

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
профессионального образования

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ДИЗАЙНА И ТЕХНОЛОГИИ

На правах рукописи

Якутина Наталья Владимировна

Исследование свойств модифицированных
льняных тканей, обеспечивающих улучшение
гигиенических и экологических показателей

Специальность: 05.19.01 – «Материаловедение производств текстильной и легкой
промышленности»

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель д.х.н., проф. Артемов А. В.

Москва – 2015 г.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ

I. ИНФОРМАЦИОННО АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР

1.1. Анализ современного состояния льняной промышленности в России и мире.....	11
1.2. Экологические аспекты переработки льна.....	17
1.3. Особенности вегетации и основных процессов переработки льна, характеризующие его органический и неорганический состав.....	20
1.4. Нормирование содержание химических веществ в текстильной продукции.....	40
1.5. Сравнительный анализ гигиенических, функциональных и медико-биологических свойств текстильных изделий из льна.....	44
1.6. Методы модифицирования текстильных материалов.....	55
Выводы по первой главе.....	60

II. МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТОВ И МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1. Объекты исследования.....	61
2.1.1. Текстильные материалы.....	61
2.1.2. Сырье льняного производства.....	63
2.1.3. Компоненты экстрактов, полученных из льняного сырья...	64
2.2. Методы исследования.....	65
2.2.1. Методика обработки статистических данных с расчетом ошибки эксперимента.....	66
2.2.2. Метод экспертных оценок.....	68
2.2.3. Метод непосредственного оценивания.....	68
2.2.4. Методика отбора и подготовки образцов.....	69
2.2.5. Метод микроскопического анализа	70
2.2.6. Метод спектрометрического анализа.....	70
2.2.7. Методика определения содержания формальдегида.....	71
2.2.8. Оценка гигиенических свойств текстильных материалов...	72

2.2.9. Методика определения гигроскопичности.....	73
2.2.10. Методика определения капиллярности.....	74
2.2.11. Методика определения влагоотдачи.....	75
2.2.12. Методика определения паропроницаемости.....	76
2.2.13. Методика определения пароёмкости.....	76
2.2.14. Методика оценки сорбции.....	77
2.2.15. Методика оценки массопроводности.....	80
2.2.16. Методика определения воздухопроницаемости.....	81
2.2.17. Методика изучения теплопроводности.....	82
2.2.18. Методика определения драпируемости текстильных материалов.....	84
2.2.19. Оценка физико-механических свойств текстильных Материалов.....	84
2.2.20. Методика оценки туше.....	85
2.2.21. Методика нанесения модифицирующей композиции на текстильный материал.....	88
2.2.21. Метод модифицирования текстильных материа- лов.....	88
2.2.22. Методика определения привеса текстильного материала после нанесения модифицирующей композиции.....	88
2.2.23. Методика оценки устойчивости к мокрым обработкам..	89
Выводы по второй главе.....	90
III. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ	
3. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ МОДИФИЦИРУЮЩЕЙ КОМПОЗИЦИИ НА ОСНОВЕ ЭКСТРАКТОВ ОРГАНИЧЕСКИХ БИОЛОГИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ ИЗ ЛЬНА	
3.1. Исследование органического состава льняного сырья.....	91
3.1.1. Органические вещества во льне на различных стадиях его первичной обработки.....	91
3.1.2. Определение содержания формальдегида во льне на	107

различных стадиях его первичной обработки.....	
3.2. Разработка технологии извлечения органических веществ из льна.....	109
3.2.1. Выбор метода извлечения веществ из льна экстракцией сжиженными газами.....	109
3.2.2. Общие принципы технологии выделения органических веществ из растительного сырья методом экстракции сжиженным CO ₂	111
3.2.3. Экстракция сжиженным CO ₂ органических веществ из льняного сырья.....	114
Выводы по третьей главе.....	119
4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ НОВЫХ СВОЙСТВ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ	
4.1. Исследование состава экстрактов, выделенных из льняного сырья, полученных по технологии CO ₂ -экстракции.....	120
4.2. Определение содержания полиненасыщенных жирных кислот в экстрактах из льняного сырья и продуктов его переработки.....	127
4.3. Разработка состава модифицирующей композиции из экстрактов органических биологически активных веществ.....	131
4.4. Моделирование механизма формирования модифицирующей структуры.....	132
4.5. Оценка гигиенических свойств модифицированных текстильных полотен.....	135
4.6. Исследование устойчивости свойств модифицированных текстильных материалов к мокрым обработкам.....	144
4.7. Исследование туше (гриф) методом экспертных оценок.....	145
4.8. Разработка готовых изделий в виде стелек из льняного модифицированного материала.....	148
Выводы по четвертой главе.....	151
ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ.....	152

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	154
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	168
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	174
ПРИЛОЖЕНИЕ В.....	176

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. Работа посвящена проектированию свойств текстильных материалов и изделий легкой промышленности с целью улучшения их гигиенических характеристик путем модифицирования органическими биологически активными веществами (БАВ), полученными из льна и продуктов его переработки.

Легкая промышленность всегда стремилась создавать продукцию, удовлетворяющую потребностям населения по физико-механическим, медико-биологическими, функциональными, эстетическими и др. свойствами. При этом люди всегда искали у природы лучшие вещества и создавали новые материалы с целью улучшить здоровье и сделать более комфортной среду пребывания организма. Хлопок и лён являются основным сырьем для производства изделий текстильной отрасли легкой промышленности. В настоящее время для России лён является оптимальным ежегодно восполняемым источником растительного сырья. Однако при переработке льна в текстильный материал происходит потеря полезных для человека органических биологически активных веществ, обеспечивающих гигиенические характеристики готовым изделиям. Поэтому, исследование и контроль качества сырья, полупродуктов и готовой продукции льняной отрасли легкой промышленности заслуживает особого внимания и изучения.

Эффективное использование растительного сырья и продуктов его переработки открывает новые перспективы в проектировании и прогнозировании свойств и показателей качества материалов и изделий легкой промышленности. Материалы, созданные подобным образом, обладают комплексом новых характеристик и находят применение в текстильной и кожевенно-обувной промышленности. Поэтому работа, посвященная созданию модифицированных материалов с новыми свойствами, является актуальной.

Цель и задачи исследования. Целью работы является проектирование новых свойств и показателей качества текстильных материалов путем модифицирования тканей комплексом органических биологически активных веществ из льна с

соблюдением ресурсосберегающих технологий, сохранением экологической чистоты и безопасности используемых компонентов.

Для достижения поставленной цели решены следующие задачи:

- осуществлен анализ комплекса проблем, связанных с переработкой льняного сырья;
- проведен анализ качества сырья льняной отрасли текстильной промышленности;
- осуществлена оценка технологии переработки льна и текстильного льняного производства;
- проведен анализ существующих методов исследования содержания органических и неорганических веществ в растительном материале и их извлечения;
- сформулированы рекомендации по организации технологического процесса подготовки и проведения процесса извлечения органических веществ из льняного сырья;
- разработана технология извлечения органических веществ из льняного сырья и продуктов переработки льна;
- проведены эксперименты по изучению медико-гигиенических свойств льняных текстильных материалов;
- разработан алгоритм расчета оценки капиллярных свойств текстильных изделий;
- проведена оценка методов проектирования и прогнозирования свойств и показателей качества материалов и изделий текстильной и легкой промышленности;
- определены основные методы для исследования свойств сырья, полупродуктов и готовой продукции текстильной промышленности.

Объект исследования - материалы из льна, используемые в текстильной и кожевенно-обувной промышленности; льняные лубяные культуры; медико-гигиенические свойства тканей.

Предмет исследования – технология придания текстильным материалам новых свойств; органический состав льна; льняное растительное сырье.

Научная новизна работы заключается в установлении:

- научно обоснованных методов оптимизации параметров структуры и свойств текстильных материалов в процессе придания тканям новых гигиенических характеристик;
- оптимального состава модифицирующей композиции из экстрактов биологически активных веществ;
- методов проектирования и прогнозирования свойств текстильных материалов;
- особенностей медико-биологических характеристик экологических свойств льна;
- способов комплексного использования всех продуктов переработки льна в качестве исходного сырья для извлечения органических биологически активных веществ;
- оптимальных экологически безопасных параметров проведения технологического процесса экстрагирования ценных компонентов из льняного сырья, обеспечивающих минимальное антропогенное воздействие процессов переработки льна на окружающую среду.

Научно-практическая значимость работы. Научно-практическую значимость представляют:

- модифицированные текстильные материалы с улучшенными гигиеническими свойствами, предложенные для применения в текстильной и кожевенно-обувной промышленности;
- возможности расширения сырьевой базы при получении текстильных материалов с комплексом новых свойств по модифицирующей технологии печати за счет использования материалов различного состава;
- методы по снижению отрицательного экологического воздействия на окружающую среду текстильной отрасли легкой промышленности;
- использование отечественного сырья (льняная составляющая) взамен импортной составляющей (хлопковое сырье);

– комплексная переработка льна по технологии устраняющей потери ценных веществ на первичных стадиях переработки льняного сырья.

Результаты диссертационного исследования прошли производственную апробацию на предприятии ООО «Аквелла».

Апробация и реализация результатов работы. Основные положения и результаты диссертации доложены, обсуждены и получили положительную оценку на:

- Заседаниях кафедр «Материаловедения», «Промышленной экологии и безопасности», «Химической технологии и промышленной экологии», «Промышленной безопасности, экологии и строительного проектирования»;

- Научных конференциях студентов и аспирантов «Молодые ученые – XXI веку» (г. Москва, 2010 г., 2012 г.);

- Международной научно-практической конференции «Инновационные и наукоемкие технологии в легкой промышленности» (г. Москва, 2010 г.);

- Международной научно-практической конференции «Достижения, инновационные направления, перспективы развития и проблемы современной медицинской науки, генетики и биотехнологий» (г. Екатеринбург, 2011);

- Международной научно-практической конференции «Интеллект и наука» (г. Железногорск, 2011 г.);

- XIX Менделеевском съезде по общей и прикладной химии. (г. Волгоград, 2011 г.);

- VI Всероссийском Фестивале науки (7 – 9 октября 2011 г.);

- Семинаре в ГОУ «Педагогическая академия» (г. Москва, 2011 г.);

- IV Международной научно-практической конференции (г. Краснодар, 2012 г.).

Диссертационная работа выполнена в рамках научно-исследовательских работ ФГБОУ ВПО «МГУДТ» по научному направлению «Инновационные технологии в индустрии моды» (2009 – 2013 гг.).

Полученные результаты диссертационной работы внедрены в учебный процесс на кафедрах «Химической технологии и промышленной экологии» и «Промышленной безопасности, экологии и строительного проектирования», которые используются при чтении лекций по дисциплинам направления 280700 «Техносферная безопасность»: «Теоретические основы защиты окружающей среды» в разделах «Экстракция из твердой

фазы», «Экстрагенты», «Экстракция сжиженным CO₂»; «Ресурсосберегающие технологии» в разделе «Использование вторичных ресурсов с целью получения полиненасыщенных жирных кислот»; «Основы токсикологии» в разделе «Токсикодинамика»; «Основы валеологии» в разделе «Оказание первой медицинской помощи при чрезвычайных ситуациях».

Собранная опытная лабораторная установка по изучению медико-гигиенических свойств материалов для текстильного и обувного производства используется студентами кафедры «Химической технологии и промышленной экологии» для выполнения дипломных бакалаврских и магистерских выпускных работ.

Публикации. Основные положения проведенных исследований опубликованы в 14 печатных работах, в том числе 4 – в журналах, которые входят в список, утвержденный Высшей аттестационной комиссией.

Структура и объем работы. По своей структуре диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, выводов, списка литературы и приложений. Объем диссертации составляют 177 страниц машинописного текста, включая 32 рисунка и 39 таблиц. Список использованных источников содержит 143 наименований. Приложения приведены на 12 страницах.

ГЛАВА I. ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР

1.1. Анализ современного состояния льняной промышленности в России и мире

История человеческой цивилизации напрямую связана с легкой промышленностью. С развитием человечества росли его потребности, в том числе в одежде и обуви, тканях, предметах интерьера, следовательно, развивалось текстильное, швейное, кожевенно-меховое и обувное производства. Сегодня к легкой промышленности относят наиболее крупные подотрасли: текстильная (включает хлопчатобумажную, шерстяную, льняную, пенько-джуттовую, шелковую и т.д.), швейная, кожевенная, меховая, обувная, искусственных кож и полимерно-пленочных материалов [11].

Большое народнохозяйственное значение по своим ценным потребительским свойствам имеют натуральные растительные хлопчатобумажные и льняные ткани. Производство льняных тканей – старейшая традиционная отрасль текстильной промышленности, размещение которой в мире в наибольшей степени совпадает с географическим размещением сырьевой базы.

По описаниям древних историков льнопроизводство в мире всегда было широко распространено (Индия, Ассирия, Вавилон, Древний Египет, Древняя Греция, славянские племена, страны Азии и др.). Лен-культура умеренного климатического пояса с повышенной влажностью воздуха. В настоящее время возделыванием льна занимаются более десяти стран, в том числе Китай, Франция, Россия, страны СНГ, Канада и др [92].

По объему мирового производства льняные ткани значительно уступают хлопчатобумажным. На долю льняных тканей приходится около 6% общего объема производства тканей. Однако, они обладают уникальными гигиеническими свойствами, обеспечивающими комфорт и сохранение здоровья человека. Благодаря высоким эстетическим свойствам и износостойкости они незаменимы для многих видов изделий бытового и технического назначения [6].

В настоящее время в мире определилась устойчивая тенденция к росту использования льна при производстве одежды, постельного белья, трикотажа и других изделий в связи с их высокими потребительскими свойствами. Льносеющие страны ведут политику по увеличению посевов и производства льна.

Конец XX – начало XXI века во всем мире ознаменовался льняным бумом. США довели посевы льна до 400 тыс. га в год. В Канаде ежегодно засевают льном 800 тыс. га. Китай засекает льном около 600 тыс. гектаров. Страны Западной Европы на протяжении ряда лет собирают устойчивые урожаи льна и осуществляют программы увеличения производства льноволокна («Саксонский лён», «Скандинавский лён»).

Сегодня площадь посева культуры льна в мире превышает 0,5 млн. га. Ежегодный объем производства льняного волокна составляет более 0,6 млн. т., льносемян – 140 тыс. т. Годовое производство льноволокна в мире по данным Продовольственной и сельскохозяйственной Организации Объединенных Наций в течение 2011 – 2014 годов составляло в среднем около 2,24 млн. т. Из них на долю России приходилось около 60 тыс. т. [1].

До 80-х годов XX века Россия занимала первое место в мире по валовому сбору льноволокна и являлась одним из основных поставщиков льняного сырья в страны Западной Европы. Выращивание льна было сосредоточено в основном в нечерноземных регионах. В 80-е годы в России производилось 200 – 240 тыс. т. льноволокна. Для переработки льносырья была создана целая сеть льнозаводов. Развитие получила перерабатывающая и текстильная промышленность, работающая на льноволокне. В Вологодской, Костромской, Псковской и других областях работало более 60-ти крупных фабрик и льнокомбинатов.

В СССР выращивался как хлопок и лен. После распада СССР и отделения южных союзных республик и превращения их в самостоятельные государства, ареалы выращивания данных технических культур разделились. В России, в связи с климатическими условиями, выращивается только лён, а в южных республиках – только хлопок [8, 10].

В 1993 году в России посевные площади сократились почти в два раза по сравнению с 80-ми годами XX века. Сокращение производства льноволокна отразилось на состоянии текстильной промышленности. С целью улучшения положения в льняном комплексе Правительством Российской Федерации было принято постановление от 25 августа 1993 г. № 863 «Об утверждении федеральной целевой программы «Возрождение российского льна» [12]. В 1996 – 2001 годах предпринимались попытки сохранить льняной комплекс страны за счет федеральных целевых программ. Так правительство РФ постановило финансировать Федеральную целевую программу «Развитие льняного комплекса России на 1996 – 2000 годы» [7].

По прошествии десяти лет с начала реализации Федеральной целевой программы «Развитие льняного комплекса России на 1996 – 2001 годы» удалось значительно повысить роль льняного комплекса в экономике страны. Это выражается в том, что структура промышленного производства льняной отрасли стала более эффективной, многие виды ее продукции нашли широкое применение для изделий медицинского и санитарно-гигиенического назначения (антимикробные медицинские салфетки и перевязочные средства, изделия для ухода за лежачими больными, постельное и лечебное белье и т.д.), льняная хирургическая нить, льняная и льнохлопковая медицинская гигроскопическая вата, ткани для мебели и текстильных обоев, геотекстиль и др. [19].

Ко второму десятилетию XXI в. льняные ткани выпускались в 11 субъектах РФ (рис. 1.1), среди которых на первом месте – Костромская область. Из предприятий области наибольший объем производства льняных тканей приходился на ООО «БКЛМ-Актив», ООО «Льнообъединение им. Зворыкина». Далее следуют Псковская область (ООО «Велиткан»), Ивановская область (ООО «Яковлевская мануфактура» и АО «Гаврилов-Ямский льнокомбинат»). Большая часть выпуска продукции сосредоточена на предприятиях: ООО «Приволжская отделочная фабрика», ООО «БКЛМ-Актив», ОАО «Вологодский текстиль» [112].

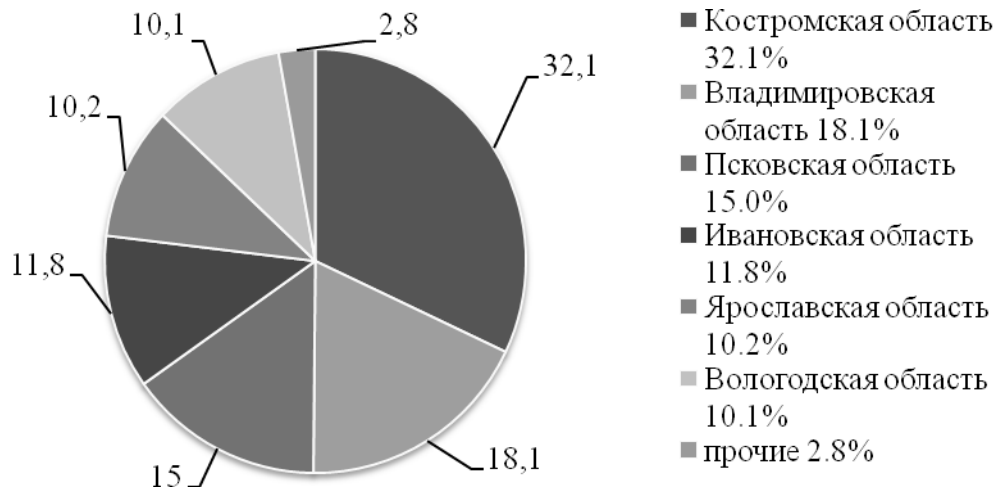


Рисунок 1.1. Региональная структура производства льняных тканей к концу первого десятилетия XXI в.

Площади посева льна к 2011 год составляли около 56 тыс. га., было произведено 33 тыс. тонн льноволокна. Урожайность льна в России на уровне 7 – 10 ц/га. Посевные площади за последние годы составляют 12 – 15 % посевов России и 35 – 40 % – в Центральном федеральном округе.

Доля льняных тканей на отечественном рынке тканей около 6%. Из-за дороговизны льняных изделий более трети продукции отечественных фирм идет на экспорт в страны ЕС, США и Канаду. Основу экспорта составляют льняные ткани с низким уровнем обработки. Окрашивание и оформление полотна осуществляется за границей.

Интерес российских производителей к зарубежным рынкам с каждым годом растет. Спрос на ткани из льна российского производства формируется в основном в Италии и Турции, на которые приходится 34% и 27% всего вывоза льняных тканей из России. По оценкам отраслевых экспертов, спрос на льносодержащие ткани на мировом рынке устойчиво растет. Это связано со стремительным ростом цен на хлопковое сырье.

В 2008-2012 годах были осуществлены Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продук-

ции, сырья и продовольствия на 2008-2012 годы, а также Целевая программа Министерства сельского хозяйства «Развитие льняного комплекса России на 2008-2012 гг.» (табл. 1.2) Целью данных программ являлось создание отечественной сырьевой базы и увеличение производства отечественной льнопродукции.

Таблица 1.1.

Развитие льняного комплекса

Показатель	Годы		
	2008	2010	2015 (план)
Площадь посева льна-долгунца, тыс. га	80	120	140
Урожайность, ц/га:			
- льноволокна	7,8	8,0	не менее 9,0
- льносемян	1,5	2,5	не менее 3,0
Производство, тыс. т.			
- льноволокна	77	96,0	не менее 130,0
- льносемян	9	36,7	не менее 45,0
Выработка льняного масла, т:			
- медицинского	300	500	не менее 600
- пищевого	-	200	не менее 400

Для определения путей и способов, обеспечивающих восстановление и развитие льняного комплекса России, в соответствии с поручением Правительства РФ от 23 ноября 2011 года №ВП-П11-8378 разработана Концепция Федеральной целевой программы (ФЦП) «Развитие льняного комплекса России на период до 2020 года» [88].

В стратегии развития легкой промышленности до 2020 г. предусмотрено, что объем производства льняных тканей к 2020 г. увеличится в 2,3 раза по отношению к 2009 г. и составит 122,2 млн кв. м. Анализ тенденций развития как мировой, так и отечественной текстильной и швейной промышленности определяет годовую потребность России в льноволокне к 2020 году. Она составит 185 тыс. т, из них 122 тыс. т придутся на выпуск льняных и полульняных тканей, 63 тыс. т – на выпуск ваты, целлюлозы, нетканых материалов и строительных утеплителей.

Такой резкий подъем производства и глубокой переработки льноволокна невозможен без масштабной государственной поддержки [65, 80].

Основными целями программы являются повышение конкурентоспособности продукции льняного комплекса России и удовлетворение совокупного спроса потребителей в льняной продукции. Для достижения указанных целей необходимо создать отечественную сырьевую базу лубяных волокон, повысить качество льняного сырья, запустить новые производства по глубокой переработке короткого волокна. Планируется осуществление различных мероприятий, среди которых в рамках нашей работы представляют интерес:

- Разработка современных технологий производства тканей и нового поколения экопродукции медицинского и санитарно-гигиенического назначения на основе использования уникальных природных свойств льна (гигроскопичность, повышенная капиллярность, влагопоглощение, антисептичность, атравматичность, экологичность, повышенная комфортность и др.);
- Создание тканей, обладающих защитными свойствами по отношению к микроорганизмам, температурным перепадам и механическим воздействиям.
- Получение льняных текстильных изделий и композиционных материалов на основе биохимических методов глубокой переработки отечественного льняного сырья.
- Разработка безотходных технологий глубокой переработки льна, повышающих рентабельность льняного комплекса и создающих альтернативные источники целлюлозы для производства ценных пищевых продуктов, фармацевтической и косметической продукции, экологически безопасного топлива и органоминеральных комплексов [49].

С ростом темпов развития производств продукции легкой промышленности растет нагрузка на окружающую среду. Применяемые технологии зачастую являются малоэффективными и экологически небезопасными за счет применения вредных химических материалов (соли тяжелых металлов, фенолсодержащие соединения, растворители, кислоты, красители и др.). Эти загрязняющие вещества сбрасываются со сточными водами в гидросферу, выбрасываются в атмосферный

воздух и накапливаются в отходах производства.

Поэтому одной из важнейших проблем современного этапа развития льняной отрасли в рамках Федеральной целевой программы «Развитие льняного комплекса России на период до 2020 года» является разработка способов и методов переработки растительного сырья и отходов, очистки сточных вод и выбросов, позволяющих снизить экологическую нагрузку на окружающую среду.

Мировой технический уровень современных предприятий позволяет применять безотходные технологии переработки льна, повышающие рентабельность льняного комплекса и создающие альтернативные источники целлюлозы для производства ценных пищевых продуктов, фармацевтической и косметической продукции, экологически безопасных альтернативных источников топлива и строительных материалов на основе отходов льнотресты.

Подъем льняного производства и текстильной промышленности России на основе собственной сырьевой базы представляется стратегически важным для страны, так как дает возможность вдвое сократить импорт хлопка и системно использования аграрно-промышленный потенциал Смоленской, Тверской, Вологодской, Костромской, Ярославской, Ивановской, Нижегородской и других областей.

Для этого необходимо осуществить модернизацию сырьевых производств, обеспечить рост объемов производства и повышение конкурентоспособности продукции льняного комплекса на основе его перехода на новую технологическую базу и наиболее перспективные технологии, увеличить глубину переработки сырья, снизить энергоемкость производств и повысить их экологичность.

1.2. Экологические аспекты переработки льна

Использование льна для создания текстильных изделий общеизвестно. Также лен благодаря своим уникальным свойствам находит применение во многих областях (рис. 1.2). Помимо ткани, лён дает множество побочных продуктов. Уникальные свойства льна делают непревзойденными и изделия технического назначения. Из семян получают целебное льняное масло, жмых идет на корм скоту,

а из одеревеневших частей стебля получают отличные строительные материалы и мебельные плиты, обладающие экологичными свойствами [25, 110].

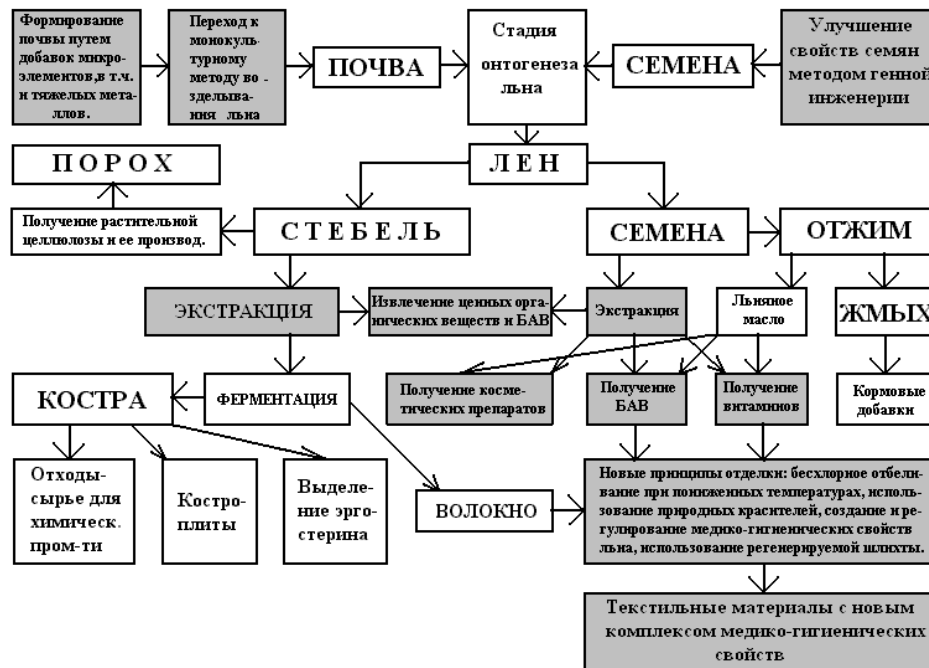


Рисунок 1.2. Комплексное использование продуктов переработки льна и направления исследований в области их переработки

Природные волокнистые материалы, в том числе лен, являются исходным сырьем для получения современных композитных материалов [133]. Компоненты льна добавляются в разные виды бетонных конструкций, предназначенных для установки и эксплуатации на открытом воздухе. Это продлевает срок службы таким конструкциям при резко меняющейся нагрузке, увеличивает их жесткость, сглаживает последствия сжатия. Порошок из льняных волокон нашел применение в зубоорудной практике для укрепления цементной смеси.

Продукты переработки льна вводятся в полимеры и делают их более прочными, эластичными, стойкими к деформации и погодным условиям. Бамперы из композитов, содержащих природные волокнистые материалы, делают на заводах Форда, Рено и Фиата. Согласно данным компании Мерседес Бенц при изготовлении каждого автомобиля используется около 5 кг натуральных волокон для укрепления панелей внутри салона и как заменитель асбеста в покрытии тормозов и

сцепления. Таким образом, снижается вес автомобиля. По своим эксплуатационным свойствам биокompозиты превосходят материалы, сделанные с применением стекловолокна или синтетических нитей, а при вторичной переработке оказывают менее негативное влияние на окружающую среду [142, 143].

Наряду с традиционными продуктами переработки льна, такими как текстильные материалы и льняное масло, современные технологии переработки льна позволяют проводить процессы переработки льняного сырья более глубоко и извлекать множество продуктов, необходимых народному хозяйству. Во льне содержатся белки, полисахариды, фосфолипиды, полиненасыщенные жирные кислоты, фитоэкстрагенты, витамины, микроэлементы и другие ценные вещества [96].

Современная переработка льна в силу широкой сферы применения ее продуктов и их необычной ценности является областью «критических технологий». Эти технологии отвечают за основные отечественные разработки, на реализацию которых должен быть направлен основной интерес государственных и частных инвесторов.

Современные технологии переработки льна в значительной степени затрагивают легкую, пищевую, медицинскую, машиностроительную, химическую промышленность и другие отрасли экономики. Сложившаяся в России ситуация в льняной отрасли привела к тому, что текстильная промышленность в процессе переработки льна использует лишь 15 – 20% его массы, остальная же часть практически не находит применения и в большинстве случаев – сжигается. При производстве кондиционного льноволокна до 75 % сырья переходит в отходы – костру, паклю, пыль. Среди отходов большую часть составляет костра. Таким образом, задача состоит не просто в наращивании мощностей по переработке льна, а в создании новых технологических стадий его переработки, позволяющих использовать весь комплекс ценных компонентов, накопленных льном в период своей вегетации. Справиться с этой задачей может глубокая переработка льна, являющаяся совокупностью взаимосвязанных технологических процессов в производстве и переработке льняного сырья [81, 89].

1.3. Особенности вегетации и основных процессов переработки льна, характеризующие его органический и неорганический состав

1.3.1. Строение и вегетация льна

Растение льна распространено в умеренных и субтропических районах земного шара (Средиземноморье, северо-запад Северной Америки, Западная Европа, Россия). Культурный лен – однолетнее травянистое растение с тонким цилиндрическим стеблем. Под льном подразумевают волокнистый материал, добываемый из луба стеблей растения [28, 84]. Из льняных семян получают масло. На нашей планете насчитывается около 300 видов льна. В России произрастает более 40 видов. В результате искусственной специализации культуры льна получились разные виды – прядильные и масличные (рис. 1.3). Первые носят общее название долгунов, а вторые — кудряшей. Как переходная между этими двумя основными типами – промежуточная форма называется лен-межеумок.

Когда лён густо сеют на волокно, растения достигают в среднем от 0,9 до 1,2 м в высоту, с тонкими стеблями от 2,5 до 4 мм в диаметре и с ветвями, сконцентрированными в верхней части. Растения, культивируемые на семена, ниже и сильно ветвистые [73].

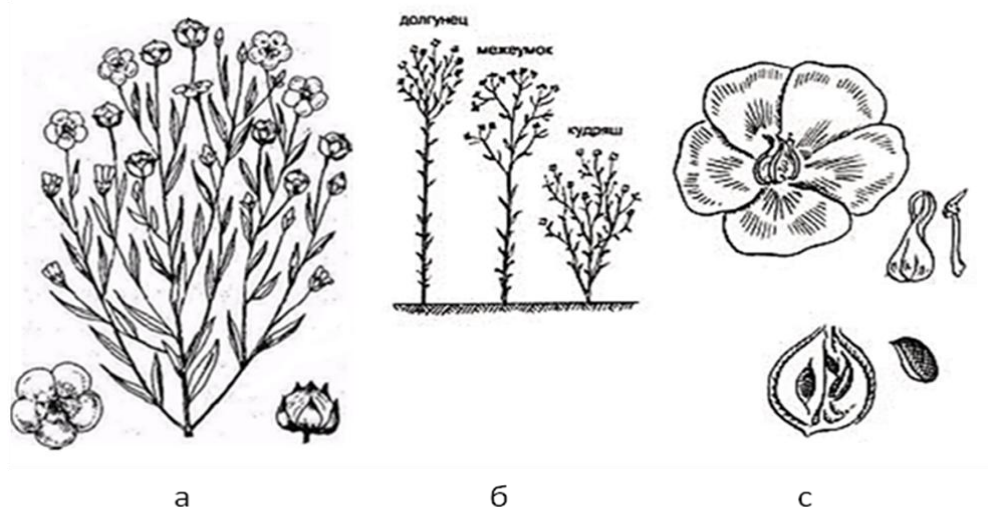


Рисунок 1.3. Лён, где а – растение льна; б – виды льна; в – цветок и семенная головка

При поперечном разрезе льняного стебля наблюдаются различные его слои (рис. 1.4):

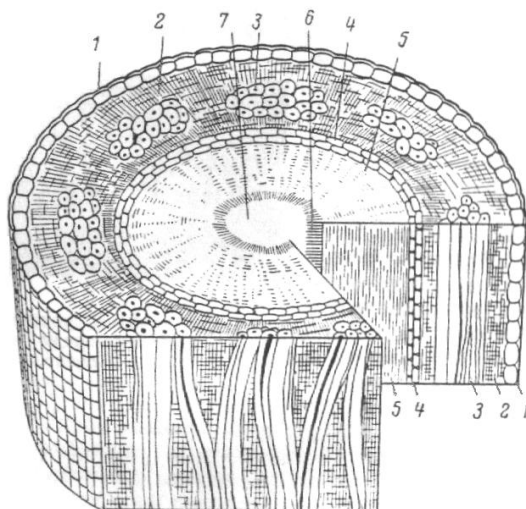


Рисунок 1.4. Строение стебля льна (срез): 1 – кожица (эпидермис) с кутикулой; 2 – кора; 3 – лубо-волокнистые пучки; 4 – проводящая и образовательная ткань; 5 – древесина; 6 – сердцевина; 7 – полость

Наружный слой – кожица (эпидермис) с поверхностью, покрытой пленкой (кутикула), пропитанной воскообразными веществами. Кожица состоит из плотных сосудистых клеток с утолщенными стенками. Кора расположена непосредственно под кожицей. Ее клетки частично заполнены хлорофиллом. Лубо-волокнистые пучки залегают в тканях коры. Они состоят из групп элементарных волокон с толстыми целлюлозными стенками, склеенных между собой срединными пластинками из пектинов и других клеящих веществ. По форме элементарные волокна граненые и склеивание идет по плоскостям – граням волокон. Проводящая и образовательная ткань (камбий) в виде одно- или двухслойного кольца лежит на границе с древесиной. Сердцевина выстилает внутреннюю часть стебля. Внутренняя полость не заполнена тканями. Примерно треть поперечного сечения стебля (исключая полость и сердцевину) занимают волокнистые и окружающие их ткани. Две трети заполнены древесиной.

Лен высевают обычно в начале – середине мая. Лен очень требователен к содержанию в почве питательных веществ, поэтому поля под него надо хорошо удобрять [141]. Культура льна хорошо удаётся на дерново-подзолистых, черноземных и суглинистых почвах. Оптимальные условия для посева – температура почвы 7 – 10°C на глубине 10 см. Перед посевом семена льна обрабатывают ядохимикатами. Основные протравители – фенорон, ТМТД, видовакс, гарнозан, тигам, фентиурам, молибдат. Для повышения устойчивости растений льна к болезням, в частности к бактериозу, полиспорозу, к протравителям добавляют микроэлементы в форме удобрений: борная кислоты (150 г/ц), молибденово-кислый аммоний (200 г/ц), сульфат меди (150 г/ц), сернокислый цинк (200 г/ц).

В ранних работах по льноводству, где описывается крестьянский опыт по возделыванию льна-долгунца, отмечается, что лучший урожай и качество льнопродукции получали при возделывании льна на раскорчевках. Большое количество древесной золы, обогащавшей землю на вырубках, являлось естественным комплексным удобрением, содержавшим высокое количество микроэлементов.

Влияние микроэлементов на показатели продуктивности льна характеризуется неоднозначно. На урожай соломы положительное влияние оказывает бор, медь, цинк, молибден, семян – бора, меди и цинка. Наивысшие показатели качества соломы и волокна получается при внесении меди, цинка и молибдена, семян – бора, меди и цинка. Наименьшая пораженность растений болезнями – бактериозом и антракнозом обеспечивается внесением бора, цинка и меди [62, 119]. Применение микроэлементных удобрений в производстве обеспечивает увеличение урожайности льносоломы до 25% и семян до 20%.

Большое влияние на урожай и качество волокна оказывает наличие сорняков на поле в период вегетации. Для борьбы с сорняками почву обрабатывают гербицидами (фасуленом). Для борьбы с вредителями, в частности с блохой, применяют хлорофос.

Лен выращивают в севооборотах – это научно обоснованное чередование культур [42, 105]. На одном поле лен должен размещаться 1 раз в 5 – 7 лет. Более частый посев льна на одном и той же территории приводит к снижению урожай-

ности, истощению почвы и сильному засорению сорняками. Причиной льноутомления является снижение микробиологической активности в прикорневой зоне в результате монокультуривования льна. Основываясь на этих данных можно предполагать, что микроэлементы в рекомендованных дозах положительно влияют на почвенную микрофлору, развитие и рост растений льна.

1.3.2. Переработка льна

Лен относится к целлюлозосодержащим волокнам. Самым ценным в стебле является лубяной слой. Стебель лубяного растения для непосредственного прядения непригоден. Поэтому растение льна необходимо предварительно подвергнуть так называемой первичной обработке, чтобы выделить лубяные пучки.

Клетка луба представляет собой длинную тонкую нить. Элементарные лубяные волокна длиной от 2,5 до 120 мм и толщиной в 15 – 17 мк ориентированы вдоль стебля, имеют заостренную с обоих концов форму и внутри замкнутый со всех сторон канал. Число элементарных волокон в лубяном пучке достигает 30 – 50 шт. Длина льняной клетки в 1 – 2 тысячи раз превышает её толщину. Это позволяет получать льняную нить толщиной до нескольких микрон. При этом прочность льняной нити на разрыв в два раза выше, чем хлопка, и в четыре раза выше – чем шерсти. Прочность элементарного волокна льна объясняется толщиной его стенок и большой упорядоченностью макромолекул целлюлозы.

В настоящее время в России и странах СНГ основной является технология комбайновой уборки, когда лён одновременно теребится (выдёргивается вместе с корнем) и очёсывается (коробочки с семенами отделяются от стебля), после чего укладывается в ленты. Наряду с комбайновой уборкой льна все большее применение получает технология раздельной уборки, когда лён сначала теребится, а спустя определённое время очёсывается.

На рис. 1.5. приведена наиболее распространенная технологическая схема первичной переработки льна.

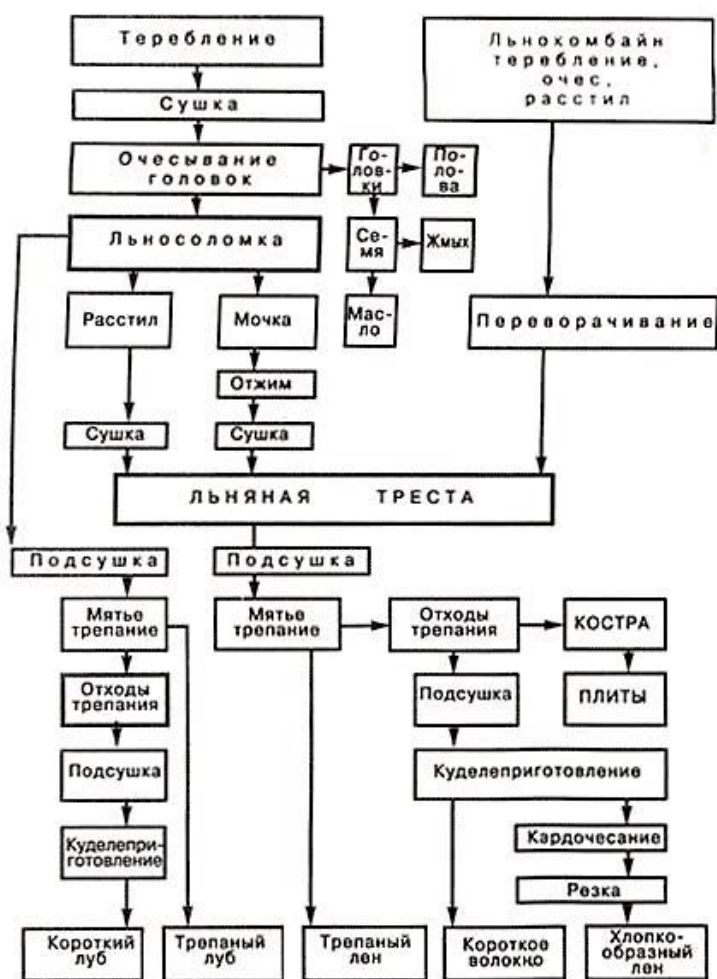


Рисунок. 1.5. Общая технологическая схема обработки льна

Машинная уборка ведется теребильными аппаратами, имеющими несколько пар наклонных ремней, захватывающих стебли и вытаскивающих их из почвы. Стебли льна после уборки и обмолота семенных коробочек называют соломой. Сухая солома содержит 20 – 27% луба, который сам на 58% состоит из волокна, 25% – из веществ, растворимых в воде и 17% – веществ, растворимых в щелочах. Остальная часть стебля (80 – 73%) состоит из древесины (69%), веществ, растворимых в воде (12%), и веществ, растворимых в щелочах (19%). Волокнистые пучки, заключенные в лубе, склеены с древесиной и между собой пектозой, которая по своей природе близка к углеводам. Она нерастворима в воде, но растворима при обработке в кислотах и щелочах. Для лучшего отделения волокна и уменьшения содержания не целлюлозных примесей, солому подвергают биологи-

ческой обработке, при которой разрушаются вещества, склеивающие волокно с древесиной (пектины) [140].

Пучки лубяных волокон выделяют из сухих стеблей биологическим путем, подвергая их действию микроорганизмов (бактерии и плесневелые грибки). В качестве такой обработки применяют расстил стеблей на полях (росающая мочка). Стебли, в которых волокно очищено от нецеллюлозных примесей и сравнительно легко отделяется от древесины называют трестой.

Применяется также способ промышленного приготовления тресты путем анаэробного бактериального процесса мочки в теплой воде или пропарки под давлением предварительно намоченной соломы; различные химические и физико-химические методы [138]. После мочки или пропарки готовая треста промывается, отжимается, а затем высушивается.

После сушки ведется механическая обработка стеблей на поточных линиях для получения длинного и короткого волокна. Основными операциями в этих линиях являются: формирование слоя, промин стеблей, трепание слоя.

Операция формирование слоя необходима для более успешной и производительной работы линии получения длинного волокна. Процесс мятья применяется для нарушения связей между волокном и древесиной. Стебли, обработанные в мьяльной машине, называются сырец. Измельченная древесина стебля имеет название – костра.

Процесс трепания является следующим после процесса мятья в линии получения длинного волокна. Это заключительная и самая важная операция в линии получения длинного волокна, которая производится в трепальных машинах. Задача данной операции – удаление неволокнистых примесей: костры, покровных тканей, и параллелизация длинного волокна.

По завершению вышеприведенных процессов получается трепаное длинное волокно, короткое спутанное волокно и костра. Отходами трепания считаются сравнительно короткие волокна, оторвавшиеся от прядей сырца и костра. Отходы трепания имеют высокую закостренность (т.е. содержат много костры). Из-под трепальных машин системами пневмотранспорта, отходы направляются на линию

получения короткого волокна, где они последовательно обрабатываются. В этих машинах осуществляются операции: формирование слоя из отходов трепания, мять, трепание, трясение. Часть волокон при этих процессах обрывается, откалывается, спутывается и попадает в отходы вместе с разрушенной древесиной стебля (костра) [23]. В результате процесса трепания получают техническое волокно [24-25].

Полученное волокно поступает фабрикам на дальнейшую обработку и отделку (рис. 1.6).

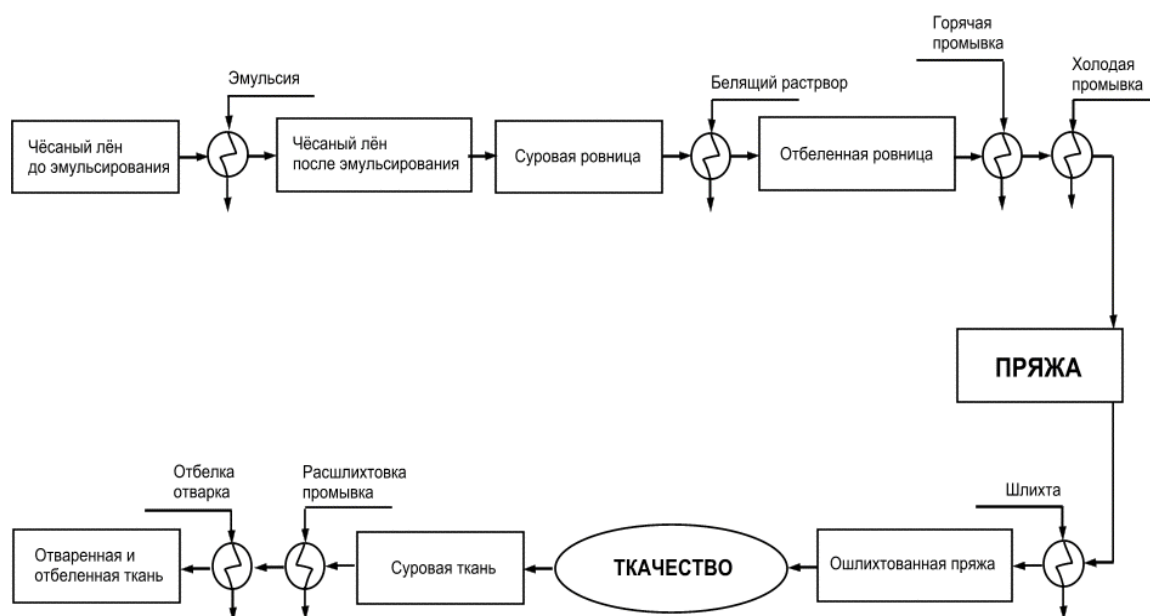


Рисунок 1.6. Схема основных стадий обработки льняного волокна

Волокно проходит стадию прядения и ткачества, под которыми подразумевается вся совокупность технологических процессов. Далее перед отправкой потребителям ткань подлежит отделке: отбеливание, окраска, набивка рисунка.

Новые технологии отделки значительно улучшают эксплуатационные свойства льна. Различные виды механических предварительных обработок, обработок химическими препаратами (включая смолы, жидкий аммиак, ферменты) позволяют получать ткани различных видов, а также мягкий льняной трикотаж. Обработка ферментами делает поверхность волокна гладкой, а полотно мягким с меньшей склонностью к сминаемости. Полная отделка производится жидким аммиаком,

который избавляет от складок. Полная промывка исключает последующую усадку.

1.3.3. Общая характеристика льняных волокон и тканей

После трепания лен представляет собой пучки волокон, получивших название комплексного волокна. Длина комплексных льняных волокон может быть равной длине стебля и колеблется в пределах 170 – 250 мм. Лента комплексного волокна состоит из более мелких элементарных волокон. Длина элементарных волокон составляет 10 – 26 мм. Элементарное льняное волокно вытянуто в длину, имеет заостренные концы и поперечное сечение в виде неправильного пяти- или шестиугольника с каналом посередине.

Линейная плотность льняных волокон равняется: комплексных – 5000 – 10000 мтекс, элементарных – 125 – 556 мтекс. Разрывная нагрузка комплексных волокон составляет 200 – 400 сН/волокно, элементарных – 15 – 20 сН/волокно. Относительное удлинение – 1,5 – 2,5%. Упругость льняного волокна небольшая, а жесткость – высокая. В стандартных условиях гигроскопичность льняных волокон составляет 11 – 12%.

Во 2-й половине XX века были подробно изучены конформационные характеристики основной составной части льна – целлюлозы, так как не только химическое строение, но различные внутри- и межмолекулярные взаимодействия могут влиять на физико-механические, физико-химические, биологические и другие свойства льняного материала [137].

Широкое использование инфракрасной спектроскопии позволило изучить степень упорядоченности целлюлозы льна, его кристаллическую и аморфную составляющие. Целлюлоза льна по сравнению, например, с целлюлозой хлопка имеет больше кристаллической части и поэтому очень устойчива к химическим и физическим воздействиям. Макромолекула целлюлозы состоит из 2500 – 3500 молекул глюкозы. Целлюлозные цепочки могут располагаться различно, в зависимо-

сти от этого она аморфна или, как в случае льна, ориентирована вдоль оси волокна. Это хорошо объясняет механические характеристики льняного волокна.

Льняные волокна отличаются от хлопковых своей молекулярной и особенно надмолекулярной структурой. Они имеют более плотную упаковку макромолекул и более высокую степень ориентации надмолекулярных структур. Пучки фибрилл расположены спиралеобразно вправо и влево под углом $8 - 12^\circ$. Этим в основном и объясняется более высокая прочность льняного волокна по сравнению с хлопковым.

В связи с наличием во льне примесей нецеллюлозного характера, и в частности лигнина, льняные волокна характеризуются повышенной по сравнению с хлопком устойчивостью к действию влаги, температуры, микроорганизмов, света и погоды [77, 106]. Лигнин неустойчив к действию растворов щелочей, особенно при повышенных температурах. Вследствие этого происходит щелочной гидролиз лигнина и расщепление комплексных льняных волокон на элементарные. В изделиях из льна это приводит к снижению их прочности, массы и ухудшению других потребительских свойств.

По волокнистому составу льняные ткани подразделяют на чистольняные, содержащие 100% льняного волокна, льняные – не менее 92% и полульняные – не менее 30% льняного волокна в льняной системе. Чистольняные ткани отличаются наиболее ценными гигиеническими свойствами.

Полульняные ткани составляют около 80% общего объема производства льняных тканей. По основе их обычно используют хлопчатобумажную пряжу 10 – 60 текс, часто крученую и в два сложения, а по утку – льняную, оческовую или льнолавсановую пряжу 24 – 280 текс, а также химические нити и пряжу (лавсановые, вискозные, капроновые) с линейной плотностью 15,6 – 59 текс.

Поверхностная плотность льняных тканей колеблется от 106 до 920 г/м². Их вырабатывают различными переплетениями, но наиболее характерны полотняные и жаккардовые.

По отделке льняные ткани выпускают суровыми, вареными, кислованными (с сохранением натурального цвета льна), полубелыми, белыми, гладкокрашены-

ми, пестроткаными и набивными. Ткани с меланжевым эффектом могут быть получены при использовании смеси волокон, по-разному воспринимающих краситель (например, из льняного и лавсанового).

Новые технологии отделки значительно улучшают эксплуатационные свойства льна. Различные виды механических предварительных обработок, обработок химическими препаратами (включая смолы, жидкий аммиак, ферменты) позволяют получать ткани различных видов, в том числе мягкий льняной трикотаж. Обработка ферментами делает поверхность волокна гладкой, а полотно мягким с меньшей склонностью к сминаемости. Полная отделка производится жидким аммиаком, который избавляет от складок. Полная промывка исключает последующую усадку.

Пневмомеханическая обработка пряжи позволяет получать декоративные ткани с фактурной поверхностью и повышенной стойкостью к истирающим воздействиям, что дает возможность использовать ее и в производстве бельевых тканей, полотенец, и др.

С целью повышения качества готовой продукции и придания льняным тканям новых потребительских свойств разрабатываются и внедряются новые виды отделок : водо-, грязе-, маслоотталкивающая отделка скатертей; огнезащитная отделка декоративных и обивочных тканей; грязеотталкивающая отделка мебельных тканей и тканей для обивки стен; водоотталкивающая отделка тентовых тканей; отделка «быстрое смачивание» полотенец холстов; отделка «стирай-носи» одежных тканей. Для улучшения качества тканей применяют системы воспроизводства цвета и контроля цветового качества льняных материалов, новые способы печати.

1.3.4. Сравнительный анализ химического состава льняной продукции

Органический и неорганический состав льняного стебля

Растение льна, как и любого другого материала растительного происхождения, состоит из двух основных компонентов – органического и неорганического.

Органические компоненты льна представлены целлюлозой и ее спутниками (гемицеллюлоза, лигнин, пектиновые, азотистые и воскообразные вещества). Элементарные лубяные волокна на 98% состоят из целлюлозы, которая в свою очередь состоит из углерода (44,4%), кислорода (42,4%) и водорода (6,2%)[23, 40].

В табл. 1.2 представлены химические вещества, из которых состоит льняное волокно.

Таблица 1.2.

Химический состав льняного волокна

Вещество	Содержание во льне, %
Целлюлоза	до 76
Гемицеллюлоза	12-18
Пектин	3-5
Лигнин	2-4
Азотистые вещества	2-3
Воскообразные вещества	1-2
Зольные вещества	0,9

В табл. 1.3 представлен химический состав льняной костры – разрушенной древесины стебля, идущей в отходы.

Таблица 1.3.

Химический состав льняного волокна и костры

Исходное сырье	Часть стебля	Содержание %				
		Целлюлоза	Лигнин	Гемицеллюлоза	Пектины	Коксовый остаток
Солома	Волокно	52-76	2-4	12-18	3-5	3-4
	Костра	38-40	23-24	14-15	2-3	2-3

Изучение состава неорганической, зольной части льна позволило установить, что количество золы в разных частях одного и того же растения различно [107,136]. Растения, в том числе лен, могут накапливать микроэлементы, особенно тяжелые металлы, в тканях или на их поверхности вследствие больших возможностей адаптации к изменениям химических свойств окружающей среды.

Растения содержат в своем составе различные элементы, в том числе и микроэлементы, такие как: марганец, рубидий, мышьяк, стронций, титан, кадмий, ртуть, кобальт, медь, никель, свинец, ванадий, цинк и др. В малых количествах, как отмечал ещё в 19 в. известный агрохимик Либих, микроэлементы являются постоянной, необходимой составной частью как растений, так и живых организмов.

Сравнительный анализ данных о содержании тяжелых металлов в льняной текстильной продукции на стадиях первичной переработки льна (ФГУП ЦНИ-ИЛКА в период 1999-2001 гг.) установил, что причиной уникальных медико-гигиенических свойств льняного волокна является совокупное присутствие в нем определенных микроэлементов, в том числе и тяжелых металлов, наличие которых было установлено высокоточными экспериментальными исследованиями, выполненными с использованием современной аналитической техники “HEWLETT PACKARD”, “VG PLASMA QUAD PQ 2-TURBO” и др.

На рис. 1.7 – 1.8 представлены данные о содержании металлов в текстильных материалах, таких как льняные и хлопчатобумажные ткани.

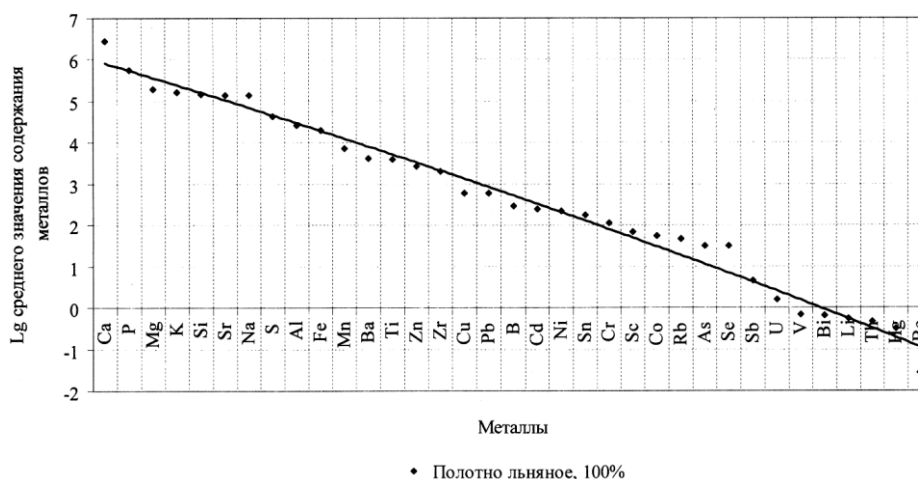


Рисунок. 1.7. Содержание металлов в льняном полотне

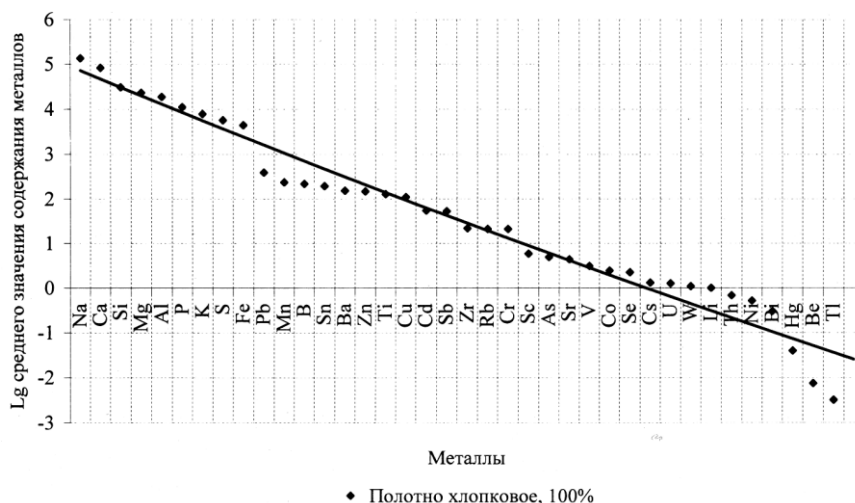


Рисунок 1.8. Содержание металлов в хлопковом полотне

Повышенное содержание тяжелых металлов во льне, установленное в результате экспериментальных исследований, связано с увеличивающимся антропогенным воздействием на биосферу [135]. В результате такого загрязнения в почве накапливаются соединения тяжелых металлов, которые, при частичном переходе в растворимую форму, транспирируются льном и накапливаются на внутренней поверхности льняного стебля.

Под понятием «транспирация» понимается прокачивание почвенного раствора по сосудам и капиллярам растения. Ткани и органы льна (корневые волоски, сосуды корня и др.), по которым перемещается почвенный раствор, представляют собой непрерывную разветвлённую систему, соединяющую все органы растения.

Существует два основных потока:

- восходящий поток почвенного раствора от корневой системы к листьям;
- нисходящий поток в обратную сторону, от листьев к корневой системе.

В начальный период вегетации (от всходов до бутонизации), активно транспирируют почвенную влагу все растительные ткани и комплексы льна. К моменту созревания растения транспорт веществ осуществляется по эпидерме (костра), камбию (центральный цилиндр), сердцевине.

Анализ транспирации протекающий в различных частях растения (лён) показывает, что древесная основа растения льна (костра, центральный цилиндр и

сердцевина) принимают участие в транспирации веществ, значительно более продолжительный период времени, чем волокнистая часть стебля (рис. 1.9). Если почвенный раствор содержит в своём составе большое количество катионов тяжёлых металлов, то за счёт именно транспирационных процессов происходит концентрация этих элементов в древесной части льна.

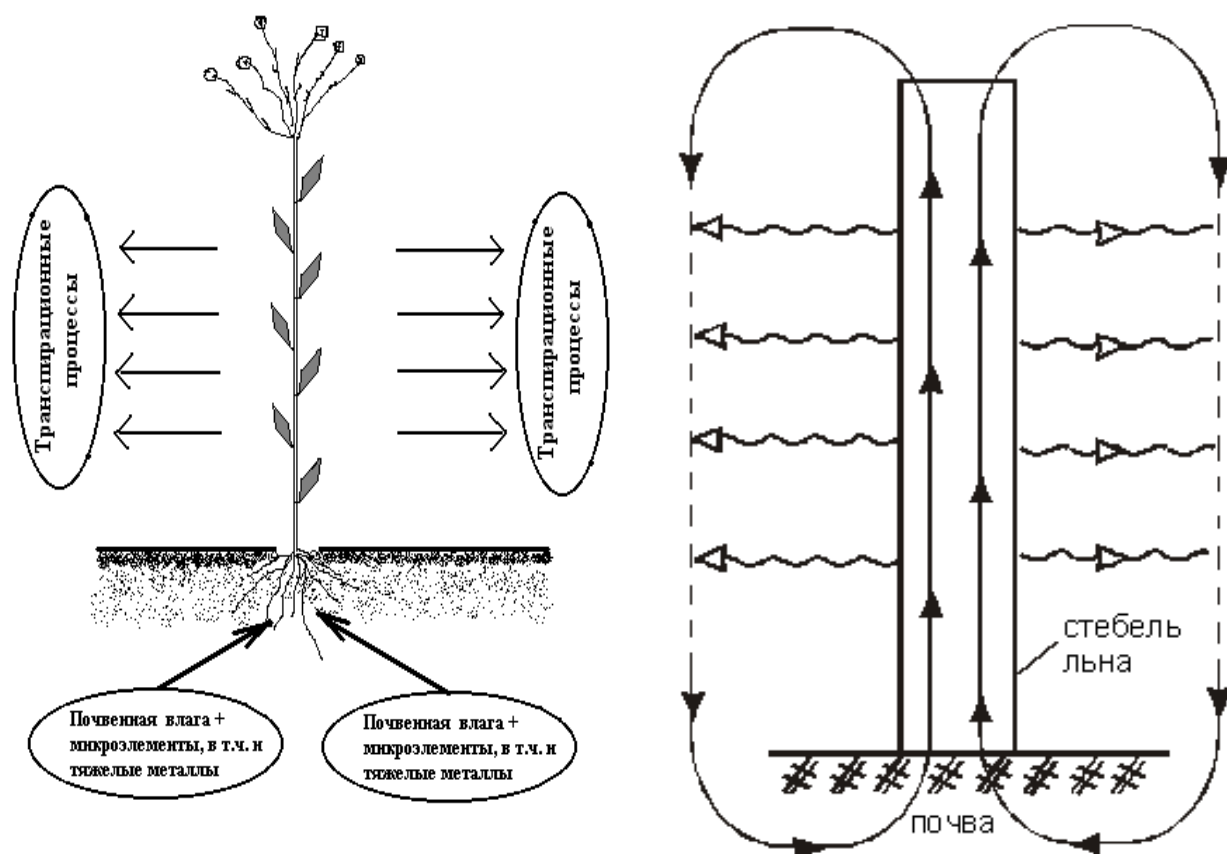


Рисунок 1.9. Общая схема транспирационных процессов в период вегетации льна

В отличие от льна, чьи волокна стебля идут на изготовления тканей, исходным материалом хлопчатобумажных изделий является не материал стебля, а плод хлопчатника – хлопковая «коробочка». Хлопковая «коробочка» в силу своего расположения транспирирует существенно меньше жидкости по сравнению с льняным стеблем, что приводит к меньшему накоплению соединений тяжелых металлов в хлопковом волокне. Именно этим объясняется такое резкое различие в содержании элементов в льняных и хлопчатобумажных тканях.

Анализируя содержание различных элементов в льне, можно оценить качество биосферы в месте выращивания льна, т.е. в данном случае лен может выступать как биотест [27].

Хорошая способность льна транспирировать с почвенной влагой соединения микроэлементов может служить основой для разработки методов биотестирования почв на предмет содержания в них тяжелых металлов.

Органический и неорганический состав льняного семени

Использование льняных семян имеет такую же длинную историю, как и применение льноволокна. Из семян льна выделяют 30 – 50% масла [57,101].

Семена льна богаты протеинами, жирами, клейковиной и диетической клетчаткой. Каждый из этих компонентов вносит свой вклад в ценность пищевого рациона [61, 134]. Остающийся после отжима масла льняной жмых служит ценным кормом для молочного скота. Льняной жмых содержит до 25% перевариваемого белка и до 32% безазотистых экстрактивных веществ. Анализ состава льняного семени по сухому веществу дает следующие усредненные результаты: жировая составляющая – 41%; диетическая клетчатка – 28%; протеин – 21%; зольный остаток – 4%; прочие углеводы (сахар, ароматические кислоты, лигнин и гемицеллюлозы) – 6%.

Семена содержат жирное высыхающее масло (30-48 %), в состав которого входят триглицериды линоленовой (35-45 %), линолевой (25-35 %), олеиновой (15-20 %), пальмитиновой и стеариновой кислот; слизь — 5-12 %, белок — 18-33 %, углеводы — 12-26 %, органические кислоты, ферменты, витамин А, стеролы [115,121].

Состав льняного семени может существенно варьироваться в зависимости от генетических особенностей, среды выращивания, способов переработки и методов анализа [118,122].

Протеины, содержащиеся в белках льняного семени, аналогичны моделям аминокислот, содержащимся в соевых белках, которые считаются наиболее пита-

тельными протеинами растительного происхождения. Протеины семян льна представлены незаменимыми аминокислотами необходимыми человеку для нормальной жизнедеятельности (табл. 1.4). Они используются также для синтеза в организме хрящевой ткани, синовиальной жидкости.

Протеинами в льняном семени являются альбумин и глобулин. Их доля в общем объеме белковой составляющей льняного семени достигает 58 – 66%.

Таблица 1.4.

Аминокислотный состав льняного семени и соевой муки

Аминокислота	Лен	Соевая мука
	г/100 г протеинов	
Аланин	4,4 - 4,7	4,1
Аргинин	9,2 - 10,0	7,3
Аспаргиновая кислота	9,3 - 10,0	11,7
Цистин	1,1 - 1,8	1,1
Глутаминовая кислота	19,6 - 20,0	18,6
Глицин	5,8 - 5,9	4,0
Гистидин*	2,2 - 2,1	2,5
Изолейцин*	4,0 - 4,1	4,7
Лейцин*	5,8 - 6,0	7,7
Лизин*	4,0 - 4,0	5,8
Метионин*	1,5 - 1,4	1,2
Фенилаланин*	4,6 - 4,8	5,1
Пролин	3,5 - 3,8	5,2
Серин	4,5 - 4,7	4,9
Треонин*	3,6 - 3,8	3,6
Триптофан*	1,8	-
Тирозин	2,3 - 2,4	3,4
Валин*	4,6 - 5,1	5,2

* – незаменимые аминокислоты

В структуре льняного семени находятся микроволокна (диетическая клетчатка), которые составляют около 28% от сухого веса необезжиренного льняного семени. Крупная фракция клетчатки состоит из таких углеводов, как целлю-

лоза, и сложных полимерных соединений, таких как лигнины. Водорастворимым компонентом клетчатки льняного семени является в первую очередь растительная клейковина (клейкообразные вещества) (7 – 10%).

Углеводы льна образуют устойчивые коллоиды – клейкообразные вещества. Они представляют собой сложные химические соединения моносахаридов. Клейкообразные вещества образуются в растениях в процессе естественного развития и выполняют роль резерва углеводов, воды, а также защитного биокolloида. В семенах они играют роль резервуаров для удерживания воды, чтобы защитить семена от обезвоживания. В химическом отношении в клейкообразных веществах преобладают пентозаны (до 90%). Из физических свойств для них характерна полная растворимость в воде.

В химической связи с материалом клетчатки льняного семени находятся фенольные соединения. Общее содержание фенольных кислот в льняном семени составляет 7,9 – 10,3 мг/г.

В льняном семени в большом количестве содержатся особые вещества – лигнаны, биологически активные фитохимикаты с явно выраженными антиаллергенными, антиканцерогенными и антиоксидантными свойствами. Растительные лигнаны содержащиеся в льняном семени – это фенольные соединения, димеры, содержащие 2,3-добензобутановую структуру.

Лигнаны способны защищать организм от некоторых видов онкологических заболеваний, в особенности от видов рака, вызванных гормональными причинами – рака молочной железы и простаты.

В льняном семени были найдены фитоэстрогены – химические соединения, имеющие эстрогенную активность по отношению к человеку. Они могут усиливать работу иммунной системы человека, регулировать деятельность центральной нервной системы, предотвращать некоторые хронические заболевания, такие как расстройства сердечной деятельности и онкологические заболевания. Фитоэстрогены проявляют свою активность путем влияния на метаболизм стероидных гормонов.

Издавна льняное семя ценилось из-за изобилия в нем жиров. Жировая составляющая находится на уровне около 41% веса льняного семени. Жиры состоят из тризамещенных производных глицерина или состоят из сложных глицериновых эфиров и смеси жирных кислот. Уникальность льняного масла состоит в очень высоком содержании полиненасыщенных жирных кислот.

Наиболее распространенные жирные кислоты состоят из цепей, состоящих из 16 – 18 атомов углерода и имеют 1 или более двойных ненасыщенных связей, т.е. различаются по степени ненасыщенности. Некоторые из представителей ряда полиненасыщенных жирных кислот представляют особую ценность и называются незаменимыми. Такое название говорит о том, что организм человека не способен вырабатывать эти жирные кислоты и может получить их только извне. Существует две незаменимые жирные кислоты (НЖК). Это – омега-3 (альфа-линоленовая) жирная кислота и омега-6 (линолевая) жирная кислота.

Исследования научно-исследовательской лаборатории НАТО показали, что льняное масло богатый источник комплекса ценных жирных кислот Омега-3 и Омега-6, необходимых для нормального развития и функционирования организма. Отсутствие или недостаток этих кислот вызывает многие функциональные и патологические изменения в организме. В настоящее время полиненасыщенные жирные кислоты получают, в основном по специальной технологии из рыбьего жира. Однако, этот источник получения ω -3, ω -6 кислот в последнее время становится весьма небезопасным из-за глобального распространения в биосфере таких супертоксикантов как диоксины и их фиксации в жировых тканях живых организмов. В связи с чем весьма актуальной становится задача замены существующего основного сырьевого источника получения ω -3, ω -6 животного происхождения растительным источником [37].

Научными и клиническими исследованиями установлено, что Омега-3 благоприятно влияет на сердечную деятельность, снижая содержание холестерина в крови на 25%, триглицерида – на 65%, способствует рассасыванию ряда раковых опухолей. Обнаружено благоприятное влияние Омеги-3 при лечении диабета, ас-

тмы, аллергических и воспалительных процессов (менингит, тонзиллит, колит, нефрит).

Альфа-линоленовая кислота (АЛК) вызывает интерес медиков из-за той роли, которую она может играть как гормоноподобный препарат, способствующий осуществлению важных биологических функций в организме человека. Вопреки распространенному заблуждению, жирные кислоты отнюдь не способствуют набору массы тела и не являются причиной ожирения.

Омега-кислоты обладают комплексом полезных для человека свойств:

- являются незаменимыми в рационе питания человека и поступают в его организм исключительно извне;

- действуют как гормональный препарат, способствующий осуществлению важных биологических функций в организме человека;

- необходимы для построения и структурирования клеточных мембран;

- способствуют сохранению непроницаемости кожи и помогают разложению и выведению из организма холестерина;

- действуют вместе с фосфолипидами плазмы и могут влиять на процесс перераспределения незаменимых жирных кислот из плазмы и липидов эритроцитов в другие внутренние органы;

- необходимы для роста и развития сетчатки глаза и мозгового вещества у детей;

- обладают антитромбической активностью;

- способствуют развитию плода в период беременности.

Льняное семя чрезвычайно богато витаминами и минеральными веществами. В таблице 1.5 представлена усредненная проба содержания витаминов и минеральных веществ в полноценном льняном семени.

Таблица 1.5.

Содержание минеральных веществ и витаминов в льняном семени

Минеральные вещества		Витамины	
мг/100 г		Водорастворимые, мг/100 г	
Кальций	236	Аскорбиновая к-та	0,50
Медь	1	Тиамин/витамин В1	0,53
Железо	5	Рибофлавин/витамин В2	0,23
Магний	431	Ниацин/никотиновая к-та	3,21
Марганец	3	Пиридоксин/витамин В6	0,61
Фосфор	622	Пантотеновая к-та	0,57
Калий	831		
Натрий	27	Водорастворимые, мкг/100г	
Цинк	5	Фолиевая к-та	112
		Биотин	6
мг/кг			
Алюминий	3,00	Жирорастворимые, мг/кг	
Барий	2,00	Каротин	не обн.
Кадмий	0,25	Токоферолы/витамин Е	
Хром	<1,00	Альфа-токоферол	0,55
Кобальт	0,17	Бета-токоферол	не обн.
Свинец	<0,25	Дельта-токоферол	0,45
Молибден	<0,50	Гамма-токоферол	29,70
Никель	1,70	Альфа-токотриенол	не обн.
Олово	<3,00	Дельта-токотриенол	не обн.
		Гамма-токотриенол	не обн.

Семена льна богаты калием, которого в них содержится примерно в 7 раз больше, чем в бананах в пересчете на сухую массу. Жирорастворимый токоферол (витамин Е) представлен в льняном семени главным образом в виде гамма-токоферола.

Антиоксидантные свойства семян льна проявляются благодаря содержанию в них не только лигнанов, но и токоферола (витамин Е). Эти вещества защищают ткани сустава от разрушающего воздействия свободных радикалов, которые накапливаются в них при различных патологических процессах.

Химикам до сих пор не удастся получить полноценного заменителя льняному маслу. Оно превосходит другие масла по сиккативным свойствам (быстрое высыхание с образованием прочной пленки, предохраняющей от влаги и коррозии). Этим объясняется то, что полотна великих художников эпохи Возрождения,

написанные, на льняном полотне красками, приготовленными на льняном масле, сохраняются уже более 5 столетий не потускневшими. Сиккативность льняного масла объясняется наличием ненасыщенных жирных кислот с одной или многими связями между атомами углерода. Кислород воздуха фиксируется на этих этиленовых связях, образуя оксиэтиленовую группировку, известную в химии как стабилизатор прочности, который превращается в тонкий слой лака.

Льняное масло, имеет важное техническое значение. Оно широко применяется в лакокрасочной (олифа, лаки, масляные краски), кожевенной (линолеум, клеенка, искусственная кожа) и мыловаренной промышленности. Льняное масло и сами семена применяют в пищевой промышленности, в медицине и фармацевтике для снижения содержания холестерина в крови и приготовления противоопухолевых препаратов.

Таким образом, основными нутриентами, определяющими биологическую активность льна являются: белковые вещества, витамины, микроэлементы, ферменты, клейкообразные вещества, углеводы, органические кислоты и жирное масло, в состав которого входят глицериды линоленовой, линолевой, олеиновой и стеариновой кислот. Лен успешно воздействует на устойчивость иммунной системы – способность органов человеческого тела успешно защищать себя против инородных веществ и соединений.

1.4. Нормирование содержание химических веществ в текстильной продукции

В результате деятельности человека происходит загрязнение почвы различными химическими веществами, удобрениями, ядохимикатами и др. Например, внесение высоких доз органических и минеральных удобрений приводит к подкислению почвенных растворов и подвижности катионов тяжелых металлов и координационных соединений. Тяжелые металлы и токсичные примеси, принимая участие в агроэкологических системах, в больших дозах попадают в биоцикл по-

лучения растительного волокнистого сырья, который используется для производства льняных текстильных изделий.

В соответствии с ГОСТ 17.4.02-83 токсичные элементы разделены на три класса опасности:

1-ый класс – высокоопасные (мышьяк, кадмий, ртуть, свинец, селен, цинк);

2-ой класс – умеренноопасные (бор, кобальт, медь, хром, молибден, никель, сурьма);

3-ий класс – малоопасные (барий, марганец, стронций, ванадий, вольфрам).

В современном международном текстильном стандарте ЕКО-ТЕХ-100, регламентирующем содержание элементов в текстильной продукции, нет подразделения на эти три класса опасности. Учитывая резко отрицательное влияние избыточного содержания тяжелых металлов в организме человека на его здоровье, международным стандартом ЕКО-ТЕХ-100 существенно ограничено содержание тяжелых металлов в готовой текстильной продукции, в том числе и в льняных тканях. Обязательному определению в текстильной продукции подлежат 8 элементов: мышьяк, свинец, кадмий, хром, кобальт, медь, никель и ртуть. Нормы содержания этих элементов в текстильной продукции в соответствии со стандартом ЕКО-ТЕХ-100 приведены в таблице 1.6. Там же приведены результаты определения этих элементов в льняных и хлопчатобумажных тканях[104].

Таблица 1.6.

Содержание элементов в тканях, ppb

Элемент	Норма в соответствии с ЕКО-ТЕХ-100	Требования Таможенного союза (в водной среде)	Льняная ткань	Хлопчатобумажная ткань
Мышьяк	1000	1000	36	5
Свинец	1000	1000	766	391
Кадмий	100	-	160	55
Хром	2000	2000	134	21
Кобальт	4000	4000	55	2
Медь	50000	50000	757	111
Никель	4000	4000	86	1
Ртуть	20	-	0,04	0,05

Как видно из приведенных в таблице данных, содержание регламентируемых стандартом ЕКО-ТЕХ-100 элементов, в том числе и тяжелых металлов, в льняной ткани больше, чем в хлопчатобумажном образце. Высокая степень транспирации микроэлементов льном из почвенных растворов позволяет научно обосновать необходимость использования традиционной семипольной системы при выращивании льна и разработать научные рекомендации для сокращения сроков севооборота за счет использования специальных удобрений, содержащих нужный набор и количественное соотношение микроэлементов, в том числе и тяжелых металлов.

Обсуждается возможность перехода на интенсивную технологию возделывания льна путем внесения в почву микроэлементов, которые по обычной технологии накапливаются в течение ряда лет. Реализация данной возможности позволит сократить севооборот, в пределе – превратить лен в монокультуру и увеличить посевные площади под лен. В районах наиболее благоприятных по почвенно-климатическим условиям предлагаемые решения позволят специализировать хозяйство, снизить затраты и цены на льнопродукцию. Использование уникальной способности льна к транспирации микроэлементов, входящих в состав почвенных растворов, в период онтогенеза позволит подойти к проблеме создания льняных текстильных материалов с заранее заданными физико-механическими, физико-химическими и гигиеническими свойствами. Подробное исследование процессов транспирации льном из почвы микроэлементов может служить основой для разработки методов рекультивации обедненных микроэлементами земель и разработкой методов сокращения севооборота при возделывании льна.

Обязательное присутствие микроэлементов в льняной продукции по-другому формулирует допустимые экологические нормы содержания этих элементов и ставит задачу о пересмотре существующих нормативов, определяющих содержание тяжелых элементов в льняной текстильной продукции. В этих нормативах необходимо учитывать не только содержание каждого из элементов ($b_i < \text{ПДК}_i$), но и

их совокупное влияние (сумма $b_i / \text{ПДК}_i < 1$), а также синергетическое влияние микроэлементов друг на друга при их совместном присутствии.

Обнаруженное полезное медико-гигиеническое действие тяжелых металлов, содержащихся во льне, заставляет полностью пересмотреть подходы к традиционно существующим химическим технологиям отделки льняной текстильной продукции. Эти стадии отделки необходимо скорректировать таким образом, чтобы, по-возможности, не изменять баланс микроэлементов, содержащихся во льне, которые придают ему ценные медикаментозные свойства.

Также присутствие тяжелых металлов во льне наряду с обеспечением уникальных медико-гигиенических свойств льняных тканей ухудшает экологическую обстановку среды обитания человека, может отрицательно влиять на показатели капиллярности и белизны ткани и катализировать побочные пути распада пероксида водорода в процессах пероксидной отбелилки льняных тканей. Накопление тяжелых металлов в больших количествах может привести к неблагоприятным последствиям:

- для растений – снижение биопродуктивности, увядание надземной части и повреждение корневой системы, некрозы, хлорозы, изменения водного баланса, функциональные изменения в пигментных комплексах, уменьшение содержания хлорофила в тканях, морфологические уродства и др.;

- для людей чрезмерное содержание тяжелых металлов в организме может приводить к нарушению обмена (железо), поражению центральной нервной системы, заболеванию печени, легких, крови, болезнью Итаи-Итаи (кадмий), заболеванию кожи, дыхательных органов, пищеварительной системы, почек, кишечного тракта. Стронций, накапливаясь в костях, обуславливает их ломкость или т.н. “стронциевый рахит”. Мышьяк может привести к параличу кровеносных сосудов. Свинец может вызывать интоксикацию, заболевание и внутриутробную смерть плода. Ртуть является причиной болезни Миномата у человека. Некоторые тяжелые металлы при попадании в организм человека и животных выступают как сильные яды. Тяжелые металлы, содержащиеся в текстильной продукции, также могут наносить вред здоровью, действуя обычно через контакт с кожей человека и

обостряя ряд кожных заболеваний (нейродермит, атопический диатез кожи и др.). Известны случаи возникновения аллергической контактной экземы при контакте кожи человека с никелем и кобальтом.

Поэтому проведение первичной и заключительной отделки льна таким образом, чтобы снизить содержание в конечной текстильной продукции тяжелых металлов до требуемых норм, сейчас является одной из основных задач текстильной промышленности.

1.5. Сравнительный анализ гигиенических, функциональных и медико-биологических свойств текстильных изделий из льна

1.5.1. Медико-гигиенические свойства

Об уникальных свойствах льна написано много книг [78, 125]. Более ста лет назад, в 1891 году, в английском городе Белфаст вышла брошюра «Замечательные гигиенические свойства ирландского льна». Много статей по этому поводу было в «Irish Textile Journal». Хирург Лондонского госпиталя св. Иоанна по кожным болезням Дж.Л. Милтон пропагандировал могучие свойства льна и говорил, что для людей, страдающих кожными болезнями, ничто не может быть сравнимо со льном. Врач Белфастской кожной больницы доктор Х.С. Пурдон, утверждал о необходимости носить на теле льняные ткани, для того, чтобы оставаться в добром здоровье: «Они не закупоривают поры, обеспечивают хорошую вентиляцию кожи. При страданиях экземой, будет ощущаться огромное облегчение». Доктор отмечал облегчение при использовании льняных тканей у более 1500 случаев, прошедших через его руки.

Многие авторы занимались этой темой. Проводя исторические исследования разных эпох, Е.Т. Ренбоурн в 1964 году сделал обобщение о гигиенической ценности льна в сравнении с другими текстильными материалами. Он отмечал, что еще в XVII веке отдавали должное шерстяным тканям как защите от переохлаждения, а льняным – как предохраняющим от припадков. В большом числе книг

XVII и XVIII веков авторы приводят те же аргументы, цитируя английского философа Ф.Бекона (1620 г.), американского просветителя Б.Франклина (1750 г.) и других, которые высказывались о пользе льна. Г.Чейн в 1724 году писал, что ношение льняных тканей также помогает при диабете, принося людям облегчение во многих случаях болезни.

Долгое время вера в необыкновенную силу льняных материй была основана лишь на интуиции и наблюдениях. Только после Второй Мировой войны начались научные исследования, которые подтвердили правоту мудрости народа [126]. В 1962 году ученые под руководством проф. Ю.В. Вадковской провели испытания одежды разного состава в различных климатических зонах страны. Было установлено, что льняные ткани по многим характеристикам не имеют себе равных. Была выявлена способность льна хорошо впитывать влагу (рис. 1.10), отводить тепло не только во влажной, но и в сухой среде, оказывать благоприятное воздействие при начинающемся перегреве. Поэтому применение льняных тканей предупреждает целый ряд заболеваний, особенно у малолетних детей, а также у жителей северных районов, у которых иммунитет кожи снижен, часто наблюдается шелушение, истончение и хрупкость рогового слоя.

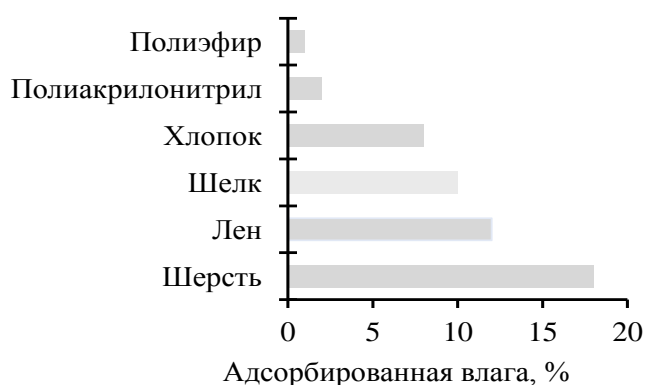


Рисунок 1.10. Способность различных волокон поглощать влагу

Одежда из льна, по данным исследований проф. Ю.В. Вадковской, также оказывает благоприятное воздействие на человека в условиях сухого жаркого климата при обстоятельствах большой влагопотери.

Всесторонние физико-гигиенические испытания одежды из льняных, хлопчатобумажных и вискозных штапельных тканей были проведены в 1965–1968 годах Центральным научно-исследовательским институтом промышленности лубяных волокон (ЦНИИЛВ, Москва) и Центральным научно-исследовательским институтом швейной промышленности (ЦНИИШП). Исследования показали большую (на 10 – 20%) относительную влажность воздуха в пододежном пространстве под хлопчатобумажной тканью, чем под льняной.

Льняные ткани существенно более воздухопроницаемы по сравнению с хлопчатобумажными (рис. 1.11). Но высокая воздухопроницаемость одежды для жаркого климата не должна сопровождаться повышенной проницаемостью для солнечных лучей. Плотные белые льняные ткани хорошо отражают почти весь спектр солнечных лучей, что особенно важно в связи с увеличением ультрафиолетового облучения в местах сокращенного содержания озона в атмосфере (озоновые дыры). Важным показателем для белья является также прилипаемость и жесткость. Ткань для летней одежды должна иметь определенную жесткость, от которой зависит слой пододежного воздуха. Всем этим требованиям как раз и отвечают льняные ткани [40-44].

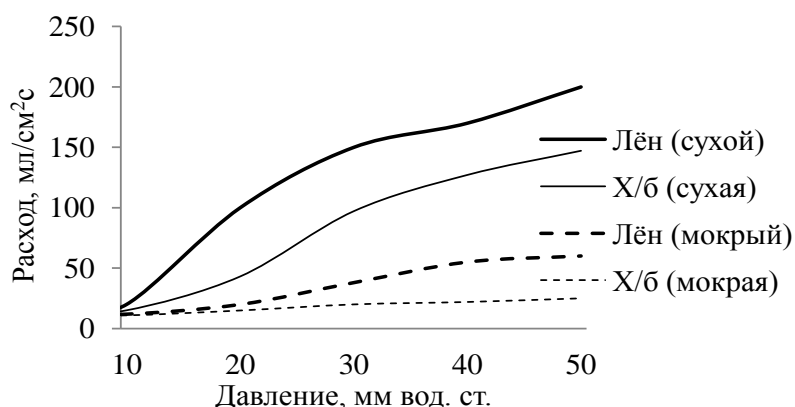


Рисунок 1.11. Воздухопроницаемость льняных и хлопчатобумажных тканей одинаковой структуры в сухом и мокром состоянии

Льняная ткань создает в жару ощущение прохлады, как бы «понижая» летнюю температуру на 4 – 5°С, и хорошо согревает зимой. Важно и то, что лен прекрасно хранится, хорошо переносит температурные перепады и самые жесткие стирки, после чего становится мягче, белее и больше льнет к телу.

Научные исследования ФГУП ЦНИИЛКА свидетельствуют об уменьшении негативного экологического влияния при использовании льняных полотен в качестве постельного белья. Оно благотворно влияет на терморегуляцию и способствует хорошему сну. Наблюдается повышение содержания иммуноглобулина в организме человека в процессе использования в качестве постельного и нательного белья льняного полотна.

Исследования, проведенные И.М. Иванниковой в ЦНИИЛВ по изучению гигиенически важных свойств льняных и хлопчатобумажных тканей показали, что льняные беленые ткани той же структуры, изготовленные из пряжи одинаковой линейной плотности, вследствие своей гладкости и компактности, тоньше хлопчатобумажных. По ее данным, если льняная ткань имеет толщину 0,4 мм, то хлопчатобумажная – 0,51; в другом случае соответственно 0,34 и 0,45 мм.

Исследования, проводимые И.М. Иванниковой, указывают на то, что лен является хорошим проводником тепла. Его теплопроводность на 20% выше теплопроводности хлопковых тканей и в 2 раза больше чем у шерсти (табл. 1.7):

Таблица 1.7.

Теплопроводность различных материалов

Ткань	Теплопроводность, ккал/(ч·м·°С)
Льняная	0,072
Х/б	0,061
Шерстяная	0,032

Льняные ткани после погружения в воду и стекания высыхают при температуре 20°C и влажности воздуха 50 – 55% интенсивнее. Мягкая хлопчатобумажная ткань сильнее прилипает к влажной поверхности (потному телу). Эта сила для льна 75 – 78 г, а у хлопка – 105 – 110 г на ту же поверхность.

Исследования Министерства здравоохранения СССР, проведенные в 1980 – 1981 годах, показали, что льняное белье, пеленки, простыни, летняя одежда из льна очень полезны маленьким детям [45]. Полотенца из льна или даже только содержащие лен, по сравнению с хлопчатобумажными, обладают повышенной водоемкостью (до 20% веса) и влагоотдачей. На рисунке 1.12 представлены кривые влагопоглощения льняным и хлопковым материалом.

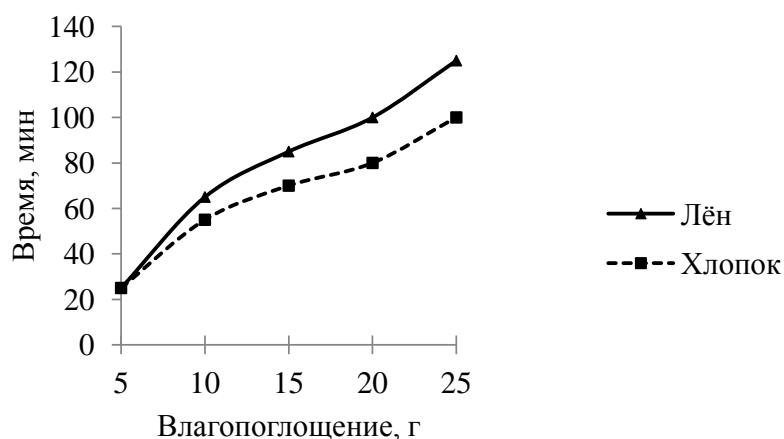


Рисунок 1.12. Кинетические кривые поглощения тканью влаги с поверхности тела

Обобщенные исследования В.В.Живетина, В.И.Ходырева и А.Г. Севостьянова отмечают у льняного волокна хорошую проводимость тепла. Эти же исследования показали, что лен, с одной стороны, содержит очень высокоорганизованную целлюлозу, которая обеспечивает высокую прочность, малые удлинения, стойкость к кислотному гидролизу и теплостойкость, с другой стороны, повышенное содержание спутников целлюлозы (до 27%) увеличивает антисептические, противогнилостные, светостойкие свойства (за счет лигнина), обеспечивает мягкость волокна (за счет воскообразных веществ), а присутствие в золе кремния,

железа, меди, алюминия и других металлов снижает электрическое сопротивление.

Одежда должна обеспечивать комфортные условия существования человека [46]. В понятие комфортных условий входит температура, влажность воздуха в пододежном пространстве, удаление эпидермического пота. При влажности 50% сохраняется хорошее самочувствие, если температура пододежного воздуха 32 – 36°С. Каждое повышение влажности на 10% должно сопровождаться снижением температуры на 2°С. Из этого следует, что для разной наружной температуры и выделяемого человеком тепла (работы) должна быть разная одежда [47]. При высокой температуре наружного воздуха и большом выделении тепла организмом человека одежда не должна пропускать наружного тепла, одновременно обеспечивая быстрый отвод тепла от тела, пододежное пространство должно достаточно вентилироваться, чтобы быстро удалялся пот. Жесткость, воздухопроницаемость и высокая теплопроводность льняных материалов создают оптимальные тепловые условия для организма, для деятельности его сердечно-сосудистой системы (частота сердечных сокращений снижается на 20 – 40 удар./мин) и дыхания по сравнению с работой в общепринятых средствах индивидуальной защиты.

Специфические свойства льняного волокна создают в помещениях микроклимат повышенной комфортности. Широко стали применяться льняные ткани для обивки стен, изготовления штор, декоративных покрытий на кровати и столы. Проведенные ЦНИИЛКА совместно с Арктическим институтом испытания льняных тканей, включая простыни, в Антарктиде, где очень велики электрические заряды, показали, что применение данного материала в два раза снизило величину заряда, что эффективно отразилось на самочувствии работающих там людей. Сейчас льняное белье носят космонавты, подводники, все, чья работа связана с большими перегрузками.

Льняные ткани благотворно влияют на состояние мышечной системы человека. Мышцы – это «машины», преобразующие химическую энергию непосредственно в механическую работу и в теплоту. Одежда смесового состава значительно влияет на работоспособность мышечной системы человек. В льносодержащей

одежде состояние мышц сохраняется в расслабленном состоянии, в отличие от одежды из химического волокна, при котором наблюдается мышечное утомление.

Уникальные медикаментозные свойства льна использовались на протяжении многих веков. Льняная продукция давно и успешно применяется в народной медицине: льняная ткань, вата, масло и само семя льна. Отец медицины Гиппократ использовал продукцию льна для снятия воспалений.

С аналогичной целью лен рекомендовался в немецкой и болгарской народной медицине. Многие целители прошлого, в том числе известный врачеватель Абуали ибн Сина (Авиценна), применяли лен и льняное семя в своих методах лечения. Нынешняя медицина и фармакология также использует в практике лечения некоторых болезней препараты из льна. Спектр лекарств, изготовленных из льняного семени, в народной медицине всегда был широк. О медицинском значении льняной продукции упоминают средневековые «Тибетские лечебники», «Катон», «Изборник» великого князя киевского Святослава Ярославича (1073 г.). Препараты из льна, обладают растворяющим, очищающим, смягчающим, обволакивающим действиями. Врачи говорят о способности льна снимать воспаление, понижать температуру тела, регулировать воздухообмен.

В мировом производстве и потреблении текстиля по-прежнему приоритет у изделий из натуральных волокон, и в первую очередь, из льна, как волокна, обеспечивающего оптимальный микроклимат для человека, и единственного волокна обладающего бактерицидными свойствами.

В настоящее время в России из льняного сырья разработан ассортимент и отработана технология производства текстильных изделий медицинского и санитарно-гигиенического назначения, таких как, льняная хирургическая нить повышенной совместимости с тканями живого организма, медицинская гигроскопическая вата, перевязочные материалы, лечебное белье. Эффективность применения текстильных материалов в медицине обусловлена целым набором необходимых свойств, таких как высокая сорбционная способность, эластичность, воздухопроницаемость и др. Льняные перевязочные средства используют для заживления ран.

Установлено, что льняные ватно-марлевые изделия и перевязочные средства, по сравнению с изделиями из других текстильных материалов, не прилипают к раневой поверхности и обладают повышенным гемостатическим эффектом, что способствует быстрой остановке крови (рис. 1.13).

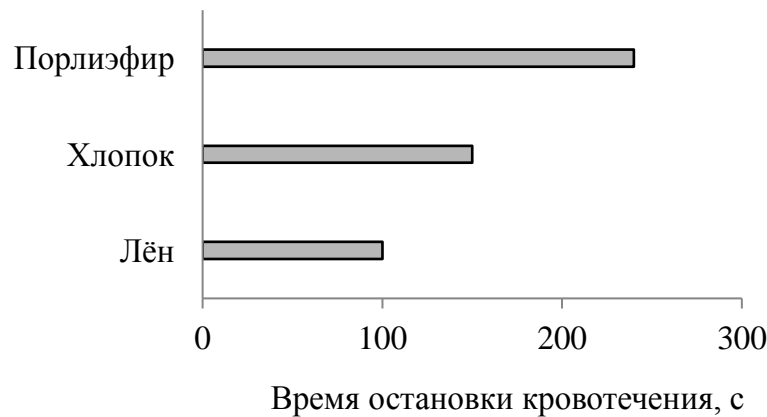


Рисунок 1.13. Способность различных волокон останавливать кровь

Льняная и льнохлопковая вата обладает также высокой влагоемкостью для доведения лечебных растворов до мест поражения. Лен – единственный растительный материал, который сейчас начинают использовать для наложения внутренних швов. Он не отторгается организмом и рассасывается без последствий.

В институте натуральных волокон (ИНВ) (Польша, г. Познань), в клиниках Польши и Японии были проведены работы по определению эффективности льняного белья для предотвращения появления пролежней. При лечении этого язвенно-некротического процесса, развивающегося на тех областях тела, которые подвергаются давлению, необходимо предотвращать переход сухого некроза во влажный. Во время контакта пролежня с льняной тканью происходит высушивание поверхности, оттягивание продуктов некротического разложения [49]. В России в рамках Федеральной целевой программы поисковые исследования по созданию антипролежневых салфеток из чистольняной ткани с нанесением на нее антипролежневого отечественного лекарственного препарата растительного происхождения показали сокращение числа перевязок, расхода лекарственного препарата, срока заживления пролежней. Срок появления нового эпителия сокращался в 2 раза.

Клинические исследования эффективности оборачивания тела влажной льняной тканью для очистки организма от шлаков путем их вытягивания через поры кожи подтвердили, что влажная льняная ткань легко открывает поры на поверхности контакта и вытягивает нечистоту и слизь. Смыв органических выделений с льняной ткани после такого контакта содержит от 100 до 200 мг сухих веществ на 10 г ткани.

Доказана способность льняных тканей угнетать жизнедеятельность патогенной микрофлоры (стафилококк, стрептококк).

1.5.2. Физико-механические свойства

Установлено, что лен не накапливает статического электричества. Это подтверждено испытаниями на Российской антарктической станции «Восток». Появление электрических зарядов во время ношения одежды отрицательно влияет на работу сердечно-сосудистой системы. Поэтому в швейных изделиях рекомендуется применение льняных волокон, которые снижают или вообще полностью устраняют электризуемость (табл. 1.8).

Таблица 1.8.

Зависимость электризуемости текстильных полотен от их состава

Состав полотна	Сопротивление, Ом
Хлопок (100%)	$5,5 \cdot 10^{11}$
Хлопок/ПЭ (50/50)	$5,3 \cdot 10^{11}$
Лён (100%)	$5,1 \cdot 10^{11}$
Лён/ПЭ (50/50)	$1,7 \cdot 10^{11}$

Научно-исследовательский институт комплексной автоматизации легкой промышленности (ЦНИИЛКА, Москва) установил, что загрязняемость тканей зависит от ворсистости ее поверхности и наличия статического заряда, способст-

вующего оседанию пыли на ткань. Величина заряда, образующегося на тканях, зависит от электропроводности волокна. Лубяные волокна, к которым относится лен, обладают максимальной электропроводностью, к тому же льняные ткани являются очень гладкими, чего нельзя сказать о хлопчатобумажных. По исследованиям сотрудника ЦНИИЛКА А.Г. Севостьянова, поверхностное электрическое сопротивление самое малое у льняных тканей. То есть добавки химических волокон, даже высокомолекулярной вискозы (ВВМ), повышают электрическое сопротивление. Особенно существенно его повышают добавки синтетических волокон. У хлопка сопротивление выше, чем у льна, и примерно такое же, как у льна с 30% ВВМ. При увеличении сопротивления и, следовательно, размера остающегося заряда, идет загрязнение ткани, которое, кроме того, возрастает с увеличением ворсистости. Вследствие меньшей загрязненности, льняное полотно требует более редких стирок, что также повышает его срок службы.

Исследования ученых Академии им. Тимирязева говорят об удивительных свойствах льняных вещей. Одежда из льна в несколько раз понижает уровень радиации. Она же в два раза ослабляет гамма-излучение. Кроме того, такая одежда хорошо защищает нас от химически агрессивной среды.

Полотна из льняного сурового волокна способны ослаблять интенсивность «мягкого» ионизирующего излучения на 10 – 30%, а после специальных обработок почти полностью подавлять электромагнитное излучение.

Известно, что свободные радикалы образуются обычно в результате воздействия ионизирующего излучения и вызывают преждевременное старение организма и опухолевые заболевания. Использование лигнинсодержащих материалов (лен) в быту для защиты от ультрафиолетового излучения (особенно в районах озоновых дыр) способствует сохранению здоровья и трудоспособности населения. Литературные данные [48] свидетельствуют, что ткани, содержащие волокна лубяных культур, лучше защищают от УФ-излучения, чем хлопчатобумажные и смесовые ткани с химическими волокнами.

Поглощение мягкого ионизирующего излучения – уникальное свойство текстильных льносодержащих материалов. Оно обусловлено наличием в льняном во-

локне лигнина ароматической природы (2,5 – 5,5%), особенно в низкокачественной составляющей льняного волокна, и примесями солей тяжелых и редких металлов (в пределах ПДК). На рисунке 1.14 представлена зависимость защитных свойств льняных и хлопчатобумажных материалов от электромагнитного излучения в различных диапазонах частот.

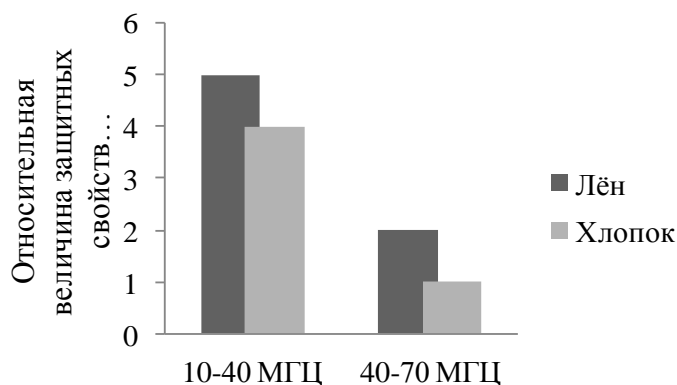


Рисунок 1.14. Зависимость защитных свойств различных текстильных материалов от электромагнитного излучения в диапазоне частот 10-40 МГц и 40-70 МГц

Жесткое ультрафиолетовое излучение отрицательно влияет на человека и способно вызывать рак кожи. Плотные белые льняные ткани могут быть рекомендованы в качестве одежды в регионах пониженного содержания озона в атмосфере, так как они хорошо отражают почти весь спектр ультрафиолетового излучения, и сами льняные ткани меньше разрушаются при облучении (рис. 1.15).

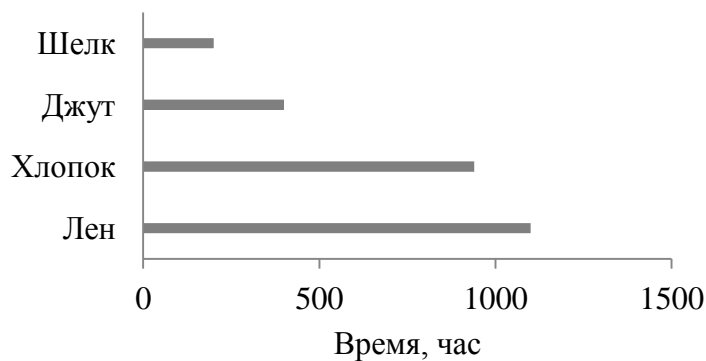


Рисунок 1.15. Зависимость времени облучения на солнце, приводящего к 50% потере прочности, от состава текстильного материала

При оценке прочности, было установлено, что льняные нити и ткани хорошо переносят многократную стерилизацию. Потеря прочности составляет не более 1 – 1,5%, а во влажном состоянии прочность даже повышается до 13%. Это ценно для хирургической практики, где узлы вяжутся во влажном состоянии.

1.6. Методы модифицирования текстильных материалов

Человечество всегда стремилось находить способы поддержания и сохранения здоровья своего организма. Большое значение для хорошего самочувствия играет состояние кожного покрова. Поэтому издавна повышенное внимание обращено на текстильные материалы, поскольку они постоянно соприкасаются с кожей человека.

Текстильным материалам предъявляют ряд требований по наличию свойств, которые условно можно разделить на физико-механические, медико-биологические, гигиенические, функциональные, эстетические и др.

Сегодня текстильные материалы вызывают интерес не только своими изначальными природными свойствами, но и дополнительными качествами, которые им можно придать (обогатить, модифицировать). Такие текстильные материалы становятся носителями лекарственных препаратов, причем часто с пролонгированным действием. В этом случае к свойствам самого материала добавляются новые лечебные характеристики.

В косметологии применяют текстильные маски и салфетки с активной составляющей для ухода за кожей лица и шеи. Ряд фирм выпускает в продажу изделия в виде тонкой текстильной основы, пропитанной биодобавками, («Intria Japonica» производитель «Kanebo», «Плацента Маск» от «Placenta Laboratories Inc», «Korff» Швейцария).

Мы получили материал с новыми улучшенными свойствами. Были проведены исследования по обеспечению эффективного профилактического воздействия на кожу человека льняных биологически активных компонентов, нанесенных на текстильную основу. В основу исследования было положено предположение,

что структура материала-основы позволит ввести в него определенную концентрацию БАВ.

Для осуществления поставленной задачи получения материала с заданными свойствами мы обратились к известным технологиям отделки текстильных материалов. В процессе такой отделки тканям придается комплекс новых свойств (уменьшение сминаемости, биоцидная отделка и т.д.)/

Сегодня известны различные способы получения модифицированных текстильных материалов, которые условно можно классифицировать на четыре группы.

1) Препарат вводится в прядильный раствор или расплав перед стадией получения волокна. Далее из полученного волокна изготавливается изначально заданный материал.

Этот способ осуществляется на заводах-изготовителях волокон и предусматривает получение искусственных и синтетических материалов. Преимущества данного метода заключаются в равномерном распределении вводимого компонента по структуре волокна и отсутствии дополнительных технологических операций на установленном оборудовании. Однако синтетические материалы уступают остальным по своим гигиеническим характеристикам (например, по гидрофобности). Данный способ сейчас широко не применяется из-за необходимости выдерживать высокие технологические температуры процессов изготовления волокон. Жесткие условия проводимых технологических операций снижают активность вводимых компонентов, трансформируют их или вовсе уничтожают.

2) Вводимое вещество присоединяется к макромолекуле волокно- или пленкообразующего соединения химической связью. Процесс образования связи (ковалентной, ионной, координационной и др.) осуществляется за счет различных технологических операций. Этот способ предусматривает проведение химической реакции между реакционноспособными группами волокна. При этом должно соблюдаться требование наличия в волокне или в дополнительных веществах функциональных групп $-NH_2$, $-OH$.

3) Препарат наносится на поверхность материала-основы с полимерной композицией, в которую предварительно он был введен. Полимерная композиция в данном случае сравнима с печатной краской, где полимер является загустителем с введенным в него биологически активным веществом по аналогии с красителем. Это физический способ иммобилизации биологически активных веществ, для реализации которого могут быть использованы традиционные технологии отделки тканей: печать через сетчатый шаблон, аппретирование (шпредингование).

Данный метод обладает рядом преимуществ:

- осуществляется возможность вводить в загуститель и, соответственно, в текстильный материал вещества как синтетического, так и природного происхождения;
- можно осуществлять процесс вне зависимости от показателя растворимости вводимого вещества;
- простота технологического оформления процесса (рис. 1.16).

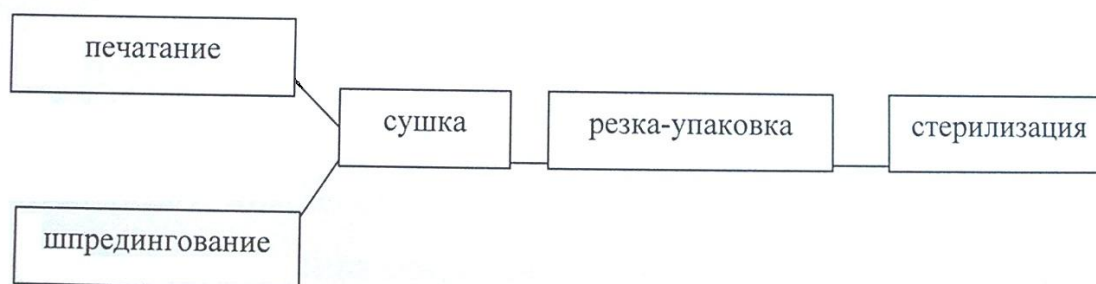


Рисунок. 1.16. Общая технологическая схема процесса отделки тканей методом печати

На текстильный материал наносится печатная композиция. Затем материал высушивается при температуре приемлемой для вводимого вещества, разрезается, упаковывается и стерилизуется.

Переход печатания материала от одной композиции к другой возможен без изменения технологического режима. Также применений способа печати через сетчатый шаблон позволяет регулировать различными способами количество вводимого в текстильный материал вещества, сохранить паро- и воздухопроницае-

мость текстильного материала за счет создания не сплошной, а дискретной пленки.

4) Вещество вводится в текстильный материал путем пропитки из раствора, дисперсии или эмульсии, с последующей сушкой. Способ прост в исполнении. В этом случае препарат удерживается на материале за счет физических сил. Концентрация вводимого в текстильный материал соединений зависит от растворимости веществ.

В процессе отделки и введения препаратов в текстильную основу, обогащаемый компонент может присоединиться к волокну, из которого изготовлен текстильный материал, различными способами.

Таким образом, варианты присоединения модифицирующей композиции к текстильной основе условно можно разделить на:

- присоединение веществ обогащающей композиции химическими связями между активными группами (химическая модификация);
- закрепление веществ обогащающей композиции в тонкой структуре волокон за счет физических сил (физическая модификация);
- нанесение модифицирующей композиции с образованием комплекса вводимый препарат – вспомогательное вещество – основа.

Химическая модификация требует наличия у компонентов функциональных групп, способных вступать во взаимодействия с волокнами, и одновременно отвечать за придание новых свойств материалам. Вещества могут закрепляться на волокне химическими связями трех видов: координационной, ионной и наиболее прочной – ковалентной. Структурная модификация связана с возможностью слабого присоединения веществ или их распада под воздействием окружающих факторов.

Для нанесения модифицирующей композиции на текстильные материалы используют различные способы: пропитка, намазывание, окунание, обрызгивание (напыление), нанесение загущенных составов способом печатания с последующей сушкой.

Вариант нанесения композиции методом пропитки позволяет равномерно распределить вещества в полотне, но при этом тратится большое их количество. Более точного и быстрого нанесения препарата на текстильный носитель позволяет добиться метод обрызгивания.

Анализируя известные способы придания новых свойств текстильным полотнам, можно отметить метод поверхностного нанесения веществ на материалы (окунание). Это давно известный в практике способ достаточно прост в исполнении. Он не требует сложного специального оборудования и даёт высокий практический результат. Метод окунания является наименее трудоемким и простым способом получения модифицированных текстильных полотен с новыми свойствами. Потому в работе нами был испытан и применён метод поверхностного нанесения модифицирующей композиции путем окунания в рабочий раствор.

Таким образом, для решения поставленной задачи придания новых свойств текстильным материалам мы использовали исключительно отечественные компоненты природного происхождения по технологии, минимизирующей отрицательное воздействие на окружающую среду, для чего было применено научное обоснование волокнистого состава, структуры и способов обогащения текстильных полотен.

Выводы по первой главе

1. Анализ научной литературы и производственного ассортимента текстильных изделий легкой промышленности подтверждают актуальность исследований, направленных на разработку и совершенствование показателей качества текстильных материалов, улучшение их гигиенических и эксплуатационных характеристик.

2. Установлены наиболее значимые требования к текстильным полотнам в производстве швейных изделий бельевого назначения.

3. Выявлены и обоснованы особенности химического и волокнистого состава, свойств и структуры текстильных полотен натурального происхождения в соответствии с особенностями вегетации и процессов переработки исходного сырья.

4. По проведенному информационно-аналитическому обзору, можно сделать выводы о несомненных преимуществах льняных и льносодержащих полотен по сравнению с хлопчатобумажными полотнами по ряду параметров, таких как гигроскопичность, капиллярность, воздухопроницаемость и др.

5. Проведен анализ существующих технологий первичной переработки льна (чесание, эмульсирование, прядение, отбеливание пряжи) и его отделки (шлихтование пряжи, ткачество, отбеливание ткани) на льняном производстве.

6. Рассмотрены способы придания новых свойств текстильным материалам с целью выбора оптимального в рамках поставленной задачи по модифицированию органическими биологически активными компонентами.

7. Проанализированы способы получения текстильных материалов с новыми свойствами и возможные пути введения биологически активных компонентов в текстильную матрицу.

8. Выбраны объекты для составления композиции, используемые для придания биологической активности текстильной основе.

9. Обоснован способ модифицирования текстильных материалов для улучшения их свойств, предложены режимы и оптимальные параметры.

II. МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТОВ И МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1. Объекты исследования

Объектами исследования в данной работе служили:

1. Текстильные материалы и волокна.
2. Сырье, полупродукты и готовые изделия льняного производства.
3. Компоненты экстрактов, полученных из льняного сырья.

2.2.1. Текстильные материалы и волокна

В производстве изделий легкой промышленности используют различные волокна и материалы. При выборе материала, используемого в качестве основы для модификации биологически активным составом, мы основывались на многих показателях, в том числе текстильный материал должен:

- обладать высокой гигроскопичностью, которая обеспечивает эффективный перенос БАВ;
- оптимально драпироваться, чтобы прилегать к сложной поверхности тела;
- иметь хорошие сорбционные способности, чтобы быть носителем биологически активных веществ и модифицирующего состава;
- быть нетоксичен и экологически безопасен.

С учетом поставленных требований, литературных данных и представленного ассортимента выпускаемых материалов на текстильных предприятиях для дальнейшего исследования были выбраны льняные, хлопковые, полульняные, вискозные и полиэфирные текстильные материалы (табл. 2.1.).

Характеристика исследуемых образцов

№ п/ п	Наименование продукции	пере- ре- пле- те- ние	ГОС Т, ОСТ, ТУ, ТО	Ши- ри- на, см	Краткая техническая характеристика				
					количество нитей на 10 см		Поверх- ностная плот- ность, г/м ²	номинальная линейная плот- ность пряжи, текс	
					осно- ва	уток		осно- ва	уток
1	Плательно- костюмная вискозная	по- лот- ня- ное	-	110	270	183	164	15,4 *2	29
2	Хлопко- эфирная ткань	по- лот- ня- ное	-	85	427	261	167	15,4*2	15,4
3	Костюмно- плательная хлопчатобу- мажная	По- лот- ня- ное	-	95	227	160	160	29	56
4	Ткань суровая кислованная льняная	По- лот- ня- ное	9910- 74	85	-	-	200	60	60
5	Ткань суровая расшлихто- ванная льня- ная	По- лот- ня- ное	11040 -74	106	-	-	285	76	76
6	Плательная вискозная	по- лот- ня- ное	-	-	361	130	208	72,4	29,4

Экспериментальные исследования проводились на образцах текстильных полотен, применяемых в производстве изделий различного назначения (бельевые материалы, санитарно-гигиенические изделия и др.).

При выборе видов тканей для исследований учитывалась пригодность материалов к предполагаемым особенностям разрабатываемой технологии по физико-механическим, гигиеническим, санитарно-химическим и токсикологическим параметрам. Все эти показатели определялись нами экспериментально по приведенным ниже методикам.

2.1.2. Сырье, полупродукты и готовые изделия льняного производства

Под льняным сырьем, как объектом исследования мы подразумевали полупродукты льняного производства, отходы процессов переработки льна и изготовления льняной продукции.

Продукты процессов переработки льна следующие:

- костра (измельченная древесина стебля);
- треста (стебли льна, в которых волокно очищено от нецеллюлозных примесей и сравнительно легко отделяется от древесины);
- солома (стебли льна после уборки и обмолота семенных коробочек);
- сырец (стебли после мяльной обработки с нарушенной связью волокна с древесиной);
- семена;
- жмых (продукт, получаемый после отжима масла из льняных семян);
- льняная пряжа;
- суровая льняная ткань;
- гладкая льняная ткань.

2.1.3. Компоненты экстрактов, полученных из льняного сырья

Из литературных данных известно, что основным веществом, из которого состоит льняное волокно, является целлюлоза. В льняных волокнах также содержатся вещества нецеллюлозного характера. Среди них наибольшую долю занимает лигнин. В волокне льна, кроме того, содержатся пектиновые, азотистые, жировосковые, красящие, дубильные, зольные вещества и вода.

В работе изучались органические биологически активные вещества, выделенные из льняного сырья и продуктов его переработки. Компонентами экстрактов из льняного сырья и отходов процессов переработки льна в данной работе являлись органические вещества: кислоты, спирты, эфиры, витамины, углеводороды с циклическими связями, среди которых встречаются фитостеролы, также называемые растительными стеролами, которые относятся к группе стероидных спиртов, естественным образом присутствующих в растениях) кампестерол, β -ситостерол, тараксастерол, эргостерол, холестерол и др). Именно присутствие в льняном сырье различных по структуре и свойствам веществ позволяет говорить о возможности их использования в качестве многофункционального компонента, который также имеет высокое сродство к волокнистой основе. При выборе веществ мы руководствовались их свойствами (табл. 2.2), интересующими нас медико-гигиеническими характеристиками, а также литературными данными.

Органические биологически активные вещества, исследуемые в работе

Вещество	Биологически активные свойства и область применения
Стерол	Натуральный антиоксидант; структурный компонент клеточных мембран; контролирует содержание холестерина в человеческом организме; противораковый эффект
Сквален	Иммуномодулирующее действие; участвует в обмене веществ
Токоферол	Натуральный антиоксидант; нейтрализует свободные радикалы; способствует синтезу коллагена и защите кожи от воздействия ультрафиолетовых лучей
Полиненасыщенные жирные кислоты	Поливитаминальное действие; антибактериальный и защитный эффект; позитивное воздействие на сосуды и соединительные ткани; улучшает тонус кожи; эффективное средство для заживления и восстановления кожи
Лигнин	Иммуномодулирующий антисептический эффект; используется в качестве энтеросорбента; положительное влияние на слизистые оболочки внутренних органов, микрофлору

При выборе компонентов экстрактов из льняного сырья для составления модифицирующей композиции необходимо было руководствоваться требованиями, предъявляемыми областью применения материалов и технологическими особенностями последующих процессов (печатание через шаблон, нанесение под раклю и др.).

2.2. Методы исследования

В процессе проектирования и прогнозирования свойств и показателей качества материалов и изделий легкой промышленности текстильные полотна нами рассматривались в качестве основы, носителя биологически активных веществ. Кроме свойств самих биологически активных веществ, введенных при модифика-

ции в текстильную основу, важную роль играют свойства самого обогащаемого материала. От него требуются хорошие показатели гигроскопичности для осуществления оптимального процесса хранения и массопереноса биологически активных веществ. Текстильный материал должен хорошо драпироваться и иметь достаточную объемную структуру, чтобы быть носителем, «депо» органических биологически активных веществ.

Выбор критериев для оценки свойств текстильных материалов был связан с предполагаемыми особенностями разрабатываемых показателей, гигиеническими, санитарно-химическими, токсикологическими требованиями и др. [29-32, 34,37]:

- гигиенические свойства (гигроскопичность, паропроницаемость, влагоотдача и др.);
- физико-механические свойства;
- жесткость, драпируемость, туше, и т.д.

Отмеченные показатели определялись нами в результате экспериментальной работы по приведенным ниже методикам.

2.2.1. Методика обработки статистических данных с расчетом ошибки эксперимента

Данные, полученные экспериментальным путем, неизбежно содержат погрешности измерений. Для уменьшения ошибки эксперимента нами были проведены серии параллельных испытаний.

Согласно методике [44, 98] математическая обработка результатов экспериментов проводилась по методу статистической обработки выборки с малым числом наблюдений.

Пусть $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ - отдельные результаты измерений величины x .

1. Находят среднее арифметическое значение (2.1):

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad (2.1)$$

где n - число измерений

2. Вычисляют абсолютную случайную погрешность i -го измерения (2.2):

$$\Delta x_i = x_i - \bar{x} \quad (2.2)$$

3. Определяют среднюю квадратичную погрешность отдельного измерения (2.3):

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta x_i^2}{n-1}} \quad (2.3)$$

4. Определяют относительную квадратичную погрешность отдельного измерения (2.4):

$$\delta_x = \frac{\sigma}{\bar{x}} \quad (2.4)$$

5. Рассчитывают среднюю квадратичную погрешность среднего арифметического значения (2.5):

$$\bar{\sigma} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (2.5)$$

6. Определяют относительную квадратичную погрешность среднего арифметического значения (2.6):

$$\delta_{\bar{x}} = \frac{\bar{\sigma}}{\bar{x}} \quad (2.6)$$

7. Истинное значение величины x определяется по (2.7):

$$x = \bar{x} \pm t_p \bar{\sigma}, \quad (2.7)$$

где t_p – значение критерия Стьюдента, зависящего от числа измерений и ожидаемой вероятности p (табл. 2.3).

Таблица 2.3.

Коэффициент (критерий) Стьюдента (t_p) при вероятности $p=0,95$ в зависимости от числа измерений

n	3	5	7	9	20	30	∞
t_p	3,182	2,571	2,365	2,262	2,086	2,043	1,96

8. Если для некоторого i -го измерения выполняется (2.8), то это измерение отбрасывают как грубую ошибку и повторяют весь расчёт.

$$|\Delta x_i| > 3\sigma. \quad (2.8)$$

2.2.2. Метод экспертных оценок

Экспертные методы широко применяют при измерении и оценке показателей с помощью органов чувств (органолептических), оценке продукции и выборе наилучшей ее классификации. В органолептическом анализе широко используется понятие «эксперт-дегустатор». Это лицо, которое проводит сенсорные испытания и органолептическую оценку в составе дегустационной комиссии или индивидуально [98].

Методы проведения экспертного опроса делятся на индивидуальные и групповые. При индивидуальном методе опрашивается каждый эксперт. При групповом – часть экспертной группы или вся группа. Индивидуальный опрос проводят очным или заочным способом. Существуют различные основные методы обработки экспертного опроса: ранжирование, парное сравнение, непосредственная оценка, последовательное сравнение и др.

2.2.3. Метод непосредственного оценивания

Метод непосредственного оценивания заключается в упорядочивании характеристик исследуемых объектов путем приписывания баллов каждому из них. Эти значения соответствуют степени влияния того или иного объекта на наблю-

даемый результат. В процессе сравнения эксперт должен поставить в соответствие каждому объекту точку на непрерывной числовой оси. Эквивалентным по воздействиям объектам приписывается одно и то же число. В самом простом случае ставят оценки 0 и 1, по результатам которых, в зависимости от целей исследования, вычисляют ранг и весомость каждого изучаемого объекта [44, 46].

2.2.4. Методика отбора и подготовки (кондиционирования) образцов

Приведение образцов материалов к воздушно-сухому состоянию (кондиционирование) осуществлялось доведением материалов до постоянной массы в нормальных климатических условиях [35, 36, 103].

Образцы текстильных материалов перед проведением исследований приводились к определённой влажности и температуре путём их выдерживания до постоянной массы в заданных климатических условиях.

Для этого образцы материалов выдерживали при нормальной относительной влажности воздуха $(65 \pm 2)\%$ и температуре $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$.

Для того, чтобы установить момент достижения материалом состояния равновесной влажности, образцы в ходе кондиционирования через определённые интервалы времени взвешивали. Образец считался доведённым до состояния равновесной влажности, если два его последовательных взвешивания, проведённые через 2 ч одно за другим, не давали изменения в массе более чем 0,2 %.

Отбор и подготовку образцов к исследованиям проводили согласно ГОСТ 16218.0-82 «Изделия текстильно-галантерейные. Правила приемки и метод отбора проб», ГОСТ 20566-75 «Ткани и штучные изделия текстильные. Правила приемки и метод отбора проб», ГОСТ ИСО 5089-2001 «Материалы текстильные. Подготовка проб для химических испытаний» и в соответствии с требованиями Таможенного союза СТБ ISO 139-2008 «Материалы текстильные. Стандартные атмосферные условия для кондиционирования и испытаний» в части стандартных климатических условий», ГОСТ Р ИСО 139-2007 «Материалы текстильные. Стандартные атмосферные условия для кондиционирования и проведения испытаний».

2.2.5. Метод микроскопического анализа

Для подбора наиболее подходящих компонентов состава модифицирующей композиции, оценки структур волокон для анализа пористой структуры полученных материалов с новыми свойствами использовался микроскопический метод анализа при помощи электронного микроскопа, максимальное увеличение которого составляло 200х.

2.2.6. Метод масс-спектрометрического анализа

Метод масс-спектрометрического исследования веществ основан на определении отношения массы к заряду ионов, образующихся при ионизации представляющих интерес компонентов пробы. Он представляет собой способ качественной и количественной идентификации веществ. Приборы, в которых масс-спектрометрический детектор скомбинирован с газовым хроматографом, называются хромато-масс-спектрометрами.

Для определения содержания веществ и их концентрации во льне на различных стадиях его первичной переработки и отделки применяли метод хромато-масс-спектрометрии (ХМСА).

Исследование заключалось в том, что образец весом 0,5 г помещался в конический пластиковый наконечник, по которому пропускался хлористый метилен с небольшой скоростью (по каплям, самотеком). Полученные растворы анализировались методом ХМСА.

Анализ проб проводился на газовом хроматографе модели 6890 с масс-селективным детектором модели 5973 фирмы «Hewlett Packard». Разделение проводилось на колонке HP-5ms фирмы «Hewlett Packard», длина колонки – 30 м, внутренний диаметр – 0,25 мм, толщина слоя неподвижной фазы – 0,25 мкм. Газ-носитель – гелий, расход – 40 см/сек. Температурная программа: 35°C изотерма в течение 3 мин, далее программируемый нагрев 10°C/мин до 320°C, изотерма в те-

чение 5 мин. Объем пробы 1 мкл. Регистрация спектров компонентов пробы проводилась в положительных ионах в диапазоне масс от 29 до 600 при ионизации электронным ударом.

Идентификация разделенных компонентов проводилась с использованием спектральных библиотек Wiley275 и NIST98. Параллельно производился анализ проб в режиме химической ионизации метаном при регистрации в отрицательных ионах в идентичных температурных условиях. Результаты анализа регистрировались в виде хроматограмм.

Расчет содержания полиароматических углеводородов (ПАУ) производился по методу *Watrah.m* для хроматограмм в режиме электронного удара.

Расчет содержания хлорированных органических продуктов (ХОП) производится по методу *Sop.m* в режиме электронного удара. Данные методы обеспечивали удовлетворительную воспроизводимость результатов анализа [13].

2.2.7. Методика определения содержания формальдегида

Определение содержания формальдегида проводилось методом жидкостной хроматографии (ВЭЖХ). В данном методе хроматографии подвижной фазой является жидкость.

Сначала улавливали формальдегид, для чего образец ткани массой около 1 г, взвешенной с точностью 0,01 г, помещали в пенициллиновый пузырек, через который со скоростью 50-100 мл/мин прокачивали гелий в течение 15 минут. Далее гелий поступал в поглотитель Рихтера, содержащий 8 мл 0,01 н. H_2SO_4 . Пузырек с образцом термостатировали при 70°C.

Для количественного определения формальдегида в поглотительный раствор добавляли 200 мкл 0,01 М раствора солянокислого 2,4-динитрофенилгидразина. Полученный раствор выдерживали в термостате при 50°C в течение 20 минут. После охлаждения до комнатной температуры раствор пропускали через патрон, заполненный силикагелем с привитой C18-фазой. Затем патрон промывали 2 мл деионизированной воды и абсорбированные вещества на-

правляли ацетонитрилом в чистый пузырек. Элюат (жидкость подвижной фазы вместе с компонентами разделяемой смеси) упаривали досуха в токе гелия. Сухой остаток растворяли в 200 мкл ацетонитрила. Формальдегид в форме гидразона количественно определяли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии.

При оценке содержания формальдегида в текстильных материалах учитывались нормативные показатели по данному веществу, предъявляемые к тканям, а также требования Таможенного союза:

- ГОСТ 25617-83 «Ткани и изделия льняные, полульняные, хлопчатобумажные и смешанные. Методы химических испытаний»;
- ГОСТ 30386- 95 «Материалы текстильные. Предельно допустимые концентрации свободного формальдегида» и др.

2.2.8. Оценка гигиенических свойств текстильных материалов

Согласно данным специализированной литературы текстильные материалы оценивались по показателям качества, определяющим их основные свойства и качества. Поскольку основное внимание данной работы обращено на лен и льняное сырье, при выборе показателей качества подлежащих исследованию, учитывались специализированные нормативные документы. Также для оценки гигиенических свойств текстильных материалов нами были использованы стандарты правил и методов исследований (испытаний) и измерений, необходимые для применения и исполнения требований технологического регламента Таможенного союза «О безопасности продукции легкой промышленности» (ТР ТС 017/2011) [104]:

- ГОСТ 25617-83 «Ткани и изделия льняные, полульняные, хлопчатобумажные и смешанные. Методы химических испытаний»;
- ГОСТ 10138-93 «Ткани чистольняные, льняные и полульняные бельевые. Общие технические условия»;
- ГОСТ 10232-77 «Ткани и штучные изделия чистольняные, льняные и полульняные полотенечные. Общие технические условия»;

- ГОСТ 15968-87 «Ткани чистольняные, льняные и полульняные одежные. Общие технические условия»;
- МУК 4.1/4.3.1485-03 «Гигиеническая оценка одежды для детей, подростков и взрослых. Методы контроля. Химические факторы. Физические факторы»
- ГОСТ 3816-81 (ИСО 811-81) «Полотна текстильные. Методы определения гигроскопических и водоотталкивающих свойств» и др.

Таким образом, гигиенические свойства текстильных материалов оценивали по показателям гигроскопичности, водопоглощения, влагоемкости, воздухопроницаемости и др. [14-19].

2.2.9. Методика определения гигроскопичности

Гигроскопичность материала характеризует его способность поглощать влагу из газовой фазы [20, 21].

Гигроскопичность находят по увеличению массы образца, который был выдержан при относительной влажности воздуха, равной 100%. Из исследуемых образцов текстильных материалов вырезали пробы, взвешивали их на аналитических весах с точностью 0,00001 г., закрепляли на металлической рамке и помещали в эксикатор с водой на 16 часов. По истечении указанного времени образцы снова взвешивали.

Гигроскопичность ($W, \%$) вычисляли по формуле (2.8):

$$W = (m - m_0) / m_0 * 100\%, \quad (2.8)$$

где m_0 – масса образца до испытания, г.;

m – масса образца после испытания, г.

Определение гигроскопичности текстильных материалов проводилось стандартными методами по ГОСТ 3816-81 (ИСО 811-81).

2.2.10. Методика определения капиллярности

Капиллярность – способность жидкостей изменять уровень в узких каналах произвольной формы, пористых телах. Поднятие жидкости по капиллярам происходит в случае соприкосновения каналов со смачивающими жидкостями. Капиллярное движение жидкости в пористых телах вызывается капиллярными силами всасывания, которые определяются геометрическими свойствами системы и смачиваемостью стенок пор [34].

Вода и другие смачивающие жидкости, соприкасаясь с тканями, «втягиваются» в их капилляры и начинают перемещаться по всем направлениям внутри тел. Поэтому, чем больше капиллярность ткани, тем выше ее способность к водопоглощению. Таким образом, капиллярность характеризует смачиваемость материала и показывает способность текстильного материала поглощать влагу порами (капиллярами).

На практике высота капиллярного подъема ограничивается вязкостью течения воды вверх по порам и высыханием с поверхности ткани. Измеряемые данные зависят от множества различных неконтролируемых факторов: температуры, влажности воздуха, структуры поверхности волокон и т. д.

Перенос массы в капиллярнопористом материале – сложный процесс, который состоит из ряда механизмов, проявляющихся в зависимости от вида процесса (сушка, адсорбция, экстрагирование), характеристик пористой среды (величина и конфигурация пор, распределение пор по размерам, характер соединений их между собой), энергетического состояния поверхности стенок пор, степени физико-химического сродства молекул распределяемого вещества и скелета твердого тела, температуры, степени заполнения пор распределяемым веществом.

Капиллярность нами определялась по ГОСТу 3816-81 «Полотна текстильные. Методы определения гигроскопичности и влагоотталкивающих свойств». Настоящий стандарт распространяется на технические ткани и устанавливает метод определения капиллярности. Сущность метода заключается в определении высоты подъема жидкости в образцах, которая характеризует процесс капиллярного поглощения влаги испытываемым материалом [32].

Для определения капиллярности полоску текстильного материала длиной 30 см. и шириной 5см. подвешивали за один конец над кристаллизатором с раствором бихромата калия с концентрацией 3 г/л (ГОСТ 3816-61), а другой конец опускали в раствор и вели наблюдение за поднятием окрашенной жидкости во времени. Величину капиллярности (h, мм) рассчитывали по формуле 2.9:

$$h=K * t, \quad (2.9)$$

где h - высота подъема жидкости, мм;

t - время подъема жидкости, сек.

Для текстильных полотен характеристику капиллярности можно рассматривать как частный случай влагопоглощения. В таком случае пробы исследуемого материала необходимо взвешивать через определенные промежутки времени и окончательным результатом будет являться количество поглощенной капиллярами материала влаги.

2.2.11. Методика определения влагоотдачи

Влагоотдача – способность материала отдавать поглощенную им влагу, которая характеризуется количеством влаги, отданной увлажненным образцом при нормальных условиях. Влагоотдачу определяли по ГОСТ 3816-81 «Полотна текстильные. Методы определения гигроскопичности и влагоотталкивающих свойств».

В процессе определения влагоотдачи исследуемые образцы, взвешенные после определения гигроскопичности, выдерживали в эксикаторе с серной кислотой в вертикально подвешенном состоянии в течении определенного времени (8 часов). Далее образцы взвешивали на аналитических весах с точностью до 0,0001. Влагоотдачу определяли по формуле (2.10):

$$XB=(M_1-M_2)/M*100\%, \quad (2.10)$$

где M_1 – масса образца после определения гигроскопичности, г.;

M_2 – масса образца после выдерживания в течении 8 часов, г.;

M – масса сухого образца до испытания, г.

2.2.12. Методика определения паропроницаемости

Под паропроницаемостью понимают способность материала пропускать пары воды и характеризуют количеством паров воды, которые проникли через единицу площади образца в единицу времени.

Наиболее распространённым методом определения паропроницаемости является весовой. Сущность метода заключается в создании по обе стороны исследуемого материала градиента концентрации влаги за счет разной относительной влажности среды.

Испытание проводили в металлических стаканчиках. По шаблону вырезался круглый образец, равный диаметру крышки стаканчика. Перед началом испытания в стаканчик наливали дистиллированную воду, на края стаканчика помещали резиновое кольцо и испытуемый образец лицевой стороной к воде, сверху навинчивали крышку.

Стаканчики с образцами помещали в эксикатор с концентрированной серной кислотой, закрывали его крышкой и выдерживали в течении определенного времени. После выдержки в эксикаторе каждый стаканчик с образцом взвешивали на аналитических весах с точностью до 0,0001г.

Паропроницаемость (П, мг/(см²*ч)) вычисляли по формуле (2.11):

$$П = (m_1 - m_2) / (F * \tau), \quad (2.11)$$

где, $(m_1 - m_2)$ – убыль массы водяного пара, мг;

F – площадь образца, см,²

τ – время проведения испытания, ч.

2.2.13. Методика определения пароёмкости

Пароёмкость является одним из показателем гигиенических свойств материалов и определяет способность твёрдого тела поглощать (сорбировать) пары влаги.

Исследование пароемкости (E , мг) проводится параллельно с паропроницаемостью путём дополнительного взвешивания образцов без стаканчиков. При этом абсолютная пароемкость равна разности масс образца, а относительная пароемкость $E_{от}$ – отношение абсолютной пароемкости к начальной массе образца, выраженное в процентах (2.12, 2.13):

$$E_{абс.} = M_2 - M_1, \quad (2.12)$$

$$E_{от} = 100 \cdot (M_2 - M_1) / M_1 = 100 \cdot E / M_1, \quad (2.13)$$

где M_1 – масса образца до испытания на паропроницаемость;

M_2 – масса образца после испытания на паропроницаемость.

2.2.14. Методика оценки сорбции

Процесс адсорбции является поверхностным, во время которого происходит взаимодействие поглощаемого вещества с развитой поверхностью адсорбента; избирательным, когда поглотитель при определенных условиях поглощает лишь определенное вещество; обратимым (поглощенное вещество может быть выделено из адсорбента обратным процессом – десорбцией), а также равновесным: в этом случае устанавливается равновесие – определенная зависимость между концентрацией поглощаемого вещества в адсорбенте α (кг/кг) и его концентрацией (или парциальным давлением) в фазе (газ, пар, жидкость) ($\alpha = f(C)$ или $\alpha = f(Pn)$).

Процесс массообмена с твердой фазой в большинстве случаев является нестационарным, то есть его параметры изменяются во времени. В начальный момент времени концентрация поглощаемого вещества C_n и градиент концентрации равен нулю. При перемещении вещества от поверхности в толщу твердого материала, концентрация его изменяется от начальной (C_n) до конечной (C_k). Концентрация поглощаемого вещества изменяется по толщине материала и во времени, а градиент концентрации от 0 до максимального значения.

Основными факторами, влияющими на процесс адсорбции, являются температура, природа сорбента и сорбата, концентрация фазы, наличие в фазе примесей, давление.

Одним из основных показателей свойств адсорбентов является поглощательная (адсорбционная) способность, которая также называется активностью или емкостью адсорбента. Активность адсорбента показывает, какое количество вещества поглощается единицей массы или объема адсорбента (кг/кг). Активность адсорбента бывает динамической и статической.

Динамическая активность (α_d) характеризуется количеством поглощенного вещества, адсорбированного до момента проскока. Статическая (равновесная) активность (α_{cm}) характеризуется максимально возможным количеством поглощенного вещества (2.14). Статическая активность больше динамической.

$$\alpha_d = 0,85 \cdot \alpha_{cm} \quad (2.14)$$

В качестве поглотителей (адсорбентов, сорбентов) применяют главным образом активные угли разных марок, минеральные сорбенты (силикагель, алюмогели, цеолиты), болотную руду, золу сланцев.

При изучении процесса связывания воды с материалами исследуемые образцы помещают в атмосферу влажного воздуха с определенным давлением водяного пара. В результате взаимодействия материала с окружающим влажным воздухом часть воды испаряется или, наоборот, поглощается из воздуха, в зависимости от того, какое количество влаги содержал материал вначале. По истечении значительного промежутка времени устанавливается равновесие между содержанием воды в материале и давлением пара в окружающем воздухе.

В этот момент давление водяного пара в воздухе равно давлению пара над материалом, т. е. $p_n = p_m$, тогда относительная влажность воздуха $\varphi = p_n / p_m$ будет равна относительной упругости пара материала $\varphi = p_m / p_{жс}$, где $p_{жс} = p_n$ — давление насыщенного пара жидкости.

Изменяя последовательно давление пара в окружающем воздухе, можно получить зависимость между давлением пара и содержанием паров воды в материале.

ле в виде некоторой кривой, называемой изотермой. Изотермой она называется потому, что температура материала равна температуре окружающего воздуха и при всех изменениях давления остается одной и той же, то есть, зависимость между содержанием воды в материале и давлением пара устанавливается при неизменной температуре.

Равновесие в процессе при постоянной температуре графически изображается кривой – изотермой адсорбции (сорбции) и отражает зависимость $\alpha_{cm}=f(Pn)$ или $\alpha_{cm}=f(C)$.

Вид изотермы адсорбции зависит от многих факторов: удельной поверхности адсорбента, объема пор, природы адсорбента, свойств поглощаемого вещества.

Для большинства веществ характерна изотерма Лэнгмюра. Построение изотермы адсорбции можно проводить, используя различные методы: экспериментальный (эксикаторный), аналитический, хроматографический. Для исследований сорбционных свойств материалов нами был выбран эксикаторный метод.

При изучении сорбции использовали эксикаторы, заполненные серной кислотой с разной плотностью. Определенной концентрации раствора серной кислоты соответствует определенная относительная влажность воздуха φ , что обеспечивало разное парциальное давление паров в воздухе. В предварительно взвешенные бюксы (m_0) помещали навески материалов ($m_{нав}$). Бюксы с сорбентом располагали на подставке в эксикаторах и взвешивали через определенные интервалы времени. Взвешивание прекращали при достижении постоянной массы бюкса с сорбентом. Далее рассчитывали массу поглощенного адсорбата (водяного пара) на момент достижения равновесия, при котором наблюдается постоянная масса бюкса с сорбентом, рассчитывается емкость сорбента и строится изотерма адсорбции.

2.2.15. Методика оценки массопроводности

В окружающую среду под воздействием много факторов происходит диффузия паров влаги из пододежного пространства. Скорость данного процесса характеризует коэффициент массопроводности, который является одним из параметров, определяющих гигиенические свойства материалов.

Все методы оценки массопроводности, применяемые в адсорбции, экстрагировании, сушке разделяют на две группы:

- стационарные и нестационарные, в которых коэффициент массопроводности (k) вычисляется по основному уравнению массопроводности;
- стационарные и нестационарные, в которых коэффициент массопроводности определяется из решений дифференциального уравнения массопроводности.

Уравнение (2.15) применяется для описания миграции распределяемого вещества в твердой фазе и в общей теории массопередачи называется уравнением массопроводности.

$$i = -k \operatorname{grad} C' = -k \rho_0 \operatorname{grad} C, \quad (2.15)$$

где k – коэффициент массопроводности, $\operatorname{grad} C$ – градиент концентрации, ρ_0 – плотность твердой фазы.

В литературе известны основные девять методов определения коэффициента массопроводности (k): метод определения k из основного уравнения массопроводности; метод проницаемости, позволяющий определить концентрационную зависимость k из опытов по проницаемости в стационарном режиме; метод Ермоленко-Журавлевой, основанный на анализе задачи массопроводности применительно к неограниченной пластине и допущении, что распределение концентрации в теле следует параболическому закону и др. [32 – 33].

Для исследования массопроводности в системе человек-окружающая среда [34] и определения коэффициента массопроводности тканей модифицированных льняными экстрактами нами был выбран метод проведения опыта при нестационарном механизме процесса массопереноса и определения k из основного уравнения массопроводности.

При использовании данного метода из опыта, проводимого в стационарном или нестационарном режиме, находят для некоторого сечения образца плотность потока массы, а также замером локальных концентраций – функцию распределения ее по координате $C=C(x)$: для нестационарного режима – в некоторый фиксированный момент времени τ , для стационарного – после наступления стационарного режима. Коэффициент массопроводности вычисляют из уравнения (2.16). При этом производную $\partial C/\partial x$ находят обычно графическим дифференцированием функции $C=C(x)$.

$$\kappa = \frac{-i}{\rho_0 \frac{\partial C}{\partial x}} \quad (2.16)$$

Вычисляя k при различных значениях концентрации C , получают функцию $k=f(C)$. Опыт проводят, как правило, в изотермических условиях и поэтому найденная зависимость $k=f(C)$ представляет собой изотерму. Данный метод определения k является прямым, то есть не содержит каких-либо дополнительных условий и допущений. Однако, применение его затруднено необходимостью замера локальных концентраций. Погрешность в нахождении k зависит от того, с какой точностью измерены величины i , C , ρ_0 , x и погрешностью дифференцирования функции $C=C(x)$.

2.2.16. Методика определения воздухопроницаемости

Воздухопроницаемость показывает способность текстильных материалов пропускать через себя воздух и характеризуется коэффициентом воздухопроницаемости (V_p , $\text{дм}^3/\text{м}^2\text{с}$) (2.17):

$$V_p = V_{\text{ср}}/S \cdot t, \quad (2.17)$$

где $V_{\text{ср}}$ – средний расход воздуха, который прошел через материал, дм^3 ;

S – площадь материала, м^2 ;

t – длительность прохождения воздуха через пробу, с.

Определение воздухопроницаемости текстильных материалов проводилось стандартными методами по ГОСТ 12088-77 «Материалы текстильные и изделия

из них. Метод определения воздухопроницаемости» и ГОСТ ИСО 9237-2002 «Материалы текстильные. Метод определения воздухопроницаемости».

2.2.17. Методика изучения теплопроводности

Теплопроводностью называется передача теплоты в различных телах при неравномерном их нагреве, которая осуществляется вследствие взаимодействия частиц тела, имеющих различную температуру. Большое распространение получили стационарные методы исследования теплопроводности материалов, поскольку они достаточно просты и дают надёжные результаты. Теплопроводность исследуемых образцов тканей определялась в стационарных условиях методом неограниченного плоского слоя.

Коэффициент теплопроводности (λ) определялся на приборе (рис. 2.1), состоящем из нагревателя 4 и холодильника 6, между которыми располагали исследуемый образец тканей. Контакт поверхности образца и рабочих поверхностей нагревателя и холодильника должен быть достаточно хорошим, поскольку термопары 7, находящиеся на рабочих поверхностях, измеряют перепад температур на образце. Тепловой поток нагревателя создаётся с помощью спирали, через которую из выпрямителя 1 пропускается постоянный электрический ток. Величина напряжения U измеряется вольтметром 2, а сила тока I амперметром 3. Перепад температур фиксирует самопишущий потенциометр 8, подключенный к термопарам. Постоянная температура в холодильнике поддерживается термостатом 9, который создаёт циркуляцию холодной воды. При установившемся тепловом состоянии теплота, выделяемая в нагревателе, проходит через исследуемый образец и воспринимается водой холодильника.

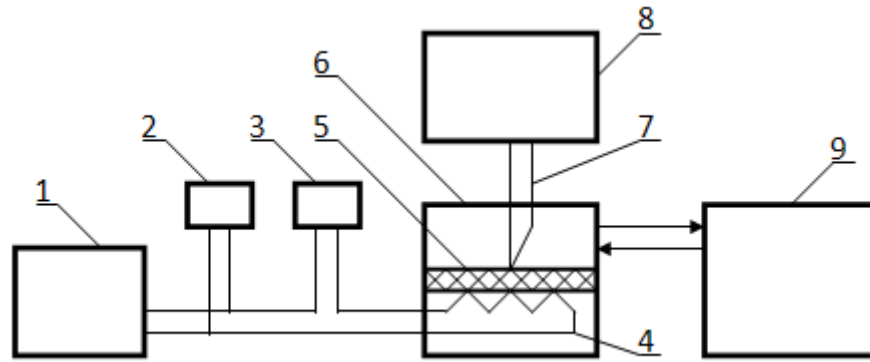


Рис. 2.1. Схема установки для определения теплопроводности, где 1 – выпрямитель, 2 – вольтметр, 3 – амперметр, 4 – нагреватель, 5 – образец материала, 6 – холодильник, 7 – термопара, 8 – потенциометр, 9 – термостат

Теплопроводность исследуемого образца находится из уравнения (2.18):

$$\lambda = k \cdot (Q \cdot \delta / \theta), \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}), \quad (2.18)$$

где Q – тепловой поток, Вт ($Q = I \cdot U$);

δ - толщина образца, м;

θ - отклонение пера на ленте самописца от нулевого положения в стационарном режиме, характеризующее перепад температуры по толщине образца, дел.;

k - поправочный коэффициент, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{дел}$.

Поправочный коэффициент k определяется при выполнении опыта с эталоном, в качестве которого выбирается эталонный материал с известным коэффициентом теплопроводности λ (2.19):

$$k = (\lambda_{\text{эт.}} \cdot \theta_{\text{для эт.}}) / (Q \cdot \delta_{\text{эт.}}), \quad (2.19)$$

где $\lambda_{\text{эт.}}$ – теплопроводность эталона, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$;

$\theta_{\text{для эт.}}$ – отклонение пера на ленте самописца в опыте с эталоном;

Q – тепловой поток, Вт;

$\delta_{\text{эт.}}$ – толщина эталона, м.

Термическое сопротивление характеризует способность тела препятствовать распространению теплового движения молекул. Определяется по формуле (2.20):

$$R = \delta / \lambda, \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт} \quad (2.20)$$

2.2.18. Методика определения драпируемости текстильного материала

При оценке гигиенических свойств текстильных материалов необходимо оценить их способность плотно прилегать и моделироваться на поверхности тела. В настоящее время существуют различные методы, позволяющие оценить указанное свойство изделия с различной точностью. Мы оценивали этот показатель количественно с помощью показателя драпируемости.

Драпируемость (Д) характеризует способность текстильных материалов образовывать мягкие складки в подвешенном состоянии под действием собственного веса. Этот показатель оказывает помощь при проведении сравнительной характеристики материалов и оценке способности тканей плотно прилегать к сложным поверхностям.

Основным фактором, от которого зависит драпируемость материала, является его жесткость к изгибу. Для оценки драпируемости нами был выбран метод В. Я. Евдокимова и А. К. Бухаровой.

На образцах материалов размером 400x200 мм по меньшей стороне намечали точки 1, 2, 3, 4. Далее образцы подвешивали к стойке, накалывая их по намеченным точкам на иглу так, чтобы получилось три складки, из которых центральная была обращена к экспериментатору. Образец зажимали между пробками с целью предупредить расхождение складок. В таком подвешенном состоянии образец оставляли на 30 минут, по истечении которых по нижнему краю образца измеряли линейкой расстояние (А, мм). При низком показателе драпируемости это расстояние наиболее близко к ширине образца в расправленном виде.

Драпируемость (%) материалов вычисляли по формуле (2.21):

$$Д = 100 - 0,5А \quad (2.21)$$

2.2.19. Оценка механических свойств текстильных материалов

К показателям качества текстильных материалов по механическим характеристикам относятся: усилие при разрыве, удлинение при разрыве, полная дефор-

мация, разрывная нагрузка, жесткость и др. Эти свойства обеспечивают устойчивость изделий к многократным изгибам, удобства и комфортность в эксплуатации

Определение этих свойств параметров необходимо нам при учете параметров технологического процесса получаемого материала. Нагрузки возникнут при нанесении модифицирующей композиции, пропуске исследуемого материала через печатную или шпрендинговальную машину с определенным натяжением, в процессе сушки материала с нанесенной композицией в сушилке печатной машины, где она продвигается под натяжением, или в расправленном виде под действием силы тяжести.

Оценка прочностных характеристик текстильных материалов проводилась стандартным методом по ГОСТ 3813-72.

2.2.20. Методика оценки туше

Туше (от франц. *toucher* – трогать) или грифф – впечатление, возникающее при осязании материала. Туше не поддается физическому измерению и определяется только органолептическим способом, поэтому его оценка является субъективной.

При определении туше конкретного материала прибегают к его словесным характеристикам, связанными с возникающими эмоциями (приятное, неприятное, ласковое, грубоватое); с характером поверхности (ворсистое, колючее, гладкое); со структурой (плотное, редкое, рыхлое, массивное); со свойствами материала (мягкое, твердое, жесткое, гибкое, сухое, упругое, эластичное, пластичное, вялое, теплое, холодное); с возникающими ассоциациями и образами (бархатистое, шелковистое, пухообразное, шерстоподобное, хлопкоподобное, кожеподобное). Таким образом, туше представляет собой обобщающее свойство, которое зависит от целого комплекса структурных характеристик, физико-механических и эстетических свойств, таких, как: жесткость при изгибе и сжатии, упруго-эластические, фрикционные и теплофизические свойства, фактура, блеск и цвет материала, его масса, плотность структуры.

При исследовании туше текстильных материалов, в том числе, обогащенных биологически активными веществами, мы использовали ряд впечатлений, возникающих при осязании, который был предложен проф. В.П. Склянниковым [38]:

– твердость-мягкость, как сопротивление сжатию материала и его способность к упругому восстановлению;

– жесткость-гибкость, как сопротивление материала при изгибе, его драпируемость;

– шероховатость-гладкость, как широкая гамма впечатлений, возникающая при осязании материала и его визуальном наблюдении;

– наполненность-рыхлость, как впечатления, зависящие от плотности структуры, переплетения, толщины, поверхностной плотности;

– упругость-пластичность, как свойства, воспринимаемые при изгибе, небольшом растяжении;

– теплота-холодность, как впечатления, возникающие при осязании материала, зависящие от теплопроводности, внешнего вида, фактуры и назначения материала.

Степени выраженности каждого из приведенных свойств у различных материалов разные и в совокупности определяют их туше (табл. 2.4).

Таблица 2.4.

Степень выраженности свойств при оценке туше материала

Степень выраженности свойств	Условное обозначение степени выраженности свойств					
	Твердость/ мягкость	Жест- кость/ гибкость	Шерохова- тость/ гладкость	Напол- ненность/ рыхлость	Упругость/ пластич- ность	Теплота/ холодность
Значительно выраженное 1-е свойство	2Т	2Ж	2Ш	2Н	2У	2Те
Выраженное 1-е свойство	Т	Ж	Ш	Н	У	Те
Свойства выражены одинаково	ТМ	ЖГ	ШГл	НР	УП	ТеХ
Выражено 2-е свойство	М	Г	Гл	Р	П	Х
Значительно выражено 2-е свойство	2М	2Г	2Гл	2Р	2П	2Х

С использованием данной градации свойств сформулированы требования, которым должно отвечать идеальное туше ткани в зависимости от его назначения (табл. 2.5).

Таблица 2.5.

Степень выраженности свойств туше у тканей различного назначения

Наименование ткани	Степень выраженности свойств					
Нательное белье	2М	2Г	ШГл	Р	УП	Те
Постельное бельё	М	Ж	Ш	Н	П	2Те
Летнее платье	М	Г	Гл	Р	2У	2Х
Зимнее платье	2М	2Г	2Ш	НР	У	Те
Летний костюм	Т	2Г	2Гл	НР	2У	2Х
Всесезонный костюм	ТМ	Ж	Ш	2Н	2У	Те
Демисезонное пальто	2М	2Г	2Ш	НР	У	2Те
Плащ	Т	Ж	Гл	Н	2У	ТеХ
Джинсовые ткани	2Т	2Ж	Гл	2Н	УП	ТеХ

2.2.21. Метод модифицирования текстильных материалов

Для оптимизации сорбционных свойств (удаление фабричных отделочных компонентов) ткань перед модифицированием стирали в автоматической стиральной машине на режиме «хлопок» при температуре 40°C с использованием мыльно-содового раствора 0,01%-ой концентрацией в течение 20 мин, при отжиме с частотой вращения 800 мин.

Перед модифицированием текстильных материалов их приводили к определённой равновесной влажности и температуре для г. Москвы. Образцы тканей выдерживали в эксикаторе при влажности воздуха $(65 \pm 2)\%$ и температуре $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$. Доведение материалов до постоянной массы в нормальных климатических условиях называют кондиционированием, или приведением к воздушно-сухому состоянию.

Подготовленный к модифицированию материал закрепляли на горизонтальном, специально оборудованном печатном столе. Предварительно из экстрактов органических биологически активных веществ из льняного сырья, была приготовлена модифицирующая композиция. Модифицирующую композицию наносили на материал с помощью резиновой ракли через сетчатый шаблон. Количество проходов ракли зависело от требуемой концентрации на текстильном носителе и глубины проникновения композиции в ТМ. В нашем случае число проходов ракли составляло 4.

После печати следовала сушка материала на воздухе при $t = 20 - 25^\circ\text{C}$ в свободном состоянии (без принудительного высушивания) в течение 12 – 16 ч.

2.2.22. Методика определения привеса текстильного материала после нанесения модифицирующей композиции

Данным методом устанавливается количество модифицирующей композиции (г), нанесенное при печатании на единицу площади (1 см^2) текстильного ма-

териала. Для определения привеса из модифицированного материала вырезали образцы размером 1 x1 см и взвешивали на аналитических весах с точностью до 0,0001 г. Пробы текстильных материалов, обогащенных модифицирующей композицией, отбирались сразу после печати, а также после сушки. Образцом для сравнения служил исходный текстильный материал без обогащающей композиции. Привес (П,%) высчитывается по формуле (2.22):

$$П = ((M_k - M_ч) / M_ч) * 100, \quad (2.22)$$

где M_k – масса образца с нанесенной модифицирующей композицией, г;

$M_ч$ – масса образца без модифицирующей композиции, г.

2.2.23. Методика оценки устойчивости к мокрым обработкам

Устойчивость модифицированных материалов к мокрым обработкам определяли по ГОСТ 87105-86. Исследование проводили способом моделирования в лабораторных условиях процессов мокрых обработок. Интенсивность вымывания экстракта определяется спектрофотометрическим методом.

Моделирование процессов мокрых обработок проводили путем шестикратной обработки образцов исследуемых текстильных материалов в нейтральной среде. Исследуемые образцы выкраивали в произвольном направлении. Образцы исследуемых материалов взвешивали на аналитических весах с точностью до 0,0001 г. Рассчитывали количество в них модифицирующей композиции.

Образец массой 1 г помещали в колбу, заполненную 100 мл дистиллированной воды, и перемешивался на вибрационной мешалке, в течение заданного времени, по истечении которого образец вынимали, тщательно отжимая. Далее исследовали оставшийся после обработки раствор. Обработку испытываемого образца повторяли несколько раз в зависимости от числа задаваемых мокрых обработок.

Выводы по второй главе

1. Рассмотрены основные характеристики объектов исследования и свойств текстильных материалов, а также веществ и соединений, входящих в состав льняного сырья и продукты льнопереработки.
2. Определены методы оценки гигиенических свойств текстильных материалов.
3. Выбраны методики проведения и оптимальные параметры проведения экспериментальных исследований.
4. Изложено описание работы приборов и оборудования для проведения испытаний.

III. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

3. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ МОДИФИЦИРУЮЩЕЙ КОМПОЗИЦИИ НА ОСНОВЕ ЭКСТРАКТОВ ОРГАНИЧЕСКИХ БИОЛОГИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ ИЗ ЛЬНА

3.1. Исследование органического состава льняного сырья

3.1.1 Органические вещества во льне на различных стадиях его первичной обработки

Лён, как возобновляемый природный ресурс, ценен наличием в нем различных органических соединений. Однако, на этапах его переработки происходит изменение содержания некоторых веществ [39, 40]. Для того чтобы проследить динамику данного процесса, на первом этапе работы были проведены исследования по определению органических веществ льна на стадиях его первичной переработки и отделки.

Схему по переработке льна условно можно разделить на следующие этапы: чесание, эмульсирование, отбеливание ровницы, прядение, ошлихтование пряжи, ткачество. Соответственно этим операциям состояние льна можно представить как: чесанный лён → эмульсированный лён → суровая ровница → отбеленная ровница → пряжа → ошлихтованная пряжа → суровая ткань. Содержание органических веществ во льне по данным стадиям определялось методом хромато-масс-спектрометрии. В Приложении А приведены хроматограммы органических веществ, присутствующих в льняной продукции на стадиях первичной переработки льна.

Содержание органических веществ, идентифицированных в чесаном льне до стадии его эмульсирования, приведено в табл. 3.1.

Содержание органических веществ в чесаном льне

№ № ПП	Время удерж. мин	Идентифицированное вещество	Площадь пика, усл. ед.	Содержание	
				ppm, мкг/г	ppb
1	16,02	додекановая к-та	70710008	0,03	30
2	18,26	тетрадекановая к-та	137071319	0,06	60
3	19,13	2-пентадеканон-6,10,14-триметил	143675265	0,06	60
4	20,09	оксациклогексадекан-2-он, 16-метил	141380223	0,06	60
5	20,33	дибутилфталат	976323409	0,43	430
6	21,72	фитол	406060373	0,18	180
7	22,02	9-октадеценовая к-та, (E)	2424323955	1,06	1060
8	22,18	октадекановая к-та	361575864	0,13	130
9	23,81	4,8,12,16-тетраметилгептадекан-4-олид	319194692	0,14	140
10	23,87	эйкозановая к-та	109181504	0,05	50
11	24,06	5,9,13-пентадекатриен-2-он, 6,10,14-триметил	64698904	0,03	30
12	24,95	триаконтан	285000425	0,13	130
13	25,36	бис(2-этилгексил) фталат	57974328	0,03	30
14	25,47	докозановая кислота	117037146	0,05	50
15	25,97	1,19-эйкозадиен	62254175	0,03	30
16	26,46	гептакозан	603222233	0,26	260
17	27,16	октакозан	223676459	0,10	100
18	27,40	сквален	364532605	0,16	160
19	27,44	октадеканаль	401434889	0,18	180
20	27,56	гексадекатетраен-1 -ол-тетраметил ацетат	70326102	0,03	30
21	27,92	нонакозан	2802305231	1,23	1230
22	28,14	oxazolidine-2,4-dione	81131679	0,04	40
23	28,52	триаконтан	124796542	0,05	50
24	28,81	гексадецил оксиран	516338211	0,23	230
25	29,21	1-трикозен	1056915646	0,46	460
26	29,33	3-гексадеканол	133209521	0,06	60
27	29,40	холестерол	302151885	0,13	130
28	29,47	витамин E	470104339	0,21	210
29	29,99	эргостерол	278813327	0,12	120
30	30,11	кампестерол	1729695751	0,76	760
31	30,16	эргостанол	244225764	0,11	110
32	30,31	стигмаст-5,22-диен-3-ол	1100154585	0,48	480
33	30,37	урса-9(11), 12-диен-3-ол	204259619	0,09	90
34	30,47	циклооктакозан	754470061	0,33	330
35	30,57	эргост-25-ен-3,5,6,12- тетрол	192423349	0,08	80

36	30,68	бетта-ситостерол	1969191695	0,86	860
37	30,74	стигмастан-3-ол	279608400	0,12	120
38	30,76	ретиноловая к-ты метиловый эфир	396904497	0,17	170
39	30,90	бетта-амирин	774157912	0,34	340
40	31,03	13,27-циклоурсан	286631654	0,13	130
41	31,12	9,19-циклоланост-24-ен-3-ол	632922595	0,28	280
42	31,17	тараксастерол	606418146	0,27	270
43	31,38	24-метиленциклоартан-3-он	233279874	0,10	100
44	31,47	9,19-циклолалостан-3-ол, 24-метил	503599597	0,22	220
45	31,90	2,4-дихлоробензальдегид 1-метил-1-(2,4,6-тринитр)	232659693	0,10	100
46	32,48	3,12-диазатетрабензоперилен	324415652	0,14	140
47	32,60	ланостан-11,18-эпокси	1430787801	0,06	60

Как видно из этих данных, в исходном чесаном льне содержится большое число идентифицированных органических веществ (47 веществ), некоторые из которых присутствуют в значительных количествах, например, кампестерол (760 ppb), β -ситостерол (860 ppb) и др. Особенно обращает на себя внимание присутствие в органическом составе льна таких биологически активных соединений, как сквален, стеролы (кроме двух стеролов, перечисленных выше, еще тараксастерол, эргостерол и холестерол).

По-видимому, именно эти биологически активные соединения вместе с витамином Е и некоторыми другими органическими соединениями и создают полезные медикаментозные свойства льняных тканей.

Результаты обработки данных хроматографического анализа и определение общего количества и числа идентифицированных органических соединений, присутствующих в льняной продукции на различных стадиях переработки, приведены на рис. 3.1 – 3.2.

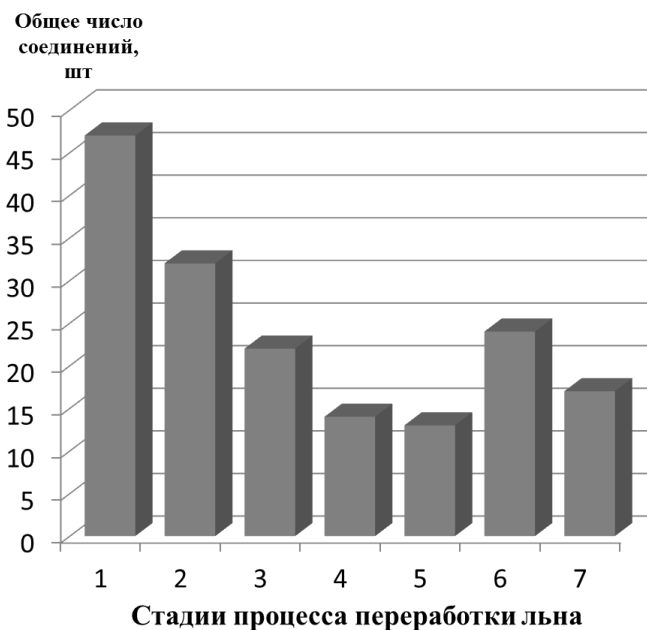


Рисунок. 3.1. Общее число идентифицированных органических соединений во льне на стадиях его переработки: 1 – чесаный лён; 2 – эмульсированный лён; 3 – суровая ровница; 4 – отбеленная ровница; 5 – пряжа; 6 – ошлихтованная пряжа; 7 – суровая ткань



Рисунок. 3.2. Общее содержание идентифицированных органических соединений во льне на стадиях его переработки: 1 – чесаный лён; 2 – эмульсированный лён; 3 – суровая ровница; 4 – отбеленная ровница; 5 – пряжа; 6 – ошлихтованная пряжа; 7 – суровая ткань

На рис. 3.2 – 3.3 представлена динамика снижения общего количества и общего числа идентифицированных органических соединений в анализируемых образцах при переработке льна по схеме от чесаного льна до суровой ткани.

Выявленное возрастание количества и числа органических соединений на стадии шлихтования пряжи связано с органическими веществами, которые присутствуют в самом шлихтовальном составе и могут переходить из раствора в волокно [41]. Также, в волокне могут происходить процессы с образованием продуктов распада.

Содержание органических веществ, присутствующих в льняном волокне на стадиях первичной переработки (эмульсирование и отбелка), приведено в табл. 3.2 – 3.5.

Таблица 3.2.

Содержание органических веществ в чесаном льне после стадии эмульсирования

№№ пп	Время удерж., мин	Идентифицированное вещество	Площадь пика, усл. ед.	Содержание	
				ppm, мкг/г	ppb, нг/г
1	19,13	2-пентадеканон- 6,10,14-триметил	71573170	0,03	30
2	20,32	дибутилфталат	699146870	0,31	310
3	21,72	фитол	113045471	0,05	50
4	21,98	9,12-октадекадиеновая к-та (z,z)-	1508842080	0,66	660
5	22,03	9-октадеценовая к-та, (E)	1133872928	0,50	500
6	22,18	октадекановая к-та	171283091	0,08	80
7	23,81	4,8,12,16-тетраметилгептадекан-4- олид	222370470	0,10	100
8	24,95	триаконтан	91272059	0,04	40
9	26,45	гептакозан	283248360	0,12	120
10	27,16	октакозан	128482200	0,06	60
11	27,40	сквален	154121905	0,07	70
12	27,44	октадеканаль	249935413	0,11	110
13	27,56	гексадекатетраен-1-ол-тетраметил ацетат	57901517	0,03	30
14	27,90	нонакозан	2076787795	0,91	910
15	28,52	триаконтан	88051905	0,04	40
16	28,81	гексадецил оксиран	320198122	0,14	140
17	29,21	1-трикозен	652476488	0,29	290
18	29,39	холестерол	210748543	0,09	90
19	29,47	витамин E	302608478	0,13	130

20	29,97	эргостерол	234350916	0,10	100
21	30,10	кампестерол	1352736687	0,59	590
22	30,16	эргостанол	151930790	0,07	70
23	30,30	стигмаст-5,22-диен-3-ол	799526685	0,35	350
24	30,46	циклооктакозан	452587941	0,20	200
25	30,67	бетта-ситостерол	1416315183	0,62	620
26	30,73	стигмастан-3-ол	335148069	0,15	150
27	30,89	бетта-амирин	535006557	0,23	230
28	31,02	13,27 - циклоурсан	158947343	0,07	70
29	31,11	9,19-циклоланост-24-ен-3-ол	368445966	0,16	160
30	31,16	тараксастерол	245996433	0,11	110
31	31,47	холест-5-ен-3-он	297386979	0,13	130
32	31,90	холест-8(14)-ен-3-ол	149790494	0,07	70

Таблица 3.3.

Содержание органических веществ в суровой ровнице

№ № пп	Время удерж., мин	Идентифицированное вещество	Площадь пика, усл. ед.	Содержание	
				ppm, мкг/г	ppb, нг/г
1	20,50	п-гексадекановая к-та	498288106	0,22	220
2	22,19	9-октадеценовая к-та, (E)	1057604067	0,46	460
3	22,36	октадекановая к-та	113038961	0,05	50
4	24,01	4,8,12,1 б-тетраметилгептадекан-4-олид	56267229	0,02	20
5	26,66	гептакозан	121704664	0,05	50
6	27,61	сквален	284152121	0,12	120
7	27,65	тетракозаналь	309229973	0,14	140
8	28,09	нонакозан	805779823	0,35	350
9	29,03	гексадецил оксиран	596020368	0,26	260
10	29,43	циклооктакозан	563340686	0,25	250
11	29,69	витамин E	168316151	0,07	70
12	30,33	1,30-триаконтанедиол	906088854	0,40	400
13	30,53	стигмаст-5,22-диен-3-ол	348381606	0,15	150
14	30,69	циклотриаконтан	536742501	0,24	240
15	30,90	бетта-ситестерол	734533389	0,32	320
16	30,99	октаметил-октадекагидро-2т-1-пицен-3-он	214863790	0,09	90
17	31,17	эргост-4-ен-3-он	334115165	0,15	150
18	31,27	13,27-циклоурсан	215268433	0,09	90
19	31,36	спинастерон	2494469448	0,11	110
20	31,63	24-метиленциклоартан-3-он	93190610	0,04	40
21	31,72	стигмаст-4-ен-3-он	433637745	0,19	190

22	32,79	3-оксо-холест-4-ен-2б-оной к-ты метиловый эфир	120879297	0,05	50
----	-------	--	-----------	------	----

Таблица 3.4.

Содержание органических веществ в отбеленной и высушенной ровнице

№ № пп	Время удерж., мин	Идентифицированное вещество	Площадь пика, усл. ед.	Содержание	
				ppm, мкг/г	ppb, нг/г
1	20,51	п-гексадекановая к-та	679302597	0,30	300
2	22,14	9-октадеценная к-та, (E)	197977713	0,09	90
3	22,55	октадекановая к-та	168195853	0,07	70
4	24,01	4,8,12,1 б-тетраметилгептадекан-4-олид	81198133	0,04	40
5	25,56	бис(2-этилгексил) фталат	78181375	0,03	30
6	26,66	гептакозан	136288585	0,06	60
7	27,61	скален	153583234	0,07	70
8	28,09	нонакозан	774856000	0,34	340
9	28,40	циклотетракозан	103124632	0,05	50
10	29,43	циклооктакозан	553698719	0,24	240
11	29,72	9-гексакозен	141104400	0,06	60
12	30,69	циклотриаконтан	281420442	0,12	120
13	30,96	17-пентатриаконтен	130253810	0,06	60
14	31,71	стигмаст-4-ен-3-он	85072491	0,04	40

Общее количество и общее число идентифицированных органических соединений, содержащихся в образцах льняных волокон, в значительной степени зависят от химической природы белящего раствора. С использованием более «жесткого» отбеливающего препарата NaClO общее содержание и общее число органических соединений меньше, чем при использовании в качестве отбеливателя пероксида водорода (рис. 3.3 – 3.4). По-видимому, применение NaOCl приводит к большей деструкции органических соединений, содержащихся в льняном полуфабрикате, и вымыванию продуктов деструкции в ходе последующих обработок.

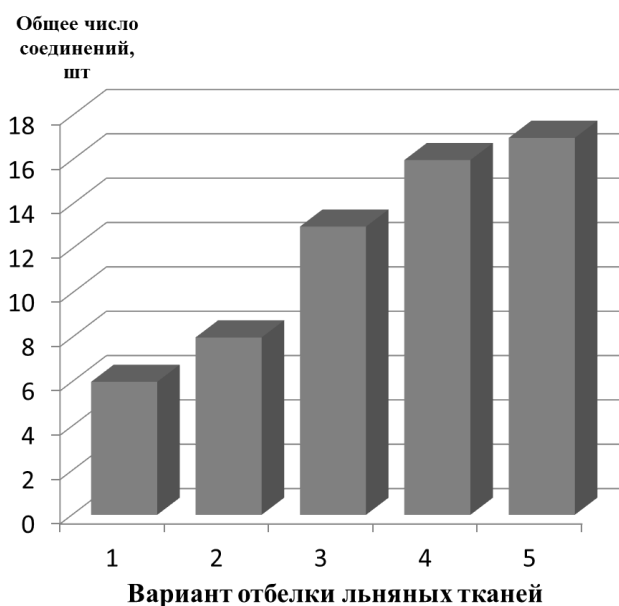


Рисунок. 3.3. Общее число идентифицированных органических соединений на стадиях отбеливания льняных тканей: 1 – отбеливание NaClO без оптического отбеливателя; 2 – отбеливание NaClO с оптическим отбеливателем; 3 – отбеливание H_2O_2 с оптическим отбеливателем; 4 – отбеливание H_2O_2 ; 5 – отбеливание H_2O_2

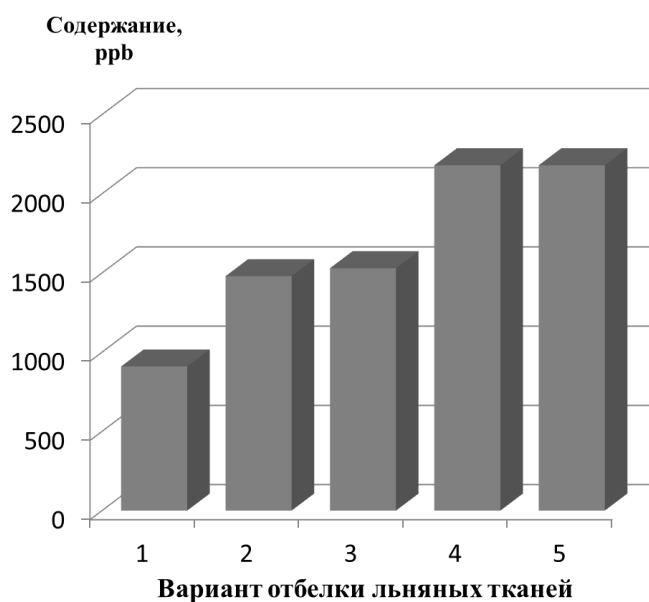


Рисунок. 3.4. Общее содержание идентифицированных органических соединений на стадиях отбеливания льняных тканей: 1 – отбеливание NaClO без оптического отбеливателя; 2 – отбеливание NaClO с оптическим отбеливателем; 3 – отбеливание H_2O_2 с оптическим отбеливателем; 4 – отбеливание H_2O_2 ; 5 – отбеливание H_2O_2

При использовании в качестве отбеливателя NaOCl не обнаружено хлорированных органических соединений в составе отбеленной льняной ткани. Даже если эти соединения и образуются с применением в качестве отбеливателя NaOCl, то они вымываются в результате последующих промывок и попадают в сточные воды. Использование оптических отбеливателей не оказывало существенного влияния на состав органических компонентов, присутствующих в отбеленной ткани.

Таблица 3.5.

Содержание органических веществ в льняной пряже

№ № пп	Время удерж., мин	Идентифицированное вещество	Площадь пика, усл. ед.	Содержание	
				ppm, мкг/г	ppb, нг/г
1	20,50	п-гексадекановая к-та	470290155	0,21	210
2	22,15	9-октадеценовая к-та, (E)	278384766	0,12	120
3	22,42	октадекановая к-та	1225147604	0,54	540
4	25,56	бис(2-этилгексил) фталат	115343129	0,05	50
5	27,61	сквален	514472694	0,23	230
6	28,07	нонакозан	312943127	0,14	140
7	29,02	гексадецил оксиран	65347716	0,03	30
8	29,41	циклооктакозан	207277613	0,09	90
9	29,62	холестерол	43231103	0,02	20
10	30,31	кампестерол	172963798	0,08	80
11	30,68	13-метил-z-14-нонакозен	148265100	0,07	70
12	30,89	бетта-ситостерол	222720519	0,10	100
13	34,05	3-фенил-4-азафлюоренон	436811052	0,19	190

При анализе полученных экспериментальных данных необходимо отметить существенное снижение количества идентифицированных органических веществ при переходе от исходного чесаного льна к льняной пряже. Аналогично этому происходит резкое снижение суммарного количества органических веществ в льняной текстильной продукции. Это снижение является результатом «мокрых» обработок в процессе первичной переработки льна (эмульсирование, отварка-отбелка ровницы, мокрое прядение). Здесь необходимо отметить, что перечисленные выше «мокрые» обработки на стадиях первичной переработки льна, с одной

стороны, являются необходимыми технологическими операциями, а, с другой, позволяют существенно снизить содержание органических соединений в льняной продукции, что, безусловно, способствует получению более экологичного текстильного продукта.

При сравнение качественного состава органических веществ было выявлено:

- в ходе эмульсирования льна происходит вымывание органических соединений, присутствующих в исходном чесаном льне. При этом не происходит сорбции органических веществ, присутствующих в эмульсии поверхностью льняных волокон (на уровне точности определения органических веществ с использованием данной методики);

- при получении сухой ровницы на ровничной машине ее состав дополняется новыми органическими соединениями:

- n-гексадеканова кислота;
- тетракозаналь;
- 1,30-триаконтанедиол;
- циклотриаконт;
- октаметил-октадекагидро-2H-пицен-3-он;
- эргост-4-ен-3-он;
- спинастерон;
- 24-метиленциклоартан-3-он;
- стигмаст-4-ен-3-он;
- 3-оксо-холест-4-ен-26-оной кистоты метиловый эфир.

- в процессе получения отбеленной и отваренной ровницы ее состав дополняется следующими новыми органическими соединениями:

- бис(2-этилгексил)фталат;
- циклотетракозан;
- 9-гексакозен;
- 17-пентатриаконтен.

- в процессе получения пряжи ее состав дополняется следующими новыми органическими соединениями:

- 13-метил-Z-14-нонакозен;
- 3-фенил-4 азафлюоренон (34,05).

Из результатов хромато-масс-спектрометрического анализа экстрактов из льносодержащих продуктов со стадии первичной переработки льна можно сделать вывод: основными органическими веществами, присутствующими в этих продуктах являются предельные и непредельные карбоновые кислоты (C_{18} и выше), жирные углеводороды, парафины, циклические углеводороды, стеролы (холестерол, эргостерол, кампестерол, эргостанол и др.):

- различные жирные кислоты могут быть компонентами поверхностно-активных веществ, входящих в составы моющих препаратов;
- углеводороды и парафины могут являться компонентами технических масел;
- структуры типа холестерина могут входить в состав природных масел льна;
- среди идентифицированных органических соединений не обнаружено содержание хлорорганических соединений и пестицидов.

При анализе динамики изменения содержания идентифицированных органических веществ наибольший интерес вызвали те соединения, которые присутствуют в льняных образцах на всех стадиях переработки льна, вплоть до стадии получения суровой ткани:

- 9-октадеценовая кислота
- октадекановая кислота
- сквален
- нанакозан
- циклооктакозан.

Из этих 5-ти «ключевых» компонентов после стадии отбелки независимо от вида отбеливателя ($NaOCl$ или H_2O_2) в составе образцов всегда присутствуют 2 компонента: циклоактакозан и нанакозан. Представленные вещества, наряду с фитостеролами, присутствующими в растениях, могут быть использованы как биологические маркеры для определения количества, происхождения и иденти-

фикации исследуемого материала. Это обстоятельство может быть использовано, например, в криминалистике [123].

Изучение содержания органических веществ в льняной продукции было продолжено на образцах ошлихтованной льняной ткани. Результаты обработки данных хроматографического анализа и определение содержания органических веществ приведены в табл. 3.6.

Таблица 3.6.

Содержание органических веществ в ошлихтованной ткани

№ № пп	Время удерж., мин	Идентифицированное вещество	Площадь пика, усл. ед.	Содержание	
				ppm, мкг/г	ppb, нг/г
1	20,33	гексадекановая кислота	996404875	0,44	440
2	21,98	9-октадеценовая к-та, (Е)	811162509	0,36	360
3	22,17	октадекановая к-та	336749012	0,15	150
4	23,81	4,8,12,1 б-тетраметилгептадекан-4-олид	153564531	0,07	70
5	25,35	бис(2-этилгексил) фталат	63568840	0,03	30
6	26,45	гептакозан	128806962	0,06	60
7	27,40	сквален	143150093	0,06	60
8	27,43	тетракозаналь	83281303	0,04	40
9	27,86	нонакозан	669358883	0,29	290
10	28,0	гексадецил оксиран	133082343	0,06	60
11	29,20	1 -докозен	497067455	0,22	220
12	30,09	кампестерол	443482964	0,19	190
13	30,2	стигмаст-5,22-диен-3-ол	248506637	0,11	110
14	30,46	циклооктакозан	221278298	0,10	100
15	30,65	бетта-ситостерол	634085206	0,28	280
16	30,88	бетта-амирин	130452135	0,06	60
17	31,46	стигмаст-4-ен-3-он	156424447	0,07	70

В ошлихтованной ткани содержится меньшее число органических соединений и меньшее их суммарное количество, что, очевидно, связано с осыпанием части шлихты в процессе ткачества. По сравнению с ошлихтованной пряжей, ошлихтованная ткань практически не изменила своего состава.

Дальнейшее изучение содержания органических веществ в текстильной продукции проводилось после стадии отбеливания на льняных тканях с различ-

ными видами отбелики. Образцы отбеленной ткани были обработаны следующими способами:

- 1) отбеливание NaOCl без оптического отбеливателя;
- 2) отбеливание NaOCl с оптическим отбеливателем;
- 3) отбеливание H₂O₂ с оптическим отбеливателем;
- 4) отбеливание H₂O₂ (а);
- 5) отбеливание H₂O₂ (б).

Результаты обработки данных хроматографического анализа и определение содержания органических веществ, присутствующих в представленных образцах отбеленных льняных тканей, приведены в табл. 3.7. – 3.11.

Таблица 3.7.

Содержание органических веществ в отбеленной ткани (№1)

№ № пп	Время удерж., мин	Идентифицированное вещество	Площадь пика, усл. ед.	Содержание	
				ppm, мкг/г	ppb, нг/г
1	26,45	гептакозан	70609126	0,03	30
2	27,86	нонакозан	564691231	0,22	220
3	29,21	1 -докозен	627511462	0,28	280
4	30,08	кампестерол	133828120	0,06	60
5	30,46	циклоокгакозан	388043141	0,17	170
6	30,64	бетта-ситостерол	348595239	0,15	150

Таблица 3.8.

Содержание органических веществ в отбеленной ткани (№2)

№ № пп	Время удерж., мин	Идентифицированное вещество	Площадь пика, усл. ед.	Содержание	
				ppm, мкг/г	ppb, нг/г
1	26,45	гептакозан	121370256	0,05	50
2	27,86	нонакозан	705671150	0,31	310
3	29,21	1-докозен	912619506	0,40	400
4	30,08	кампестерол	230769108	0,10	100
5	30,29	стигмаст-5,22-диен-3-ол	150379524	0,07	70
6	30,46	циклооктакозан	566712805	0,25	250
7	30,65	бетта-ситостерол	571200543	0,25	250
8	31,47	стигмаст-4-ен-3-он	124043825	0,05	50

Таблица 3.9.

Содержание органических веществ в отбеленной ткани (№3)

№ № пп	Время удерж., мин	Идентифицированное вещество	Площадь пика, усл. ед.	Содержание	
				ppm, мкг/г	ppb, нг/г
1	20,30	н-гексадекановая к-та	192244403	0,08	80
2	20,32	дибутилфталат	72405645	0,03	30
3	21,94	9-октадеценовая кта (E)	121249699	0,05	50
4	23,81	4,8,12,16- тетраметилгептадекан-4-олид	75286896	0,03	30
5	25,35	бис(2-этилгексил) фталат	55712930	0,02	20
6	26,45	гептакозан	128636194	0,06	60
7	27,86	нонакозан	780454543	0,34	340
8	29,21	1-докозен	761307872	0,33	330
9	30,08	кампестерол	251923107	0,11	110
10	30,28	стигмаст-5,22-диен-3-ол	126533409	0,06	60
11	30,46	циклооктакозан	362554559	0,16	160
12	30,65	бетта-ситостерол	506706735	0,22	220
13	31,46	стигмаст-4-ен-3-он	85951886	0,04	40

Таблица 3.10.

Содержание органических веществ в отбеленной ткани (№4)

№ № пп	Время удерж., мин	Идентифицированное вещество	Площадь пика, усл. ед.	Содержание	
				ppm, мкг/г	ppb, нг/г
1	20,28	н-гексадекановая к-та	141898822	0,06	60
2	20,32	дибутилфталат	75074391	0,03	30
3	21,91	9,12-октадекадиеновая к-та	90857376	0,04	40
4	21,96	9-октадеценовая к-та, (E)	283428979	0,12	120
5	23,81	4,8,12,16- тетраметилгептадекан-4-олид	84783717	0,04	40
6	26,45	гептакозан	127566304	0,06	60
7	27,87	нонакозан	910204718	0,40	400
8	29,21	1-докозен	781865209	0,34	340
9	30,09	кампестерол	432591909	0,19	190
10	30,29	стигмаст-5,22-диен-3-ол	242369492	0,11	110
11	30,46	циклооктакозан	498236808	0,22	220
12	30,65	бетта-ситостерол	794711386	0,35	350
13	30,88	бетта-амирин	167150038	0,07	70
14	31,10	24s-этил-5-холеста-2,22e-диен- 6-он	65686752	0,03	30

15	31,15	таракастерол	86368719	0,04	40
16	31,46	стигмаст-4-ен-3-он	177638505	0,08	80

Таблица 3.11.

Содержание органических веществ в отбеленной ткани (№5)

№ № пп	Время удерж., мин	Идентифицированное вещество	Площадь пика, усл. ед.	Содержание	
				ppm, мкг/г	ppb, нг/г
1	20,29	н-гексадекановая к-та	120681073	0,05	50
2	20,33	дибутилфталат	56853413	0,02	20
3	21,91	9,12-октадекадиеновая к-та	96630678	0,04	40
4	21,96	9-октадеценовая к-та, (E)	370998730	0,16	160
5	22,16	октадекановая к-та	149393396	0,07	70
6	23,81	4,8,12,16- тетраметилгептадекан-4-олид	76283180	0,03	30
7	25,36	ди-н-октил фталат	76416228	0,03	30
8	26,45	гептакозан	135249294	0,06	60
9	27,40	сквален	151905133	0,07	70
10	27,86	нонакозан	800335587	0,35	350
11	29,21	1-докозен	864123111	0,38	380
12	30,09	кампестерол	387739270	0,17	170
13	30,29	стигмаст-5,22-диен-3-ол	223953358	0,10	100
14	30,46	циклооктакозан	441494349	0,19	190
15	30,65	бетта-ситостерол	814521605	0,36	360
16	30,89	бетта-амирин	106151535	0,05	50
17	31,46	стигмаст-4-ен-3-он	102648696	0,05	50

Подробный анализ полученных данных об общем содержании и количестве идентифицированных органических соединений во льне позволяет сделать следующие выводы:

- используемый метод анализа органических соединений в льняной текстильной продукции (хромато-масс-спектрометрия с использованием прибора HP6890) обеспечивает хорошую воспроизводимость результатов анализа в серии из нескольких параллельных опытов – полное совпадение общего содержания идентифицированных органических соединений в образцах и практически полное соответствие общего количества проидентифицированных органических соединений;

- при использовании в качестве отбеливателя гипохлорида Na (NaOCl) не обнаружено хлорированных органических соединений в составе отбеленной льняной ткани. Даже если эти соединения и образуются с применением в качестве отбеливателя NaOCl , то, по-видимому, они вымываются в результате последующих промывок и попадают в сточные воды;

- по сравнению с H_2O_2 , гипохлорит натрия является более «жестким» отбеливателем. С его использованием существенно снижается количество идентифицированных органических соединений, присутствующих в отбеленной ткани. По-видимому, применение NaOCl приводит к большей деструкции органических соединений, содержащихся в отбеленной ткани, и вымыванию продуктов деструкции в ходе последующих обработок;

- использование оптических отбеливателей не оказывает существенного влияния на состав органических компонентов, присутствующих в отбеленной ткани.

При анализе динамики изменения содержания идентифицированных органических веществ наибольший интерес вызвали те соединения, которые присутствуют в льняных образцах на всех стадиях переработки льна, вплоть до стадии получения суровой ткани:

- 9-октадеценовая кислота
- октадекановая кислота
- сквален
- нонакозан
- циклооктакозан.

Из этих 5-ти «ключевых» компонентов после стадии отбеливания независимо от вида отбеливателя (NaOCl или H_2O_2) в составе образцов всегда присутствуют 2 компонента: циклооктакозан и нонакозан. Представленные вещества, наряду с фитостеролами, присутствующими в растениях, могут быть использованы как биологические маркеры для определения количества, происхождения и идентификации исследуемого материала. Это обстоятельство может быть использовано, например, в криминалистике [42, 43].

3.1.2. Определение содержания формальдегида во льне на различных стадиях его первичной обработки

В данном разделе работы приведены результаты определения формальдегида в образцах льняных материалов на стадиях его переработки для оценки экологической чистоты текстильной продукции. Полученные данные проанализированы по критериям оценки допустимого содержания экотоксикантов неорганической природы в льняных изделиях, предусмотренных международным экологическим стандартом ЕКО-ТЕХ-100 (табл. 3.12).

Таблица 3.12.

Нормы содержания формальдегида в текстильной продукции по ЕКО-ТЕХ-100

Классы продукции *	I Изделия для детей	II Изделия, имеющие контакт с кожей	III Изделия не имеющие контакт с кожей	IV Декоративные материалы
Формальдегид, мкг/г	20	75	300	300

*Классы продукции:

I – текстильная продукция детского ассортимента;

II – текстильная продукция при условии полного контакта с кожей;

III – текстильная продукция при условии неполного контакта с кожей;

IV – текстильные отделочные материалы.

Результаты количественного определения формальдегида приведены в табл. 3.13.

Содержание формальдегида в образцах льняной текстильной продукции на стадиях ее переработки

Наименование образца	Максимально возможное содержание формальдегида в образце, мкг/г (ppm)	Средние значения в соответствующей серии опытов, мкг/г (ppm)
Чесаный лен до эмульсирования	<0,05	0,05
Чесаный лен после эмульсирования	<0,05	
Ровница сухая	<0,05	
Ровница отбеленная, высушенная	<0,05	
Пряжа льняная	<0,05	
Ошлихтованная пряжа	0,1	0,1
Ошлихтованная пряжа	0,1	
Суровая ткань	0,11	0,1
Суровая ткань	0,08	
Суровая ткань	0,1	
Отбеленная ткань	0,20	0,34
Отбеленная ткань	0,30	
Отбеленная ткань	0,45	
Отбеленная ткань	0,18	
Отбеленная ткань	0,57	
ПДК (по данным ЕКО-ТЕХ-100)		75

По результатам исследования содержания формальдегида выявлено, что содержание формальдегида в льняной продукции на различных стадиях ее переработки существенно меньше, чем предельная величина, предусмотренная стандартом ЕКО-ТЕХ-100. С увеличением глубины переработки льна (от стадии первичной переработки до стадии отваривания – отбеливания льняной ткани) содержание формальдегида в текстильных образцах возрастает незначительно.

Таким образом, проведенные исследования по определению содержания органических веществ во льне позволили установить наличие в достаточно большом количестве полезных для человека органических биологически активных веществ, таких как стеролы, сквалены, витамин Е, ненасыщенные жирные кислоты и др. Однако, большинство их вымываются из льняного волокна в ходе пере-

работки сырья с целью получения мягкой отбеленной льняной ткани, которая содержит гораздо меньшее количество полезных веществ. В этой связи возникает интерес к пересмотру существующей технологии первичной переработки и отделки льна [44 – 46].

Решением данного вопроса может быть разработка технологии извлечения из льна, продуктов его переработки (льняное семя, льняное масло), отходов льнопроизводства ценных биологически активных веществ (полиненасыщенные жирные кислоты «омега-3», «омега-6», стеролы, витамины Е и F, сквален и др.). Учитывая ценные качества получаемых веществ можно предложить их последующее использование в текстильной, пищевой, косметической и др. отраслях промышленности [47 – 49]. В текстильной промышленности концентратом БАВ можно обогащать волокна, что позволит придавать им комплекс новых свойств, например, биоцидные свойства, медико-гигиенические свойства и др. [50, 51].

3.2. Разработка технологии извлечения органических веществ из льна

3.2.1. Выбор метода извлечения веществ из льна экстракцией сжиженными газами

Согласно проведенным ранее опытам органические биологически активные вещества были выявлены на всех стадиях переработки льна. Однако данные вещества в процессе первичной переработки льняного сырья в большинстве своем попадают в отходы производства.

При разработке метода извлечения этих ценных компонентов из льняного сырья было необходимо:

- разработать такую технологию извлечения, которая позволила бы осуществлять процесс при максимально низкой температуре с целью сохранения ценных свойств экстрагируемых соединений;
- использовать наиболее приемлемые с экологической точки зрения экстрагенты.

Для выделения веществ из объектов растительного происхождения широко применяется метод экстракции. Одним из перспективных способов экстракции из льняного сырья, содержащего биологически активные вещества, является экстракция сжиженными газами (углекислота, бутан, аммиак, азот, фреоны и др.), которая позволяет наиболее полно экстрагировать ценные продукты.

Проанализировав существующие методы экстракции органических веществ из растительного сырья мы пришли к следующему выводу, что наилучшим способом извлечения является экстракция сжиженным диоксидом углерода (CO_2) при сверхкритических параметрах. Для выделения органических биологически активных веществ из продуктов переработки льна данный метод применён нами впервые.

Метод извлечения органических биологически активных веществ из льняного сырья сжиженным диоксидом углерода, обладающий рядом преимуществ. Жидкий диоксид углерода – хороший избирательный растворитель большинства ароматических веществ. Он не растворяет соли, сахар, аминокислоты, липиды. В химическом отношении сжиженный CO_2 проявляет полную индифферентность по отношению к сырью, извлекаемым веществам, материалам аппаратуры.

При атмосферном давлении и комнатной температуре диоксид углерода существует только в газообразном состоянии. Под действием давления и температуры он легко сжижается. Вязкость жидкого CO_2 в 14 раз меньше воды и в 65 раз – этилового спирта. Температура кипения сжиженного CO_2 лежит в пределах от – 55,6 до +31°C. Это позволяет быстро удалять газ из вытяжки и сохранять экстрагированные вещества без изменений.

CO_2 не имеет вкуса и запаха, не горит и не поддерживает горение обычных горючих газов. Он пожаро- и взрывобезопасен. Диоксид углерода, как сжиженный газ, безвреден для здоровья людей.

Диоксид углерода имеет низкую стоимость, запасы его неограниченны. Являясь отходом многих технологических производств, в том числе и при сжигании топлива, он может быть получен непосредственно на месте потребления.

Таким образом, метод экстракции сжиженным диоксидом углерода позволяет осуществить процесс извлечения органических веществ из льна при максимально низкой температуре, а также экологически безопасен поскольку используется наиболее приемлемый с экологической точки зрения экстрагент.

3.2.2. Общие принципы технологии выделения органических веществ из растительного сырья методом экстракции сжиженным CO₂

Выделение органических веществ из льняного растительного сырья осуществляется на практике разными способами, в том числе, методом экстракции.

Технология получения экстрактов с использованием CO₂-технологии включает стадии высушивания исходного растительного сырья, его измельчения и последующее извлечение эфирных и жирных масел сжиженным диоксидом углерода при давлении 6 – 7 МПа. Такая технология выгодно отличается от традиционных способов экстракции, предусматривающих применение органических растворителей (спирты, ацетон, хлорированные углеводороды и т.п.), поскольку она исключает необходимость высокотемпературной обработки при дистилляции субстанций, получаемых на основе этих традиционных растворителей. Отсутствие высокотемпературной обработки позволяет сохранить все термолабильные, ароматические и биологически активные компоненты экстрактов, что значительно повышает ценность экстрактов с точки зрения их использования в пищевой, парфюмерно-косметической и медицинской отраслях промышленности.

Установки по выделению органических веществ из растительного сырья экстракцией сжиженным CO₂ в России с начала 90-х годов XX века изготавливали несколько организации, в том числе НПП «Тангрис». НПП «Тангрис» - одно из ведущих в России предприятий по созданию и промышленному освоению технологических процессов экстракции сжиженным CO₂, а также промышленному производству и применению экстрактов в различных отраслях промышленности. На таких установках получают более 30 видов различных экстрактов из различного высушенного и измельченного растительного сырья: семян облепихи,

черной смородины, малины, чеснока, зверобоя, шиповника, ромашки, петрушки, эстрагона, тмина, укропа, мяты, душицы, лаванды, чеснока с перцем и инертным продуктом (мука из зародышей ячменя или пшеницы) и др. Предварительное измельчение сырья позволяет увеличить выход экстракта на 5 – 9 %.

Основными узлами установки для экстракции измельченного растительного сырья сжиженным диоксидом углерода являются экстракторы, испаритель, конденсатор и сборники углекислоты. Для работы установки необходима горячая и холодная вода и жидкий углекислый газ, который поступает из баллонов или стационарной емкости.

Основные технические данные установки экстракции из растительного сырья с использованием CO₂-технологии приведены в табл. 3.14.

Таблица 3.14.

Основные технические характеристики установки по экстракции растительного сырья с использованием CO₂-технологии

№ п/п	Параметр	Значение	
1	Производительность, кг/ч	0,5-0,833	в зависимости от вида сырья
2	Продолжительность цикла, мин	160-250	
3	Рабочее давление в установке, МПа	6,0-7,2	
4	Материал аппаратов (экстракторы, испаритель)	Нержавеющая сталь	
5	Расход углекислоты на 1 кг сырья, кг	0,7-1,0	
6	Мощность электродвигателя опрокидывающего устройства, кВт	0,37	
7	Габаритные размеры, мм	1900×2500×2920	
8	Экстракторы (2 шт.): вместимость, л температура процесса экстракции, °С диаметр (внутренний), мм высота, мм	30 20-27 250 1250	
9	Испаритель: рабочая среда вместимость, л производительность по выпариваемой CO ₂ , л/ч температура обогревающей воды, °С коэффициент заполнения	Мисцелла (раствор экстракционных веществ в жидкой углекислоте) 30 56 80-95 0,8	

10	Конденсатор: рабочая среда емкость, л теплоноситель температура раствора, °С: на входе на выходе диаметр (внутренний), мм длина, мм	Газообразный и жидкий CO ₂ 30 Рассол (раствор CaCl ₂) 7-8 17-18 325 2130
11	Сборники углекислоты (3 шт.): рабочая среда суммарная емкость сборников, л диаметр (внутренний), мм длина, мм	Жидкий CO ₂ 120 220 1550

В табл. 3.15 приведены данные о выходе и режимах экстракции некоторых видов растительного сырья с использованием в качестве экстрагента сжиженного CO₂.

Таблица 3.15.

Продолжительность и технологические режимы экстракции диоксидом углерода некоторых видов растительного сырья

№ п/п	Сырье	Время экстракции, мин	Выход экстракта, %
1	Виноградные косточки	70	4,0-4,8
2	Гвоздика	90	18,0-20,0
3	Зверобой	120	2,5-3,0
4	Зубровка душистая	145	1,5-2,0
5	Календула	100	1,7-2,3
6	Кориандр посевной	120	3,0-3,5
7	Облепиха сибирская	105	10,0-15,0
8	Лаванда	130	7,0-12,0
9	Лавровый лист	100	2,5-3,0
10	Перец стручковый красный	120	6,0-8,0
11	Перец черный горький	180	6,6-7,5
12	Перец душистый	90	4,5-5,5
13	Петрушка	90	4,0-5,0
14	Полынь Сиверса	60	3,0-3,6
15	Ростки ячменя	120	0,8-1,2
16	Ромашка аптечная	210	2,0-5,0

17	Тысячелистник	120	1,2-1,7
18	Тмин обыкновенный	120	5,0-7,0
19	Укроп пахучий	90	3,5-4,5
20	Шалфей лекарственный	120	4,0-4,2
21	Эстрагон	120	3,8-4,0
22	Душица	110	5,0-6,0
23	Семена черной смородины	130	5,0-6,0
24	Эвкалипт	120	2,0-3,0
25	Плоды шиповника	140	5,0-5,0
26	Чеснок (50 %) и перец (50 %) стручковый красный	140	5,0-6,0
27	Чеснок (50 %) и инертный продукт (50 %)	140	5,0-6,0

В России имеются Технические условия на более чем 100 видов экстрактов из различного растительного сырья. CO₂-экстракты выпускают завод экстрактов КНИИХП (г. Краснодар), НПП «Тангрис» (Москва), ОАО «АЙС-Фили» (Москва), ООО «Рассвет» (г. Краснодар), ООИ «Ниутан» (г. Тула), ЗАО «Градиент» (г. Екатеринбург). Оборудование для установок CO₂ производят НПП «Тангрис» (Москва), ООО «Экстрадар» (г. Краснодар), ООО «Экспротех» (г. Краснодар), организации ВПК.

3.2.3. Экстракция сжиженным CO₂ органических веществ из льняного сырья

Как было определено, сжиженный диоксид углерода является наиболее приемлемым с экологической точки зрения экстрагентом, так как не загрязняет биосферу и экстрагируемые вещества остатками экстрагента. Поэтому, экстракцию льносоломы и семян льна с использованием жидкого углекислого газа было решено провести по описанной выше технологии.

Экстракция из льняного сырья производилась на установке НПП «Тангрис», с применением в качестве растворителя сжиженного диоксида углерода, путем непрерывной перколяции растворителя сквозь слой неподвижного сырья, с последующим отводом мисцеллы и отгонкой растворителя. На рис. 3.5 – 3.6 представ-

лены принципиальная технологическая схема и вид экспериментальной установки для экстракции сжиженным CO_2 .

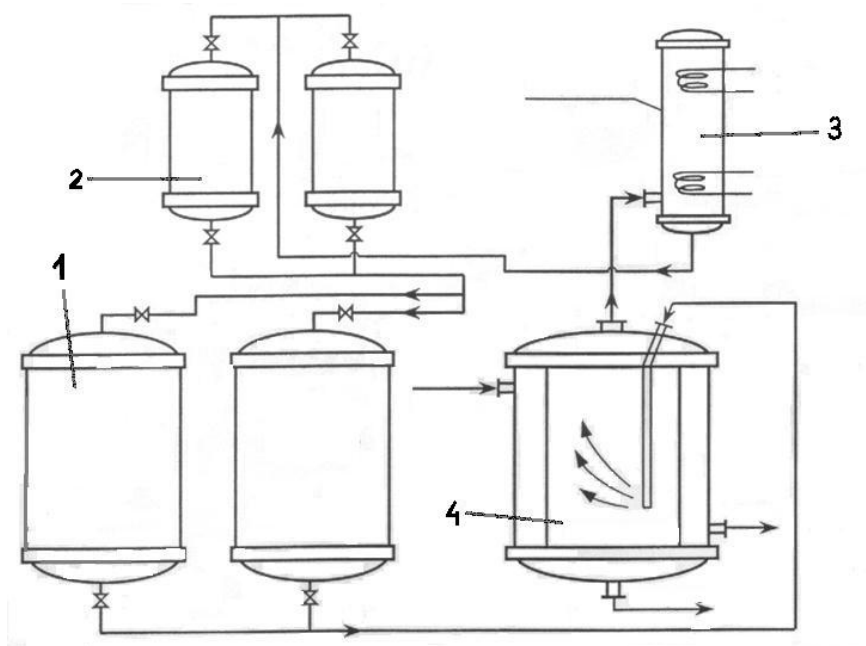


Рисунок 3.5. Технологическая схема установки для экстракции сжиженным CO_2 , где 1 – экстрактор, 2 – сборник диоксида углерода, 3 – конденсатор, 4 – испаритель



Рисунок 3.6. Вид установки для экстракции сжиженным CO_2 (НПП «Тангрис»)

В качестве исходного сырья по предложенной технологии использованы семена льна и льносолома. Предварительно льняное сырье было подготовлено к экстракции с помощью дробилки, соломорезки и вибрмельницы. Подготовка преследовала достижение двух целей:

1) максимально вскрыть внутреннюю структуру льняного сырья для обеспечения наиболее благополучных условий доступа растворителя к экстрагируемым веществам и для снижения внутридиффузного сопротивления материала в ходе экстракции;

2) обеспечить оптимальные дренажные свойства слоя материала в ходе экстракции.

Оптимальная степень измельчения соломы была достигнута при использовании соломорезки УИС. Размер частиц измельченного материала составила 10 – 25 мм. Для семян оптимальная степень измельчения была получена на дробилке Я2-ФЯУ. Размер частиц измельченного материала 0,3 – 0,78 мм.

Сырье, предварительно высушенное до влажности 10 – 15%, поступает на двухступенчатое измельчение, после чего измельченный материал направляется на экстракцию.

Установка включает в себя:

- два экстрактора, представляющие собой вертикальные цилиндрические аппараты, состоящие из корпуса и самоуплотняющегося люка;
- испаритель, предназначенный для удаления растворителя из экстракта (масла);
- конденсатор по типу кожухотрубного теплообменника для сжижения газообразного диоксида углерода;
- три сборника сжиженного диоксида углерода.

Технологический процесс работы установки заключается в следующем. Подготовленное (высушенное и измельченное) растительное сырье зашивают в мешки и запаривают. Мешки загружают в экстракторы, на которые надевают (надвигают) самоуплотняющиеся люки (крышки). В полость люков под давлени-

ем подают газообразный CO_2 , а в верхнюю часть из сборников углекислого газа самотеком подают растворитель (сжиженный CO_2). После заполнения экстракторов в них происходит настаивание сырья в растворителе с получением «мисцеллы» – коллоидного или полукolloидного образования, состоящего из экстрагируемых веществ, сольватированных молекулами экстрагента.

По истечении времени экстракции мисцелла из экстракторов сливается в испаритель. Подачей горячей воды ($80 - 95^\circ\text{C}$) в рубашку испарителя температуру мисцеллы доводят до $26 - 28^\circ\text{C}$ и давление в нем до $7 - 7,2$ МПа. При указанных параметрах в испарителе происходит кипение мисцеллы, и испаряемый газообразный CO_2 поступает в конденсатор, где он вновь переходит в жидкое состояние за счет поддержания в рубашке конденсатора температуры воды (рассола) в пределах $7 - 8^\circ\text{C}$. Сжиженный CO_2 стекает в сборники диоксида углерода. Таким образом, растворитель проходит по замкнутому циклу, многократно участвуя в процессе экстракции растительного сырья. По окончании регламентного времени экстрагирования процесс экстракции прекращается перекрытием вентилей подачи сжиженного CO_2 в экстракторы.

После стекания всей мисцеллы из экстракторов в испаритель они отключаются от установки. Слив всей мисцеллы приводит к понижению давления в системе из-за прекращения испарения CO_2 .

После отключения экстракторов от установки давление газообразного диоксида углерода в них сбрасывается. Далее с экстракторов сдвигают люки (крышки) и выгружают отработанное сырье. CO_2 -экстракт из испарителя передавливается в емкость, из которой направляется на фильтрацию, после чего получают готовый продукт. Выход экстракта из соломы льна составил $0,28\%$, из семян льна – составил $4,76\%$. Низкий выход экстракта из льносоломы объясняется малым исходным содержанием органических веществ и трудностью переработки этого вида сырья.

Перспективность данного метода извлечения базируется на наиболее безопасной с экологической точки зрения технологии – использование в качестве экстрагента сжиженного диоксида углерода (CO_2). Также, применение растительного сырья при получении органических веществ существенно снижает вероятность

попадания в продукцию токсикантов (например, диоксинов). При экстракции льносолумы интерес представляет не столько выход экстракта, сколько его качественный состав – как показали результаты предварительного анализа именно органические компоненты льносолумы содержат ценные биологически активные вещества.

Дальнейшие исследования заключались в анализе состава полученных экстрактов органических веществ, выделенных из льняного сырья и их последующем применении.

Выводы по третьей главе

1. Изучен состав и содержание в льняной текстильной продукции органических веществ на стадиях первичной переработки льна (чесание, эмульсирование, прядение, отбеливание пряжи) и его отделки (шлихтование пряжи, ткачество, отбеливание ткани).

2. Доказана высокая экологическая чистота льняных тканей по показателю содержание формальдегида.

3. Выявлена динамика изменения содержания органических веществ на различных стадиях отделки льняного сырья, что предложено к использованию в качестве биологического маркера для определения количества, происхождения и идентификации материалов.

4. Установлено, что мокрая обработка льняного сырья на стадиях первичной переработки льна и последующих стадиях его отделки приводит к снижению содержания органических биологически активных веществ в льняной продукции. Наиболее существенное снижение органических веществ во льне наблюдается на стадиях отбеливания пряжи и тканей.

5. Сформулированы рекомендации по изменению технологии переработки льна с целью устранения деструкции и вымыванию из льняной продукции органических биологически активных веществ, что позволит получать экологически чистую продукцию.

7. Предложена экологически безопасная технология извлечения органических веществ из льняного сырья и продуктов переработки льна – экстракция сжиженным диоксидом углерода (CO₂).

4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ НОВЫХ СВОЙСТВ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

4.1. Исследование состава экстрактов, выделенных из льняного сырья, полученных по технологии CO₂-экстракции

Нами были получены экстракты органических веществ из льна методом экстракции сжиженным диоксидом углерода. При экстракции льносолумы интерес представлял его качественный состав. Поэтому далее полученные экстракты было необходимо проанализировать на содержание в них веществ.

Компонентный состав экстрактов, полученных из льняного сырья и продуктов переработки льна (льняная солома, льняное семя) методом CO₂-экстракции, был проанализирован на содержание в нем органических веществ методом хромато-масс-спектрометрии. Результаты определения органических соединений, содержащихся в CO₂-экстракте соломы льна, приведены в табл. 4.1.

Таблица 4.1.

Органические соединения в CO₂-экстракте соломы льна

№ п/п	Время удерживания, мин	Содержание, %	Молярная масса, г/моль	Вероятность идентификации, %	Название соединения	Химическая формула
1	3,98	0,16	128	89	2,2,3,4-тетрамethylпентан	C ₉ H ₂₀
2	4,75	0,24	128	92	2,2,4-тримethylгексан	C ₉ H ₂₀
3	4,86	0,26	170	91	2,2,4,6,6-пентаметилгептан	C ₁₂ H ₂₆
4	4,93	0,48	170	92	3-этил-2,7-диметилоктан	C ₁₂ H ₂₆
5	5,13	0,25	146	84	2,5-диметил-2,5-гександиол	C ₈ H ₁₈ O ₂
6	5,18	0,89	170	91	5-этил-2,2,3-триметилгептан	C ₁₂ H ₂₆
7	5,46	0,52	156	90	2-метилдекан	C ₁₁ H ₂₄
8	5,46	0,15	156	89	ундекан	C ₁₁ H ₂₄

9	6,76	0,18	156	88	2,3,7-триметилоктан	$C_{11}H_{24}$
10	6,8	0,21	156	86	2,2,6,6-тетраметилгептан	$C_{11}H_{24}$
11	9,26	0,24	184	89	3-метил-5-пропилнонан	$C_{13}H_{28}$
12	9,41	0,26	266	65	10-метилоктадецен-1-ен	$C_{19}H_{38}$
13	13,91	0,38	228	91	миристиновая (тетрадека- новая) кислота	$C_{14}H_{28}O_2$
14	15,91	0,22	254	88	пальмитоолеиновая (9-гексадеценовая) кислота	$C_{16}H_{30}O_2$
15	16,17	25,5	256	97	пальмитиновая (н-гексадекановая) кислота	$C_{16}H_{32}O_2$
16	16,3	2,5	278	96	дибутилфталат	$C_{16}H_{22}O_4$
17	16,92	0,25	271	80	14-метил-пальмитиновая (14-метил-гексадекановая) кислота	$C_{17}H_{35}O_2$
18	17,87	32,52	280	96	линоленовая (9,12- октадекадеиновая) кислота	$C_{18}H_{32}O_2$
19	17,95	26	282	96	олеиновая (9- октадеценовая) кислота)	$C_{18}H_{34}O_2$
20	18,21	3,1	285	95	стеариновая (н- октадекановая) кислота	$C_{18}H_{36}O_2$
21	18,51	0,43	266	88	9,12-октадекадиен-1-ол	$C_{18}H_{34}O$
22	18,59	0,25	310	84	этил-9-октадеценоат (эти- ловый эфир	$C_{20}H_{38}O_2$
23	20,07	0,66	312	90	9-октадеценовой кислоты	
24	20,85- 23,79	3,53	-	-	эйкозановая кислота	$C_{20}H_{40}O_2$
25	23,96	0,39	378	72	углеводороды с числом атомов углерода >20 тетракозановая кислота	$C_{24}H_{48}O_2$

При анализе состава органических веществ, содержащихся в CO_2 -экстракте соломы льна, выявлено, что этот экстракт содержит в основном углеводороды (7,12%) и карбоновые кислоты (89,02%). В достаточно больших количествах (2,5%) в экстракте обнаружен дибутилфталат. Можно предположить, что дибутилфталат 2,5% сорбировался из почвы в солому льна при деструкции пестицидов, инсектофунгицидов, удобрений, которые использовали при выращивании льна.

Количество других идентифицированных соединений (кроме перечисленных выше) составляет 0,93%. Суммарное количество идентифицированных орга-

нических соединений, содержащихся в CO₂-экстракте соломы льна, составляет 99,57%, т.е. данный экстракт проанализирован практически полностью.

Углеводороды, присутствующие в экстракте в количестве 7,12 % распределены следующим образом:

- 0,15% углеводородов с нормальной цепью, остальные имеют разветвленное строение;
- единственный углеводород – 10-метилоктадецен-1-ен (содержание в экстракте 0,26%) – непредельный, остальные углеводороды предельные;
- по числу атомов углерода все идентифицированные углеводороды распределены следующим образом (табл. 4.2).

Таблица 4.2.

Содержание углеводородов в зависимости от числа атомов углерода в молекуле
CO₂-экстракте соломы льна

Число атомов углерода в молекуле углеводорода	Содержание в экстракте, % масс
9	0,4
11	1,06
12	1,63
13	0,24
19	0,26
>20	3,53

Распределение углеводородов по числу присутствующих в них атомов углерода носит «бимодальный» характер – существует некоторый «провал» в области C₁₄ – C₁₈. В экстракте не обнаружено углеводородов с таким числом атомов углерода.

Содержание карбоновых кислот превалирует в CO₂-экстракте соломы льна (89,02%). Из всех кислот подавляющее число – с нормальной цепью; исключение составляет лишь 14-метил-пальмитиновая кислота (0,25%). Распределение содержания предельных и непредельных кислот представлено в табл. 4.3:

Таблица 4.3.

Содержание кислот в CO₂-экстракте соломы льна

Кислоты	Содержание, %	Содержание, отн. %
Предельные	30,28	34,01
Непредельные, всего	58,74	65,99
Непредельные с одной двой- ной связью	26,22	29,45
Непредельные с двумя двой- ными связями	32,52	36,54
		100,0

По числу атомов углерода все обнаруженные карбоновые кислоты распре- делились следующим образом (табл. 4.4, рис. 4.1):

Таблица 4.4.

Содержание карбоновых кислот в CO₂-экстракте соломы льна в зависимости от числа атомов углерода в молекуле

Число атомов углерода в молекуле углеводорода	Содержание в экстракте, %
14	0,38
16	25,72
17	0,25
18	61,62
20	0,66
24	0,39

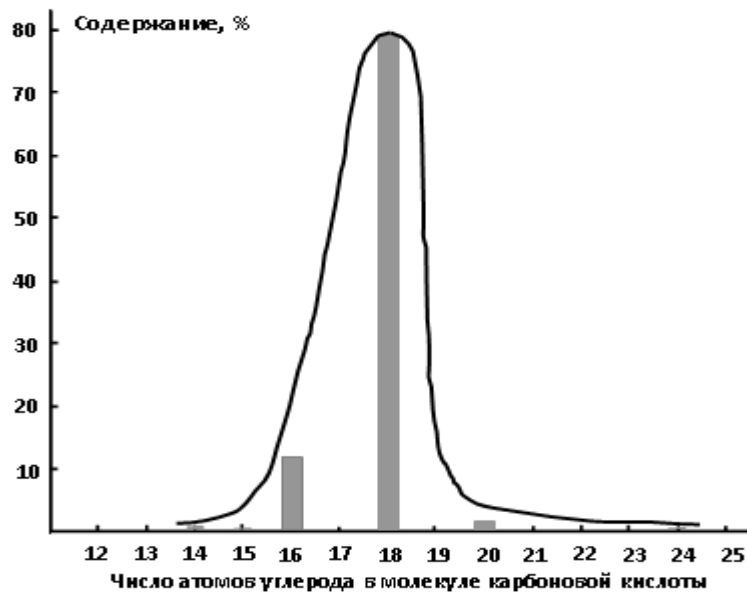


Рисунок 4.1. Содержание карбоновых кислот с различным числом атомов углерода в CO_2 -экстракте соломы льна

Распределение карбоновых кислот по числу присутствующих в них атомов углерода в кривой распределения для углеводов носит характер близкий к мономодальному.

Состав экстракта, полученного из льняного семени методом экстракции сжиженным диоксидом углерода, был проанализирован на содержание в нем органических веществ аналогично экстракту из соломы льна хроматографическим методом. Результаты определения органических веществ, содержащихся в CO_2 -экстракте семени льна, приведены в табл. 4.5.

Органические соединения в CO₂-экстракте льняного семени

№ п/п	Время удерживания, мин	Содержание, %масс	Молярная масса, г/моль	Вероятность идентификации, %	Название соединения	Химическая формула
1	12,24	0,04	230	76	1,1-диметоксидодекан	C ₁₄ H ₃₀ O ₂
2	13,92	0,12	228	91	миристиновая (тетрадекановая) кислота	C ₁₄ H ₂₈ O ₂
3	15,07	0,05	242	84	пентадекановая кислота	C ₁₅ H ₃₀ O ₂
4	15,92	0,12	254	88	пальмитоолеиновая (9-гексадеценовая) кислота	C ₁₆ H ₃₀ O ₂
5	16,2	11,9	256	90	пальмитиновая (н-гексадекановая) кислота	C ₁₆ H ₃₂ O ₂
6	16,31	0,06	278	89	дибутилфталат	C ₁₆ H ₂₂ O ₄
7	16,95	0,05	254	80	циклопентанмонодекановая кислота	C ₁₆ H ₃₀ O ₂
8	17,13	0,04	222	80	6-гексадецен-4-ен	C ₁₆ H ₃₀
9	17,22	0,13	282	76	циклопентантридекановая кислота	C ₁₈ H ₃₄ O ₂
10	18,07	13,6	282	94	олеиновая (9-октадеценовая) кислота)	C ₁₈ H ₃₄ O ₂
11	18,07	15,45	280	94	линоленовая (9,12-октадекадеиновая) кислота	C ₁₈ H ₂₂ O ₂
12	18,07	41,8	278	94	линоленовая (9,12,15-октадекатриеновая) кислота	C ₁₈ H ₂₀ O ₂
13	18,26	7,32	285	88	стеариновая (н-октадекановая) кислота	C ₁₈ H ₃₆ O ₂
14	19,19	0,1	312	72	1,1-диметокси-9-октадецен	C ₂₀ H ₄₀ O ₂
15	19,52	0,17	306	81	эйкозотриеновая (11,14,17-эйкозотриеновая) кислота	C ₂₀ H ₃₄ O ₂
16	19,6	0,41	308	79	эйкозодиеновая (11,14-	C ₂₀ H ₃₆ O ₂

17	19,84	0,35	310	80	эйкозодиеновая) кислота эйкозеновая (11- эйкозеновая) кислота	$C_{20}H_{38}O_2$
18	20,09	0,29	312	92	эйкозановая кислота 2,3-	$C_{20}H_{40}O_2$
19	23,26	0,6	351	85	дигидроксипропиловый эфир 9,12,15- октадекатриеновой ки- слоты	$C_{21}H_{35}O_4$
20	23,96	0,07	378	68	тетракозановая кислота	$C_{24}H_{48}O_2$

Как показали опыты, результаты которых приведены в табл. 4.5, органические компоненты CO_2 -экстракта семени льна представлены в основном карбоновыми кислотами. Суммарное содержание карбоновых кислот в экстракте составляет 91,84%. В отличие от CO_2 -экстракта соломы льна, экстракт льняного семени практически не содержит углеводов (обнаружено содержание только одного углеводорода 6-гексадецен-4-ена в весьма незначительном количестве – 0,04%). По сравнению с CO_2 -экстрактом соломы льна в CO_2 -экстракте льняного семени значительно снижено содержание дибутилфталата (0,06% против 2,5%).

Такое понижение содержания дибутилфталата в льняном семени связано, по видимому, с поступлением дибутилфталата в растение в основном с почвенной влагой и фиксацией его в течение транспирационных процессов за счет наличия электронодонорных групп растительным материалом.

Помимо карбоновых кислот, углеводов и дибутилфталата, суммарное количество других органических соединений, идентифицированных в CO_2 -экстракте льняного семени, составляет 0,74%.

Суммарное количество идентифицированных органических соединений в CO_2 -экстракте семени льна составляет 92,68%, что меньше, чем для CO_2 -экстракта соломы льна.

В табл. 4.6 представлены карбоновые кислоты, содержащиеся в CO_2 -экстракте семени льна, по степени насыщения двойными связями структуры молекулы:

Содержание кислот в CO₂-экстракте семян льна

Кислоты	Со- держа- ние, %	Содержание, отн. %
Пределные	19,93	21,7
Непределные кислоты, всего	71,91	78,3
Непределные с одной СН=СН связью	14,17	15,4
Непределные с двумя СН=СН связями	15,90	17,3
Непределные с тремя СН=СН связями	41,84	45,6
		100,0

Также как и в случае CO₂-экстракта соломы льна распределение карбоновых кислот в зависимости от числа атомов углерода в молекуле носит мономодальный характер.

4.2. Определение содержания полиненасыщенных жирных кислот в экстрактах из льняного сырья и продуктов его переработки

Полученные CO₂-экстракты соломы льна и льняного семени проанализированы данные по содержанию органических биологически активных веществ, в том числе насыщенных и ненасыщенных карбоновых кислот (омега-3, омега-6).

Проведено сравнение этих составляющих с медицинскими препаратами, имеющимися в продаже (табл 4.7).

Дальнейший интерес представляло подробное изучение состава экстрагируемых кислот, обращая основное внимание на карбоновые кислоты с положением двойной связи между C₃ и C₄ углеродными атомами, считая с конца углеродной цепи. Эти кислоты получили название «Омега-3», «Омега-6» (ω-3, ω-6) кислоты, незаменимы в рационе питания человека, способствуют осуществлению важных биологических функций организма [53]. В настоящее время полиненасыщенные жирные кислоты ω-3 получают, в основном, по специальной технологии

из гидробионтов (рыба). Полиненасыщенные жирные кислоты обладают целым комплексом полезных для человека свойств:

- действуют как гармоноподобный препарат, способствующий осуществлению важных биологических функций в организме человека;
- являются незаменимыми в рационе питания человека и поступают в его организм исключительно извне;
- необходимы для построения и структурирования клеточных мембран;
- служат в качестве соединений – предшественников для построения в клетках эйкозаноидов, которые представляют собой группу метаболически-активных соединений, включающую простагландины, лейкотриены, тромбоксаны и их производные;
- способствуют сохранению непроницаемости кожи и помогают разложению и выделению из организма холестерина;
- действуют совместно с фосфолипидами плазмы и могут влиять на процесс перераспределения незаменимых жирных кислот из плазмы и липидов эритроцитов в другие внутренние органы;
- необходимы для роста и развития сетчатки глаза и мозгового вещества у детей;
- обладают антитромбической активностью;
- способствуют развитию плода в период беременности и др.

В свободной продаже имеются специальные медицинские препараты, содержащие ω -3 кислоты. Например, препарат «ОМЕГА-3» (Египет, SEDICO), содержащий рыбий жир, получаемый по специальной технологии и содержащий ω -3 кислот не менее 30%; препарат «ЕРАМАХ» (Германия, MERCK) в ампулах, содержащий 300 мг ω -3 кислот, полученных из рыбьего жира; препарат «ОМЕГА-3» (США, HEALTHYWAY PRODUCTION, Inc) – концентрат рыбьего жира, содержащий не менее 30% ω -3 кислот и др.

Перечисленные выше препараты, содержащие ω -3 полиненасыщенные жирные кислоты, получают в основном из рыбьего жира. Однако, этот источник получения ω -3 кислот в последнее время становится весьма небезопасным. В

биосфере глобально распространены такие суперэкоотоксиканты как диоксины, которые легко фиксируются в жировых тканях живых организмов. В связи с этим актуальной становится задача замены существующего основного животного сырьевого источника получения ω -3 кислот растительным источником, прежде всего – льном и продуктами его переработки.

Именно поэтому представляло определенный интерес сравнить содержание ω -3 полиненасыщенных жирных кислот в CO_2 -экстрактах льна и в перечисленных выше трех препаратах, в которых источником ω -3 кислот был рыбий жир. В табл. 4.7 представлены результаты сравнительного содержания жирных кислот, полученных из различного сырья, в том числе из соломы и семени льна.

Таблица 4.7.

Содержание ω -3 кислот в образцах льняных экстрактов и различных препаратах

Жирная кислота, число атомов: двойных связей	Двойные связи		Содержание жирных кислот в образцах, %масс				
	От атомов	концевая двойная связь (ω)	Солома льна, CO_2 -экстракт	Семя льна, CO_2 -экстракт	«Омега-3», фирма SEDIC O	EPAM AX, Merck	«Омега-3», фирма Healthyway Production Inc.
6:0	-		-	-	1	-	-
10:0	-		-	-	0,7	0,7	-
14:0	-		0,5	0,3	10,6	0,3	10,3
15:0	-		-	-	-	-	0,6
16:3	9,12,15	ω 1	-	-	1,9	0,2	1,9
16:1	9		0,3	-	12,6	0,8	13,5
16:1	7		-	-	-	-	0,3
16:0	-		28	14	19,6	1	20,5
18:3	9,12,15	ω 3	3	46	3,3	7,3	3,9
18:2	9,12	ω 6	34	17	1,1	3,2	1
18:1	9	ω 9	30	15	15,3	6,3	13,8
18:0	-		3	6	3,2	0,4	3,7
20:5	5,8,11,14,17	ω 3	-	-	19,1	59	19,1
20:3	11,14,17	ω 3	-	0,3	0,9	8,2	-
20:3	9,12,15	ω 5	-	-	-	0,4	0,9
20:3	8,11,14	ω 6	-	0,2	-	-	-

20:2	11,14	ω 6	-	0,4	-	-	-
20:1	11	ω 9	-	0,2	1,5	0,6	1,2
20:0	-		0,8	0,5	-	-	0,5
22:6	4,7,10, 13,16,19	ω 3	-	-	8,4	10,2	8.6
22:1	13	ω 9	-	-	1	-	-
22:0			0,7	-	-	-	-
24:0			0,4	0,1	-	-	-
Всего ω 3 жирных кислот, %			3	46,3			31,7

Как видно из данных табл. 4.7, растительное и животное (рыбий жир) сырье значительно отличаются по составу жирных кислот: для растительного сырья более характерны кислоты с числом углеродных атомов 16 и 18, для животного сырья – 16, 18, 20. При этом в животном сырье присутствуют редкие ω -3 жирные кислоты – эйкозопентаеновая (20:5 ω -3) и додекозагексановая (22:6 ω -3).

По содержанию кислот с числом углеродных атомов 18, 20 наблюдается малое расхождение во всех исследуемых образцах.

Экстракты льняного семени содержат более 70% ненасыщенных кислот, в том числе, более 45% α -линоленовой кислоты (18:3 ω -3). По общему содержанию ненасыщенных ω -3 жирных кислот льняные экстракты не уступают двум из трех препаратов животного происхождения и могут являться вполне приемлемым сырьевым источником для поставки ω -3 кислот в организм человека.

Применение растительного сырья при получении полиненасыщенных жирных кислот (ω -3, ω -6) существенно снижает вероятность попадания в конечную продукцию токсикантов (например, диоксинов), которые аккумулируются в жировых тканях животных и рыб.

По результатам проведенных исследований CO_2 -экстрактов, выделенных из льна, было установлено, что данные экстракты содержат соединения (стеролы, сквален, полиненасыщенные жирные кислоты, витамин Е и др.), оказывающие благотворное влияние на организм человека и могут быть использованы в различных отраслях. Полученный концентрат БАВ может быть использован для придания продукции текстильной промышленности комплекса гигиенических и био-

цидных свойств. Мы предположили, что введение в структуру волокон БАВ (модифицирование) текстильных материалов органическими биологически активными веществами улучшит гигиенические показатели. Такой подход позволит получить материалы с новыми свойствами присущими льняным текстильным материалам. Необходимость в улучшении гигиенических характеристик тканей очевидна, поскольку эти параметры определяют комфортность среды, в которой находится живой организм, и, следовательно, оказывают положительное влияние на здоровье человека.

Дальнейшие исследования заключались в разработке из полученных экстрактов модифицирующей композиции для обогащения льняных текстильных материалов.

4.3. Разработка состава модифицирующей композиции из экстрактов органических биологически активных веществ

Экстракт органических биологически активных веществ, полученных из льна методом экстракции сжиженным диоксидом углерода, представляет из себя массу разделенную на 2 слоя. Верхний слой светло-коричневого цвета имеет кремообразную зернистую консистенцию. Нижний слой имеет равномерную кремообразную консистенцию и по цвету темно-коричневый.

Для получения растворов из данных экстрактов проведены опыты по растворению экстрактов органических биологически активных веществ в растворе ПАВов (табл. 4.1). В табл. 4.8 представлена рецептура приготовления раствора биологически-активных веществ.

Таблица 4.8.

Рецептура раствора биологически-активных веществ

№ п/п	Наименование компонента	Количество, %
1	Биологически-активное вещество	1
2	Сульфэтоксилат натрия	1
3	Бетаиновый ПАВ	1
4	Вода	До 97

Верхний слой равномерно растворяется в растворе ПАВов при нагревании до 70°C. Имеет стабильный рН, и в течении недели не давал никаких изменений.

Нижний слой при нагревании в растворе ПАВов растворяется, но он не стабилен во времени. При исследовании раствора с помощью микроскопа обнаружены пленкообразные включения. Возможно, это недостаток компонента раствора. Нами была использована следующая технология приготовления раствора экстрактов биологически активных веществ:

- В специальную мерную емкость налили 485 мл H₂O (T = 30°C);
- Добавили рецептурное количество сульфэтоксилата натрия (5 мл) и бетаинового ПАВа (5 мл);
- Перемешивали раствор в магнитной мешалке со скоростью перемешивания 70 об/мин;
- После растворения сульфэтоксилата натрия и бетаинового ПАВа добавляли в раствор рецептурное количество экстракта органических веществ (5 мл);
- Перемешивали раствор 30 мин. После чего раствор был готов для модифицирования образцов текстильных материалов.

4.4. Моделирование механизма формирования модифицирующей структуры

Модифицирование текстильных материалов проводилось нами методом нанесения на образцы композиции из экстрактов органических биологически активных веществ, выделенных из льна.

При выборе текстильных материалов обогащения модифицирующей композицией был проанализирован имеющийся сегодня на отечественном рынке ассортимент, чтобы из него отобрать полотна, удовлетворяющие нас по комплексу показателей (технологические, санитарно-гигиенические и др.). Учитывая предполагаемые методы нанесения модифицирующей композиции (метод печати и шпрингование), основными требованиями к текстильным материалам были: ров-

ность печатной поверхности, определяющая равномерность нанесения, плотность, проницаемость материалов, которые влияют на глубину проникновения наносимых веществ, структура и др. С учетом всех требований к материалам для проведения исследований, был отобран ряд тканых текстильных полотен.

Перед модифицированием текстильных материалов их кондиционировали - приводили к определённой равновесной влажности и температуре.

Модифицирование образцов тканей осуществлялось методом нанесения (намазывания) на них приготовленной композиции из экстрактов органических биологически активных веществ, выделенных из льна. Далее в исследовании нас интересовало влияние пропитки тканей на улучшение некоторых гигиенических характеристик текстильных материалов, в том числе на сорбционные свойства, теплопроводность, температуропроводность, капиллярные свойства, массопроводность, туше и др., а также происходящие структурные изменения и процессы.

При модификации текстильных материалов композицией органических биологически активных веществ, выделенных из льна и продуктов его переработки, между компонентами модифицирующего состава и волокнами тканей образуются различные связи (ковалентная, ионная и др.).

Основным соединением, образующим структуру текстильных материалов является целлюлоза, которая имеет много свободных гидроксильных групп. В составе модифицирующей композиции большое количество высших карбоновых кислот со свободными карбоксильными группами. Таким образом, компоненты модифицирующей композиции по карбоксильным группам могут вступать в реакцию с гидроксильными группами целлюлозы текстильных волокон и образовывать сложноэфирные связи.

Для оценки данного процесса нами предложена для изучения модель образования сложноэфирных связей между элементарным целлюлозным волокном и модифицирующей композицией. В процессе исследований элементарное целлюлозное волокно было подвергнуто воздействию модифицирующей композиции, после чего проведены спектрометрические анализы модельных образцов.

По результатам спектрометрических исследований была выявлена спектральная характеристика, указывающая на наличие сложноэфирных связей. Это является доказательством существования процессов взаимодействия карбоксильных групп веществ модифицирующей композиции с гидроксильными группами элементарного целлюлозного волокна с образованием сложноэфирных связей.

При оценке образования новых связей на модели нами сделаны выводы об образовании аналогичных сложноэфирных связей между текстильными материалами и модифицирующей композицией, что оказывает влияние на свойства обрабатываемых тканей.

Карбоновые кислоты, взаимодействуя с целлюлозным волокном, становятся для него активным пластификатором, образуя мономолекулярный слой, что способствует увеличению коэффициента драпируемости тканей, улучшению их функциональных и гигиенических свойств. При этом пластифицирующий агент в силу своего природного растительного происхождения обладает сродством к обрабатываемой структуре. Это характеризует образование крепких сцепленных связей с текстильным материалом.

Специфическое строение компонентов модифицирующей композиции, наличие ненасыщенных двойных и тройных связей, свободных карбоксильных групп указывает на их способность провоцировать вещества к взаимодействию. Соединения, находясь на целлюлозном волокне со временем начинают полимеризоваться. Таким образом, при эксплуатации готовых изделий по прошествии определенного времени нарастают изменения, запускающие процесс полимеризации модифицирующих компонентов, что способствует образованию защитного фрагментарного покрытия на текстильных волокнах в виде сетки. Это покрытие при активной эксплуатации и мокрых обработках обеспечивает стабилизацию и компенсацию исходных гигиенических свойств тканей, а также поддерживающую структуру для всего изделия в целом. Наблюдается увеличение предела прочности тканей. Можно сказать, что такой материал обладает пролонгированными во времени защитными свойствами.

Важно отметить, что наличие ненасыщенных двойных и тройных связей, а также полученная фрагментарная сетчатая структура защитного покрытия указывает на появление участков с повышенной электронной плотностью, которые способны преобразовывать энергию, изменять теплопроводность макроструктуры и оказывать влияние на теплофизические свойства материалов. При наличии участков с повышенной электронной плотностью можно предположить, что такие ткани способны в некоторой степени гасить ультразвуковые и электромагнитные колебания.

4.5. Оценка гигиенических свойств модифицированных текстильных полотен

Для всех одежных и бельевых тканей большое значение имеют гигиенические свойства, поскольку они обеспечивают необходимую теплоизоляцию организма человека, влияют на газовый и жидкостной состав пододежного пространства, влажность кожи, определяют тепловое состояние человека. Текстильные полотна способны поглощать (впитывать) жидкость, пар, пыль и др., пропускают через себя воздух, пары, воду, тепло и др., а также обладают теплофизическими и электростатическими свойствами.

Гигиенические свойства условно делят на теплообменные и массообменные. К теплообменным относятся: теплопроводность, температуропроводность, теплоемкость, воздухопроводность и др. К массообменным относятся: массопроводность, капиллярность, паропроницаемость, сорбция, влагоемкость, влагопоглощение и др.

Ткани, обогащенные модифицирующей композицией из экстрактов органических биологически активных веществ исследовали на улучшение их гигиенических характеристик (сорбция, капиллярность, водопоглощение и др.). В ходе исследования было определено, что модифицированный льняной материал обладает хорошими гигиеническими характеристиками по сравнению с другими полотнами: гигроскопичностью 15-16% , воздухопроницаемостью около 640 дм³/м²с.

Установлено, что модифицированный льняной материал обладает хорошими показателями теплопроводности, капиллярности (не менее 300 мм) и влагоемкости (не менее 10 г/г), что является выше капиллярности и влагоемкости других тканей.

Сорбция

Текстильные материалы, находясь в среде с повышенной влажностью воздуха, способны поглощать пары.

Среди различных методов изучения вопросов связывания воды с материалами изучение изотерм сорбции и десорбции занимают одно из первых мест.

Для исследований образцов льняных материалов нами был выбран эксикаторный метод.

Для исследования сорбционных свойств текстильных материалов, в том числе, обогащенных биологически активными веществами, в качестве адсорбента мы использовали измельченные навески из исследуемых образцов.

Испытаниям были подвергнуты образцы материалов: лён 100%, лён 100% обогащенный органическими биологически активными веществами. Взвешивание проводили на аналитических весах с погрешностью 0,001 г и последующей обработкой полученных данных по методу статистической обработки выборки с малым числом наблюдений.

По результатам экспериментальных данных была рассчитана статическую емкость сорбента и построены изотермы адсорбции. На рис. 4.4 представлены сорбционные характеристики льняных тканей.

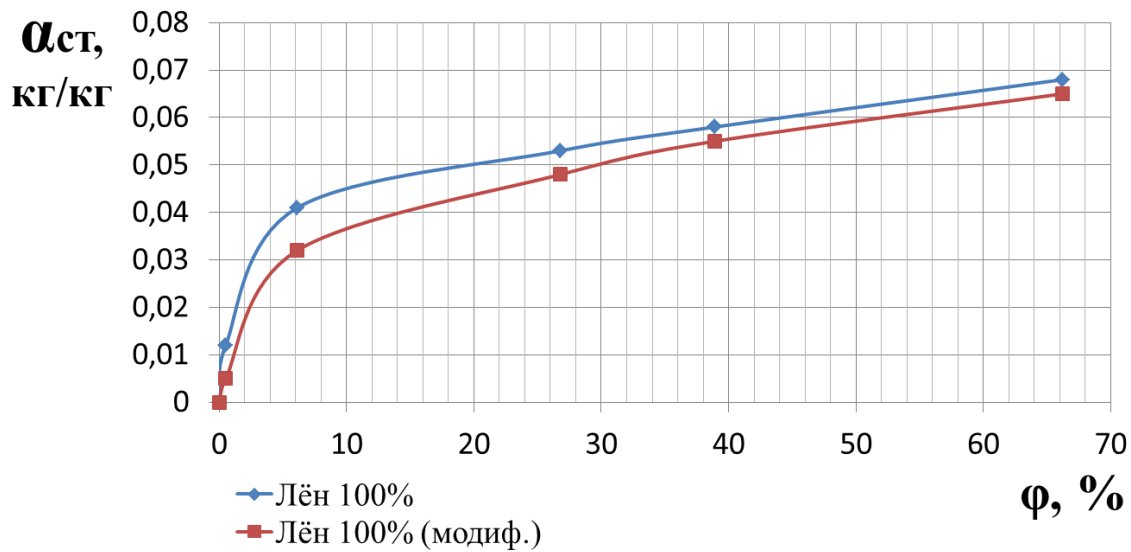


Рисунок 4.4. Показатели сорбции в льняных образцах

При анализе результатов проведенных сравнительных исследований сорбционных свойств материалов установлено, что сорбционные способности тканей модифицированный лён 100% сравнению с тканями лён 100% отличаются незначительно в пределах 7%. Это говорит о том, что пористая структура при модификации ткани не претерпела значительных изменений, то есть «мокрая» обработка не ухудшила сорбционную емкость. Таким образом, разработанный нами модифицированный материал будет поддерживать относительную влажность в пододежном пространстве на необходимом физиологическом уровне 60-70%.

Массопроводность

В процессе эксплуатации одежды происходит диффузия как парообразной, так и жидкой фазы. Диффузия паров влаги из пододежного пространства в окружающую среду определяется многими факторами (влагопроводность, люфты и др.). Скорость данного процесса характеризует коэффициент массопроводности, который является одним из параметров, определяющих гигиенические свойства

материалов. Поэтому изучение массопроводности важно при оценке комфортности продукции легкой промышленности [55, 56].

Данный раздел исследований заключается в определении массопроводности модифицированных тканей по отношению к воде, поскольку эксплуатация льняных изделий происходит в основном в условиях изменения градиента влажности.

Для исследования были подготовлены комплекты из 5-ти одинаковых образцов (лён 100%, лён 100% обогащенный органическими биологически активными веществами). Пять вместе сложенных образцов приняты условно за модель пятислойной структуры. Образцы материалов представляли собой квадраты с длиной стороны 5 см. Первый слой данной структуры увлажняли и накладывали на сложенные поочередно остальные 4-ре образца. Через определенные промежутки времени проводили взвешивание каждого из образцов.

Взвешивание проводили на аналитических весах с погрешностью 0,001 г и последующей обработкой полученных данных по методу статистической обработки выборки с малым числом измерений. Проводили опытные замеры веса образцов в зависимости от времени соприкосновения образцов-слоев между собой. Замеры прекращали при установлении постоянной массы первого слоя комплекта образцов. Далее по полученным опытным данным рассчитали влажность каждого образца.

По результатам экспериментальных данных массопроводность изменяется во времени в зависимости от влагосодержания материала. Из уравнения массопроводности рассчитали коэффициент массопроводности по слоям материала в каждый момент времени. На рис. 4.5 – 4.6 представлена зависимость коэффициента массопроводности от содержания влаги.

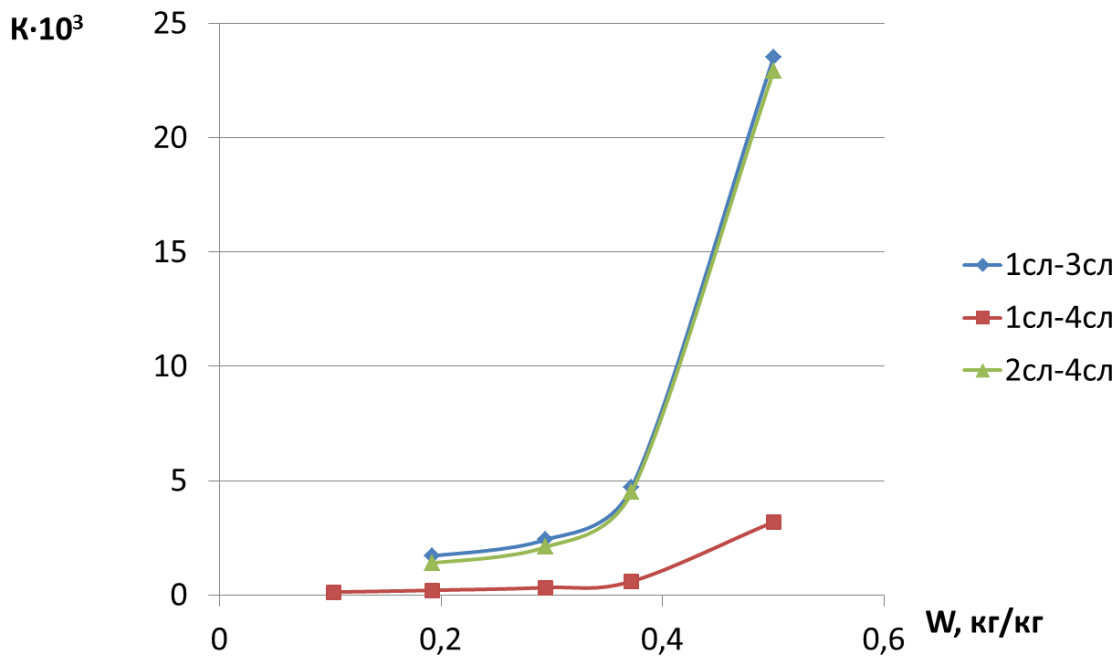


Рисунок 4.5. Коэффициент массопроводности от влажности материала лён 100%

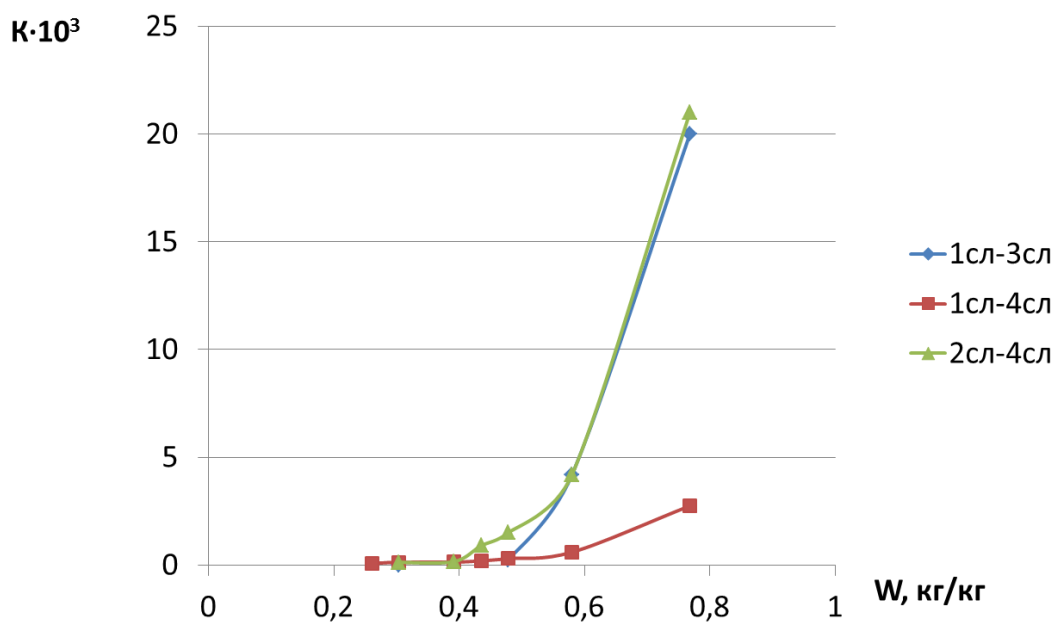


Рисунок 4.6. Коэффициент массопроводности от влажности материала лён 100% модифицированный

На рис 4.7. представлена усредненная зависимость коэффициентов массопроводности двух видов исследуемых материалов от содержания влаги.

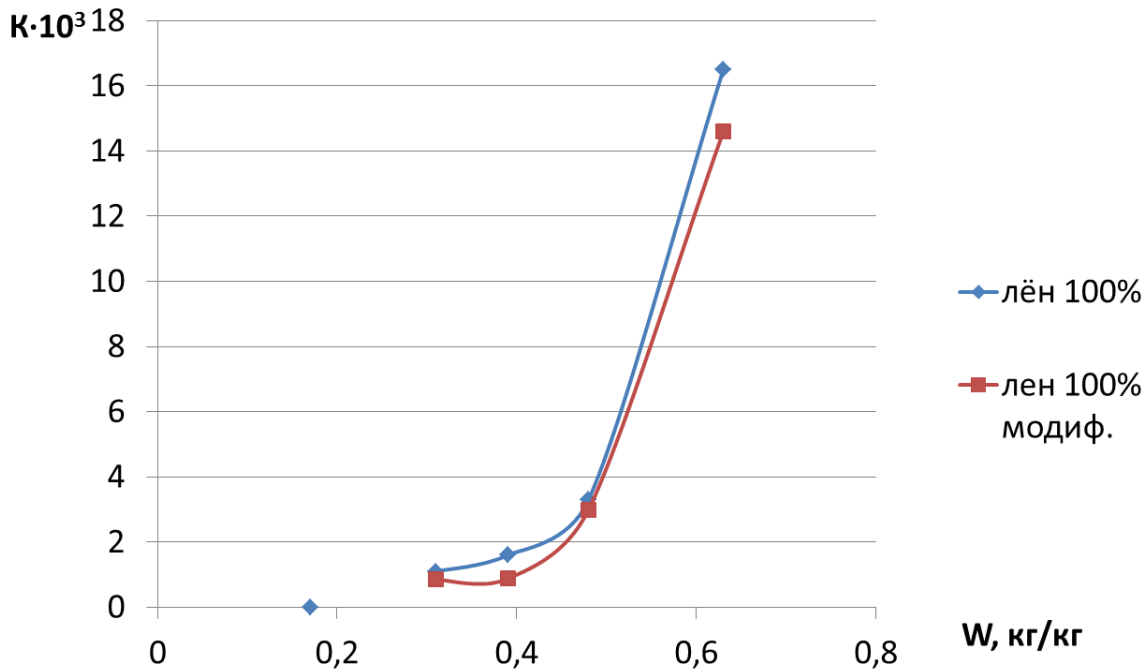


Рисунок 4.7. Усредненная зависимость коэффициента массопроводности от влажности для материалов лён 100% и лён 100% модифицированный

По результатам проведенных сравнительных исследований массопроводности во влажных материалах, было установлено, что коэффициент массопроводности снижается при уменьшении влажности во всех исследуемых материалах [57]. При увеличении влажности поток влаги идет через пористую структуру материала в основном в виде жидкости. При увеличении влажности паровая составляющая потока уже будет соизмерима с потоком жидкости.

Также установлено, что по сравнению с тканью лён 100% при обогащении ткани органическими биологическими веществами коэффициент массопроводности уменьшается незначительно. Поэтому разработанный нами материал с новыми свойствами (модифицированный) будет поддерживать гигиенические параметры по массопроводности.

Таким образом, при рассмотрении модели человек-окружающая среда, отводящий поток влаги в модифицированном нами материале за счет слипания пор будет меньше по сравнению с необогащенным материалом, что предпочтительно для систем с особыми характеристиками (например, замкнутые системы жизнеобеспечения, гермообъекты, системы с сухой и горячей атмосферой и т.д.). Мате-

риал с новыми свойствами за счет обогащения органическими биологически активными веществами способен защищать организм от перегрева.

Капиллярность

Капиллярно-конденсированная влага оказывает значительное влияние на свойства материалов. Она обуславливает процессы тепло- и влагообмена. Поэтому, намокаемость, как способность тканей впитывать капельно-жидкую влагу – важный показатель для тканей, используемых при изготовлении белья, сорочек, платьев, полотенец и простыней. Намокаемость тканей характеризуют ее капиллярностью. Таким образом, величина капиллярности является одним из основных методов оценки гигиенических свойств текстильных материалов.

Исследования заключались в проведении опытов с образцами материалов: лен 100% , лен 100% (обогащенный органическими биологически активными веществами).

При обработке результатов измерений за показатель капиллярности ткани принимали среднеарифметическое значение результатов высоты подъема жидкости по основе и утку. Вычисления проводили с точностью до первого десятичного знака с последующим округлением до целого числа. Далее математическую обработку экспериментальных данных проводили по методу статистической обработки выборки с малым числом наблюдений.

На рис. 4.10 – 4.13, представлена зависимость высот капиллярного подъема влаги в исследуемых образцах от времени.

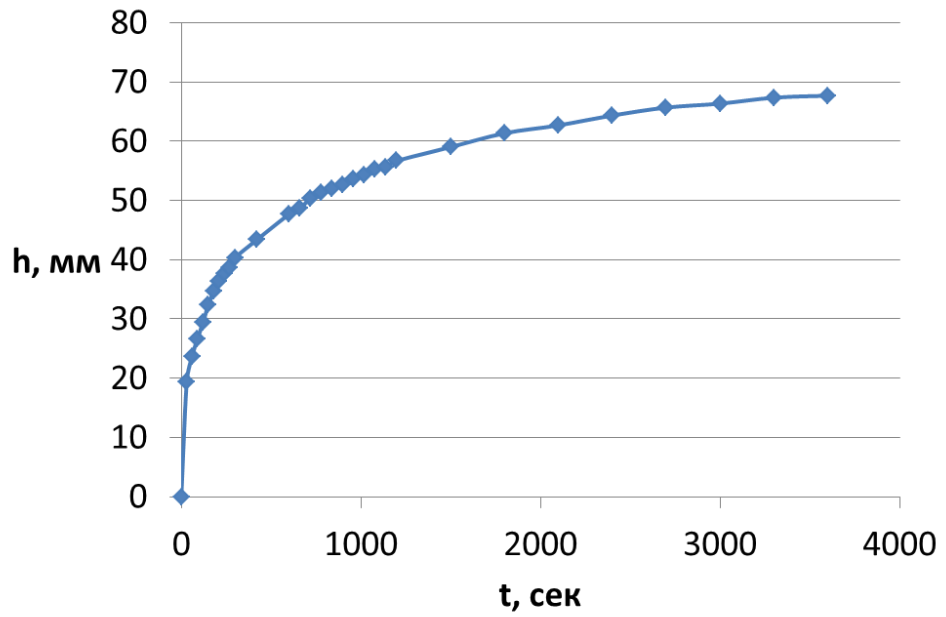


Рисунок 4.10. Динамика изменения высоты подъема жидкости h за время t в образце лён 100% (основа)

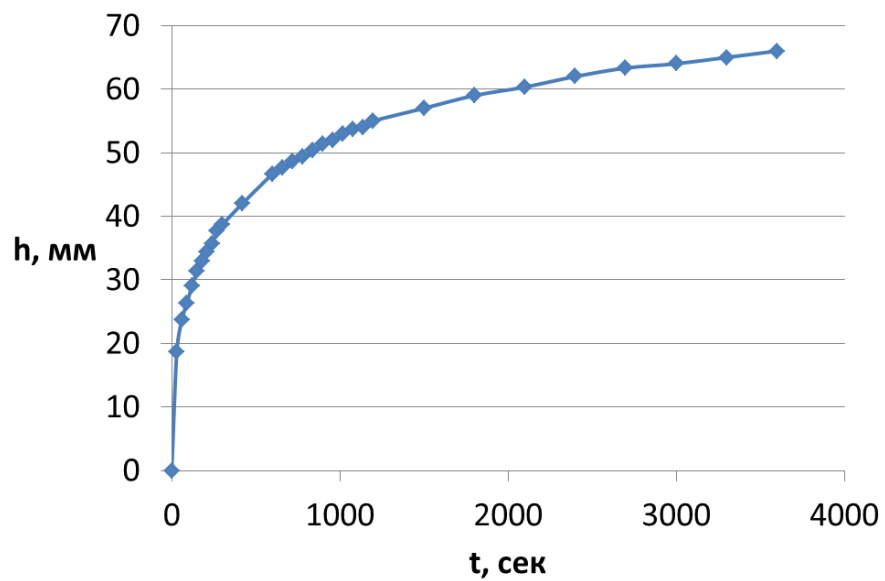


Рисунок 4.11. Динамика изменения высоты подъема жидкости h за время t в образце лён 100% (уток)

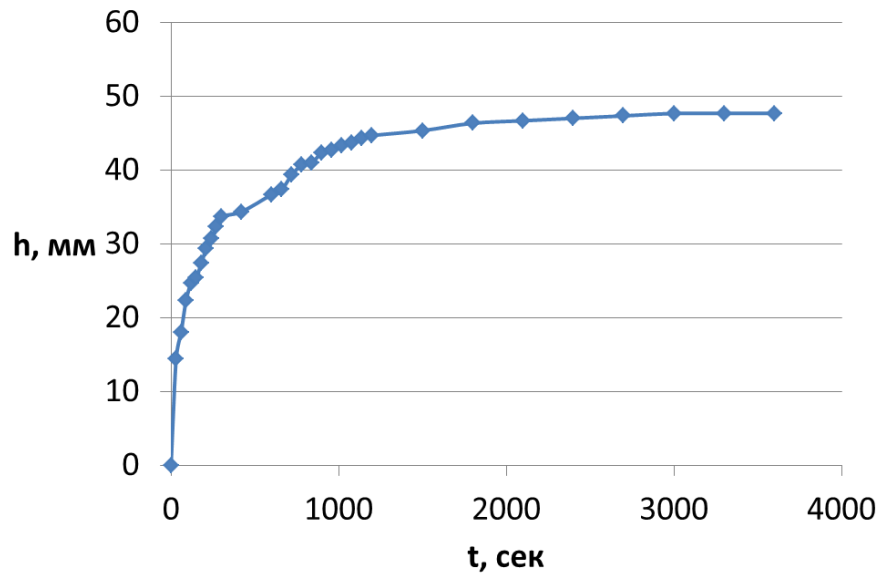


Рисунок 4.12. Динамика изменения высоты подъема жидкости h за время t в образце лён 100% модифицированный (основа)

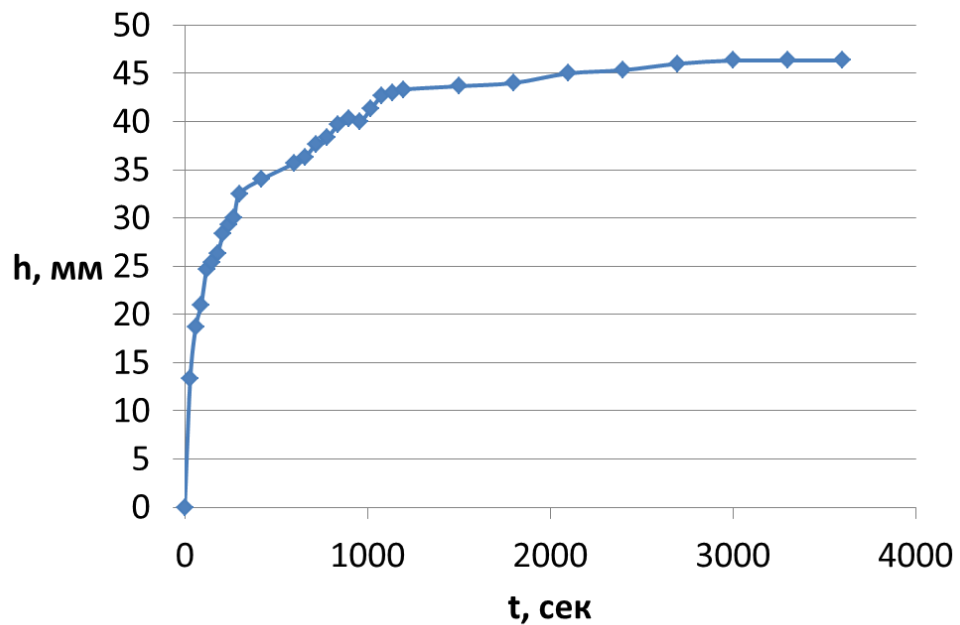


Рисунок 4.13. Динамика изменения высоты подъема жидкости h за время t в образце лён 100% модифицированный (уток)

По результатам анализа полученных данных установлено незначительное снижение показателя капиллярности в исследуемых образцах модифицированного льняного материала, что обусловлено изменением структуры поверхности капилляров. При обогащении ткани органическими веществами происходит уменьшение ворсистости и шероховатости, а также увеличение гладкости поверхности капилляров. Эти показатели характеризуют смачиваемость и силу сцепления поверхности капилляров с влагой. Таким образом, при модифицировании льняных материалов органическими биологически активными веществами капиллярные свойства у них снижаются незначительно по сравнению с необработанными образцами.

4.6. Исследование устойчивости свойств модифицированных текстильных материалов к мокрым обработкам

Исследование устойчивости свойств модифицированных текстильных материалов проводилось по описанным ранее методикам. Проведенные испытания показали, что после 6 стирок в нейтральной среде вымывается от 20 до 40% компонентов композиции.

Проведенная оценка устойчивости свойств модифицированных тканей к мокрым обработкам и бытовым стиркам установила, что после мокрых обработок в нейтральной среде (вода), остается достаточное количество модифицирующей композиции.

4.7. Исследование туше (гриф) методом экспертных оценок

Исследование впечатлений, возникающих при осязании материала (туше), проводилось по словесным характеристикам, связанным с возникающими эмоциями по методу проф. В.П. Склянникова. Поскольку в данном методе невозможно использовать расчётные или измерительные способы целесообразно было применить метод экспертной оценки.

Для оценки туше тканей модифицированных органическими биологически активными веществами и выявления благоприятного их воздействия на организм человека методом экспертных оценок в нашем исследовании респондентами (экспертами-дегустаторами) выступили научные сотрудники ФГБОУ ВПО «МГУДТ». Основу экспертного опроса составляла анкета из 6 вопросов, представленная в Приложении Б. Респондентам предлагалось определить степень выраженности ощущения в 6-ти парах свойств, характерных материалам лён 100% и лён 100% модифицированный. Для получения экспертных заключений о степени выраженности свойств у материалов по предложенной градации (табл. 4.11) было опрошено 10 сотрудников данной организации.

С учетом того, что основная цель опроса заключалась непосредственно в определении выраженности по шкале интервалов ощущения в паре противоположных свойств, при обработке экспертного опроса нами применен метод непосредственной оценки.

Для удобства математической обработки данных экспертного опроса по методу непосредственной оценки 5 условных обозначений степени выраженности свойств по выбранной градации представлены в виде числовой оси от -2 до $+2$, считая 0 срединным показателем в рассматриваемой в паре (табл. 4.19).

Обозначение степени выраженности свойств

	Степень выраженности ощущения в паре свойств				
	Значительно выражено 1-е свойство	Выражено 1-е свойство	Свойства выражены одинаково	Выражено 2-е свойство	Значительно выражено 2-е свойство
Условное обозначение (пример для пары свойств твердый/ мягкий)	2Т	Т	ТМ	М	2М
Числовое обозначение	-2	-1	0	+1	+2

Обработка результатов экспертного опроса сводилась к следующему:

1. Составляли таблицу результатов опроса, строки которой соответствовали оцениваемым факторам (свойствам), а столбцы экспертам (Приложение Б).
2. Строили гистограммы с наглядным распределением оценок экспертов, на основании чего определяли приоритет выраженности свойств (рис. 4.14 – 4.15).
3. Числовые обозначения переводили в условные и составляли сводную таблицу выраженности преобладающих свойств в паре (табл. 4.20).

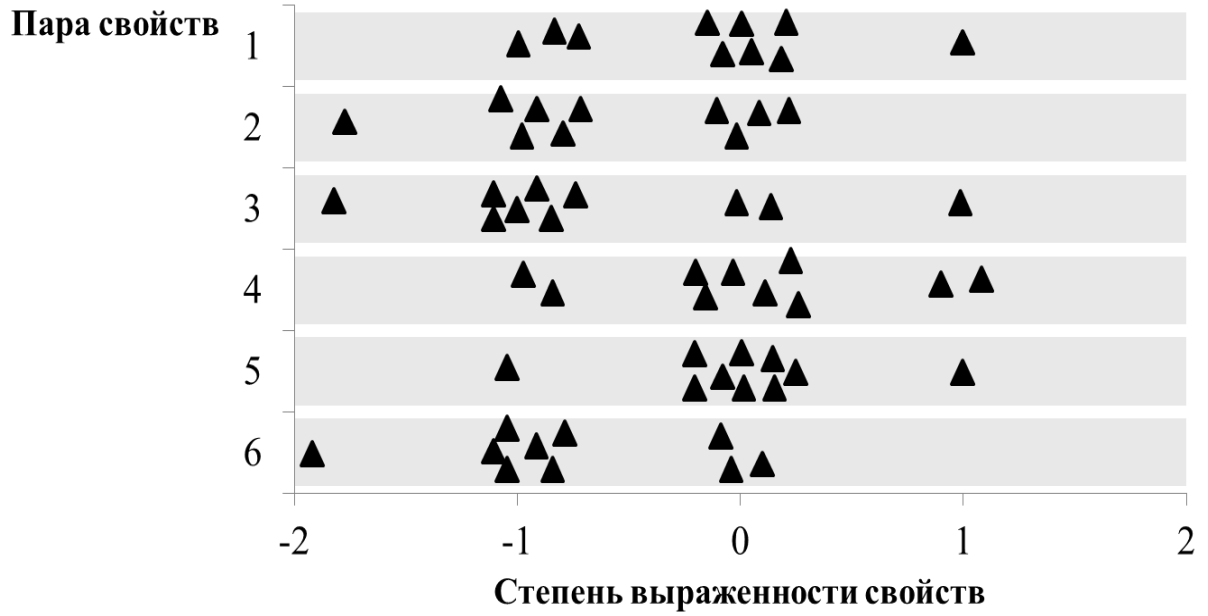


Рисунок 4.14. Распределение результатов опроса для оценки согласованности мнений по ткани лён 100%

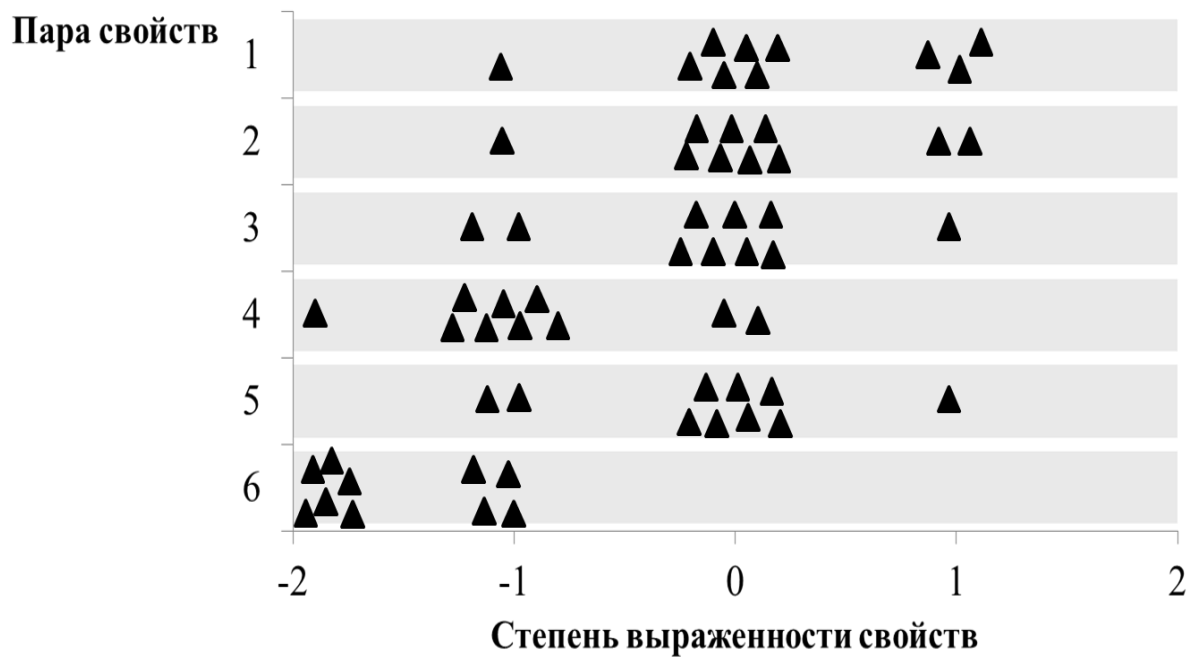


Рисунок 4.15. Распределение результатов опроса для оценки согласованности мнений по ткани лён 100% модифицированный

Сравнительная оценка туше тканей при экспертном опросе

Наименование ткани	Степень выраженности свойств					
	Твердость/мягкость	Жесткость/гибкость	Шероховатость/гладкость	Наполненность/рыхлость	Упругость/пластичность	Теплота/холодность
Лён, 100%	ТМ	Ж	Ш	НР	УП	Те
Лён, 100% (модиф.)	ТМ	ЖГ	ШГ	Н	УП	2Те

По результатам анализа данных экспертного опроса можно утверждать, что туше льняных материалов в среднем отвечает требованиям, которые предъявляются к идеальному туше нательного белья, постельного белья и летнего платья. При этом материал лен 100% обогащенный органическими биологически активными веществами по сравнению с материалом лен 100% показал лучшие результаты по теплоте, гибкости и гладкости. Таким образом, льняной материал, обогащенный органическими биологически активными веществами оказывает более благоприятное воздействие на организм при осязании кожей человека.

4.8. Разработка вкладных изделий в виде стелек из льняного модифицированного материала

Практическое использование результатов данной работы возможно для различных объектов легкой промышленности: одежды, обуви и др. В диссертационной работе разработаны примеры рекомендаций применительно к обуви и обувным текстильным метериалам [70].

Правильно подобранная по множеству характеристик обувь необходима каждому человеку. Человеческая стопа не только инструмент для поступательного движения вперед. Она обладает рядом других важных характеристик, значение которых для здоровья человека было открыто лишь недавно. Например, стимулирование рефлексных зон стопы или акупунктурных точек оказывает на весь орга-

низм благотворное и исцеляющее действие. Другая особенность стопы – транспирация, потоотделение. Подошва стопы покрыта огромным количеством потовых желез. Поэтому для организма человека важны гигиенические свойства обуви [45]. Они характеризуют способность обуви при носке поддерживать благоприятные условия для ног (пропускать воздух, не намокать, удерживать тепло и др.). Во все времена самой комфортной считалась обувь из натуральной кожи. Альтернативой является текстильная обувь.

По объему использования в обувном производстве текстильные материалы занимают второе место после натуральной кожи. Не менее 50% выпускаемой обуви различного назначения имеет подкладку из текстильного материала – тканого, нетканого или трикотажа. До 25% годового выпуска составляет текстильная обувь, у которой все детали верха (наружные и внутренние) изготовлены из текстильного материала.

На сегодняшний день основным текстильным волокном растительного происхождения является хлопок. Альтернативу хлопку может составить лен, который обладает медико-биологическими свойствами и преимуществами в ряде гигиенических характеристик. Материалы из льняных волокон способны отводить тепло как во влажной, так и в сухой среде, оказывать благоприятное воздействие при начинающемся перегреве. Благодаря тому, что льняные волокна обладают хорошей впитываемостью влаги и быстрым влагоудалением (т.е. снижают температуру кожи), потери пота организмом человека значительно сокращаются.

Льняное волокно характеризуется специфическими физико-механическими и физико-химическими свойствами. Специфические свойства льняного волокна создают полезный для человека микроклимат повышенной комфортности. От прямого действия этого показателя зависит здоровье нервной и сердечнососудистой систем человека. Такие свойства льняного волокна, как гладкость, умеренная жесткость, малая прилипаемость, определяют приятное ощущение при соприкосновении с кожей человека.

Одним из свойств льна является его большое набухание и повышение прочности при намокании. Лен обладает, в отличие от хлопка и особенно синтетиче-

ских волокон, малым удлинением, не растягивается, не деформируется при натяжении.

Льняные материалы не оказывают раздражающего действия на кожу. Эти качества, а также показатели капиллярности и воздухопроницаемости свидетельствуют о явном преимуществе льна по сравнению с хлопком.

Антисептические и гигроскопические свойства льна используют при производстве некоторых частей обуви, в частности, стелек и внутренней стороны подошвы. При влажности свыше 50% внутри обувной кожи и других материалов создаются идеальные условия для развития бактерий и грибков, происходит выделение неприятного запаха. Льняные стельки снижают влажность внутриобувного пространства, ограничивая жизнедеятельность вредных микроорганизмов. Природные антибактериальные и антигрибковые компоненты льна препятствуют размножению гнилостных микроорганизмов, что избавляет человека от возникновения неприятного запаха в обуви.

Льняное полотно способно амортизировать приложенные нагрузки. Важной дополнительной способностью льняных стелек является их способность принимать форму стоп, близкую к анатомической форме. Спустя 2 – 3 дня использования, стельки принимают индивидуальный анатомический силуэт стопы. Происходит перераспределение ударных нагрузок по поверхности стопы, нога в такой ситуации чувствует себя более устойчиво, и, следовательно, снижается риск получения травмы.

Перспективным направлением является придание льняным тканям новых свойств методом обогащения органическими веществами [65].

В производственных условиях ООО «Аквелла» нами были изготовлены и прошли промышленную апробацию вкладные изделия в виде стелек из льна, обогащенные биологически активными веществами выделенными из льняного сырья. В результате апробации установлено, что вкладные изделия в виде стелек из льна, обогащенные биологически активными веществами, поддерживают комфортность среды пребывания и улучшают здоровье человека.

Выводы по четвертой главе

1. Выявлены особенности компонентного состава экстрактов органических биологически активных веществ, полученных из льняного сырья, что делает возможным их использование в качестве обогатителя на стадиях заключительной обработки текстильных материалов с целью придания им новых свойств.

4. Разработан состав модифицирующей композиции из экстрактов органических биологически активных веществ с целью обогащения ими текстильных материалов для улучшения гигиенических свойств.

5. Изучены влияние модифицирующей композиции на гигиенические и физико-механические показатели материалов. В результате чего экспериментально установлено, что пористая структура при модификации ткани не претерпела значительных изменений, и данный материал будет поддерживать гигиенические параметры в пододежном пространстве на необходимом физиологическом уровне.

6. Применен метод «экспертный опрос» с последующей обработкой данных непосредственной оценкой для определения туше модифицированных материалов. По результатам опроса выявлено, что туше тканей обогащенных органическими биологически активными веществами отвечает требованиям идеального туше нательного и постельного белья, летнего платья, а также показывает улучшение показателей теплоты, гибкости и гладкости.

7. Предложены рекомендации по изготовлению изделий ассортимента легкой промышленности (изделия в виде стелек) из модифицированных материалов. При апробации установлено, что вкладные изделия в виде стелек из материалов, обогащенных композицией органических биологически активных веществ, соответствуют необходимому уровню по показателям гигиеничности, эксплуатационным характеристикам и поддерживают комфортность человека.

ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ

1. Развита научная основа и дано практическое обоснование методов улучшения свойств текстильных материалов и изделий легкой промышленности модификацией экстрактами органических веществ, выделенных из льняного сырья и продуктов его переработки.

2. Выявлен комплекс проблем, связанных с переработкой льняного сырья, и осуществлена оценка технологии первичной переработки и отделки льна на льняном производстве.

3. Установлено содержание ценных органических веществ во льне на различных стадиях его первичной переработки и отделки, на основании чего сформулированы рекомендации по организации технологического процесса извлечения этих веществ из льняного сырья.

4. Разработана экологически безопасная технология извлечения органических веществ из льняного сырья и продуктов переработки льна методом экстракции сжиженным диоксидом углерода, обеспечивающим минимизацию антропогенного воздействия процессов переработки льна на окружающую среду. Переработка льна по предложенной технологии устраняет потери биологически активных веществ на первичных стадиях переработки льняного сырья и находит применение ранее не используемым отходам льняного производства.

5. Предложен способ придания текстильным материалам новых свойств на стадиях заключительной обработки методом обогащения (модифицирование) тканей растворами экстрактов органических биологически активных веществ, выделенных из льняного сырья, придающий устойчивый эффект к мокрым обработкам, а также улучшающий физико-механические и гигиенические характеристики.

6. Разработана и апробирована экологически чистая композиция органических биологически активных веществ экстрактов из льняного сырья, обладающая биологической активностью.

7. Определен механизм формирования модифицирующей структуры, формируемой органическими биологически активными веществами экстрактов из льняного сырья, в текстильных полотнах.

8. Экспериментально установлены положительные воздействия модифицирующей композиции на свойства текстильных материалов.

9. Предложен алгоритм оценки туше тканей с использованием экспертного опроса и последующей обработкой данных методом непосредственной оценки, позволяющий оценивать эргономические показатели, такие как ощущения, возникающие при осязании текстильных материалов.

10. Практическая реализация разработок, полученных в ходе диссертационного исследования, прошла апробацию нашла применение на предприятии ООО «Аквелла».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Адамян А. В., Добыт С. В., Живетин В. В., Осипов Б. П. Льняное сырье как основа для ассортимента современных медицинских материалов. Тез. докл. науч.-практ. конф. – Вологда. –1999.
2. Алексеева А. В., Гольберт К. А. Хроматография, ее теория и применение. –М.: Изд. АН СССР. – 1960. – С. 281-285.
3. Аминов М. С., Мурадов М. С., Аминова Э. М. Процессы и аппараты пищевых производств: Учебн. для студ. вузов, обуч по технол. спец. – М.: Колос. – 1999. – 503 с.
4. Андрианова Г. П. Химия и технология полимерных пленочных материалов и искусственной кожи. – Ч.1. – М.: Легкая и пищевая промышленность. –1981. – 264 с.
5. Анфилатов А.А., Емельянов А.А. Кукушкин А.А. Системный анализ в управлении: Учебное пособие. М.: ФиС, 2007. – С. 113-127.
6. Артемов А., Брыкин А.В, Шумаев В. О мерах по инновационному развитию легкой промышленности // Экономист. –2007. –№ 10. – С. 3-12.
7. Артемов А.В. Еникеева А.Р. Эколого-экономические аспекты глубокой переработки льна // Экология и промышленность России. – 2011. – № 7. – С. 52-55.
8. Артемов А. В., Михеева О. А. Медико-гигиенические свойства льняных тканей // Дизайн и технологии. – 2009. – № 12(54). – С. 90.
9. Артемов А.В., Петрова М.В. Причины образования и пути устранения брака льняных тканей // Дизайн и технологии. – 2011. – №24(66). – С. 65-69.
10. Артемов А. В. Ружицкий А. О. Органические вещества лубяных культур // Российский химический журнал. – 2004. – Т48. –№3. – С.125-135.
11. Артемов А. В. Тенденции развития льняной подотрасли на современном этапе. Тез. докл. науч.-практ. конф. – Вологда. – 2005.
12. Артемов А.В., Фролов С.В. Льняной комплекс России: наука и практика, проблемы и перспективы // Текстильная промышленность. – 2005. – № 10. – С. 98.

13. Архангельский Н.Е., Валуев С.А., Половников В.А., Черногорский А.М. Экспертные оценки и методология их использования. – М.: Высшая школа. – 1974. – 123 с.
14. Афанасьева В. А., Башилова Т. Г., Покровская Е. Б., Морыганов А. П. Гигиеническому льняному сырью – экологически безопасные обработки. Тез. докл. науч.-практ. конф. – Вологда. –1999.
15. Баранова О.Н. Разработка метода придания антисептических свойств целлюлозным текстильным полотнам бельевого ассортимента: дисс. канд. техн. наук. – М., 2012.
16. Белова С. В. Безопасность жизнедеятельности. / Под общ. ред. С.В. Белова. 2-е изд., испр. и доп. – М.: Высш. шк., 1999. – 448 с.
17. Бессонова Н.Г. Разработка методов и исследование теплофизических свойств текстильных материалов и пакетов при действии влаги и давления: дисс. канд. техн. наук. – М., 2007.
18. Бешелев С.Д., Гурвич Ф.Г. Экспертные оценки. – М.: Наука, 1973. – 161 с.
- Брыкин А.В., Артемов А.В. Состояние отраслевой науки в легкой промышленности. // Российский химический журнал. –2007. –№3. –С. 64-70.
19. Бузов Б. А., Алыменкова Н. Д., Петропавловский Д. Г. Практикум по материаловедению швейного производства. –М.: Академия, 2003.- 416 с.
20. Бузов Б.А., Мишаков В.Ю., Макарова Н.А., Заметта Б.В. Разработка и исследование антимикробных медицинских материалов на нетканых носителях // Ж. Перспективные материалы, 2004. № 4. - С. 58-63.
21. Вайнбург В.М., Штягина Л.М., Илларионова Е.Л., Чуфаровская Т.И. Биологически активные материалы // Технический текстиль, 2003. – № 6. -С. 24-25.
22. Виноградова Л.Е., Вайнбург В.М., Шамолина И.И. Отделка текстильных материалов гигиенического назначения // Текстильная промышленность, 1994. № 5-6. - С. 28-30.
23. Вредные вещества в промышленности. Справочник. Т.1. Органические вещества, - Л.: Химия, 1971. - 832 с.

24. Галашина В. Н., Дымникова Н. С., Морыганов А. П. Создание биологически активных материалов на основе льна. Тез. докл. науч.-практ. конф. – Вологда, 2005.
25. Гинзбург Л. Н. Возрождение льняного дела в России // Текстильная промышленность. 2004. №9. с. 24-28.
26. Голубенко О.А. Оценка безопасности текстильных материалов и экспертиза одежды в процессе эксплуатации: дисс. канд. техн. наук. – М., 2004.
27. Головина Л.А. Разработка и теоретическое обоснование технологии заключительной отделки льняных тканей с использованием биопрепаратов на основе целлюлаз: дисс. канд. техн. наук. – М., 2007.
28. Голубков Д.Н. Сравнительная оценка различных способов определения доз элементов питания при выращивании льна-долгунца: автореф. дисс. канд. техн. наук / Голубков Д.Н. - Л., 1991 – 16 с.
29. ГОСТ 16218.0-82«Изделия текстильно-галантерейные. Правила приемки и метод отбора проб».
30. ГОСТ 10138-93«Ткани чистольняные, льняные и полульняные бельевые. Общие технические условия».
31. ГОСТ 25617-83«Ткани и изделия льняные, полульняные, хлопчатобумажные и смешанные. Методы химических испытаний».
32. ГОСТ 29104.11-91 - Ткани технические. Метод определения капиллярности. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gostedu.ru>.
33. ГОСТ 30772-2001 «Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Термины и определения" (от 28 декабря 2001 г. N 607-ст).
34. ГОСТ 3816-81 «Полотна текстильные. Методы определения гигроскопичности и влагоотталкивающих свойств».
35. ГОСТ ИСО 5089-2001«Материалы текстильные. Подготовка проб для химических испытаний».
36. ГОСТ Р ИСО 139-2007«Материалы текстильные. Стандартные атмосферные условия для кондиционирования и проведения испытаний».

37. ГОСТ ИСО 9237-2002 «Материалы текстильные. Метод определения воздухопроницаемости».
38. ГОСТ Р 17.0.0.04-90 Система стандартов в области охраны природы и улучшения использования природных ресурсов. Экологический паспорт промышленного предприятия. Основные положения.
39. ГОСТ Р ИСО 14001-98 Система управления окружающей средой. Требования и руководство по применению.
40. Грандберг И.И. Органическая химия. - М.: Дрофа, 2001. – 672 с.
41. Грибкова В.А. Разработка технологии получения профилактических и лечебных текстильных материалов для косметологии и дерматологии: дисс. канд. техн. наук. – М., 2005.
42. Гудкова Н.П. Размещение льна-долгунца в севооборотах и возможность преодоления «льноутомления» почвы.//Мат. межд. н конф. 70 летия ВНИИЛ. – Торжок, 2000, 103-105.
43. Делль Р.А. Гигиена одежды / Р.А. Делль, Р.Ф. Афанасьева, З.С. Чубарова. – М.: Легпромбытиздат. 1991. – 160 с.
44. Джонсон Н., Лион Ф. Статистика и планирование эксперимента в технике и науке. Методы обработки данных. Перевод с англ. под редакцией. канд. техн. наук Лецкого Э. К. М., 1980 – 610с.
45. Довнич И.И. Технология производства обуви. - М.: Академия, 2004. - 288 с.
46. Дэвид Г. Метод парных сравнений. - М.: Статистика, 1978.- 144 с
47. Евсюкова Н.В. Влияние технологических факторов и структуры модификаторов на гидрофобные свойства волокнистых материалов и изделий легкой промышленности: дисс. канд. техн. наук. – М., 2010.
48. Живетин В. В., Гинзбург Л. Н. Масличный лен и его комплексное использование. – М.: ЦНИИЛКА, 2000. – 92 с.
49. Живетин В. В., Гинзбург Л. Н., Ольшанская О. М. Лен и его комплексное использование. – М.: Информ-Знание, 2002. – 400 с.
50. Живетин В. В., Гинзбург Л. Н., Рыжов А. И. Лен: вчера, сегодня, всегда. – М.: ИПО «Полигран». –1995. – 117 с.

51. Жихарев А. П., Краснов Б. Я., Петропавловский Д. Г. Практикум по материаловедению в производстве изделий лёгкой промышленности. – М.: Академия, 2004. - 464 с.
52. Жихарев А.П. Развитие научных основ и разработка методов оценки качества материалов для изделий легкой промышленности при силовых, температурных и влажностных воздействиях: дисс. канд. техн. наук. – М., 2003.
53. Журавлева В. П. Тепло- и массообмен в капиллярнопористых телах. – Минск, Наука и техника. – 1965. – С.60-64.
54. Жученко А.А. мл., Рожмина Т.А. Мобилизация генетических ресурсов льна. – Старица. – 2000. – 201с.
55. Захарова А. А., Бахшиева Л. Т., Кондауров Б. П., Салтыкова В. С. ПАХТ. М. Академия. – 2006. – 520 с.
56. Захарова А. А., Салтыкова В. С., Бахшиева Л. Т. Материаловедение и технология конструкционных материалов. – М.: ИИЦ МГУДТ, 2005. - 53 с.
57. Зубцов В. А., Осипова Л. Л., Лебедева Т. И. Льняное семя, его состав и свойства // Российский Химический Журнал. – т. XLVI. –№2.– 2002. – С. 14.
58. Зурабян К. М., Краснов Б. Я., Пустыльник Я. И. Материаловедение в производстве изделий лёгкой промышленности. Учебник для вузов. – М.: ЗАО Информ-Знание. – 2003 г.
59. Иванов К.П. , Минут-Сорохтина О.П. , Майстрах Е.В. Физиология терморегуляции – Л.: Наука. –1984. – 470 с.
60. Иванова М. А., Белоглазкина М. В., Богомолова И. В., Федоренко Е. В. Аналитическая химия и физико-химические методы анализа: Учеб.пособие. – М.: Издательство РИОР. – 2006. – 289 с.
61. Ильин В. Б. Элементный химический состав растений. – Новосибирск: Наука. – 1985. – 129 с.
62. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. – М.: Мир, 1989, 439 с.
63. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. – М.: Химия, 1971. – 784 с.

64. Катаева В. А. Гигиена и экология человека. Учебник. – М.: Норма, 2010.
65. Кащеев О. В. Легкая промышленность России. Состояние дел, анализ и меры по выходу из кризиса // Модное белье. – 2006. – № 22. С. 50 – 56.
66. Киселев М.В. Моделирование строения льняного чесаного волокна и процесса дробления льняных комплексов: монография / М.В. Киселев. – Кострома: Изд-во КГТУ, 2009. – 110 с.
67. Козьмич Д. И., Дианич М. М. Влияние многократных стирок на некоторые потребительские свойства льнолавсановых костюмно-плательных тканей. М.: ЦНИИТЭКлегпром, 1972.
68. Колоярцева Е. В., Ермоленко Б. В. Анализ существующих методов эколого-экономической оценки воздействия предприятий на окружающую среду // Сб. науч. трудов «Успехи в химии и химической технологии» – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2008. – № 13. – С. 47 – 52.
69. Концепция программы развития текстильной и легкой промышленности Российской Федерации на период до 2020 г. – М.: РООР ОПП ТЛП, 2008. – 24 с.
70. Костылева В. В. Оценка теплового соответствия стопы в теплозащитной обуви на основе иммитационной модели «стопа – теплозащитная обувь – окружающая среда» // Обувь, №7. – 2005. с. 38-41.
71. Краснов Б.Я. Материаловедение обувного и кожгалантерейного производства. - М.: Высшая школа, 2005. - 326 с.
72. Кузнецова А. А., Якутина Н.В., Артемов А.В. Метод изучения капиллярности льняных тканей // Тез. докл. 64 научн. конф. студ. и асп. «Молодые ученые – XXI веку» посвященной 200-летию Отечественной войны 1812 г. (10-12 апреля 2012). – М., МГУДТ, 2012. – С. 101.
73. Кузьменко Н.Н. Повышение эффективности и окупаемости удобрений, вносимых под лен-долгунец.// Мат. межд. н. конф. 70 летия ВНИИЛ, Торжок, 2000, 100-102.
74. Кукин Г.Н. Текстильное материаловедение. Ч. 3. / Г.Н. Кукин, Соловьев; под ред. Г.Н. Кукин, - М, Легкая индустрия, 1967. - 302 с
75. Лыков А. В. Теория сушки. М: ГЭИ. – 1950 г. – 414 с.

76. Лысянский В. М., Гребенюк С. М. Экстрагирование в пищевой промышленности. – М.: Агропромиздат, 1987. – 188 с.
77. Любская О.Г., Якутина Н.В. Методика изучения экологических свойств льняных материалов: методические указания. - М.: МГУДТ, 2014. – 49 с.
78. Любская О.Г., Якутина Н.В. Техносферная токсикологии: методические указания. - М.: МГУДТ, 2015. – 56 с.
79. Макарова Н.А. Разработка и исследование нетканых полотен с антимикробными свойствами для изделий медицинского назначения: дисс. канд. техн. наук. – М., 2005.
80. Маров Г. Белый лен – вечная любовь России // Клуб. 2000. № 4. с. 39-40.
81. Медведев С. В., Коновалов В. В. К вопросу комплексного использования короткого волокна. – Кострома, 2000.
82. Мишаков В.Ю. Развитие научно-методических основ разработки и методов исследования антимикробных и защитных материалов на нетканых волокнистых носителях: докт. техн. наук. – М., 2008.
83. МУК 4.1/4.3.1485-03«Гигиеническая оценка одежды для детей, подростков и взрослых. Методы контроля. Химические факторы. Физические факторы»
84. Нидон К., Петерман И., Шеффель П., Шайба Б. Растения и животные. – М.: Мир, 1991. – 263 с.
85. Никитина Л. М. Термодинамические параметры и коэффициенты массопереноса во влажных материалах. – Энергия. – 1968.
86. Николайкин Н.И. Экология. Учебник. – М.: Юрайт, 2009.
87. Новосельцев В.И., Тарасов Б.В., Голиков В.К., и др. Теоретические основы системного анализа. – М.:Майор, 2006. - 33 -44 с.
88. Ольшанская О. М., Артемов А. В. Современные экологические проблемы текстильной промышленности // Сб. «Высокоэффективные технологии производства и переработки льна». – М.: ЦНИИЛКА. – 2002. – С. 94 – 99.
89. Ольшанская О. М., Грищенко В. А., Артемов А. В. Главное – экологическая чистота // Русская мануфактура. 2000. № 3. с. 30-31.

90. Ольшанская О. М. Концепция построения ассортимента льняных и льносо-держающих тканей и изделий из них как основы создания экологически чистой среды обитания человека. Тез. докл. науч.-практ. конф. – Вологда, 1999.
91. Ольшанская О.М., Котин В.В., Артемов А.В. Экология льняной текстильной продукции и производства // Российский химический журнал. – 2002. – № 2. – С. 66 – 76.
92. Петрова Т. «Северный шелк»: из глубины веков // Вологодский лен: Спецвыпуск. 1997. с. 6.
93. Попов В.О., Королева О.В., Степанова Е.В., Кудрявцева Т.Н., Артемов А.В., Шубина Е.В., Пугачев Е. А. Методы и средства защиты окружающей природной среды в легкой промышленности. – М.: Легпромбытиздат, 1988.– 239 с.
94. Рахманин Ю. А., Жолдакова З. И. Международные карты химической безопасности: Справочник. – М.: Памятники исторической мысли, 2004.
95. 49. Романков П. Г., Курочкина М. И. Экстрагирование из твердых материалов. – М.: Химия, 1983. – 244 с.
96. Рогаш А. Р. Льноводство. Монография. – М.: Колос, 1967. – 583с.
97. СанПиН 2.4.7/1.1.1286-03. СПб.: Издательство ДЕАН, 2003 г. - 16 с. Гигиенические требования к одежде для детей, подростков и взрослых.
98. Саутин С. Н. Планирование эксперимента в химии и химической технологии. – М.: Химия, 1975.
99. Свищев Г. А., Седяров О. И., Тихонова Н. С., Денисов Н. Е. Исследование особенностей экологической безопасности в легкой промышленности // Вестник МГУДТ. – 2005. – № 3. – С. 75 – 81.
100. Светлов Ю. В. Термовлажностные процессы в материалах и изделиях легкой промышленности. М.: ИЦ Академия. – 2006. – 270 с.
101. Синяков А.Ф. Зеленая аптека. издательство “КСП”. –М. –1995. –С. 127-124 с.
102. Смирнова Н.А. Материаловедение в производстве швейных изделий из льна: Монография. – Кострома: Изд-во Костромского государственного технологического университета, 2005. – 152 с.

103. СТБ ISO 139-2008 «Материалы текстильные. Стандартные атмосферные условия для кондиционирования и испытаний».
104. Технологический регламент Таможенного союза «О безопасности продукции легкой промышленности» (ТР ТС 017/2011). №876. -9.12.2011
105. Тихомирова В.Я., Соркия О.Ю., Кузьменко Н.Н. Новые приемы повышения эффективности и окупаемости агрохимических средств в льняном севообороте. // Мат. научн. практ. конф. «Лен на пороге 21 века». – Вологда. – 2000, 182-184.
106. Томилова О.В. Исследование и анализ строения льняных тканей в процессах их изготовления и эксплуатации: дисс. канд. техн. наук. – М., 2005.
107. Тюкавкин Н.А. Биоорганическая химия. - М.: Дрофа, 2004. – 544 с.
- Растения в домашней косметике и дерматологии. Справочник Москва., издательский дом МСП. –2001. – С. 258-259 с.
108. Рудаков О. Б. Развитие метода интерпретации хроматограмм при идентификации растительных масел. - Воронеж, Химия растит. сырья. – 2001, №4, с.77-82.
109. Рудобашта С. П. Массоперенос в системах с твердой фазой. М.: Химия. – 1980. – 248 с.
110. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01.02 № 7-ФЗ.
111. Физические величины: справочник под редакцией И.С. Григорьева, Е.З. Мейлихова. – М.: Энергоатомиздат, 1991 г.
112. Фомин Б.М. Состояние и перспективы развития российского рынка продукции текстильной и легкой промышленности // Текстильная промышленность. 2008. № 3. с. 14-18.
113. Фомина Е.В. Технология получения лечебных текстильных материалов для физиотерапии: дисс. канд. техн. наук. – М., 2014.
114. Френкель Я. И. Кинетическая теория жидкостей – Л.: Наука, 1975 г.
115. Чуролинов П. Фитотерапия в дерматологии и косметике. – София. – 1979.
116. Шампаров Е.Ю. Исследование спектрально-оптических свойств тканей в терагерцовом диапазоне излучения: дисс. канд. техн. наук. – М., 2011.
117. Шелепов А. Ю., Жихарев А.П. Моделирование процесса теплопереноса в волокнах // Дизайн и технология. – №26(68). – М: МГУДТ. – 2011.

118. Энциклопедия народной медицины. (руководитель творческого коллектива Г.А. Непокойчицкий). –М., Т 1, 1992, Т 2, 1993.
119. Ягодин Б. А., Трошин С.П., Удельнова Т. М., Кокурин Н.Л., Забродина И.Ю. Вариабельность микроэлементного состава семян основных масличных культур. // Агрехимия. –1992, N 3, с. 85-94.
120. Яжлев И. К. Зарубежный опыт в области оценки ущерба окружающей природной среде [Электрон. ресурс] // (http://www.aekos.ru/international_cooperation/1)
121. Якутина Н. В., Артемов А. В., Баграмян Э. Р., Баранников К. А., Бирюкова А. И., Кальней В. А., Любская О. Г. Сборник методических рекомендаций по составлению рационов питания обучающихся, примерных меню, ассортиментов, отвечающих физиологическим потребностям детей и подростков, урбанистическим особенностям Московской области. – М.: ГОУ Педагогическая академия, 2011.
122. Якутина Н. В., Артемов А. В., Любская О. Г., Баграмян Э. Р., Бирюкова А. И. Семена льна в рационе питания учащихся детских образовательных учреждений // Педагогическая академия. – №1. – 2012. – С. 13 – 18.
123. Якутина Н. В., Артемов А. В., Любская О. Г. Биоремедиация. Идентификация льна по органическому и неорганическому составу // материалы IV Международной научно-практической конференции (27 ноября 2012 г.). – Краснодар, 2012. – С. 77.
124. Якутина Н. В., Артемов А. В., Любская О. Г. Выделение полиненасыщенных кислот из льна и их влияние на формирование здоровья // материалы I Международной научно-практической конференции «Достижения, инновационные направления, перспективы развития и проблемы современной медицинской науки, генетики и биотехнологий» (31 марта 2011 г.) – Екатеринбург, 2011. – С. 273.
125. Якутина Н. В., Артемов А. В., Любская О. Г. Медико-биологические аспекты экологических свойств льна // Научное обозрение. – 2011. – № 5. – С. 28 – 33.
126. Якутина Н. В., Артемов А. В. Медико-биологические свойства льна. Московский фестиваль науки // тезисы докладов II международной научно-практической

конференции «Инновационные и наукоемкие технологии в легкой промышленности» (3 июня 2010 г.). – М. 2010.

127. Якутина Н.В., Артёмов А.В., Любская О.Г. Преимущества одежды и обуви из льна в экипировке специального контингента, работающего в герметических объектах // Дизайн. Материалы. Технология. – 2012. – №3(23). – Т. 3. – С. 69-72.

128. Якутина Н. В., Артемов А. В., Любская О. Г. Получение органических веществ из льна методом экстракции сжиженным CO₂ // Дизайн и технологии. – 2013. – № 33(75). – С. 47 – 53.

129. Якутина Н. В., Артемов А. В., Любская О. Г. Технологические аспекты получения биологически активных веществ из льна // XIX Менделеевский съезд по общей и прикладной химии. В 4 т. Т. 3. (25 – 30 сентября 2011 г.) – Волгоград, 2011. – С. 224.

130. Якутина Н. В., Артемов А. В., Любская О. Г. Сорбционные свойства льняных тканей // Научное обозрение. – 2013. – № 3. – С. 35 – 37.

131. Якутина Н. В., Артемов А. В., Любская О. Г. Устранение потерь биологически активных веществ в процессе глубокой переработки льна // труды XI Международной научно-практической конференции «Интеллект и наука» (28-29 апреля 2011 г.) – Красноярск, 2011. – С. 243 – 244.

132. Якутина Н. В., Артемов А. В., Любская О. Г. Ценные компоненты органического состава льняного сырья // тезисы докладов 64 научной конференции студентов и аспирантов «Молодые ученые – XXI веку» (10-12 апреля 2012 г.). – М., 2012. – С. 105.

133. Якутина Н. В., Любская О. Г. Экологические свойства льняной продукции: Московский фестиваль науки // тезисы докладов 62 научной конференции студентов и аспирантов «Молодые ученые – XXI веку» (12-14 апр. 2010). – М., 2010. – С.109.

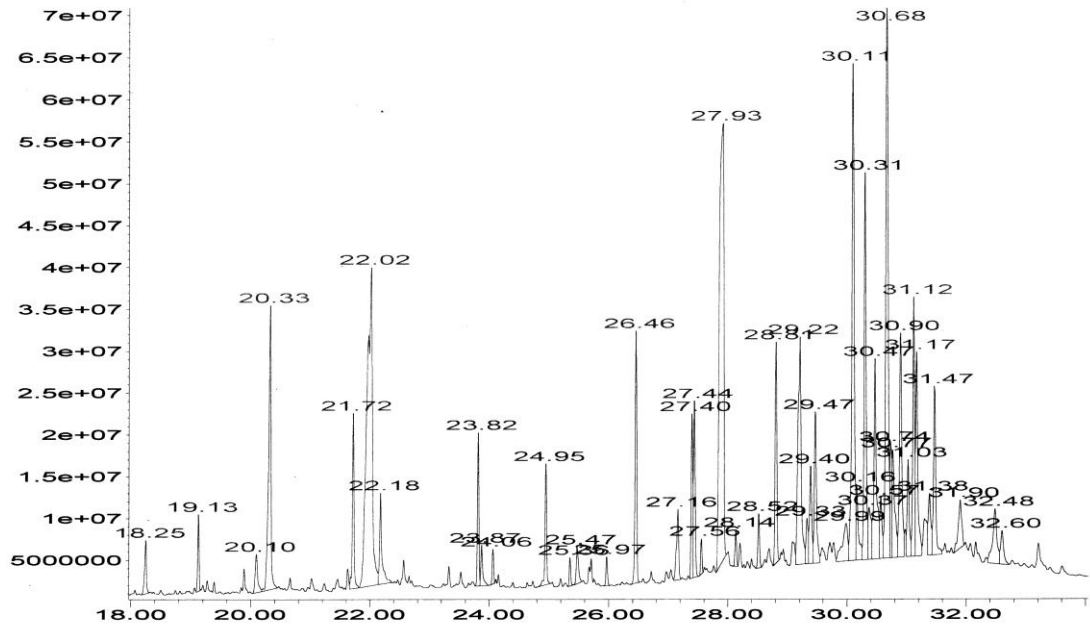
134. Zimnevskam M. Proceedings of Second Global Workshop. Bast Plants in the New Millennium. – Borovets (Bolgaria). 3–6 June 2001. – P. 332–341.

135. Proceeding of the Third European Workshop on Flax, Познань, Польша, INF, 1999.

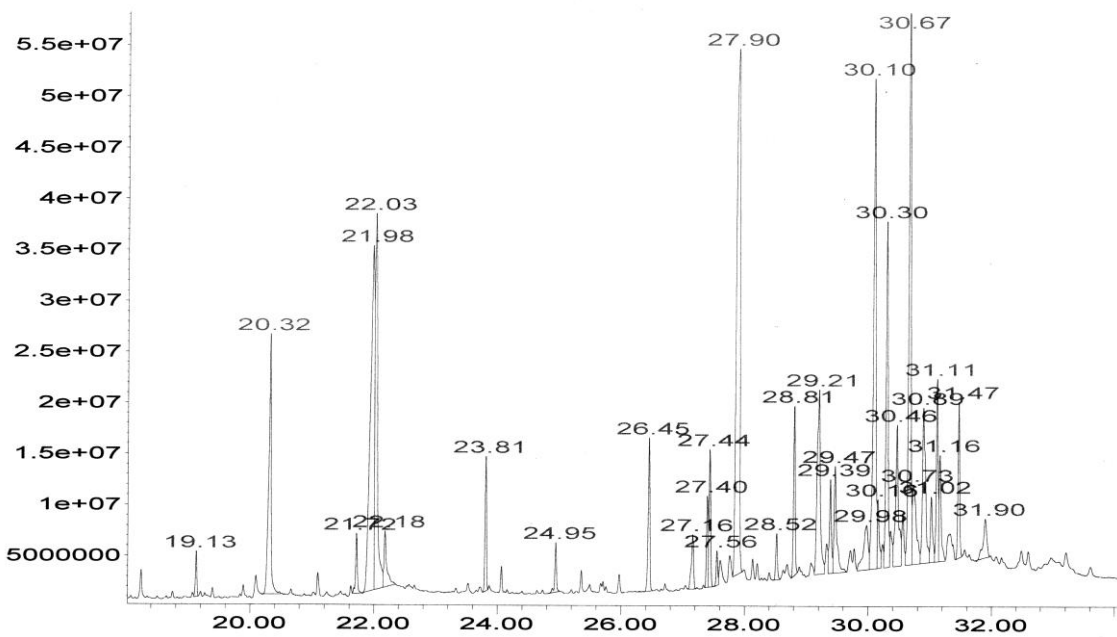
136. Billaux P. Le linsa vie, ses techniques son Histoire. Paris, 1969.
137. Modern Flax Processing, Познань, Польша. INF. 1995.
138. Roy S.D., Roos E, Sharma K.// J. Pharm. Sci. - 1994, v.83, p.126-130.
139. Uschapovsky I., Kokurin N. The evauation of flax genotypes reaction on a high heavy metal background as a first stage of the investigations of the crop recultivation potential// Proc. "Flax and Other Bast Plants" Symp., Poznan, 1997.
140. Hocking P.J., Randaii R.J., Pincerton A. Mineral nutrition of linseed and fiber flax // Advances in agronomy, V. 41, 1987, P. 221-296.
141. Lukipudis S. Influence of genotype of flax on elimination of heavy metals. – AH, 1994. – №3. – P. 111-113.
142. Sultana C. Growing and harvesting of flax // in: Biology and Processing of Flax, eds.Sh.Sharma and Sumer, M Publishers. –Belfast. –1993. – 83-110.
143. Frey-Wissaling A. Submicroscopic structure of the elementary fibers of cellulose.//Experintia. 1953. V.9.- P.181-183.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

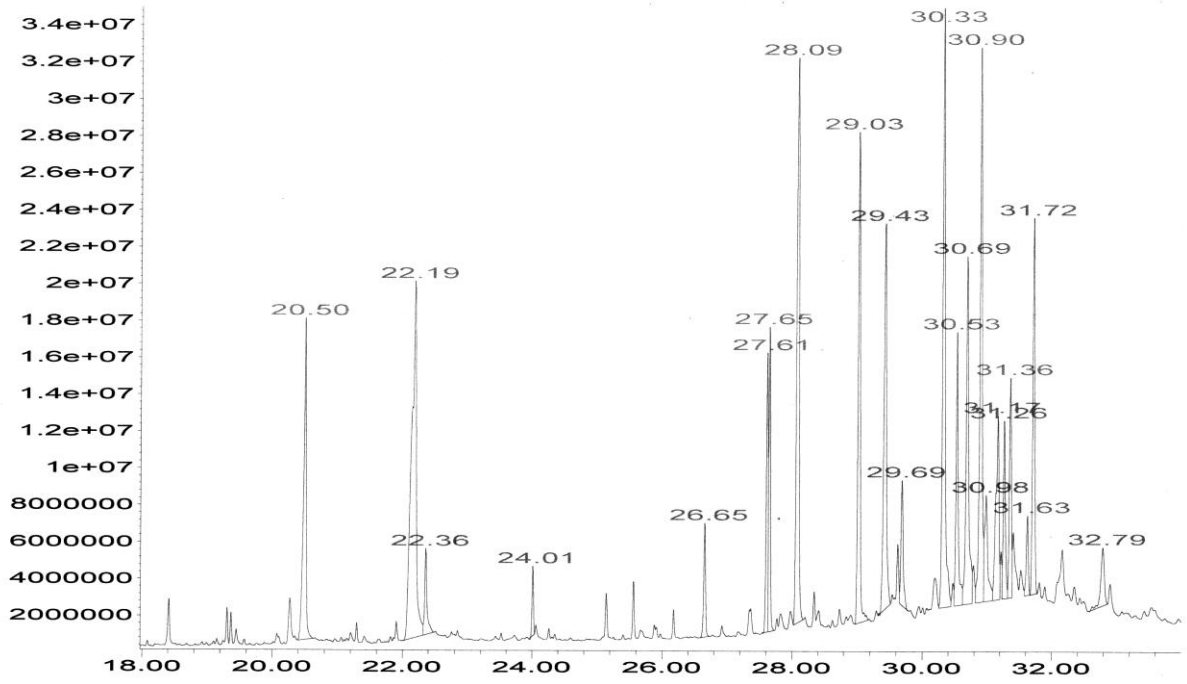
1. Хроматограммы определения органических соединений в льняной продукции на стадиях первичной переработки льна



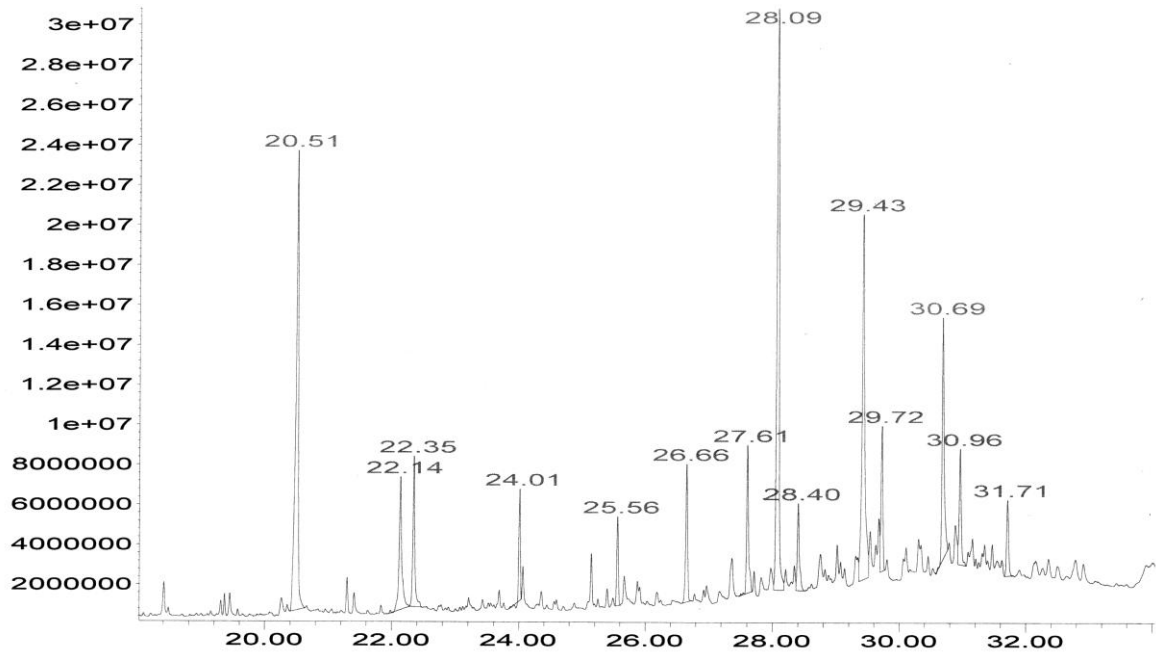
Хроматограмма содержания органических веществ в чесаном льне



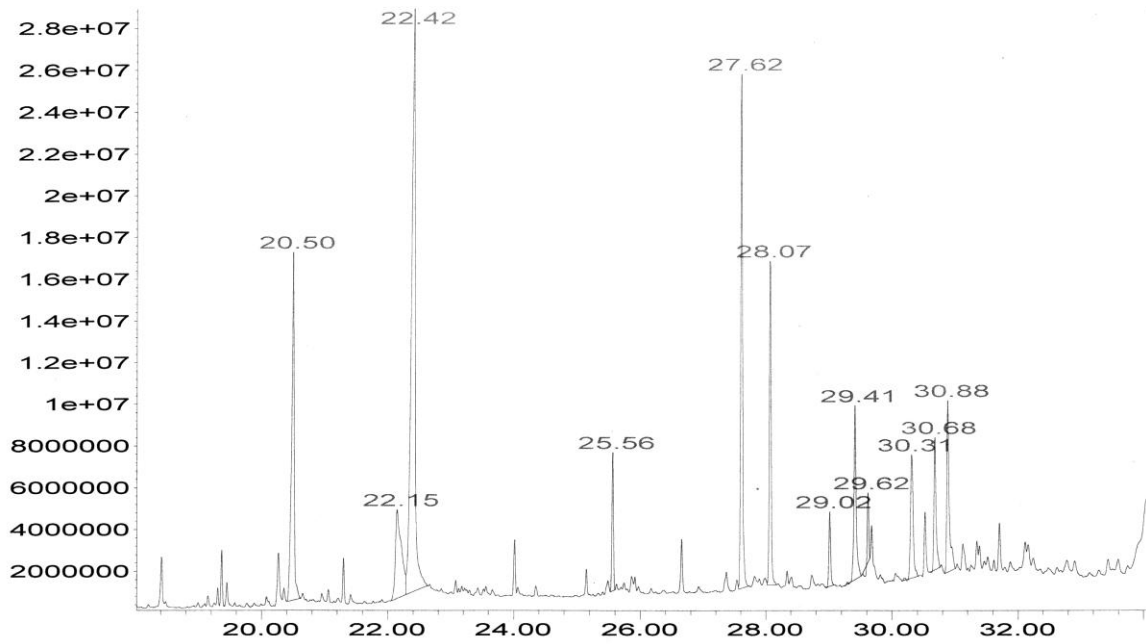
Хроматограмма содержания органических веществ в чесаном льне после эмульсирования



Хроматограмма содержания органических веществ в сухой ровнице после
ровничной машины

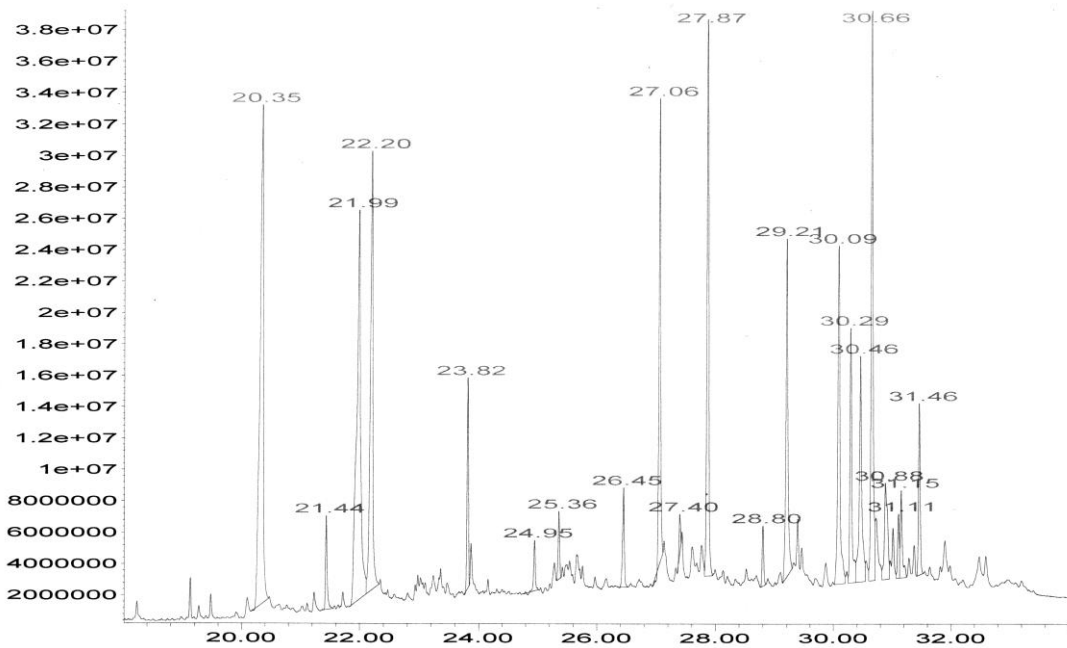


Хроматограмма содержания органических веществ в высушенной отбеленной
ровнице



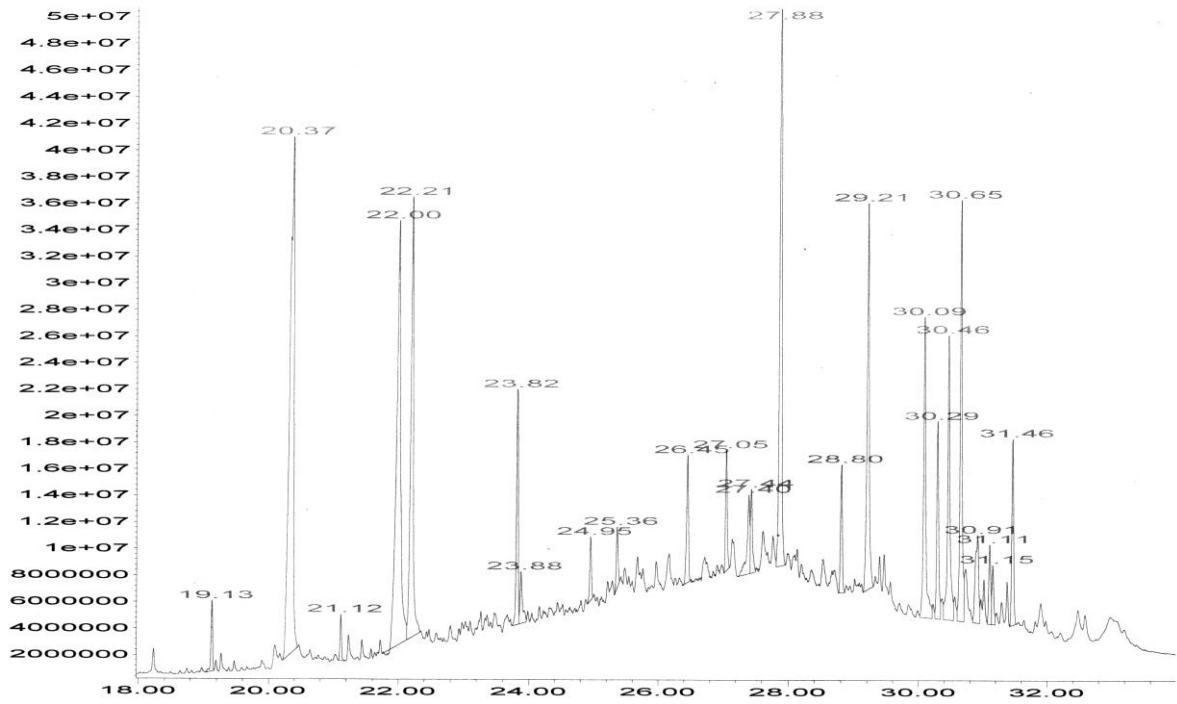
Хроматограмма содержания органических веществ в льняной пряже

2. Хроматограммы определения органических соединений в льняной продукции на стадиях отделки льна

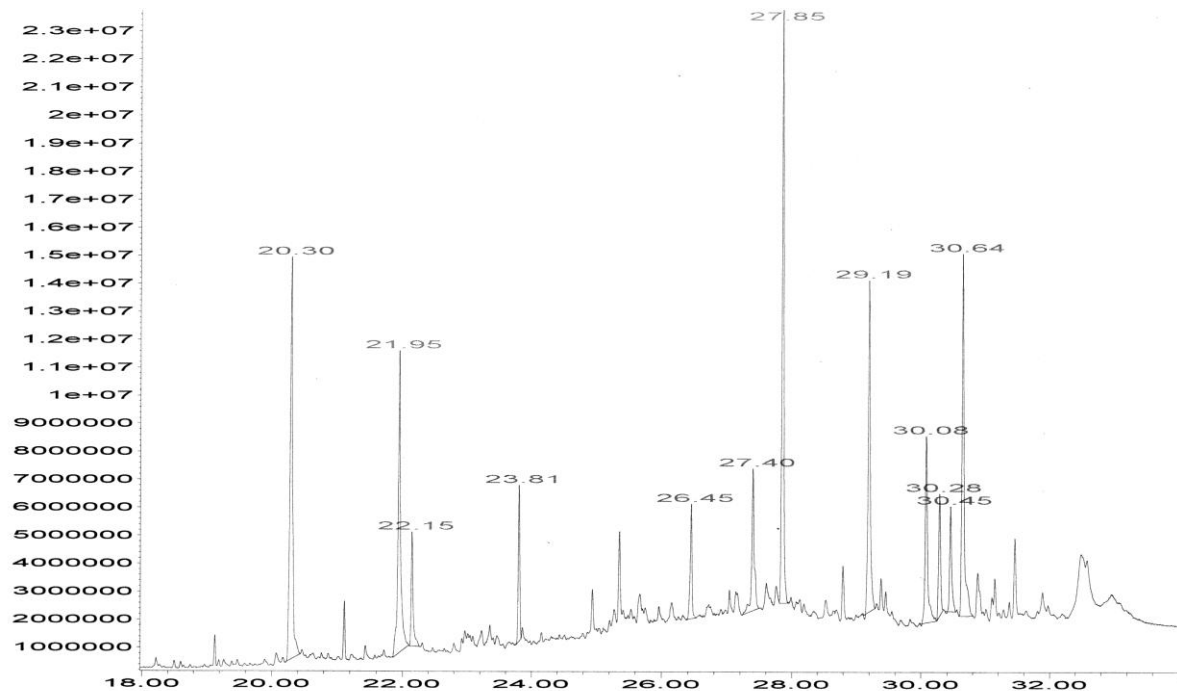


Хроматограмма содержания органических веществ в ошлихтованной пряже

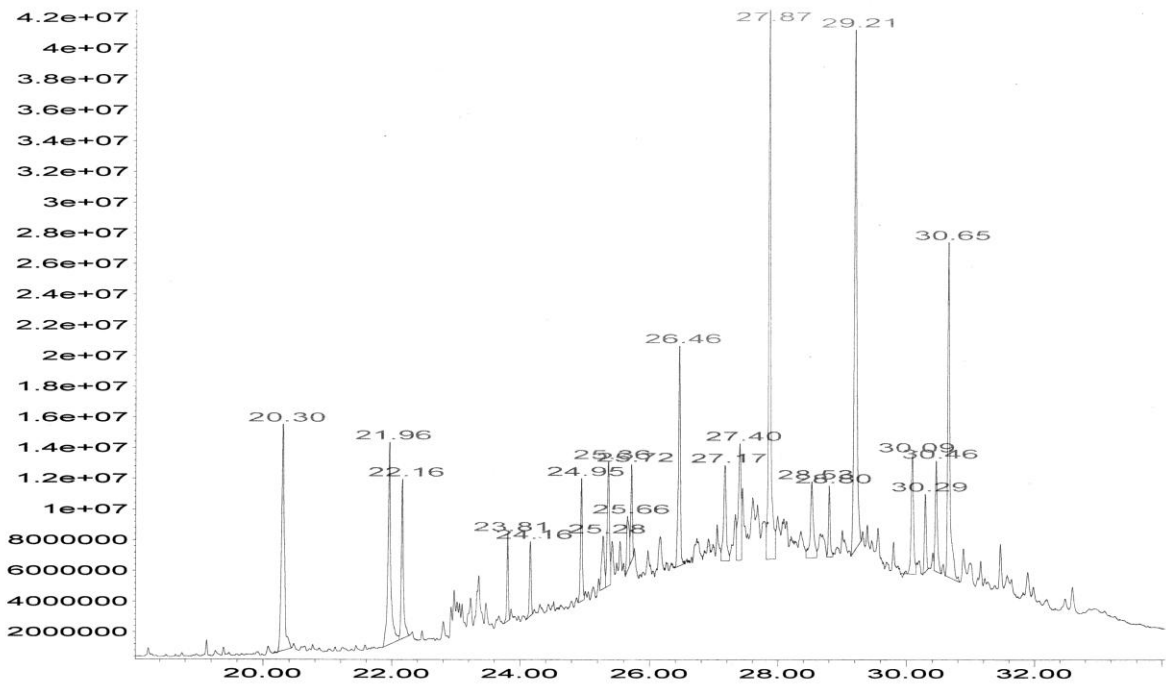
(обр. № 1)



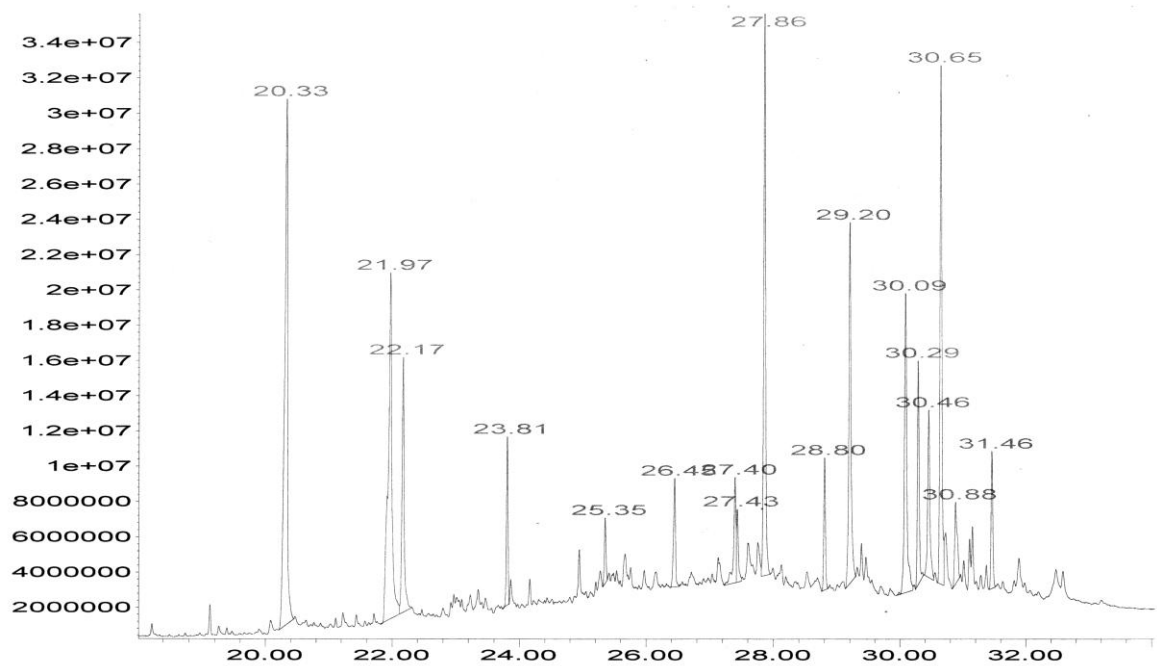
Хроматограмма содержания органических веществ в ошлихтованной пряже
(обр. № 2)



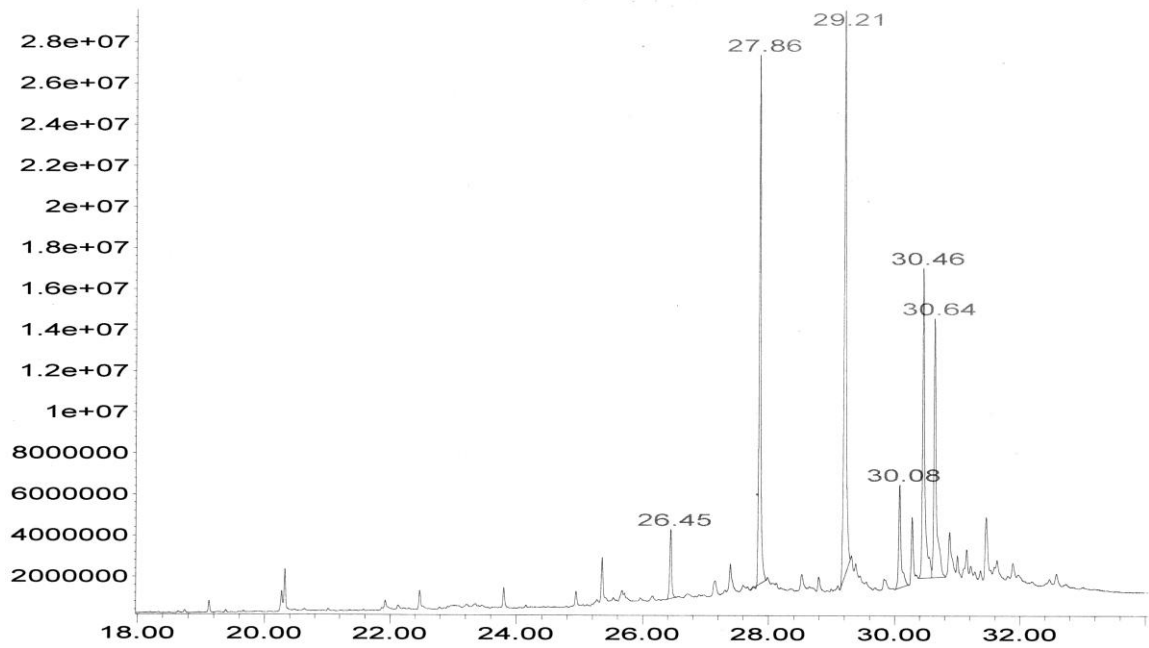
Хроматограмма содержания органических веществ в ошлихтованной пряже
(обр. № 3)



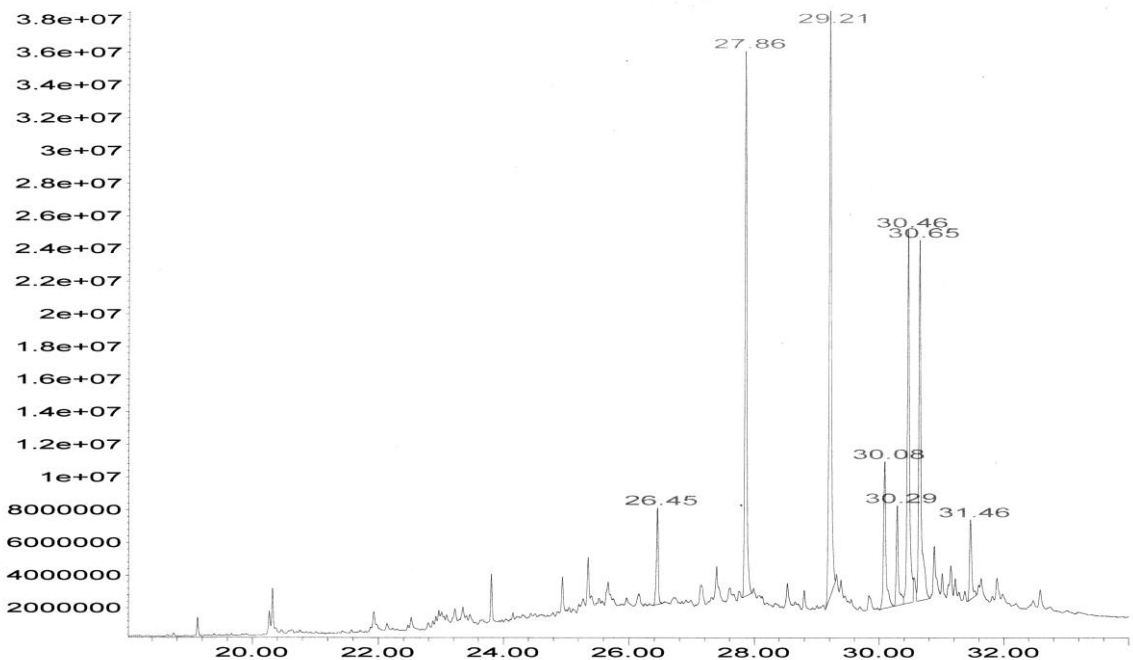
Хроматограмма содержания органических веществ в ошлихтованной пряже
(обр. № 4)



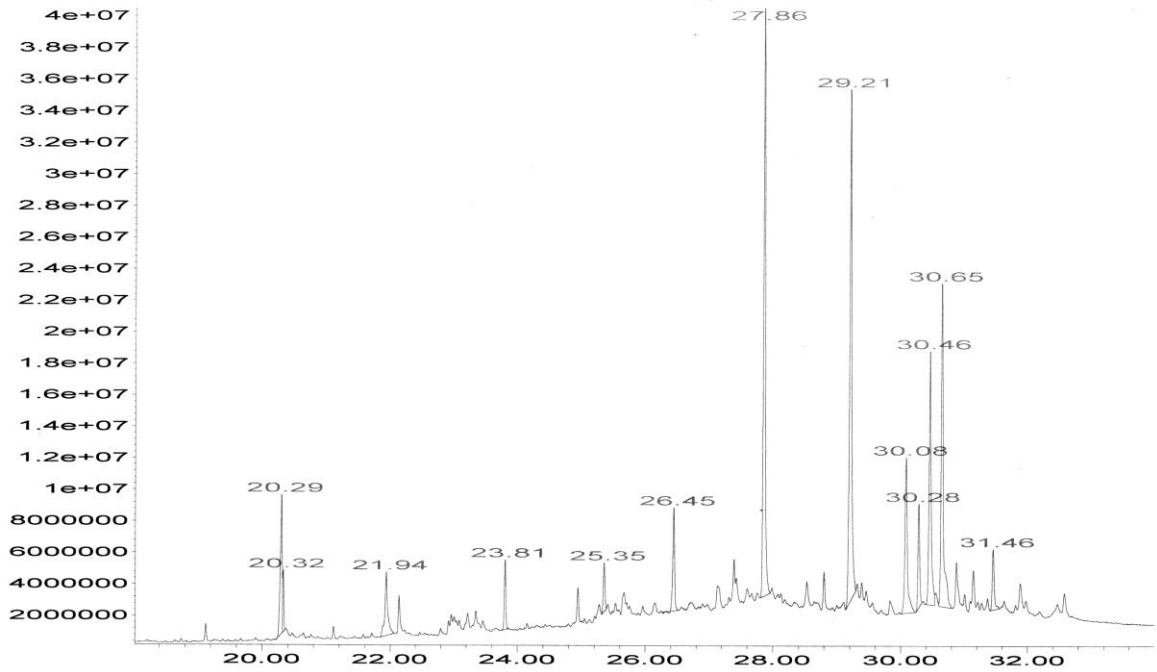
Хроматограмма содержания органических веществ в ошлихтованной пряже
(обр. № 5)



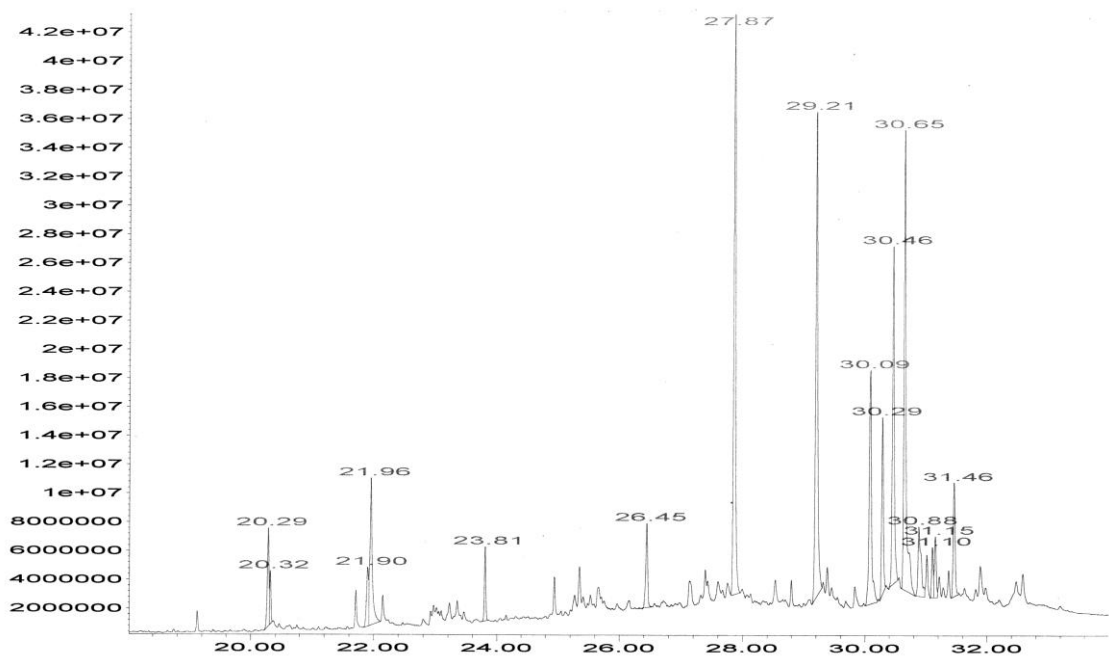
Хроматограмма содержания органических веществ в отбеленной льняной ткани
(обр. № 1)



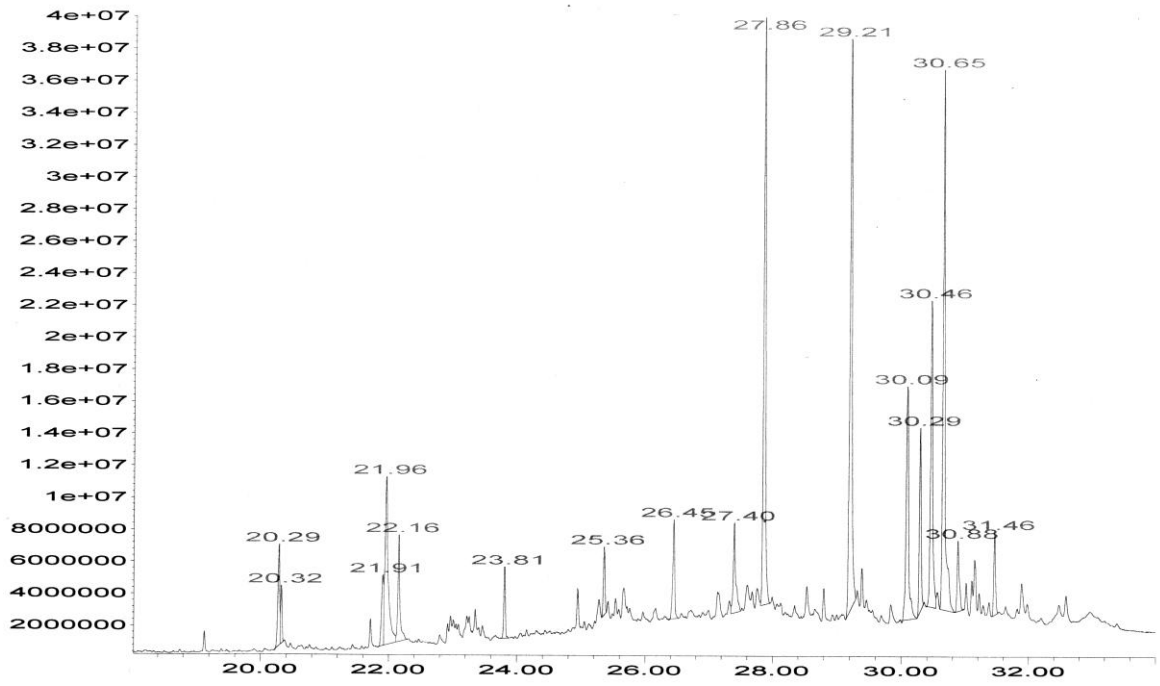
Хроматограмма содержания органических веществ в отбеленной льняной ткани
(обр. № 2)



Хроматограмма содержания органических веществ в отбеленной льняной ткани
(обр. № 3)



Хроматограмма содержания органических веществ в отбеленной льняной ткани
(обр. № 4)



Хроматограмма содержания органических веществ в отбеленной льняной ткани
(обр. № 5)

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

1. Анкета

Уважаемые эксперты, выскажите, пожалуйста, свое мнение о ряде впечатлений возникающих при осязании представленных образцов тканей. Для каждого образца оцените степень выраженности ощущений по шести парам противоположных свойств (одинаковой выраженности впечатлений в паре свойств соответствует оценка 0).

№ пары свойств*		Степень выраженности ощущения в парах свойств					
		-2	-1	0	+1	+2	
1.	Твердость						Мягкость
2.	Жесткость						Гибкость
3.	Шероховатость						Гладкость
4.	Наполненность						Рыхлость
5.	Упругость						Пластичность
6.	Теплота						Холодность

* ряд впечатлений, возникающих при осязании:

– твердость-мягкость, как сопротивление сжатию материала и его способность к упругому восстановлению;

– жесткость-гибкость, как сопротивление материала при изгибе, его драпируемость;

– шероховатость-гладкость, как широкая гамма впечатлений, возникающая при осязании материала и его визуальном наблюдении;

– наполненность-рыхлость, как впечатления, зависящие от плотности структуры, переплетения, толщины, поверхностной плотности;

– упругость-пластичность, как свойства, воспринимаемые при изгибе, не-большом растяжении;

– теплота-холодность, как впечатления, возникающие при осязании материала, зависящие от теплопроводности, внешнего вида, фактуры и назначения материала.

2. Результаты экспертного опроса для ткани лён 100%

Пара свойств	Эксперт									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0	0	+1	0	-1	0	0	0	-1	-1
2	0	-1	-1	-1	0	0	-1	0	-2	-1
3	-1	-1	0	-2	-1	-1	-1	0	-1	0
4	-1	+1	+1	0	0	0	0	-1	0	0
5	0	0	0	-1	0	0	+1	0	0	0
6	0	0	-1	-2	-1	-1	-1	0	-1	-1

3. Результаты экспертного опроса для ткани лён 100% модифицированный

Пара свойств	Эксперт									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	+1	0	+1	+1	0	0	0	0	0	-1
2	0	0	-1	0	0	+1	0	0	0	+1
3	+1	-1	0	0	0	0	-1	0	0	0
4	-1	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-2	-1
5	0	0	0	0	-1	-1	0	0	0	+1
6	-1	-2	-1	-1	-2	-2	-1	-2	-2	-2

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Утверждаю

Генеральный директор ООО «Аквелла»

Чернышева Е. И.

“ 26 ” декабря 2011 г.



Акт

**производственной апробации результатов исследования
диссертационной работы аспиранта кафедры «Химической технологии и
промышленной экологии» Якутиной Натальи Владимировны.**

Настоящим актом подтверждается, что в производственных условиях ООО «Аквелла» были изготовлены и прошли промышленную апробацию разработанные аспирантом Якутиной Н. В. под руководством проф. Артемова А. В. и доц. Любской О. Г. вкладные изделия в виде стелек из льна, обогащенные биологически активными веществами широкого спектра действия.

В результате апробации установлено, что вкладные изделия в виде стелек из льна, обогащенные биологически активными веществами, не изменяют своих свойств, поддерживают комфортность среды пребывания и улучшают здоровье человека.

Представители ООО «Аквелла»:

генеральный директор Чернышева Е. И.

и. тех. технолог Дубровина *О.С.*



Представители авторов:

асп. Якутина Н. В.

проф. Артемов А. В.

доц. Любская О. Г.

Якутина
Артемов
Любская



Акт

**внедрения в учебный процесс результатов диссертационной работы
 Якутиной Натальи Владимировны
 «Разработка методов выделения органических веществ из льна с целью создания
 процессов его глубокой переработки»**

Мы, нижеподписавшиеся, И.Н. Бычкова, А.А. Захарова, Г.А. Свищев составили настоящий акт о том, что результаты диссертационной работы Н.В. Якутиной используются при чтении лекций по дисциплинам направления 280700 «Техносферная безопасность»: «Теоретические основы защиты окружающей среды» в разделах «Экстракция из твердой фазы», «Экстрагенты», «Экстракция сжиженным CO₂»; «Ресурсосберегающие технологии» в разделе «Использование вторичных ресурсов с целью получения полиненасыщенных жирных кислот»; «Основы токсикологии» в разделе «Токсикодинамика»; «Основы валеологии» в разделе «Оказание 1-ой медицинской помощи при чрезвычайных ситуациях».

Разработанная методика и опытная лабораторная установка по изучению медико-гигиенических свойств материалов для текстильного и обувного производства используется студентами кафедры «Химической технологии и промышленной экологии» для выполнения дипломных бакалаврских и магистерских выпускных работ.

Декан факультета
 Химических технологий и
 промышленной экологии
 к.т.н., доцент

И.Н. Бычкова

Заведующий кафедрой
 Химической технологии и
 промышленной экологии
 к.т.н., профессор

А.А. Захарова

Заведующий кафедрой
 Промышленная безопасность, экология
 и строительное проектирование
 к.т.н., профессор

Г.А. Свищев