на льняных тканях / К. А. Котко, Н. Н. Ясинская, Н. В. Скобова // Материалы международной научно-технической конференции молодых ученых «Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности» : Могилёв, 24–25 октября 2019 г. / МОУВО «Белорусско-Российский университет». – Могилев, 2019. – С. 83.

20–А. Котко (Ленько), К. А. Технология умягчения хлопчатобумажных махровых изделий / К. А. Котко, Н. В. Скобова, Н. Н. Ясинская // Международная научно-техническая конференция «Инновационные технологии в текстильной и легкой промышленности» : сборник научных статей, Витебск, 13-14 ноября 2019 г. / УО «ВГТУ». – Витебск, 2019. – С. 223–225.

21–А. Котко (Ленько), К. А. Инновационная биотехнология обработки хлопчатобумажной пряжи / К. А. Котко, Н. Н. Ясинская, Н. В. Скобова // Материалы Международной молодежной научно-практической конференции «Научные стремления» : в 3 ч., Минск, 11-12 декабря 2019 г. / ООО «Минский городской технопарк». – Минск, 2019. – Ч. 1. – С. 53–54.

22–А. Котко (Ленько), К. А. Технология биоумягчения махровых хлопчатобумажных изделий / К. А. Котко, Н. Н. Ясинская, Н. В. Скобова // Международная научная конференция, посвященная 110-летию со дня рождения профессора А.Г. Севостьянова : сборник научных трудов, Москва, 10 марта 2020 г. / Российский государственный университет им. Косыгина. – Москва, 2020. – Ч. 2. – С. 243–247.

23–А. Котко (Ленько), К. А. Экологически чистая технология биообработки хлопчатобумажной пряжи / К. А. Котко, Н. Н. Ясинская, Н. В. Скобова // Международная научно-практическая конференция «Концепции, теория, методики фундаментальных и прикладных научных исследований в области инклюзивного дизайна и технологий» : сборник научных трудов, Москва, 25–27 марта 2020 г. / Российский государственный университет им. Косыгина. – Москва, 2020. – Ч. 2. – С. 117–122.

24–А. Котко (Ленько), К. А. Внедрение биопрепаратов в технологию умягчения льняных тканей / К. А. Котко, Н. Н. Ясинская, Н. В. Скобова // Материалы Международной научной конференции «Молодые исследователи – регионам» : в 3 т., Вологда, 13–23 апреля 2020 г. / Вологодский государственный университет. – Вологда, 2020. – Т. 1. – С. 461–462.

25–А. Котко (Ленько), К. А. Нетрадиционный способ придания мягкости льносодержащим махровым изделиям / К. А. Котко, Н. Н. Ясинская, Н. В. Скобова // Материалы докладов 53-й Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов : в 2 т., Витебск, 22 апреля 2020 г. / УО «ВГТУ». — Витебск, 2020. — С. 277–279.

26–А. Котко (Ленько), К. А. Применение энзимной обработки в технологии умягчения льносодержащих махровых изделий / К. А. Котко, Н. Н. Ясинская, Н. В. Скобова // Материалы Национальной молодёжной научно-технической конференции «Молодые ученые – развитию Национальной технологической инициативы» (ПОИСК–2020) : Иваново, 22-24 апреля 2020 г. / Текстильный институт ФГБОУ ВПО «ИВГПУ». – Иваново, 2020. – С. 337–339.

27–А. Котко (Ленько), К. А. Экотехнология умягчения махровых изделий с сохранением эффекта после многократных стирок / К. А. Котко, Н. Н. Ясинская, Н. В. Скобова // Международная научно-практическая конференция «Иновации и дизайн» : сборник трудов, Санкт-Петербург, 6 августа 2020 г. / Антишкола «Индустрия моды». – Санкт-Петербург, 2020. – С. 91–94.

28–А. Ленько, К. А. Инновационный подход к решению проблемы умягчения льняных материалов / К. А. Ленько, Н. Н. Ясинская, Н. В. Скобова // Сборник материалов XXI Международного научно-практического форума SMARTEX-2020 «Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы», Иваново, 20–23 октября 2020 г. / Текстильный институт ФГБОУ ВПО «ИВГПУ». – Иваново, 2020. – С. 324–328.

29–А. Котко (Ленько), К. А. Ферментативная подготовка хлопчатобумажной пряжи препаратами целлюлолитического действия / К. А. Котко, Н. Н. Ясинская, Н. В. Скобова // Международный научно-практический симпозиум «Прогрессивные технологии и оборудование: текстиль, одежда, обувь» : сборник материалов, Витебск, 3 ноября 2020 г. / УО «ВГТУ». – Витебск, 2020. – С. 52–55.

30–А. Ленько, К. А. Получение махровых изделий с использованием биоумягченной хлопковой пряжи / К. А. Ленько, Н. Н. Ясинская, Н. В. Скобова // Сборник материалов Международной научно-технической конференции «Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности» (ИННОВАЦИИ – 2020) : Москва, 12 ноября 2020 г. / Российский государственный университет им. Косыгина. – Москва, 2020. – Ч.1. – С. 52–55.

31–А. Ленько, К. А. Деформационно-прочностные характеристики биообработанных швов / К. А. Ленько, Н. Н. Ясинская, Н. В. Скобова, Д. Л. Лисовский // Сборник научных трудов Всероссийского круглого стола с международным участием «Проблемы текстильной отрасли и пути их решения» : Москва, 22 декабря 2020 г. / Российский государственный университет им. Косыгина. – Москва, 2021. – С. 130–133.

32–А. Ленько, К. А. Современный подход к разработке новых форм текстильных материалов и изделий / К. А. Ленько, Н. В. Скобова, Н. Н. Ясинская // Материалы I Международной научно-практической конференции, посвященной Ф.М. Пармону «Мода (Материалы. Одежда. Дизайн. Аксессуары)» : Москва, 5–7

апреля 2021 г. / Российский государственный университет им. Косыгина. – Москва, 2021. – Ч. 1. – С. 203–207.

33–А. Ленько, К. А. Решение экологических проблем отделочного производства путем внедрения биотехнологии отварки текстильных материалов / К. А. Ленько, Н. В. Скобова, Н. Н. Ясинская // XV Международная научная конференция аспирантов и обучающихся «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов» : сборник материалов, Донецк, 13–15 апреля 2021 г. / ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет». – Донецк, 2021. – С. 96–98.

34–А. Ленько, К. А. Исследование влияния ферментов в составе аппретирующей композиции на свойства хлопчатобумажных тканей / К. А. Ленько, Н. Н. Ясинская, Н. В. Скобова, Д. Л. Лисовский // Международная научно-практическая конференция «Современные концепции обеспечения качества изделий хлопковой, текстильной и легкой промышленности» : сборник научных трудов, Намаган, 21–22 апреля 2021 г. / Намаганский Механико-технологический институт. – Намаган, 2021. – С. 82–84.

35–А. Ленько, К. А. Влияние условий промывки на усадку хлопчатобумажных тканей / К. А. Ленько, Н. В. Скобова, Н. Н. Ясинская // Национальная молодежная научно-техническая конференция «Молодые ученые – развитию национальной технологической инициативы» (ПОИСК-2021) : сборник материалов, Иваново, 27–29 апреля 2021 г. / Текстильный институт ФГБОУ ВПО «ИВГПУ». – Иваново, 2021. – С. 69–72.

36–А. Ленько, К. А. Исследование степени фиксации красителя в волокне биообработанных хлопчатобумажных тканей / К. А. Ленько, Н. Н. Ясинская, Н. В. Скобова, Д. Л. Лисовский // Материалы докладов 54-й Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов : в 2 т., Витебск, 28 апреля 2021 г. / УО «ВГТУ». — Витебск, 2021 — С. 274–277.

37–А. Ленько, К. А. Оценка драпируемости хлопчатобумажной ткани с использованием 3D-сканирования / К. А. Ленько, Н. В. Скобова, Н. Н. Ясинская, Д. Л. Лисовский // Международная научно-исследовательская конференция «Молодежная наука в XXI веке: традиции, инновации, векторы развития» : сборник материалов, Оренбург, 28–30 апреля 2021 г. / Оренбургский институт путей сообщения. – Оренбург, 2021. – С. 43–47.

38–А. Ленько, К. А. Влияние состава аппретирующей композиции на гигроскопические свойства постельных хлопчатобумажных тканей / К. А. Ленько, Н. Н. Ясинская, Н. В. Скобова, Д. Л. Лисовский // Сборник научных трудов Международной научной конференции, посвященной 150-летию со дня рождения профессора Н.А. Васильева : Москва, 26 мая 2021 г. / Российский государственный университет им. Косыгина. – Москва, 2021. – Ч. 2. – С. 45–50.

39–А. Ленько, К. А. Модифицированная методика определения тангенциального сопротивления методом наклонной плоскости тканей различной плотности после аппретирования / К. А. Ленько, Н. Н. Ясинская, Н. В. Скобова, Ю. И. Марущак // Круглый стол с международным участием «Теория и практика экспертизы, технического регулирования и подтверждения соответствия

продукции» : сборник научных трудов, Москва, 31 мая 2021 г. / Российский государственный университет им. Косыгина. – Москва, 2021. – С. 171–176.

40—А. Yasinskaya, N. N. Method for refining terry products using biotechnology / N. N. Yasinskaya, K. A. Lenko, N. V. Skobova, D. L. Lisovsky / AIP Conference Proceedings : INTERNATIONAL CONFERENCE ON TEXTILE AND APPAREL INNOVATION (ICTAI 2021): Vitebsk, 8–10 июня 2021 г. / Vitebsk State Technological University. – Vitebsk, 2022. – Vol. 2430. – P. 070004.

41—А. Ленько, К. А. Рациональная технология умягчающей отделки льносодержащих махровых изделий / К. А. Ленько, Н. Н. Ясинская, Н. В. Скобова, Д. Л. Лисовский // XXIV Международный научно-практический форум «SMARTEX-2021» Физика волокнистых материалов: структура, свойства, научноемкие технологии и материалы» : сборник материалов, Иваново, 12–14 октября 2021 г. / Текстильный институт ФГБОУ ВПО «ИВГПУ». – Иваново, 2021. – С. 236–241.

42—А. Ленько, К. А. Использование ферментов в технологиях умягчения хлопчатобумажных постельных тканей / К. А. Ленько, Н. Н. Ясинская, Н. В. Скобова, Д. Л. Лисовский // Международный научно-технический симпозиум «Современные инженерные проблемы в производстве товаров народного потребления» : сборник научных трудов, Москва, 20–21 октября 2021 г. / Российский государственный университет им. Косыгина. – Москва, 2021. – С. 72–77.

43—А. Ленько, К. А. Триботехнические характеристики хлопчатобумажных тканей после биоумягчения ферментсодержащей композицией / К. А. Ленько, Н. В. Скобова, Н. Н. Ясинская, Д. Л. Лисовский // Материалы XIX Всероссийской научно-практической конференции «Молодежь. Наука. Творчество» : Омск, 9–11 ноября 2021 г. / Омский государственный технический университет. – Омск, 2021. – С. 216–219.

44—А. Lenko, K. A. Enzyme-containing silicone composition in the technology of softening cotton fabrics / N. N. Yasinskaya, N. V. Skobova, D. L. Lisovsky // Материалы VI Международной научно-практической конференции «Education and science in the 21 century» : Витебск, 11 ноября 2021 г. / УО «ВГТУ». – Витебск, 2021. – С. 24–27.

45—А. Ленько, К. А. Исследование смачивающей способности текстильных материалов после обработки ферментсодержащими композициями / К. А. Ленько, Н. В. Скобова, Н. Н. Ясинская, Д. Л. Лисовский // Материалы Международной научно-технической конференции «Легкая промышленность: проблемы и перспективы» : Омск, 24 ноября 2021 г. / Омский государственный технический университет. – Омск, 2021. – С. 59–63.

46—А. Ленько, К. А. Перманентность эффекта биоумягчения после многократных стирок / К. А. Ленько, Н. Н. Ясинская, Н. В. Скобова // X Форум вузов инженерно-технологического профиля союзного государства : сборник материалов, Минск, 6–10 декабря 2021 г. / Белорусский национальный технический университет. – Минск, 2021. – С. 84–85.

47–А. Ленько, К. А. Влияние биоотварки на содержание воскообразных и жировых примесей хлопка / К. А. Ленько, Н.Н. Ясинская // Материалы всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Научные исследования и разработки в области дизайна и технологий» : Кострома, 24–25 марта 2022 г. / Костромской государственный университет. – Кострома, 2022. – Ч. 2. – С. 70–74.

48–А. Марущак, Ю. И. Исследование влияния скорости на коэффициент тангенциального сопротивления текстильных полотен / Ю. И. Марущак, Н. Н. Ясинская, И. А. Петюль, К. А. Ленько // Техническая научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов : Молдова, 29–31 марта 2022 г. / Технический университет Молдовы. – Молдова, 2022. – Ч. 2. – С. 468–471.

49–А. Марущак, Ю. И. Влияние площади контакта материалов на коэффициент тангенциального сопротивления тканей / Ю. И. Марущак, Н. Н. Ясинская, И. А. Петюль, К. А. Ленько // XXX Международная научно-практическая конференция аспирантов, магистрантов и студентов «Физика конденсированного состояния» : сборник материалов, Гродно, 7–8 апреля 2022 г. / Гродненский государственный университет им. Янки Купалы. – Гродно, 2022. – С. 227–230.

50–А. Ленько, К. А. Степень суммарной очистки хлопка от сопутствующих примесей после биоотварки / К. А. Ленько, Н. Н. Ясинская // Материалы международной научно-практической конференции «Производственные системы будущего: опыт внедрения Lean и экологических решений» : Кемерово, 13–14 апреля 2022 г. / Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева. – Кемерово, 2022. – С. 5131–5135.

51–А. Марущак, Ю. И. Исследование тухе хлопчатобумажных текстильных материалов после умягчающей отделки ферментсодержащими композициями / Ю. И. Марущак, Н. Н. Ясинская, И. А. Петюль, К. А. Ленько // Всероссийская научная конференция молодых исследователей с международным участием «Инновационное развитие техники и технологий в промышленности» (ИНТЕКС 2022) : сборник материалов, Москва, 18–20 апреля 2022 г. / Российский государственный университет им. Косыгина. – Москва, 2022. – Ч. 2 – С. 81–85.

52–А. Ленько, К. А. Экологизация операции отварки в процессе подготовки хлопчатобумажных текстильных материалов / К. А. Ленько, Н. Н. Ясинская // Международная научно-практическая конференция «Экология и общество: баланс интересов» : сборник материалов, Вологда, 20–22 апреля 2022 г. / Вологодский научный центр РАН. – Вологда, 2022. – С. 105–111

53–А. Ленько, К. А. Влияние режимов отварки на степень повреждения целлюлозы / К. А. Ленько, Н. Н. Ясинская // Материалы докладов 55-й Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов : в 2 т., Витебск, 27 апреля 2022 г. / УО «ВГТУ». — Витебск, 2022. – Т. 1. – С. 321–324.

54–А. Марущак, Ю. И. Исследование коэффициента тангенциального сопротивления методом горизонтальной плоскости / Ю. И. Марущак, Н. Н. Ясинская, И. А. Петюль, К. А. Ленько // Материалы докладов 55-й

Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов : в 2 т., Витебск, 27 апреля 2022 г. / УО «ВГТУ». – Витебск, 2022. – Т.1. – С. 324–327

55–А. Ленько, К. А. Исследование оптической плотности сернокислых растворов целлюлозы после отварки как ключевой фактор экологизации / К. А. Ленько, Н. Н. Ясинская // Материалы докладов 55-й Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов : в 2 т., Витебск, 27 апреля 2022 г. / УО «ВГТУ». — Витебск, 2022. – Т.2. – С.400–403.

56–А. Марущак, Ю. И. Адаптация методики определения тангенциального сопротивления тканых текстильных материалов, прошедших биохимическую обработку / К. А. Ленько, Н. Н. Ясинская, И. А. Петюль // XXV Международный научно-практический форум (SMARTEX-2022) «Физика волокнистых материалов: структура, свойства, научноемкие технологии и материалы» : сборник материалов, Иваново, 6–7 октября 2022 г. / Текстильный институт ФГБОУ ВПО «ИВГПУ». – Иваново, 2022. – С. 244–249.

57–А. Ленько, К. А. Анализ содержания зольных примесей хлопка после биохимической подготовки ткани к крашению / К. А. Ленько, Н. Н. Ясинская // Международная научно-техническая конференция «Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ-2022)» : сборник материалов., Москва, 16 ноября 2022 г. / Российский государственный университет им. Косыгина. – Москва, 2022. – Ч. 2. – С. 138–141.

58–А. Ленько, К. А. Биохимическая технология отварки как способ повышения экологичности подготовки хлопчатобумажных тканей к крашению / К. А. Ленько, Н. Н. Ясинская, Д. Л. Лисовский, А. С. Рафиков // Сборник материалов научно-практической конференции «Формирование рынка инновационной продукции Беларусь-Узбекистан» : Минск, 14–15 марта 2023 г. / Белорусский национальный технический университет. – Минск, 2023. – С. 225–227.

59–А. Ленько, К. А. Ресурсосберегающая технология биохимической обработки текстильных материалов и методика оценки её эффективности / К. А. Ленько, Ю. И. Марущак // II Международная научно-практическая конференция «Производственные системы будущего: опыт внедрения Lean и экологических решений» : сборник материалов, Кемерово, 6–7 апреля 2023 г. / Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева. – Кемерово, 2023. – С. 5141–5147.

60–А. Ленько, К. А. Биотехнология как экологическая альтернатива классической подготовке целлюлозных текстильных материалов к крашению / К. А. Ленько, Н. Н. Ясинская // Научно-практическая конференция «Беларусь-Китай: контуры инновационно-технологического сотрудничества» : сборник материалов, Минск, 19–20 октября 2023 г. / Белорусский национальный технический университет. – Минск, 2023. – С. 147–148.

61–А. Ленько, К. А. Влияние температурных режимов на качественные показатели хлопчатобумажных тканей после биоотварки / К. А. Ленько, Н. Н. Ясинская // Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Научные исследования и разработки в области дизайна и технологий» : сборник материалов, Кострома, 20–22 марта 2024 г. / Кузбасский

государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева. – Кемерово, 2024. – С. 371–374.

62–А. Ленько, К. А. Биотехнология как экологически чистая альтернатива обработки хлопчатобумажных тканей и оценка ее эффективности / К. А. Ленько, Ю. И. Марущак, Н. Н. Ясинская, А. Т. Ибрагимов // “Energetika kompleksining dolzarb muammolari: ishlab chiquarish, uzatish va ecologiya” mavzusidagi xalqaro ilmiy-texnik anjumani materiallari to’plami: Qarshi, 25–26 aprel 2024-yil, / Qarshi shahri, 2024. – С. 349–354.

### **Тезисы докладов конференций:**

63–А. Ленько, К. А. Влияние биообработки на раздвигаемость нитей ткани в шве / К. А. Ленько, Н. Н. Ясинская, Н. В. Скобова // Тезисы докладов VI Республиканской научно-технической конференции молодых ученых, посвящённой памяти члена-корреспондента НАН Беларуси С.С. Песецкого «Новые функциональные материалы, современные технологии и методы исследования» : Гомель, 9–20 ноября 2020 г. / ИММС НАН Беларуси. – Гомель, 2020. – С.46.

64–А. Марущак, Ю. И. Методика оценки тангенциального сопротивления тканей после умягчающей отделки / Ю. И. Марущак, К. А. Ленько, Н. Н. Ясинская, Н. В. Скобова // Тезисы докладов II Всероссийской научной студенческой конференции с Международным участием «Иновационные текстильные технологии» : Москва, 25 ноября 2021 г. / Российский государственный университет им. Косыгина. – Москва, 2021. – С. 42.

65–А. Марущак Ю. И. Экспериментальное сравнение методик определения фрикционных свойств текстильных полотен/ Ю. И. Марущак, К. А. Ленько, Н. Н. Ясинская // Международная научно-техническая конференция «Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности» : сборник материалов, Могилёв, 27-28 октября 2022 г. / Белорусско-российский университет. – Могилёв, 2022. – С. 148.

### **Прочие публикации:**

66–А. Котко (Ленько), К. А. Инновационная биотехнология подготовки целлюлозосодержащих текстильных материалов / К. А. Котко, Н. Н. Ясинская, Н. В. Скобова // Сборник научных работ студентов Республики Беларусь «НИРС 2018» : Минск, 2019 г. / УО «Белорусский государственных университет». – Минск, 2019. – С. 168–170.

## **РЕЗЮМЕ**

**Ленько Ксения Александровна**

### **Технология отделки хлопчатобумажных тканей с использованием полиферментных композиций из отечественных препаратов**

**Ключевые слова:** биотехнология, фермент, хлопчатобумажная ткань, подготовка к колорированию, расшлихтовка, отварка, заключительная отделка

**Цель работы:** разработка композиций с использованием белорусских полиферментных составов для повышения функциональных и потребительских свойств текстильных материалов, а также снижения энергоемкости и повышения экологической безопасности текстильных технологий.

**Методы исследования и использованная аппаратура:** определение коэффициента драпируемости методом 3D сканирования осуществлялось с использованием портативного 3D-сканера ARTEC SPIDER. Для исследования содержания примесей хлопкового волокна использовался аппарат Соклета, спектрофотометр РВ 2201, муфельная печь LF-7/13-G1, ротационный вискозиметр Lamy Rheology RM100 PLUS. Исследование структуры хлопкового волокна осуществлялось методом электронной микроскопии с помощью микроскопа Альтами MET5. Для исследования физико-механических свойств использованы электронные весы Radwag AS 220/c/2, разрывная машина ИП 5158-5.

**Полученные результаты и их новизна:** предложены новые составы отечественных полиферментных композиций для подготовки хлопчатобумажных текстильных материалов к колорированию. Получены математические зависимости свойств хлопчатобумажных тканей от режимов биообработки и составов полиферментных композиций отечественного производства, позволяющих обеспечить высокие показатели качества их подготовки к колорированию. Впервые экспериментально подтверждена гипотеза о возможности применения ферментосодержащих силиконовых композиций в операциях умягчающей заключительной отделки хлопчатобумажных тканей. Получены математические зависимости, описывающие влияние концентрации композиции и активности фермента на свойства хлопчатобумажных тканей. Предложены схемы возможных технологических процессов и разработаны рекомендации по выбору составов рабочих растворов для ферментной обработки хлопчатобумажных тканей поверхностной плотности 100–300 г/м<sup>2</sup>.

**Рекомендации по использованию:** полученные результаты могут быть использованы в операциях отделки хлопчатобумажных текстильных материалов с целью расширения ассортимента, сокращения энергетических и водных ресурсов, негативного воздействия на окружающую среду, а также производственных затрат за счет импортозамещения применяемых полиферментных композиций.

**Область применения:** полученные результаты могут быть реализованы при производстве хлопчатобумажных текстильных материалов.

## РЭЗЮМЭ

Лянько Ксенія Аляксандраўна

### Тэхналогія аздаблення баваўняных тканін з выкарыстаннем поліферментных кампазіцый з айчынных прэпаратаў

**Ключавыя слова:** біятэхналогія, фермент, баваўняная тканіна, фарбавальная падрыхтоўка, праклейка, кіпячэнне, канчатковая аздабленне

**Мэта работы:** распрацоўка кампазіцый з выкарыстаннем беларускіх поліферментных кампазіцый для паляпшэння функцыянальных і спажывецкіх уласцівасцей тэкстыльных матэрыялаў, а таксама зніжэння энергаёмістасці і павышэння экалагічнай бяспекі тэкстыльных тэхналогій.

**Метады даследавання і выкарыстаная апаратура:** вызначэнне каэфіцыента драпіроўкі метадам 3D-сканавання праводзілася з дапамогай партатыўнага 3D-сканера ARTEC SPIDER. Для вывучэння ўтрымання прымешак у баваўняным валакне выкарыстоўвалі апарат Соклета, спектрафатометр RV 2201, муфельную печ LF-7/13-G1, ратацыйны віскозіметр Lamy Rheology RM100 PLUS. Даследаванне структуры баваўнянага валакна праводзілася метадам электроннай мікраскалі з дапамогай мікраскопа Altami MET5. Для вывучэння фізіка-механічных уласцівасцей выкарыстоўваліся электронныя вагі Radwag AS 220/c/2 і разрыўная машина IP 5158-5.

**Атрыманыя вынікі і іх навізна:** прапанаваны новыя склады айчынных поліферментных кампазіцый для падрыхтоўкі баваўняных тэкстыльных матэрыялаў да афарбоўкі. Атрыманы матэматычныя залежнасці уласцівасцей баваўняных тканін ад рэжымаў біяапрацоўкі і складу поліферментных кампазіцый айчыннай вытворчасці, якія дазваляюць забяспечыць высокія якасныя паказчыкі іх падрыхтоўкі да фарбавання. Упершыню эксперыментальна пацверджана гіпотэза аб магчымасці выкарыстання ферментазмяшчальных сіліконавых кампазіцый у аперацыях змякчальнай канчатковай аздаблення баваўняных тканін. Атрыманы матэматычныя залежнасці, якія апісваюць уплыў канцэнтрацыі кампазіціў і актыўнасці фермента на ўласцівасці баваўняных тканін. Пропанаваны схемы магчымых тэхналагічных працэсаў і распрацаваны рэкамендацыі па выбары саставаў рабочых раствороў для ферментнай апрацоўкі баваўняных тканін з павярхойнай шчыльнасцю 100–300 г/м<sup>2</sup>.

**Рэкамендацыі па выкарыстанні:** атрыманыя вынікі могуць быць выкарыстаны ў аперацыях па аздабленні баваўняных тэкстыльных матэрыялаў для пашырэння асартыменту, зніжэння энегра- і водных рэсурсаў, негатыўнага ўздзеяння на навакольнае асяроддзе, а таксама сабекошту прадукцыі за кошт імпартазамяшчэння выкарыстоўваних поліферментных кампазіцый.

**Сфера прымянеñні:** атрыманыя вынікі могуць быць рэалізаваны ў вытворчасці баваўняных тэкстыльных матэрыялаў.

## SUMMARY

Lenko Ksenia Aleksandrovna

### Technology of cotton fabric finishing using polyenzyme compositions from domestic preparations

**Key words:** biotechnology, enzyme, cotton fabric, preparation for dyeing, desizing, scouring, final finishing

**Aim of the research:** development of compositions using Belarusian polyenzyme compounds to improve the functional and consumer properties of textile materials, as well as reduce energy consumption and improve the environmental safety of textile technologies.

**Research methods and equipment used:** determination of the drape coefficient by 3D scanning was carried out using a portable 3D scanner ARTEC SPIDER. The content of impurities in cotton fiber was studied with a Soxhlet apparatus, a spectrophotometer RV 2201, a muffle furnace LF-7/13-G1, a rotational viscometer Lamy Rheology RM100 PLUS. The structure of cotton fiber was studied using electron microscopy with an Altami MET5 microscope. Radwag AS 220/c/2 electronic scales and an IP 5158-5 tensile testing machine were used to study the physical and mechanical properties.

**The results obtained and their novelty:** new compositions of domestic polyenzyme compositions for preparing cotton textile materials for coloring were proposed. Mathematical dependencies of the properties of cotton fabrics on the modes of bioprocessing and compositions of domestic polyenzyme compositions were obtained, allowing for high quality indicators of their preparation for dyeing. For the first time, the hypothesis of the possibility of using enzyme-containing silicone compositions in softening final finishing operations for cotton fabrics was experimentally confirmed. Mathematical dependencies were obtained describing the effect of composition concentration and enzyme activity on the properties of cotton fabrics. Possible technological process schemes are proposed and recommendations for the selection of working solution compositions for enzymatic treatment of cotton fabrics with a surface density of 100–300 g/m<sup>2</sup> are developed.

**Recommendations for use:** the results obtained can be used in finishing operations of cotton textile materials in order to expand the range, reduce energy and water resources, negative impact on the environment, and production costs due to import substitution of the applied polyenzyme compositions.

**Scope:** the results obtained can be implemented in the production of cotton textile materials.



**ЛЕНЬКО  
КСЕНИЯ АЛЕКСАНДРОВНА**

**ТЕХНОЛОГИЯ ОТДЕЛКИ ХЛОПЧАТОБУМАЖНЫХ ТКАНЕЙ С  
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОЛИФЕРМЕНТНЫХ КОМПОЗИЦИЙ ИЗ  
ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ПРЕПАРАТОВ**

Автореферат диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук  
по специальности 05.19.02 – «Технология и первичная обработка текстильных  
материалов и сырья»

---

Подписано к печати 05.09.2025. Формат 60×90 1/16. Усл. печ. листов 1,9.  
Уч.-изд. листов 2,4. Тираж 80 экз. Заказ № 174

Отпечатано на базе издательского сектора учреждения образования  
«Витебский государственный технологический университет».  
210038, Республика Беларусь, г. Витебск, Московский пр-т, 72  
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,  
распространителя печатных изданий № 1/172 от 12 февраля 2014 г.  
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,  
распространителя печатных изданий № 3/1497 от 30 мая 2017 г.