

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования
«Санкт-Петербургский государственный университет промышленных
технологий и дизайна»

На правах рукописи

Селезнёв Владимир Николаевич

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ЦЕЛЛЮЛОЗНОГО
КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ СБОРА,
ТРАНСПОРТИРОВКИ И ХРАНЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ
ВЕЩЕСТВ**

4.3.4. Технологии, машины и оборудование для лесного хозяйства и
переработки древесины

Диссертация на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
д.т.н., профессор Махотина Людмила Герцевна

Санкт-Петербург 2024

СОДЕРЖАНИЕ

1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	9
1.1 Виды бумажных носителей для сбора и хранения биологических веществ	9
1.2 ФТА–карты. Основные понятия	14
1.2.1 Классификация ФТА-карт	18
1.3 Рынок бумажных носителей для сбора и хранения биологических веществ ...	20
1.4 ФТА–карты в России	24
1.5 Понятие о целлюлозных композиционных материалах	27
1.5.1 Волокнистые полуфабрикаты, используемые при производстве ЦКМ	31
2 ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА НАПРАВЛЕНИЯ РАБОТЫ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ИССЛЕДОВАНИЯ	38
3 МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	49
3.1 Объекты исследования	49
3.2 Определение морфологических свойств волокна	49
3.3 Микроскопический анализ волокна	51
3.4 Подготовка целлюлозы и изготовление лабораторных образцов ЦКМ	52
3.4.1 Размол волокна на лабораторном ролле Валлея	52
3.4.2 Изготовление лабораторных образцов ЦКМ	53
3.5 Исследование свойств импортных образцов и лабораторных отливок	53
3.5.1 Определение толщины	54
3.5.2 Определение показателей прочности при растяжении	54
3.5.3 Определение сопротивления раздиранию	55
3.5.4 Определение сопротивления продавливанию	56
3.5.5 Определение шероховатости и воздухопроницаемости по Бендтсену	56
3.5.6 Определение капиллярной впитываемости по Клемму	57
3.5.7 Определение поверхностной впитываемости капельным способом	58

3.5.8 Определение массовой доли золы	58
4 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ.....	60
4.1 Исследование свойств импортных ФТА-карт для сбора и хранения биовеществ.....	60
4.1.1 Определение природы волокна и морфологических особенностей волокон промышленных образцов бумажных носителей.....	60
4.1.2 Оценка физико-механических и впитывающих свойств импортных образцов.....	66
4.2 Разработка прототипа бумаги-основы ЦКМ для сбора и хранения биологических веществ	68
4.2.1 Исследование влияния процесса размола на морфологические свойства волокна хлопковой целлюлозы, свойства бумаги-основы и ЦКМ	68
4.2.2 Исследование влияния пропитки бумаги-основы на свойства ЦКМ	75
4.3 Исследование влияния вида волокна на свойства ЦКМ для сбора и хранения биологических веществ	77
4.3.1 Исследование возможности замены хлопковой целлюлозы на древесную из хвойных и лиственных пород	78
4.3.2 Исследование влияния лиственной сульфатной целлюлозы на свойства ЦКМ	88
4.3.3 Исследование влияние синтетического волокна на свойства ЦКМ	96
5 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	104
5.1 Описание технологического процесса	106
ВЫВОДЫ	116
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	117
Приложение 1	135
Приложение 2	137
Приложение 3	141

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы

Развитие технологии сбора анализов привело к возможности проведения оперативных и многочисленных исследований биологического материала человека и животных на наличие вирусов и бактерий.

В современном мире вопрос исследования ДНК и РНК различных живых организмов является очень актуальным и имеет широкий спектр применений. Немаловажную роль изучение генов играет в криминалистике при проведении судебно-медицинских экспертиз.

Одним из перспективных способов сбора и хранения биоматериала для исследований является использование бумажных носителей FTA-карт (Fitzco/Flinders Technology Agreement). FTA-карта – это целлюлозный композиционный материал, который получают путем обработки впитывающей бумаги-основы из хлопкового волокна веществами, способствующими лизированию (растворению) клеток, денатурации белков и защите ДНК и РНК от повреждения и разрушения в процессе сбора, хранения и транспортировки биологического материала (мочи, слюны, крови и др.). После сбора биоматериал должен равномерно распределиться в капиллярно-пористой структуре целлюлозной матрицы.

Однако, с представленными на Российском рынке FTA картами возникают проблемы, связанные с низкими физико-механическими и прочностными свойствами. Использование импортных FTA–карт удобно для сбора образцов крови и слюны, но в процессе эксплуатации, т.е. при транспортировке, хранении и извлечении из зоны сбора биовещества, материал разрушается. С этой проблемой к нам обратились сотрудники лаборатории молекулярной вирусологии ФГБУ НИИ гриппа им. А. А. Смородинцева Минздрава России.

В настоящее время технология и производство ЦКМ для сбора и хранения биоматериалов в России отсутствует. Это приводит к большим затратам при закупке за рубежом данного вида продукции для лабораторий и медицинских учреждений.

Кроме того, хлопок является дорогостоящим и нестабильным по свойствам материалом, для придания ему бумагообразующих свойств требуется проведение специальной обработки, что делает невозможным производство ЦКМ для сбора и хранения биологических материалов на предприятиях целлюлозно-бумажной промышленности без существенных капитальных затрат. Таким образом, развитие научного направления и создание наукоемкой технологии целлюлозных композитов для сбора, хранения и исследования биологического материала позволит осуществить импортозамещение при одновременном увеличении глубины переработки исходного древесного сырья.

Работа выполнена в рамках стратегического проекта «Развитие производства биоразлагаемой упаковки на предприятиях целлюлозно-бумажной промышленности (ЦБП)» по программе «Приоритет 2030».

Цель и задачи исследования

Разработка технологии целлюлозного композиционного материала для сбора, транспортировки, хранения биологических веществ с высокими физико-механическими и прочностными свойствами, с заданной капиллярно-пористой структурой и балансом гидрофильно-гидрофобных свойств поверхности, при использовании в качестве волокнистого полуфабриката беленой сульфатной целлюлозы из древесины.

Целлюлозный компонент обеспечит прочностные и деформационные свойства, которые важны при пропитке бумаги-основы, сборе, транспортировке и хранении. Капиллярно-пористая структура – впитывающую способность, которая обеспечит сбор биологических веществ, равномерное распределение биоматериала и возможность быстрого его извлечения. Заданный баланс гидрофильно-гидрофобных свойств обеспечит печатные свойства, позволяющие наносить на поверхность ЦКМ информацию о биоматериале. Обработка лизирующими веществами обеспечит сохранность биологических веществ.

Для реализации поставленной цели представлялось необходимым решить следующие задачи:

- Провести исследования морфологических, физико-механических и впитывающих свойств импортных образцов FTA-карт;
- Разработать прототип впитывающей бумаги и ЦКМ и оценить влияние процесса пропитки бумаги-основы лизирующим раствором на свойства ЦКМ;
- Исследовать влияние вида и морфологии волокна, процесса размола и подготовки бумажной массы на свойства бумаги-основы и ЦКМ;
- Разработать номенклатуру показателей качества с численными значениями, при которых ЦКМ обеспечит сохранность биовеществ без разрушения зоны сбора биоматериала при транспортировке, хранении и извлечении при помощи дырокола, путем продавливания поверхности и разрезания волокон по всей толщине;
- Разработать технологию ЦКМ для сбора, хранения и транспортировки биологических веществ.

Научная новизна

На основании экспериментальных исследований научно обоснована возможность использования бленой сульфатной целлюлозы из древесины для создания целлюлозного композиционного материала для сбора, транспортировки и хранения биологических веществ с высокими физико-механическими и прочностными свойствами при сохранении оптимальной впитывающей способности.

На основании исследований процесса размола, формования бумаги-основы установлен вид древесной сульфатной бленой целлюлозы и ее морфологические характеристики, при которых после процесса пропитки получается композиционный материал с капиллярно-пористой структурой целлюлозной матрицы, обеспечивающий сохранность при эксплуатации и извлечении зоны сбора, проведение качественного анализа на наличие вирусов и бактерий, а также исследования ДНК и РНК.

Теоретическая и практическая значимость работы

Определена номенклатура и численные значения показателей качества целлюлозного композиционного материала для сбора, транспортировки и хранения биологических веществ на основе беленой сульфатной целлюлозы из древесины.

Разработана технология и определены технологические параметры процесса размола, подготовки бумажной массы, формования и пропитки бумажного полотна для производства ЦКМ.

В ООО «Лилия холдинг-полиграфия и бумажное производство» проведена опытно-промышленная выработка, которая показала перспективность замены хлопкового волокна на древесную беленую сульфатную целлюлозу. Получен акт. Разработано техническое задание и запланирована опытно-промышленная выработка ЦКМ на Санкт-Петербургской бумажной фабрике филиал АО «Гознак».

В НИИ гриппа им. А. А. Смородинцева получен акт о перспективах использования ЦКМ для сбора, хранения и транспортировки биологических веществ.

Методология и методы исследования

В работе использованы современные методы исследования морфологии волокна, разрушающие и не разрушающие методы исследования впитывающей бумаги-основы и ЦКМ.

Степень достоверности результатов исследований обеспечена многократным проведением экспериментов с использованием современного оборудования, поверенных средств измерений и обработкой результатов методами математической статистики.

Апробация работы. Основные результаты работы докладывались на международной научной конференции «Инновационные направления развития науки о полимерных волокнистых и композиционных материалах» (Санкт-Петербург, 21–23 октября 2020 года); VI Международной научно-технической конференции, посвященной памяти профессора В.И. Комарова «Проблемы механики целлюлозно-бумажных материалов» (Архангельск, 09–11 сентября 2021 года); III Международной научно-технической конференции молодых учёных и

специалистов ЦБП «Современная целлюлозно-бумажная промышленность. Актуальные задачи и перспективные решения» (в рамках международной выставки-форума «Pap-For 2021») (Санкт-Петербург, 8 ноября 2021 года); на отраслевой конференции в рамках выставки RosUpack 2023 «Растительные полимеры – новая нефть» 7-8 июня 2023 г. в Москве, VII Международной научно-технической конференции, посвященной памяти профессора В.И. Комарова «Проблемы механики целлюлозно-бумажных материалов» (Архангельск, 14–16 сентября 2023 года).

Публикации. По результатам выполненных исследований опубликовано 8 печатных работ, включая 3 статьи в рецензируемых журналах, входящих в перечень, утверждённый ВАК РФ и базы цитирования «Web of Science» и «Scopus».

Структура и объем работы. Диссертация включает следующие разделы: введение, литературный обзор, теоретическое обоснование выбора направления работы и постановка задач исследования, методическую, экспериментальную, технологическую части, выводы и список литературы из 160 наименований, приложения. Объем диссертации составляет 143 страницы, включая 46 рисунков, 22 таблицы и 3 приложения.

Положения, выносимые на защиту:

1. Результаты комплексного анализа свойств импортных FTA-карт.
2. Результаты исследования влияния вида, морфологии целлюлозы и технологических параметров на прочностные и впитывающие свойства бумаги-основы и ЦКМ.
3. Результаты исследования влияния пропитки бумаги-основы на свойства ЦКМ.
4. Технология ЦКМ для сбора, транспортировки, хранения биологических веществ на основе древесной целлюлозы.
5. Перечень показателей качества и номенклатура ЦКМ для сбора и хранения биологических веществ.

1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Виды бумажных носителей для сбора и хранения биологических веществ

Под биологическими веществами подразумевают различные виды продуктов жизнедеятельности, физиологических и патологических выделений, используемых для диагностирования заболеваний, выявления генетических особенностей. По отобранному биологическому материалу можно выяснить, чем болен человек или установить наличие вирусов в организме. Другим примером использования биологических веществ является скрининг новорожденных на генетические заболевания.

В современном мире вопрос исследования Дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК) и Рибонуклеиновой кислоты (РНК) различных живых организмов с целью изучения их происхождения, генетических предрасположенностей и особенностей является очень актуальным и дает возможность человечеству приблизиться к разгадке возникновения жизни. Кроме подобных глобальных научных исследований тесты ДНК и РНК имеют широкий спектр применений и распространены в повседневной жизни. Комплексный генетический тест человека позволяет получить данные о его родословной, талантах, здоровье, реакции на прием лекарств, особенностях подходящих организму диет и многом другом. Немаловажную роль изучение генов играет в криминалистике при проведении судебно-медицинских экспертиз, благодаря чему каждый год раскрывается несколько десятков тысяч преступлений.

Существует много способов сбора биологических веществ, которые являются, как правило, безболезненными – использование буккального (щёчного) мазка, сбор слюны, крови или других биологических веществ в виде жидкости, ткани, и др. и перенос образцов в специальные емкости для хранения – пробирки, контейнеры с крышкой из пластика, стекла [1-4].

Исследования желательно проводить в день взятия образца или через несколько дней, однако это не всегда возможно. Кроме того, образцы ДНК и РНК, в некоторых случаях, должны храниться более 20 лет [4-6].

В процессе транспортировки и хранения биовещества могут подвергаться обработке – внесение их в специальные вещества, сохраняющие материалы до анализа, помещение контейнеров в условия с пониженной температурой (-20 °C и ниже) или в контейнер с подогревом [1-4].

В настоящее время перспективным и развивающимся видом устройств для сбора биологических веществ является адсорбирующие твердофазные носители. В качестве носителей используют материалы, на которых сбор осуществляется за счет внедрения (впитывания) биологического вещества в структуру носителя, что позволяет сохранить его до момента использования. Наибольшую востребованность в настоящее время имеют целлюлозные твердофазные носители.

Как считают авторы [7;20] удержание биологического материала, нанесенного в жидком виде на бумажный носитель, осуществляется за счет впитывания в капиллярно-пористую структуру бумаги и образования водородных связей между молекулами биологического вещества и свободными функциональными группами, находящимися на поверхности целлюлозного волокна. При высыхании на впитывающей бумаге частицы биологического материала остаются в целлюлозной матрице, становятся более стабильными, поскольку они «защищены» от окружающей среды целлюлозной основой. Макромолекулы, такие как ДНК, РНК, белки и сложные углеводы, распределяются между волокнами целлюлозы, которые эти молекулы стабилизируют.

Первое использование бумаги для сбора биологических материалов принадлежит норвежскому биохимику, основателю современной клинической микрохимии Ивару Кристиану Бангу, который в 1907 году использовал предварительно промытую и высушенную фильтровальную бумагу как носитель образца крови для определения в ней концентрации глюкозы.

В 1924 году Чепмен использовал в своих исследованиях фильтровальную бумагу (Schleicher and Schuell No. 595, Whatman No. 3) для сбора и хранения крови, с последующим использованием ее для теста на фиксацию компонента сифилиса (тест Вассермана). Применение фильтровальной бумаги имело ряд преимуществ:

низкое количество забора крови, простой и недорогой способ сохранения образца [7].

К 1939 году фильтровальная бумага активно использовалась в качестве теста на сифилис, в котором использовалась цельная кровь из укола пальца, вместо прокола яремной вены у младенцев и детей.

Дальнейшее развитие использования бумаги для сбора биологических веществ – крови, привело к поиску наиболее подходящих видов, а также разработки способов и методов извлечения и сохранности образцов.

Так в 1939 году Циммерман оценил различные промокательные и фильтровальные виды бумаги (Delta №310, Schleicher and Schuell №589, and Whatman №1), и определил, что наиболее предпочтительной для сбора биологических веществ является та бумага, которая от партии к партии после нанесения крови или сыворотки удерживает одинаковое ее количество.

В 1957 году было впервые использовано устройство для пробивания в бумажной полоске с засохшей кровью стандартизированных аликвот в виде кружков для тестирования [7].

Преимущества метода сбора образцов с использованием фильтровальной бумаги были обобщены Вольфом в 1958 году: скорость пересылки (авиапочта была быстрой и экономичной), минимальная вероятность загрязнения и исключение повреждения носителя.

В январе 1961 года впервые появляется упоминание о нанесении при помощи чернил кругов на бумагу в качестве зон для сбора крови. Для удобства на листе фильтровальной бумаги были напечатаны четыре круга, и определен объем крови, необходимый для их заполнения, равный 65 мкл.

В 1961 году американский педиатр, доктор Роберт Гатри применил фильтровальную бумагу в качестве носителя крови новорожденных для скрининга с целью выявления генетического заболевания – фенилкетонурии. Сочетание легко транспортируемого образца и не дорогого и точного теста сделало возможным крупномасштабный скрининг на фенилкетонурию [8].

Способ сбора крови на бумаге стал называться «Метод сухих пятен крови» или dried blood spot method (DBS), а сами носители - DBS картами [14-28].

С 1960 года, началось производство специального вида бумаги под метод сухих пятен крови. Первой компанией, выпустившей на рынок такую бумагу под маркой 903, стала Schleicher и Schuell. Впоследствии компания Whatman купила фирму Schleicher и Schuell и все права на бумагу 903. Эта бумага производится из хлопковой целлюлозы, полученной после варки и отбелики линта, без упрочняющих веществ и иных добавок.

Позднее появилась еще одна марка бумаги TFN производителя Munktell, которую в 2012 году приобрела Ahlstrom Corporation и все права на эту бумагу.

В настоящее время, существует две основные марки бумаги для метода сухих пятен крови:

- Ahlstrom Grade 226 (TFN),
- Whatman 903 Filter Papers.

Данные виды бумаги соответствует международному стандарту ASTM (American Society for Testing and Materials), сертифицированы на соответствие абсорбции образцов и композиции от партии к партии стандарта CLSI (Clinical and Laboratory Standards Institute) NBS-01-A6.

Существуют и другие компании, производящие бумагу для метода сухих пятен: Macherey-Nagel марка бумаги MN 818, а также бумага марки 903 разных региональных производителей, например, Китай - Biosomma Limited – бумага DOUBANG™ 903 DNA Sample Collection Cards, в России - ООО «Гринвэн» бумага марки 903 [9;10;15].

В таблице 1.1 представлены характеристики бумаги для метода сухих пятен крови.

В 1987 году Маккейб впервые сообщил об успешном извлечении ДНК из крови, собранной на впитывающей бумаге. Было также установлено, что метод сухих пятен подходит для вирусологических исследований, для мониторинга появления мутаций устойчивых к лекарственным средствам, а также для измерения вирусной РНК в высушенных пятнах плазмы.

Таблица 1.1 – Характеристики бумаги для метода сухих пятен крови [11-13]

Показатель	Стандарт	Бумага 903	Бумага TFN	MN 818
Масса, г/м ²	TAPPI T410 ASTM D646	179	180	180
Толщина, мм	TAPPI T411 ASTM 643	0,52	0,44	0,45
Поверхность	-	Гладкая	-	Гладкая
Разделительная способность (оставшиеся осадки), мкм	ASTM D981-56	8-30	-	-
Воздухопроницаемость по методу Герлея (Денсометр), сек	ASTM 726	20	-	-
Скорость фильтрации жидкости (фильтрующая способность), сек	ASTM E832-93	7,3	-	8
Поглощение воды, г/100 см ²	TAPPI T441 ASTM 3285	4,5	-	-
Капиллярная впитываемость по Клемму, мм/10 мин	TAPPI T441 ASTM 3285	54	120	120-135
Сопrotивление продавливанию во влажном состоянии – 5 листов, кПа	TAPPI T471 ASTM 774	48	-	-
Среднее поглощение сыворотки, мкл /1/8” (3.175 мм) диска	-	1,52	1,3 (диск 3 мм)	-

Параллельно с расширением применения бумажных носителей для сбора других биологических материалов и исследования их свойств появилось направление развития бумажных носителей для длительного хранения и создания базы (биобанкинг) для исследований ДНК или других стабильных биомаркеров.

Появились технологии бумажных носителей, обеспечивающих долгосрочное хранение биологических веществ в комнатных условиях. Это так называемые FTA-карты [14-28;47].

1.2 FTA–карты. Основные понятия

Потребность в картах для длительного хранения биологических веществ возникла в конце XX века в связи с активным исследованием ДНК и РНК из биологических веществ и необходимостью длительного хранения образцов и создания биобанка.

В 1995 году компания Schleicher и Schuell разработала бумагу IsoCode, путем модификации марки 903 реагентами, которые инактивируют ингибиторы (гемоглобин, иммуноглобулин G, и лактоферин, хлориды натрия и калия, ионы кальция и железа и др.) присутствующие в крови, методом полимеразной цепной реакции (ПЦР). Впоследствии данную марку бумаги перестали выпускать, а вместо нее появился новая под брендом FTA Elite компании Whatman [12;29].

В конце двадцатого века компания Flinders совместно с фирмой Fitzco разработала технологию (в дальнейшем приобретена компанией Whatman), которая позволяет проводить сбор, хранение и транспортировку любых биологических материалов при комнатной температуре в течении длительного времени, используя пористые носители (до этого требовалось помещать материал в морозильную камеру с температурой -20°C в герметично запаянном контейнере совместно с влагопоглотителем). Суть технологии заключалась в обработке пористых материалов специальными химикатами, которые способствовали долгосрочному хранению биологических веществ. Преимущественно в качестве материала - основы использовалась целлюлозная бумага. В настоящее время данная технология стала называться FTA (Fitzco/Flinders Technology Agreement), а носители на ее основе FTA-карты.

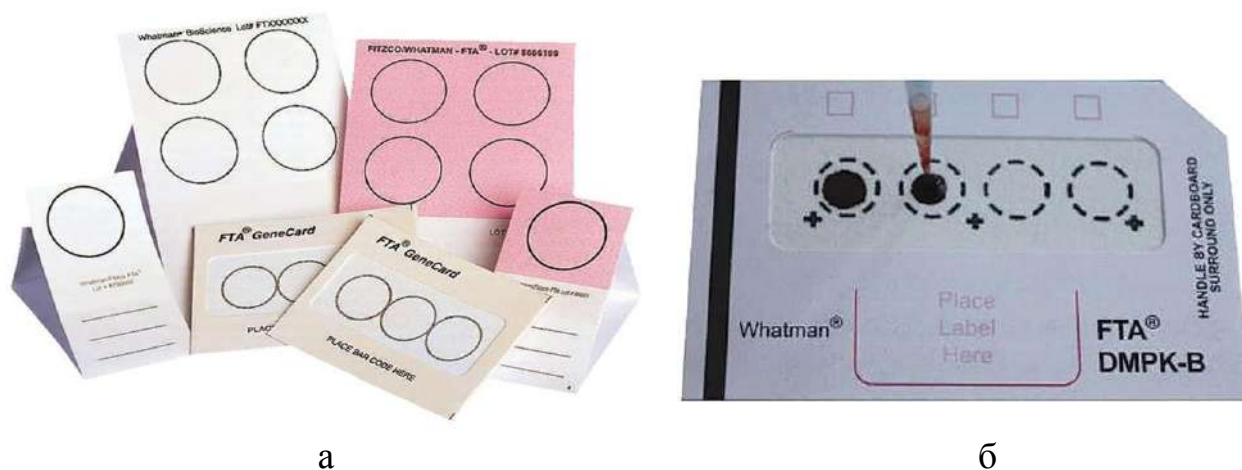
FTA-карты – целлюлозные композиционные материалы, основным элементом которых является впитывающая бумага (носитель) из хлопкового волокна, обработанная специальным раствором, содержащим вещества, предотвращающие денатурацию белков, а также защищают ДНК от действия нуклеаз, окисления и УФ-излучения. Также эти реагенты быстро инактивируют

организмы, включая патогены крови, бактериофаги и предотвращают рост бактерий и других микроорганизмов [31-33].

FTA-карты могут быть бесцветными или с цветной индикацией, которая дает возможность визуализировать нанесенную бесцветную пробу (например, слюну), что удобно при нанесении и последующем исследовании [29;30].

Для защиты карты от внешнего воздействия (рисунок 1.1), удобства при использовании и автоматизированного анализа впитывающую бумагу размещают в рамку, конверты или чехлы из картона или пластика.

На FTA-карте нанесены окружности методом полиграфической печати – зоны размещения биологических веществ, также карточки имеют поле для записей. Диаметр каждой окружности рассчитан таким образом, чтобы вместить приблизительно 100 мкл цельной крови (стандартная вместимость карточки - 400 мкл, но ее можно увеличить, выйдя за пределы окружностей) [12;29;30].



а

б

Рисунок 1.1 – FTA-карты:

а – в конверте из бумаги; б – в чехле из пластика

Применение FTA-карт устраняет необходимость использовать фенол (антисептик для хранения образцов), хранить образцы в холодильнике или опасаться риска контаминации [29;30].

Одним из основных требований в технологии FTA-карт является обработка впитывающей бумаги водным раствором, состоящим из химических веществ, которые способны сорбироваться в структуре пористого носителя.

Раствор включает в себя несколько веществ [33-35]:

- Одновалентное слабое основание
- Хелатирующий агент
- Анионный детергент

Включение в композицию раствора основания необходимо для создания щелочной среды рН от 8,0 до 9,5, обеспечивающей надлежащее действие хелатирующего агента при связывании двухвалентных металлов, для предотвращения действия кислых нуклеаз, которые не так сильно зависят от двухвалентных металлов. Основание может быть органическим, такое как Трис (трис-гидроксиметилметан в свободном виде и как карбонат), или неорганическим - карбонаты щелочных металлов.

В качестве хелатирующего агента, обладающего сильным действием, используют ЭДТА (этилендиаминтетрауксусная кислота). Его функция заключается в связывании ионов двухвалентных металлов, магния и кальция, а также в связывании ионов переходных металлов, особенно железа, так как они влияют на сохранность биовеществ.

Анионогенное поверхностно-активное вещество или детергент включено в композицию в качестве основного денатурирующего агента, который связывается с белками и денатурирует их. В составе данной технологии используется додецилсульфат натрия (SDS) или лаурилсаркозинат натрия. Этот анионный детергент вызывает инактивацию большинства патогенов.

Иногда также в композицию добавляю мочевую кислоту или соли урата, что особенно важно для долгосрочного хранения ДНК. Данный компонент принимает на себя свободные радикалы (как ловушка), предотвращая повреждение биологических веществ в процессе их хранения (например, ДНК). Мочевая кислота, будучи слабой, также действует как компонент буферной системы.

Авторами технологии FTA [6;36] предлагается в качестве примера следующая смесь растворов: 10 мМ ЭДТА, 60 мМ Трис, 2 % SDS, причем при нанесении раствора на бумагу, в 1 кв. сантиметре бумаги должно содержаться примерно 1 мг SDS, 0,5 микромоля ЭДТА и 3 микромоля Трис.

В настоящее время исследователи разрабатывают свои составы для пропитки бумаги, улучшая свойства [36-41].

Основные преимущества использования ФТА-карт [31;42]:

- Биовещества находятся в удобной форме для применения, хранения и транспортировки в лабораторию;
- Быстрое выделение нуклеиновых кислот (НК) в течение 15 - 30 минут и отсутствие необходимости использования специальных наборов для их очистки;
- Хранение карт при комнатной температуре +18...+25 °С в сухих помещениях, без попадания влаги и света;
- Уменьшение расходов на перевозку и хранение без использования льда и громоздких морозильных камер, возможна отправка образцов обычной почтой;
- Хранение образцов в течение 12 лет и выше, удобная каталогизация;
- Отсутствие риска распространения бактерий и других микроорганизмов благодаря используемым химическим веществам;
- Выпускаются в различных конфигурациях в зависимости от целей применения.

Карты могут быть использованы в различных областях – клиническая диагностика, судмедэкспертиза, ветеринария и др. Области использования ФТА-карт [30;43-45]:

- Каталогизация ДНК в базах данных
- Идентификация личности
- Исследование и мониторинг заболеваний человека, животных сельскохозяйственных культур
- Судебная экспертиза
- Идентификация трансгенов
- Трансфузионная медицина/HLA-типирование
- Анализ плазмид
- Контроль качества пищевых и сельскохозяйственных продуктов
- Разработка лекарств

- Геномика
- Анализ STR (коротких tandemных повторов)
- Идентификация животных
- Амплификация целого генома
- Молекулярная биология
- Биобанки
- Фармокогеномика
- Количественная ПЦР
- Полная геномная амплификация
- Исследование вируса папилломы человека

1.2.1 Классификация ФТА-карт

Бумажные ФТА-карты могут быть бесцветными (белого цвета - классический тип) или с цветной индикацией (розовые, оранжевые), которая дает возможность визуализировать нанесенную бесцветную пробу (например, слюну), что удобно при нанесении и последующем исследовании [46].

Оба типа ФТА-карт применяются для отбора образцов, но при этом рекомендуется, чтобы ФТА-карты классического типа применялись только для отбора образцов крови, так как другие виды биологического материала хуже видны на карте белого цвета. Карты индикаторного типа применяются для всех видов образцов, так как меняют свой цвет при контакте с биологическим материалом, что позволяет видеть также, где на карте находится биовещество [30].

Карты производятся в наборах, удобных для различного применения. Модель карты выбирается по следующим характеристикам [42]:

- вид биовещества для нанесения (бесцветные, такие как слюна, моча или с естественной окраской, такие как кровь, растительный гомогенизат);
- необходимый/предполагаемый срок хранения образцов;
- объем наносимого биовещества;
- количество мест на карте.

В настоящее время выпускают следующие разновидности бумажных карт в зависимости от объема проб и типов биологических материалов [30;42;44]:

- Классические карты FTA

Они имеют 4 зоны для нанесения пробы (до 500 мкл крови или до 100 мкл гомогенизированных растительных тканей на карту). Удобны в многократном использовании одной и той же пробы или сбора разных животных или растительных биовеществ на одной карте. Разные пробы можно анализировать независимо.

- Классические карты FTA с индикатором

Подобны классическим картам FTA, но пропитаны индикатором, изменяющим цвет с розового на белый при нанесении пробы. Рекомендуются для работы с бесцветными пробами, например, клетками эпителия ротовой полости или клетками, выращенными в культуре.

- Мини карты FTA

Имеют две зоны нанесения проб (до 250 мкл цельной крови или 50 мкл гомогенизированных растительных тканей на карту). Удобны для методик, требующих разных зон для сохранения и анализа материала. Разные пробы можно анализировать независимо.

- Мини карты FTA с индикатором

Подобны мини-картам FTA, но пропитаны индикатором, изменяющим цвет с розового на белый при нанесении пробы. Рекомендуются для работы с бесцветными пробами, например, клетками эпителия ротовой полости или культур клеток.

- Микрокарты FTA

Одна зона для нанесения пробы объемом до 125 мкл (цельная кровь) или 25 мкл (гомогенизированные ткани растений). Рекомендуется в случаях, когда нужно исследовать только 1 пробу.

- Микрокарты FTA с индикатором

Подобны микрокартам FTA, но пропитаны индикатором, изменяющим цвет с розового на белый при нанесении пробы. Рекомендуются для работы с

бесцветными пробами, например, клетками эпителия ротовой полости или культурами клеток.

- Карты FTA для исследований в генетике

Карты FTA, заключенные в жесткую рамку. С тремя зонами для нанесения проб (до 225 мкл цельной крови или 30 мкл гомогенизированных растительных тканей на карту). Могут использоваться со многими автоматическими дозаторами/пипетками (для этого необходим специальный лоток).

- Карты для растительного материала PlantSaver™

Карты FTA для растительных проб, в классическом формате. Имеют ламинированный клапан, позволяющий энергично вбить растительный материал в пластинку, не повредив ее.

- Карты FTA Elute

Карты FTA Elute используются для экспресс выделения и хранения нуклеиновых кислот. Карты FTA Elute позволяют избежать этапа очистки нуклеиновых кислот путем прямой экстракции горячей водой. В отличие от FTA, химический состав FTA Elute позволяет сохранять белки в тесной привязке к матрице карты. Данные пластинки выпускаются в виде микроформы (с индикатором и без) - одна зона для нанесения пробы объемом до 125 мкл (цельная кровь) или 25 мкл (гомогенизированные ткани растений) или четыре зоны для нанесения пробы объемом до 40 мкл.

- Карты FTA CloneSaver с индикатором

Сбор, хранение, резервное копирование и работа с образцами клонов; доступна в двух форматах — 96 и 384 ячеек объемом по 5 мкл на ячейку; подходит для трансформации, ПЦР и секвенирования.

1.3 Рынок бумажных носителей для сбора и хранения биологических веществ

По данным YOAAP Media Services LLP, Polaris Market Research and Consulting и DataM Intelligence 4market Research LLP общий объем мирового рынка бумажных носителей для сбора биологических веществ в 2022 году составил 350,7

млн. долларов США и достигнет 517,8 млн. долларов США к 2031 году, увеличившись в среднем на 4,5 % в течение 2023–2031 годов [48-50].

Рост общего рынка связан с увеличением применения их в судебно-медицинской токсикологии, а также в диагностике. Ключевые факторы, ответственные за рост рынка бумажных носителей для сбора биовеществ, включают программы обязательного скрининга новорожденных в развитых странах, инновации в области времени и эффективности диагностики, а также растущую распространенность наследственных заболеваний во всем мире.

В настоящее время на рынке бумажных носителей для сбора и хранения биологических веществ представлено две основных их разновидности: это DBS карты для исследования по методу сухих пятен крови и FTA-карты.

Для метода сухих пятен в основном используют карты на основе:

- Whatman 903,
- Ahlstrom 226

В 2022 году карты Whatman 903 занимали значительную долю доходов на рынке, и в течение прогнозируемого периода (до 2031 года) данный сегмент рынка будет расширяться, поскольку карты Whatman 903 обеспечивают простоту отбора проб, идентификации, транспортировки и сбора крови методом сухих пятен.

В ближайшие годы у карт Ahlstrom 226 будет наблюдаться прибыльный рост доходов рынка, благодаря их высокой точности результатов испытаний, простоте диагностики, сбора, лучшей воспроизводимости и транспортировке.

Ключевыми производителями, работающими в индустрии бумажных носителей для сбора образцов методом сухих пятен крови, являются F. Hoffmann-La Roche Ltd (Швейцария), QIAGEN (Германия), PerkinElmer Inc. (США), Ahlstrom-Munksjo (Финляндия), GE Healthcare Inc. (Whatman) (США), ARCHIMED Life Science GmbH (Австрия), CENTOGENE N.V (Германия), Surgeine Healthcare Pvt, Ltd (Индия), Nemaxis (Швейцария), Lipomic Healthcare (Индия), Thomas Scientific (США), Gentegra LLC (США), Shimadzu Corporation (Япония), Eastern Business Forms, Inc. (США) [48-50].

PerkinElmer Inc (США) – выпускает карты PerkinElmer 226 на основе бумаги Ahlstrom 226, которые используются для сбора и транспортировки крови в лаборатории и для исследовательских целей, выпускаемые в бумажном конверте для исследования крови новорожденных или пластиковом чехле для автоматического анализа фармакокинетических исследований метаболизма лекарственных средств.

F. Hoffmann-La Roche Ltd (Швейцария) является ведущим мировым поставщиком услуг по тестированию на вирусную нагрузку на ВИЧ используют метод сухих пятен. Основной продукт компании – это Cobas[®] Plasma Separation Card - устройство для сбора крови.

FTA-карты является новым участником рынка, который позволяет проводить быстрый анализ и обычно сочетается с сохранением ДНК и РНК при комнатной температуре, что облегчает пользователю получение нескольких копий из одного образца.

Согласно исследованиям, YOAAP Media Services LLP, Polaris Market Research and Consulting и DataM Intelligence 4market Research LLP, FTA-карты будут занимать значительную долю рынка из-за широкого их применения: в амплификации ДНК, в создании базы данных ДНК, биоматериалов для установления отцовства, эталонных образцов ДНК для тестирования личности человека и др., а также благодаря короткой продолжительности проведения тестирования и простоты сбора. Обычно анализ и амплификация образца занимает от пяти до 30 минут и обеспечивает быстрые и точные результаты, которые служат опорой для роста сегмента. Кроме того, ожидается, что в связи с увеличением распространенности рака и других хронических заболеваний сегмент FTA-карт будет расти. Основными потребителями данных карт являются академические исследовательские институты, фармацевтические и биотехнологические и др. компании, занимающиеся диагностикой и исследованиями [48-50].

Главным производителем и владельцем технологии бумаги 903 и технологии FTA является компания GE Healthcare (Whatman) (США). Фирма выпускает линейку FTA-карт различных форм и применений.

Другим крупным игроком на рынке FTA-карт является Ahlstrom-Munksjo (Финляндия). Компания является разработчиком и владельцем бумаги 226, а также разновидности FTA-карт. Имеет большой ассортимент карт: для сбора биопроб на ВИЧ, скрининга заболеваний, для долгосрочного хранения под брендами GenSaver™ и GenReleaz™, а также карты для фармацевтики. Стоимость карт GenSaver 2.0 1138\$ за 100 штук карта на четыре зоны для долгосрочного хранения и карт Autocollect 1135\$ за 100 штук для фармакокинетических исследований метаболизма лекарственных средств [42].

QIAGEN (Германия) является одной из ведущих компаний, представленной на рынке в Европе, осуществляющая производство карт по технологии FTA, а также различных устройств и химикатов для проведения судебно-медицинской экспертизы, идентификации человека, биобезопасности и тестирования на отцовство. Эти продукты не предназначены для диагностики, профилактики или лечения заболеваний. Компания производит линейку карт FTA под брендом QIAcard для всех возможных исследований: крови, мочи, растений, для фармакокинетических исследований метаболизма лекарственных средств. Стоимость данных карт 428\$ за 100 штук Microcard (одна зона), 935\$ за 1 штуку DMPK карт и FTA Elute Micro - 617\$ за 100 штук [51].

Другими производителями рынка FTA карт являются COPAN ITALIA S.P.A. (Италия) с линейкой карт бренда NUCLEIC-CARD™, HiMedia (Индия) - бренд InstaDNA™ Card, Macherey-Nagel – бренд NucleoCard и другие [52].

Глобальный рынок бумажных носителей делится на ряд регионов: Азиатско-Тихоокеанский, Северная Америка, Латинская Америка, Европа, Ближний Восток и Африка.

Северная Америка занимает значительную долю на мировом рынке производства DBS и FTA-карт. Это связано с увеличением числа новорожденных и ростом распространенности ВИЧ-инфекции. Кроме того, технологические усовершенствования, растущие расходы на здравоохранение, растущие расходы на НИОКР и наличие хорошо зарекомендовавшей себя инфраструктуры здравоохранения способствуют общему росту регионального рынка [48-50].

По данным YOAAP Media Services LLP, Polaris Market Research and Consulting и DataM Intelligence 4market Research LLP в Европе будет наблюдаться среднегодовой темп роста из-за увеличения числа инфекционных заболеваний, таких как гепатит В. По оценкам Европейского центра профилактики и контроля заболеваний, в 2017 г. почти 26 900 человек были диагностированы с гепатитом В при распространенности в 7 случаев на 100 000 человек. При таком большом количестве случаев бумажные носители используются в качестве метода ранней диагностики и лучшей альтернативы обычному забору крови, что, вероятно, приведет к росту рынка бумажных носителей в регионе [48-50].

На Ближнем Востоке и в Африке будут зарегистрированы значительные темпы роста из-за растущего спроса на методы взятия проб крови для выявления различных заболеваний. Внедрение множества устройств для скрининга или сбора, которые являются менее дорогостоящими и доступными для малых и бедных стран, представляет собой ключевой движущий фактор для расширения рынка в регионе [48-50].

1.4 FTA–карты в России

Анализ данных государственных закупок на платформе единой информационной системы в сфере закупок по теме «Карта для забора и транспортировки биологических материалов» [53] показал, что за период 2015 по 2023 год основными заказчиками бумажных носителей для сбора биологических веществ в России являются различные учреждения здравоохранения и Федеральная служба исполнения наказаний России.

Согласно данным [53] спрос на бумажные носители в России за последние 10 лет увеличивается. Так в 2015 году потребность составляла 100900 штук, в 2018 году - 364000 штук, а в 2023 году только за первое полугодие 209647 штук. Таким образом, потребность в бумажных носителях биологических веществ на Российском рынке имеется и наблюдается её рост.

Это связано с тем, что в России наблюдается переход к персонализированной медицине, высокотехнологичному здравоохранению и технологиям здоровья

сбережения, в том числе за счет рационального применения лекарственных препаратов (прежде всего антибактериальных). Данная сфера медицинских технологий для России является достаточно молодой и развивающейся. В связи с этим спрос на FTA-карты в нашей стране будет расти.

Так, например, в России массовый скрининг новорожденных, где используются FTA-карты, начался в 1992 году с диагностики двух заболеваний, а в 2023 году диагностируется уже до 36 заболеваний. Глобальное заболевание ВИЧ (СПИД) присутствует и в нашей стране, и для его выявления также требуется удобные и качественные средства для диагностики [54;55].

Жизнь мирового сообщества в условиях пандемии показала также необходимость сбора, хранения и транспортировки биологического материала, направленного на исследование вирусов и бактерий, присутствие возбудителей болезни для точной диагностики, лечения, создания вакцин. Кроме того, спрос на исследования ДНК и РНК различных организмов и создания биобанкинга, также наблюдается, а одним из самых перспективных и надежных способов сбора и хранения биоматериала для молекулярно-генетических исследований является использование бумажных носителей FTA-карт [56].

В настоящее время на российском рынке представлены следующие зарубежные производители бумажных носителей биологических веществ (рисунок 1.2) [42]:

- компания GE Healthcare (Whatman) с ассортиментом карт для скрининга Whatman 903, а также вся линейка карт по FTA технологии;
- компания Ahlstrom-Munksjo с ассортиментом карт для скрининга BioSample, а также вся линейка карт по FTA технологии;
- компания Camag (Швейцария) с DBS карточками Camag;
- компания Soran Italia S.P.A. (Италия) карты под брендом NUCLEIC-CARD™.



Рисунок 1.2 – FTA-карты для сбора и транспортировки биологического материала

Однако, в связи с геополитической ситуацией, сложившейся в России зарубежные поставки затруднены, а стоимость носителей для биологических веществ увеличивается.

Основными поставщиками бумажных носителей Российского производства являются компания группы Алкор Био и ООО «Гринвэн» [57-60].

Компания ООО «Гринвэн» является поставщиком только DBS - карт на основе бумаги 903 (Метод сухих пятен крови) для забора и транспортировки биологического материала. Стоимость DBS карт составляет 6320 руб. за 100 штук (пять зон) [59].

Компания группы Алкор Био – российский разработчик и производитель тест-систем для лабораторной диагностики методами ИФА и ПЦР – первой в России разработала и зарегистрировала в 2016 году в Росздравнадзор РФ карту для сбора образцов биоматериала – «ДНК-карту», отечественный аналог зарубежных FTA-карт. Она предназначена для сбора, выделения и хранения биовеществ,

преимущественно капиллярной и венозной крови, и иных биологических жидкостей. Карта обеспечивает сохранность ДНК в высушенном пятне биоматериала с возможностью дальнейшего выделения ДНК или проведения амплификации непосредственно с носителя без предварительного выделения нуклеиновой кислоты. Данная карта может использоваться как в медицинских, так и в исследовательских целях [60].

Группой компаний «Алкор Био» разработаны и успешно производятся отечественные продукты «ДНК-карта» и «ДНК-архив». Карты изготовлены из высококачественной фильтровальной бумаги, которая пропитана специально разработанным лизирующим буфером [60].

В настоящее время «ДНК-карта» успешно используется лабораториями судмедэкспертизы МВД России и ФСИН Казахстана для сбора и хранения биоматериалов для анализа выделенной ДНК, а также рядом учреждений ветеринарного и сельскохозяйственного профиля. Благодаря своим свойствам «ДНК-карта» имеет все перспективы найти более широкое применение в медико-генетических центрах и других учреждениях медицинского профиля для сбора и хранения клинических биовеществ (например, создание биобанков) с целью последующего молекулярно-генетического анализа.

Стоимость данных ДНК-карт составляет 56865 руб. за 100 штук (две зоны), ДНК-архив – 11675 руб. за 50 штук (две зоны) [42].

Однако Группа компаний Алкор Био производит ФТА-карты, используя только импортную впитывающую бумагу или ЦКМ, пропитанный лизирующими растворами [60].

1.5 Понятие о целлюлозных композиционных материалах

Производство бумаги и картона в мире с 2015 до 2019 года оставалось примерно на уровне 420 млн. тонн в год (рисунок 1.3). По экспертной оценке, Euler Hermes падение мирового производства бумаги и картона из-за локдаунов в связи с пандемией Covid-19 составило 1,8% в 2019 году и 2,3% в 2020 году.

Однако уже в 2021 году выросло на 1,4% по сравнению с 2020 годом и составило 408,6 млн. тонн. По данным экспертов Euler Hermes мировое производство бумаги продолжает восстанавливаться и к концу 2022 года достигло 416 млн. тонн [61].



Рисунок 1.3 – Мировой ВВП и производство бумаги в мире (физический объем, динамика г/г). Источники: *Copacel, Cyclope, оценки Euler Hermes*

По данным Statista GmbH прогнозируется, что потребление продолжит расти в течение ближайшего десятилетия и достигнет 476 миллионов тонн к 2032 году.

Анализ литературных данных показал [61; 62], что в последние годы в России происходит непрерывный рост производства целлюлозно-бумажной продукции. Российский рынок бумаги и картона динамично развивается. Темпы роста объемов потребления целлюлозно-бумажной продукции на Российском рынке значительно превышают среднемировые.

Анализ показателей деятельности Российской целлюлозно-бумажной промышленности в годы пандемии COVID-19 свидетельствует, что отрасль оказалась достаточно устойчива. Производство бумаги и картона в 2020 году

выросло на 4,2 % и достигло 9,54 млн. тонн. С января по октябрь 2021 года объём выпуска бумаги и картона возросли на 6,9 % – до 7,67 млн. тонн [63].

В то же время Россия импортирует относительно дорогостоящую продукцию, такую как высококачественные материалы для тары и упаковки, мелованную бумагу, изделия санитарно-гигиенического назначения, тогда как экспортирует менее дорогостоящие продукты, такие как газетная бумага и крафт-лайнер.

Сложившаяся в 2022 году геополитическая ситуация, в силу которой поставки лесной продукции из России были остановлены, а в РФ запрещено ввозить лесозаготовительные и деревообрабатывающие машины и оборудование, запасные части и комплектующие, химикаты для производства продукции, высококачественные виды бумаги и картона, оказывает негативное влияние на объёмы и структуру ЦБП и приводит к необходимости поиска Российских химикатов и освоению технологий наукоемких видов продукции с высокой добавленной стоимостью [63].

К наукоемким видам относятся бумага и картон для печати с поверхностной проклейкой, меловальным покрытием, тароупаковочные бумага и картон с барьерными полимерными покрытиями. Это так называемые целлюлозные композиционные материалы (ЦКМ).

В настоящее время большинство видов бумаги и картона представляют собой ЦКМ, на долю которых приходится более половины общемирового производства бумаги и картона. Более 600 видов производимых ЦКМ используются в различных отраслях, в том числе и в медицинской сфере [64].

Как было сказано выше, одним из широко востребованных целлюлозных композиционных материалов является носитель для сбора и хранения биологических материалов, так называемые ФГА-карты.

Использование таких носителей распространено в медицинской, биотехнической и криминалистических областях.

Композиционные материалы представляют собой многофазные системы, полученные из двух и более компонентов и обладающие новым сочетанием свойств,

отличным от свойств исходных компонентов, но с сохранением индивидуальности каждого отдельного компонента [65].

Природа взаимодействия между компонентами может быть различна, но нарушение связи между ними вызывает резкое изменение всех свойств материала, приводит к нарушению композиционной устойчивости и, как правило, к резкому изменению всех свойств материала и изделий из него [67-69].

Композиционные материалы состоят из следующих основных компонентов: армирующего, связующего, создающего непрерывную матрицу, наполнителя, специальных модифицирующих добавок.

Одним из видов композиционных материалов являются целлюлозные композиционные материалы. При получении целлюлозных композиционных материалов направлено изменяется релаксационное состояние целлюлозы и других полимерных компонентов композита. Это обусловлено тем, что для перехода от механической смеси различных компонентов к композиционному материалу необходимо обеспечить возникновение связей, то есть адгезию между ними [68-70].

Существует различные виды адгезии [66]:

- механическая, возникающая при затекании в поры бумаги полимера, находящегося в вязко-текучем состоянии;
- специфическая, появляющаяся благодаря межмолекулярному взаимодействию функциональных групп, находящихся на поверхности фибриллярных элементов бумаги;
- адгезия за счет сегментальной совместимости макромолекул наносимого полимера и макромолекул полимерных компонентов бумаги.

Целлюлозный компонент в композите выполняет армирующие функции, причем армирующим элементом могут являться целлюлозные фибриллы, волокна или сформированные из фибрилл и волокон бумага и картон.

Достоинствами целлюлозного компонента являются высокая прочность целлюлозных фибрилл, большая гидрофильность и впитывающая способность, отсутствие у целлюлозы термопластичности, практическая неисчерпаемость

сырьевой базы благодаря постоянно происходящему в природе биосинтезу целлюлозы и способности легко подвергаться вторичной переработке, легкая биоразрушаемость использованных изделий.

Связующие вещества, придающие заданные свойства устраняют недостатки целлюлозного компонента: увеличивают прочностные и эластические свойства, снижают падение прочности во влажном состоянии, придают барьерные, специальные свойства и т.д. [64].

1.5.1 Волокнистые полуфабрикаты, используемые при производстве ЦКМ

Как показал анализ литературных источников к целлюлозному композиционному материалу для сбора и хранения биологических веществ предъявляются высокие требования по физико-механическим и прочностным свойствам, по впитывающей способности, по химической чистоте материала. Эти свойства в большой степени зависят от вида волокнистого полуфабриката, используемого при производстве.

В литературных источниках [6-9;11;20-26] показано, что в импортных видах впитывающей бумаги при производстве ЦКМ для сбора и хранения биологических веществ в качестве волокнистого полуфабриката используется хлопковый линт.

Хлопковый линт – это волокно, остающееся на семени хлопчатника после снятия хлопкового волокна, которое используется в текстильной промышленности и получаемое с помощью линтерования семян (рисунок 1.4). В состав хлопкового линта обычно входит целлюлоза (94 % от массы волокна), не целлюлозные включения – воски, жиры, красящие и др. вещества [71;72].

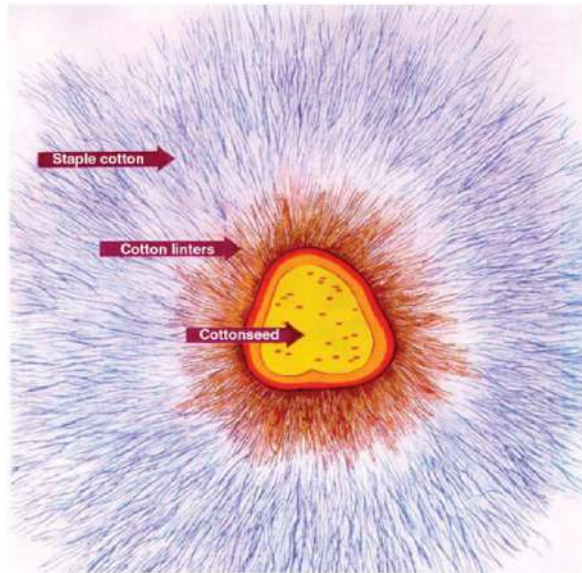


Рисунок 1.4 – Иллюстрация хлопкового семени с волокном [7]

Изначально линт достаточно грязное сырье, поэтому данный полуфабрикат обычно подвергают дополнительной обработке – получению хлопковой целлюлозы чистой от примесей. Процесс получения целлюлозы из линта состоит из следующих этапов: разрыхление кип линта, выдерживание в гидроксиде натрия (варка), промывка после выдерживания, отбелка в растворе гипохлорита натрия, промывка после отбелки, кислотка (серной кислотой), промывка после кислотки, смешение общих партий целлюлозы для получения большой по массе партии целлюлозы, однородной по физико-химическим показателям и сушка [71;72].

Регулируя технологические параметры варки и отбелки, получают разные марки целлюлозы: для изготовления производных целлюлозы, синтетического волокна или бумаги, ЦКМ. В соответствии с ГОСТ 595-79 хлопковая целлюлоза различается по маркам в зависимости от динамической вязкости. Конечная длина волокна зависит от условий варки, отбелки и исходных параметров линта. Хлопковая целлюлоза, полученная из линта, бывает двух видов: коротковолокнистая и длиноволокнистая. Обычно длина хлопковой целлюлозы для бумаги составляет порядка от 1 до 2 мм [73;74].

Хлопковая целлюлоза имеет высокую степень кристалличности, что обуславливает ее высокую прочность и жесткость. Однако, благодаря наличию

аморфных областей в структуре целлюлозы, она также обладает хорошей способностью к водопоглощению и воздухопроницаемости [75].

Хлопковая целлюлоза значительно отличается от древесной как по своей структуре, так и по свойствам. Самый прочный и чистый из натуральных волокон, хлопок состоит более чем на 90 % из α -целлюлозы. Повышенная кристалличность, а также нативные особенности хлопка затрудняют его фибриллирование при размоле. В то время как у древесной целлюлозы пучки фибрилл параллельны оси волокна и окружены компонентами гемицеллюлозы и лигнина, облегчающими их разделение, в хлопковых волокнах фибриллы, расположены под углом 45° к оси волокна, поэтому у хлопковой целлюлозы при размоле происходит преимущественно укорочение волокна, а не его фибриллирование [76].

Хлопковая целлюлоза не содержит токсических веществ и не вызывает аллергических реакций, практически не содержит гемицеллюлоз и карбоксильных групп, что делает ее безопасной для использования в медицинских видах бумаги [5].

Основным преимуществом, из-за которого за рубежом при производстве ЦКМ для сбора и хранения биологических веществ используют хлопковую целлюлозу, является практическое отсутствие лигнина и экстрактивных веществ. Однако, современные технологии сульфатной варки, промывки и бесхлорной отбелилки также позволяют получать целлюлозу из древесины как хвойных, так и лиственных пород с высокой степенью чистоты и минимальным содержанием лигнина и экстрактивных веществ [77].

Одним из перспективных видов целлюлозы из лиственных пород древесины для производства ЦКМ является целлюлоза, получаемая из эвкалипта.

Эвкалипт - быстрорастущее, выносливое дерево, произрастающее в южных широтах и в настоящее время широко культивируемое по всему миру. Возраст его продуктивного использования 8–10 лет. Для сравнения подобный возраст для березы и осины – 40–50 лет [78].

Главные производители эвкалиптовой целлюлозы – страны Латинской Америки, Юго-Восточная Азия, в Европе – Испания, Португалия [78].

Эвкалиптовая целлюлоза обладает: высокой степенью структурной однородности, что делает бумагу более устойчивой к разрывам; высокой абсорбирующей способностью; химической чистотой и стабильностью; устойчивостью к грибкам, что позволит увеличить срок хранения; устойчивостью к выцветанию и обесцвечиванию [79;80].

Процесс варки лиственных пород древесины происходит в более мягких условиях по сравнению с хвойной древесиной, то есть с более низкой температурой, меньшими расходами реагентов и за более короткое время. Связано это с большей доступностью лигнина лиственных пород древесины, что приводит к облегченной делигнификации [76].

Дополнительным стимулом использования эвкалиптовой целлюлозы в России является расширения сотрудничества со странами тихоокеанско-азиатского региона, и расширение сырьевой базы за счет использования экономически выгодных волокнистых полуфабрикатов, произрастающих в странах Дальнего востока.

В работах, которые проводятся в Северном (Арктическом) Федеральном университете имени М.В. Ломоносова, г. Архангельск, показаны особенности варки и перспективы использования целлюлозы из эвкалипта при производстве различных видов бумаги и ЦКМ [82-84].

В работах, которые проводятся в Санкт-Петербургском государственном университете лесотехнический университет им. С. М. Кирова, в Белорусском государственном технологическом университете также показана перспектива использования эвкалиптовой целлюлозы [85-87].

В работах зарубежных коллег [79-81] также показаны особенности варки и перспективы использования целлюлозы из эвкалипта при производстве различных видов бумаги и ЦКМ.

Эвкалиптовая целлюлоза имеет ряд преимуществ [79-81]:

✓ Обладает высокой абсорбирующей способностью благодаря своей морфологической структуре, что делает ее идеальным материалом для впитывающей бумаги;

✓ Обладает высокой механической прочностью и хорошей стойкостью к стиранию;

✓ Одним из основных преимуществ эвкалиптовой целлюлозы однородный фракционный состав. Все волокна в эвкалиптовой целлюлозе имеют примерно одинаковый размер, поскольку ее получают из плантационной древесины

✓ Обладает высокой биостойкостью, устойчива к поражению грибами и насекомыми.

✓ В процессе производства используется меньше химических веществ, чем в других видах целлюлозы, что делает ее более химически чистой и, что снижает воздействие на окружающую среду;

✓ Устойчива к ультрафиолетовому излучению, что делает ее идеальным материалом для упаковки, которая подвергается воздействию солнечного света;

✓ Является относительно дешевым материалом, например, нормативная масса офисной бумаги из эвкалиптовой целлюлозы – 75 г/м^2 , что на 5 г/м^2 легче, чем стандарт массы 80 г/м^2 офисной бумаги из древесины хвойных пород. Уменьшенная масса бумаги позволяет сэкономить до 23% древесины, 20% воды и 28% энергии, что значительно повышает экологичность производств.

Волокна эвкалипта короче и намного тоньше волокон бука и березы (рисунок 1.5).

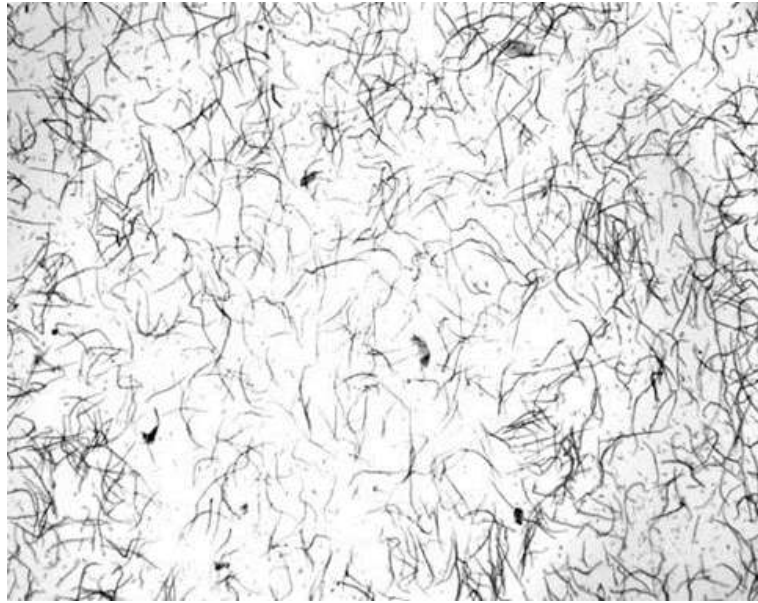


Рисунок 1.5 – Волокна эвкалипта под микроскопом [80]

Линейная плотность волокна составляет только 60% от волокон березы и 40% от волокон бука. Эвкалиптовая целлюлоза также содержит меньше паренхимных клеток и сосудистых элементов, волокна ее отличаются большой гибкостью, которая характеризуется отношением длины волокна к ширине. Целлюлозные волокна осины по длине схожи с целлюлозой эвкалипта, но в два раза толще и поэтому гораздо менее гибкие, а также содержат больше паренхимных клеток и элементов сосудов.

Благодаря своей специфической морфологической структуре эвкалиптовая целлюлоза обладает, наряду с хорошей способностью к формированию однородного листа, сочетанием хорошей прочности с высокой светонепроницаемостью и пухлостью, что видно из (таблица 1.2), а также обладает высокой капиллярной впитываемостью и воздухопроницаемостью, как видно из (таблица 1.3) [76].

Таблица 1.2 – Физико-механические показатели сульфатной целлюлозы из различных пород древесины (степень помола 30-32 °ШР) [76]

Показатель	Эвкалипт	Береза	Бук
Разрушающее усилие, Н	53,5	74,5	50,0
Фактор раздиранья, мН*м ² /г	82,0	85,0	68,0
Коэффициент светорассеяния, см ² /г	430	235	385
Удельный объем (пухлость), см ³ /г	1,96	1,25	1,09

Таблица 1.3 – Состав эвкалиптовой целлюлозы [76]

Состав	Массовая доля, %:
Альфа-целлюлозы	88-90
Мелкого волокна	10-11
Смол и жиров	0,25-0,40
Свойства отливок массой 75 г/м ² , степень помола 30 °ШР):	
Разрывная длина, м	6000-8000
Капиллярная впитываемость воды в течение 5 мин, мм	40-45
Воздухопроницаемость по Бендсену, см ³ /мин	800-900
Белизна ISO, %	90-91

Благодаря этим характеристикам эвкалиптовая целлюлоза используется в качестве полуфабриката для производства многих видов бумажной продукции, бумаги для печати, а также в качестве декоративного слоя облицовочных материалов.

Как следует из приведенных данных, эвкалиптовую целлюлозу перспективно использовать при производстве ЦКМ, для которых необходимо сочетание высоких физико-механических свойств и высокой впитывающей способности с хорошими печатными свойствами [76].

2 ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА НАПРАВЛЕНИЯ РАБОТЫ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ИССЛЕДОВАНИЯ

Производство бумаги и картона в мире составляет примерно 420 млн. тонн в год. По данным Statista GmbH прогнозируется, что потребление продолжит расти в течение ближайшего десятилетия и достигнет 476 миллионов тонн к 2032 году. Наиболее массовыми видами продукции являются тароупаковочные бумага и картон, которые представляют собой целлюлозные композиционные материалы [88].

Как уже было сказано выше, целлюлозные композиционные материалы (ЦКМ) получают путем сочетания целлюлозного компонента с веществами, придающими заданные свойства. Достоинствами целлюлозного компонента являются высокая прочность целлюлозных фибрилл, большая гидрофильность и впитывающая способность, отсутствие у целлюлозы термопластичности, практическая неисчерпаемость сырьевой базы, благодаря постоянно происходящему в природе биосинтезу, способность легко подвергаться вторичной переработке, легкая биоразрушаемость использованных изделий.

Вещества, придающие заданные свойства устраняют недостатки целлюлозного компонента: увеличивают прочностные и эластические свойства, снижают падение прочности во влажном состоянии, придают барьерные, специальные свойства и т.д.

Одним из широко востребованных целлюлозных композиционных материалов является носитель для сбора и хранения биологических веществ - ФТА-карты. Такого рода носители в настоящее время имеют большую сферу применения: в медицинской, биотехнической и криминалистических областях.

ФТА-карты производятся многими компаниями (например - Whatman (GE Healthcare) – Великобритания - США, Ahlstrom-Munksjö – Финляндия, «Алкор Био» – Россия), но существующие виды не обеспечивают надежного хранения в первозданном виде структуру ДНК и РНК вирусов и при длительном хранении она

разрушается и «рубиться» на части, что усложняет проведение дорогостоящих исследований по изучению и определению новых вирусов.

Кроме того, с представленными на Российском рынке ФТА-картами возникают проблемы, связанные с низкими физико-механическими и прочностными свойствами. Использование импортных ФТА-карт удобно для сбора крови и слюны, но в процессе эксплуатации, т.е. при транспортировке, хранении и извлечении из зоны сбора биовещества, материал разрушается (рисунок 2.1). С этой проблемой к нам обратились сотрудники лаборатории молекулярной вирусологии ФГБУ НИИ гриппа им. А. А. Смородинцева Минздрава России.

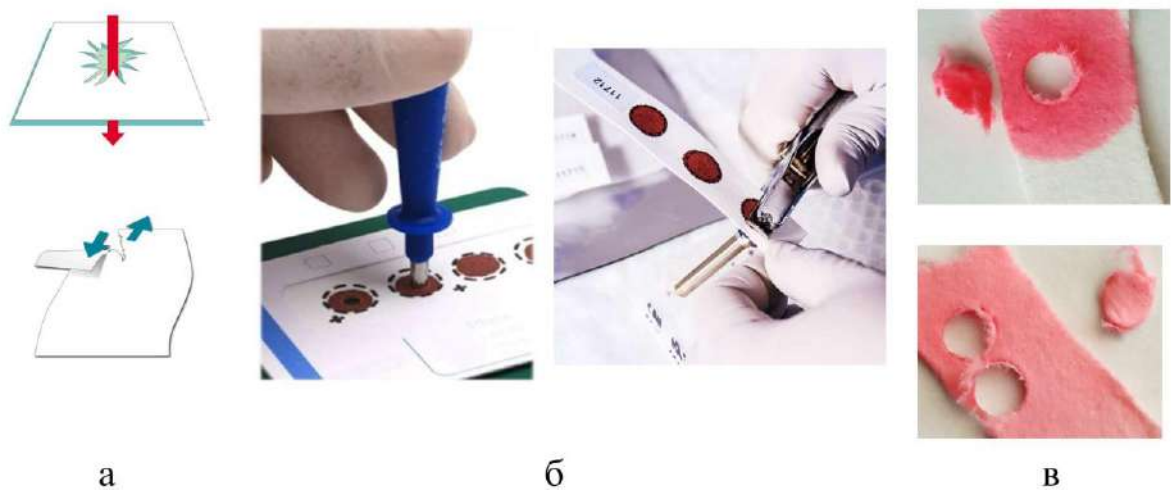


Рисунок 2.1 –Проблемы, возникающие в процессе эксплуатации ФТА-карт:
 а –разрушение и раздирание материала при транспортировке и эксплуатации;
 б – процесс извлечения из зоны сбора биовещества;
 в – проблемы при извлечении из зоны сбора.

Кроме того, в России не существует полного цикла производства ФТА-карт:

- технологии бумаги-основы ЦКМ;
- технологии ЦКМ, путем обработки основы лизирующими растворами;
- нанесения на ЦКМ полиграфической печати;
- формирование ФТА-карт.

Это приводит к большим затратам при закупке данного вида продукции за рубежом для исследовательских лабораторий, медицинских учреждений и др.

Импортные ФТА-карты (рисунок 2.2) представляют собой целлюлозный композиционный материал, с напечатанной на нем информацией, который

получают обработкой впитывающей бумаги-основы, состоящей из хлопкового волокна, химическими веществами, способствующими лизированию (растворению) клеток, денатурации белков и защите ДНК и РНК от повреждения и разрушения в процессе сбора, хранения и транспортировки биологического материала (мочи, слюны, крови и др.). После сбора биоматериал должен равномерно распределиться в капиллярно-пористой структуре целлюлозной матрицы [4].



Рисунок 2.2 – FTA-карты

Однако, хлопок, является дорогостоящим и нестабильным по свойствам материалом, для придания ему бумагообразующих свойств требуется проведение специальной обработки, что делает невозможным производство ЦКМ для сбора и хранения биологических веществ на предприятиях целлюлозно-бумажной промышленности без существенных капитальных затрат.

Таким образом, разработка технологии ЦКМ на основе целлюлозы из древесины для сбора, хранения и безопасной доставки биологических веществ из любой точки нашей страны является актуальной и позволит осуществить импортозамещение при одновременном увеличении глубины переработки исходного древесного сырья.

В ходе анализа литературы было выяснено, что к ЦКМ для сбора и хранения биологических веществ предъявляются высокие требования. С одной стороны, он должен обладать оптимальной впитывающей способностью, которая обеспечит быстрый сбор биологических веществ, с другой стороны, достаточной прочностью, которая важна в процессе пропитки бумаги-основы лизирующими растворами, а затем при сборе, транспортировке и хранении биологических веществ. Кроме того,

ЦКМ должен иметь хорошие печатные свойства, позволяющие наносить на поверхность различную информацию.

Таким образом, целью данной диссертационной работы является разработка технологии целлюлозного композиционного материала для сбора, транспортировки, хранения биологических веществ с высокими физико-механическими и прочностными свойствами, с заданной капиллярно-пористой структурой и балансом гидрофильно-гидрофобных свойств поверхности, при использовании в качестве волокнистого полуфабриката беленой сульфатной целлюлозы из древесины.

Целлюлозный компонент (рисунок 2.3) обеспечит прочностные и деформационные свойства, которые важны при пропитке бумаги-основы, сборе, транспортировке и хранении. Капиллярно-пористая структура – впитывающую способность, которая обеспечит сбор биологических веществ, равномерное распределение биоматериала и возможность быстрого его извлечения. Заданный баланс гидрофильно-гидрофобных свойств обеспечит печатные свойства, позволяющие наносить на поверхность ЦКМ информацию о биоматериале. Обработка лизирующими веществами обеспечит сохранность биологических веществ.

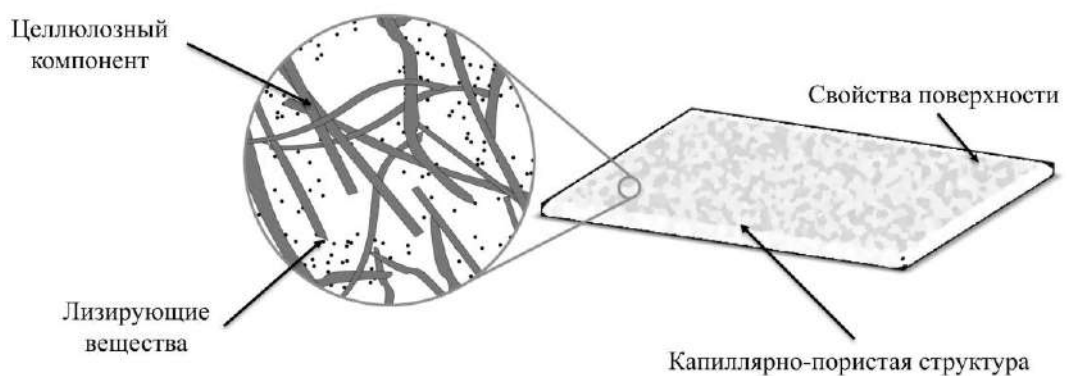


Рисунок 2.3 – Структура ЦКМ для сбора, транспортировки и хранения биовеществ

Как показал анализ литературных источников, ФТА-карта – это целлюлозный композиционный материал, основным элементом которого является впитывающая бумага-основа из хлопкового волокна, обработанная лизирующим раствором.

Одна из основных задач при разработке технологии – разработка номенклатуры показателей качества ЦКМ, в соответствии с требованиями российских и международных нормативных документов по контролю качества готовой продукции. Номенклатура показателей качества (технические характеристики бумаги) может быть положена в основу при разработке нормативной документации на впитывающую бумагу-основу и ЦКМ для сбора, хранения и транспортировки биоматериала, которая в настоящее время в России отсутствует.

За рубежом отсутствуют требования, которые предъявляются к FTA-картам. В международном стандарте ASTM (American Society for Testing and Materials) и стандарте NBS01 CLSI (Clinical and Laboratory Standards Institute) установлены требования только к впитывающей бумаге для метода сухих пятен крови [7;24;89-90].

Поскольку в России нет производства впитывающей бумаги для FTA-карт, представляется необходимым разработать номенклатуру показателей качества для этого вида бумаги и к ЦКМ на ее основе.

Требования к композиционным материалам определяются условиями их эксплуатации. Впитывающая бумага-основа и ЦКМ для сбора, хранения и транспортировки биологических веществ в процессе эксплуатации подвергаются следующим операциям:

- пропитка бумаги-основы лизирующими растворами при получении ЦКМ;
- нанесение жидкого биовещества на поверхность ЦКМ с последующим смачиванием, впитыванием в волокнисто-пористую структуру, набуханием и разрыхлением в зоне сбора, поглощением и распределением биовещества как по пустотам между волокон, так и по капиллярам самих волокон;
- деформирование зоны сбора после высыхания жидкого биовещества;
- механическим воздействиям в процессе эксплуатации, транспортировки и хранения ЦКМ;
- воздействиям окружающей среды (температура, влажность);

- воздействие специального устройства – дырокола для извлечения зоны сбора с биоматериалом, путем продавливания поверхности и разрезания волокон по всей толщине.

Впитывающая способность является одним из важнейших показателей ЦКМ для сбора и хранения биологических веществ. Оптимальная впитывающая способность важна в процессе пропитки бумаги-основы лизирующим раствором, при нанесении печатной краски, при поглощении, распределении и удержании биоматериала в капиллярно-пористой структуре ЦКМ.

Способность бумаги впитывать жидкость зависит: от свойств впитываемой жидкости и от свойств материала, который впитывает эту жидкость [91].

Свойства жидкости, такие как вязкость, температура, наличие растворенных или суспендированных веществ влияют на впитываемость бумаги [94].

Гидрофильные жидкости будут лучше смачивать бумагу, обладающую гидрофильными свойствами, а гидрофобные будут скатываться с поверхности, не проникая в толщу бумаги. Вводя в композицию или нанося на поверхность бумаги гидрофобизирующие вещества можно регулировать гидрофильные-гидрофобные ее свойства, тем самым регулировать впитывающую способность.

От свойств материала впитывающая способность в большой степени зависит от гидрофильно-гидрофобных свойств поверхности и от капиллярно-пористой структуры бумаги, ЦКМ и характеризуется наличием полостей разных размеров, пор и каналов в структуре, т.е. геометрией внутренней структуры бумаги [92].

Пористость бумаги определяет многие свойства, такие как воздухопроницаемость, впитывающую способность по отношению к жидкостям, растворам, суспензиям, а также к краскам.

В нашем случае, лизирующие растворы и биоматериалы (кровь, моча, слизь) являются гидрофильными жидкостями с вязкостью чуть больше, чем вязкость воды [95;96]. Для улучшения смачиваемости и проникновения их в толщу бумаги в пропитывающий состав лизирующих растворов вводят поверхностно-активные вещества [9;36]. Набухание волокон в процессе впитывания жидкости приводит к изменению капиллярно-пористой структуры бумаги, изменяются размеры пор и

капилляров, молекулы жидкости проникают в аморфные части целлюлозы, вызывая релаксационные переходы бумагообразующих полимеров, что приводит к снижению физико-механических и прочностных свойств [97]. Это может привести к обрывам в процессах пропитки и печати, разрушению ЦКМ при сборе, транспортировке и проведении исследования биологических веществ.

Таким образом, исходя из условий эксплуатации можно сформулировать требования к ЦКМ для сбора, хранения и транспортировки биологических веществ.

ЦКМ должен обладать:

- ✓ впитывающей способностью, которая обеспечит быстрый сбор и хранение биологических веществ, путем распределения и удержания биоматериала в капиллярно-пористой структуре ЦКМ без протекания на обратную сторону,

- ✓ высокой механической прочностью, которая важна в процессе сбора жидкого биоматериала, его транспортировки и хранения, где он может подвергаться механическим воздействиям и воздействиям окружающей среды, а также в процессе извлечения биоматериала, путем продавливания поверхности и разрезания волокон по всей толщине.

- ✓ печатными свойствами поверхности, позволяющие наносить на поверхность различную информацию.

- ✓ композиционный материал должен обладать таким составом компонентов, которые не будут взаимодействовать с биовеществом и химической чистотой, что необходимо для качественного проведения анализа после хранения.

Вид исходной целлюлозы играет существенную роль в образовании капиллярно-пористой структуры бумаги. Природа и получение волокна сказывается в дальнейшем на распределении пор в бумаге. Наибольшим суммарным объемом пор обладает бумага из сульфатных видов хвойной целлюлозы. Далее идут из хлопковой, сульфитной еловой и сульфатной осиновой видов целлюлозы. Но при этом, воздухопроницаемость у бумаги из хлопковой целлюлозы выше, чем у других видов волокна, что объясняется строением волокна [99].

Добавление лиственной целлюлозы в бумажную композицию желательно, так как она способствует увеличению набухания и может повысить впитывающую способность [93;100;101].

Использование эвкалиптовой целлюлозы также существенно сказывается на капиллярно-пористой структуре бумаги. Волокна эвкалипта имеют более короткие и тонкие волокна, по сравнению с другими лиственными породами, тем самым плотнее заполняют площадь листа бумаги, что приводит к получению однородной структуры. Благодаря более коротким и жестким волокнам эвкалиптовая целлюлоза позволяет получить бумагу с высокой пухлостью и пористостью [81].

Впитывающая способность бумаги возрастает по мере удаления из нее лигнина. Изменение впитываемости находится в прямой зависимости от содержания в ней α -целлюлозы. Гемичеселлюлозы из-за своего строения приводят к сильному набуханию бумаги с образованием коллоидных растворов на поверхности волокна, что в свою очередь способствует образованию межволоконных связей, повышению прочности и снижению впитываемости [102;129].

Использование облагороженной целлюлозы в составе бумаги дает хорошие результаты при производстве впитывающей бумаги. [92;103;104].

Наибольшее влияние на пористость оказывает степень помола бумажной массы. С увеличением степени помола резко снижается общая пористость бумаги, размер пор и воздухопроницаемость. При этом возрастает удельная поверхность и содержание мелких пор в структуре бумаги. Варьируя технологические режимы размола, прессования, сушки и каландрирования можно также менять впитываемость бумаги в значительных пределах [98;105].

Для оценки капиллярно-пористой структуры в целлюлозно-бумажной промышленности используют показатель воздухопроницаемости, определяемый объемом проходимо воздуха через определенную площадь материала или по скорости проникновения воздуха. Воздухопроницаемость характеризует структурные особенности бумаги, величину капилляров, служащих каналами для воздуха и расстояние между ними [76;106-107].

Пухлость материала или удельный объем представляет собой функцию объема пор в бумаге, то есть также характеризует капиллярно-пористую структуру бумаги. Согласно [108] пухлость определяется как отношение толщины бумаги к массе 1 м² листа.

По значению пухлости также можно судить о степени спрессованности бумаги. Считается, что пухлость связана с такой оптической характеристикой как непрозрачность: чем выше значение пухлости, тем более непрозрачная бумага при равной массе метра квадратного [94].

Способность бумаги поглощать жидкость оценивают по впитываемости – капиллярной, объемной и поверхностной, а также по величине поверхностного проникания.

Капиллярная впитываемость по Клемму характеризует способность растворов подниматься по капиллярам бумаги и распределяться в ее структуре. Капиллярная впитываемость зависит от радиуса пор и гидрофильности волокон [106;109].

Объемная впитываемость или впитываемость при полном погружении характеризует адсорбционную емкость материала – количество жидкости, впитываемое бумагой при полном погружении, определяемое по привесу массы к исходной бумаге. Объемная впитываемость зависит от пухлости бумаги [76;110;111].

Поверхностное проникание (промокаемость) оценивают по времени проникновения жидкости на обратную сторону листа бумаги. Такую впитываемость называют пенетрация по Вильямсу или же проницаемость при одностороннем смачивании. На этом основан один из методов оценки степени проклейки бумаги – впитываемость при одностороннем смачивании по Коббу. Поверхностное проникание характеризует способность бумаги пропускать жидкость с одной поверхности на другую [76;106].

Поверхностная впитываемость характеризует способность бумаги поглощать пропиточный раствор поверхностью. Данный метод основан на определении времени поглощения капли жидкости, нанесенной на поверхность материала.

Поверхностная впитываемость зависит от степени гидрофобности и гладкости поверхности бумаги [76;112].

Как было сказано ранее, материал для сбора и хранения биовеществ должен обладать не только оптимальной впитывающей способностью, но и высокой стойкостью к механическим воздействиям, которые возникают в процессе получения и эксплуатации ЦКМ. При проведении сбора, транспортировке и извлечении биологических веществ ЦКМ может подвергаться воздействию тянущих, изгибающих, давящих статических и динамических нагрузок.

Поведение бумаги под механическим воздействием зависит от следующих факторов структуры листа [92]:

- от сил межволоконных связей и площади поверхности, на которые они действуют;
- от прочности, гибкости и характеристик самих волокон;
- от расположения волокон в структуре бумаги: ориентация, плотность укладки и фракционный состав;
- от равномерности распределения массы волокнистых компонентов по площади листа;
- от наличия вспомогательных веществ и добавок.

Каждый из этих факторов в разной степени влияет на способность бумаги противодействовать механическим нагрузкам.

В настоящее время для исследований используют достаточно большой набор показателей, которые характеризуют влияние различных факторов на прочность бумаги механическим воздействиям [113;114].

Сопротивление бумаги разрыву в большей степени зависит от бумагообразующих свойств и прочности связей волокон в бумаге, чем от длины волокна, кроме того, значительное влияние оказывает и ориентация волокон в структуре бумажного листа [94].

Сопротивление продавливанию определяется силами взаимодействия между волокнами, их средней длиной и зависит от плотности материала. Данный

показатель тесно связан с деформационной способностью бумаги, т.е. находится в прямой зависимости от сопротивления разрыву и удлинению [94].

Сопротивление раздиранию в большей мере зависит от размеров и прочности волокон, при этом с повышением толщины, пухлости и массы метра квадратного бумаги сопротивление раздиранию увеличивается [94].

Одни из важнейших требований к материалу для сбора и хранения биологических веществ является ее химическая чистота, а также совместимость материала с отбираемым биологическим веществом.

Под химической чистотой понимается наличие в бумаге катионов (свинца, железа, меди, натрия, ртути) и/или анионов (хлоридов, сульфатов, сульфитов, сульфидов), вредных органических веществ, а также соответствие заданным показателям щелочности и кислотность бумаги [113].

Для определения химической чистоты бумаги применяют ряд показателей: зольность, рН водной вытяжки, содержание различных включений.

Таким образом, для достижения поставленной цели требуется решить следующие задачи:

- Провести исследования морфологических, физико-механических и впитывающих свойств импортных образцов ФГА-карт;
- Разработать прототип впитывающей бумаги и ЦКМ и оценить влияние процесса пропитки бумаги-основы лизирующим раствором на свойства ЦКМ;
- Исследовать влияние вида и морфологии волокна, процесса размола и подготовки бумажной массы на свойства бумаги-основы и ЦКМ;
- Разработать номенклатуру показателей качества с численными значениями, при которых ЦКМ обеспечит сохранность биовеществ без разрушения зоны сбора биоматериала при транспортировке, хранении и извлечении при помощи дырокола, путем продавливания поверхности и разрезания волокон по всей толщине материала;
- Разработать технологию ЦКМ для сбора, хранения и транспортировки биологических веществ.

3 МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

3.1 Объекты исследования

Для исследования свойств промышленных образцов использовали следующие виды целлюлозных карт носителей биологических веществ:

- Карта FTA Elute Micro Card, Whatman (GE);
- Карта FTA CloneSaver, Whatman (GE);
- Карта ДНК-архив, ООО «Компания Алкор Био»;
- Карта GenSaver 2.0, Ahlstrom (Munktell);
- Карта ДНК Биохранин, ООО «Биохранин».

Для разработки технологии целлюлозного композиционного материала для сбора и хранения биологических веществ использовали следующие виды волокнистых полуфабрикатов:

- Хлопковая целлюлоза (ГОСТ 595-79) марка 250;
- Сульфатная беленая целлюлоза из смеси хвойных пород древесины производства АО «Архангельский ЦБК» (Марка - ХБ-2);
- Сульфатная беленая целлюлоза из смеси лиственных пород древесины производства АО «Архангельский ЦБК» (Марка – ЛС-0, высший сорт);
- Сульфатная беленная эвкалиптовая целлюлоза производства компании The Navigator company, Португалия;
- Синтетическое полиэфирное штапельное волокно, длина 3 мм (по ГОСТ 13321-77).

3.2 Определение морфологических свойств волокна

Определение морфологических свойств волокна проводили на анализаторе Morfi Compact, состоящем из самого измерительного прибора (рисунок 3.1), компьютера для управления и принтера для распечатывания результатов измерения. Метод позволяет определить показатели волокна, от которых зависят бумагообразующие свойства: количество волокон в суспензии, их распределение в общей массе, арифметическая и взвешенная длина, ширина, количество мелочи от

длины, количество мелочи от площади, степень фибрилляции, грубость волокон, угол изгиба, скручиваемость [115].



Рисунок 3.1 – Анализатор волокна Morfi Compact

В процессе измерения образец пропускается через оптическую ячейку, при помощи которой получается изображения волокон в виде фотографий с большим разрешением (рисунок 3.2). Массив фотографий обрабатывается по заложенной программе. Программное обеспечение прибора идентифицирует волокно, костру и мелочь в зависимости от их длины и ширины.

Диапазон определяемых параметров (по умолчанию):

- $200 \text{ мкм} < \text{длина волокна} < 10\,000 \text{ мкм}$
- $5 \text{ мкм} < \text{ширина волокна} < 75 \text{ мкм}$
- $\text{длина мелочи} < 200 \text{ мкм}$.

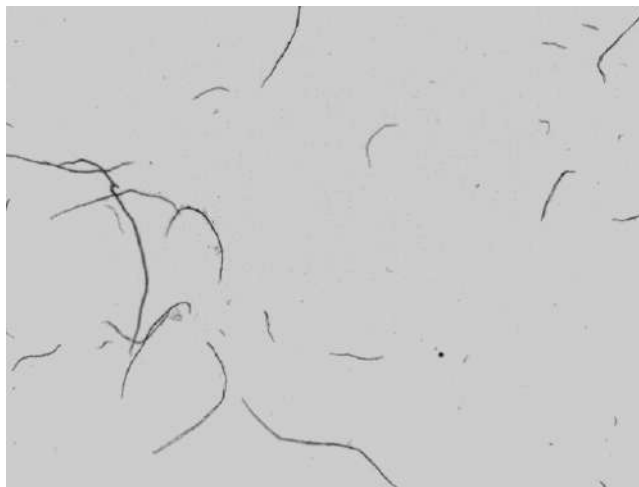


Рисунок 3.2 – Изображение волокон при прохождении измерительной ячейки автоматического анализатора волокна Morfi Compact

На рисунке 3.3 представлена визуализация измерений на мониторе компьютера после обработки экспериментальных данных.

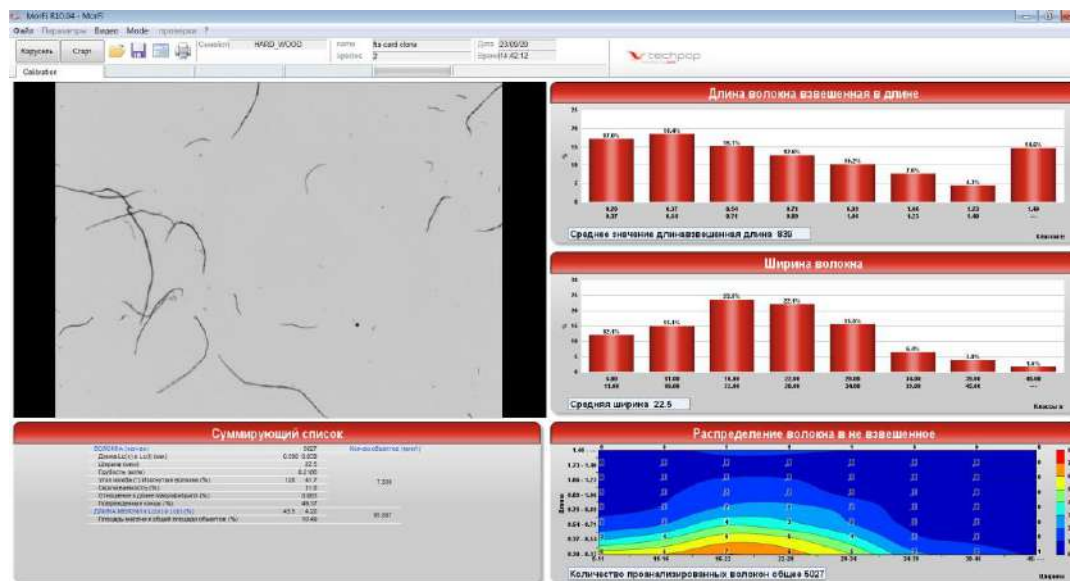


Рисунок 3.3 – Вывод экспериментальных данных на монитор после исследования на анализаторе Morfi Compact

3.3 Микроскопический анализ волокна

Природу волокна определяли с помощью микроскопического анализа, используя гистохимический метод по ГОСТ 7500-85, суть которого заключается в окрашивании волокна реактивом Херцберга и изучении строения волокна с помощью оптического микроскопа (рисунок 3.4). Данный метод позволяет идентифицировать волокна по ряду анатомических признаков и окраске [116].



Рисунок 3.4 – Микроскоп БИОМЕД-6 с цифровой камерой

3.4 Подготовка целлюлозы и изготовление лабораторных образцов ЦКМ

3.4.1 Размол волокна на лабораторном ролле Валлея

Процесс размола волокнистых полуфабрикатов проводили в ролле Валлея (рисунок 3.5) по стандарту ISO 5264-1 до требуемой степени помола [117].



Рисунок 3.5 – Лабораторный ролл Валлея

Степень помола волокнистых полуфабрикатов измеряли в соответствии с ГОСТ 14363.4–89 на аппарате Шоппер-Риглера с пневматическим приводом и цифровым дисплеем РТА (рисунок 3.6) [118].



Рисунок 3.6 – Аппарат Шоппер-Риглера

3.4.2 Изготовление лабораторных образцов ЦКМ

Отливки изготавливали на листоотливном аппарате Рапид-Кетен с двумя зонами сушки и автоматизированным управлением (рисунок 3.7) в соответствии со стандартами ИСО 5269-2, ГОСТ 14363.4 [119].

Концентрацию массы при отливе поддерживали в пределах 0,37-0,39%.



Рисунок 3.7 – Листоотливной аппарат Рапид-Кетен с автоматическим управлением

Для получения ЦКМ пропитку лабораторных отливок проводили по технологии ФТА лизирующим раствором следующего состава:

- ✓ 60 мл 1М Трис-гидроксиметилметана (Трис);
- ✓ 20 мл 0,5М Этилендиаминтетрауксусной кислоты (ЭДТА);
- ✓ 100 мл 20% додецилсульфата натрия, доведенного до 1000 мл деионизированной водой.

Привес массы поддерживали в пределе – 5-10 % от массы непропитанной отливки.

3.5 Исследование свойств импортных образцов и лабораторных отливок

Перед проведением физико-механических испытаний все образцы подвергали кондиционированию по режиму 1 (относительная влажность воздуха 50 ± 2 % и температура 23 ± 1 °С) в соответствии с ГОСТ 13523-78.

Для исследования физико-механических, структурных и впитывающих свойств использовали стандартные неразрушающие и разрушающие методы испытания бумажной продукции. Исследования проводили в соответствии с международными стандартами ИСО и ГОСТ.

3.5.1 Определение толщины

Толщину определяли при помощи универсального толщиномера со сменной измерительной площадкой (рисунок 3.8) в соответствии со стандартом ГОСТ Р ИСО 534-2012.



Рисунок 3.8 – Универсальный толщиномер со сменной измерительной площадкой

Сущность метода заключается в определении толщины отдельных листов картона при определенном давлении [108].

3.5.2 Определение показателей прочности при растяжении

Для определения показателей прочности на разрыв использовали горизонтальную разрывную машину (рисунок 3.9) в соответствии со стандартом ГОСТ Р ИСО 1924-2-2012.



Рисунок 3.9 – Горизонтальная разрывная машина

Принцип работы горизонтальной разрывной машины основан на определении усилия, необходимого для разрушения образца, закрепленного между двумя зажимами. Разрушение образца осуществляется посредством движения одного зажима, второй зажим остается неподвижным. Кроме усилия, во время разрушения образца определяется удлинение. Остальные показатели прочности на разрыв рассчитываются по формулам, представленным в стандарте [120].

3.5.3 Определение сопротивления раздиранию

Определение сопротивления раздиранию картона производили на приборе Эльмендорфа (рисунок 3.10) в соответствии со стандартами: ИСО 1974, ГОСТ 13525.3-97.



Рисунок 3.10 – Цифровой прибор Эльмендорфа для определения сопротивления раздиранию

Принцип работы основан на определении усилия, необходимого для раздираания предварительно надрезанного образца. Результаты испытания отображаются на дисплее в графическом и числовом виде. Рассчитываются статистические данные (минимальное, максимальное, среднее значение, стандартное отклонение) [121].

3.5.4 Определение сопротивления продавливанию

Определение сопротивления продавливанию по стандартам: ИСО 2758, ГОСТ 13525.8-86, осуществляли на приборе, представленном на рисунке 3.11.



Рисунок 3.11 – Прибор для определения сопротивления продавливанию

Принцип работы прибора основан на воздействии на зажатый по кольцу образец избыточным давлением, передаваемым через резиновую мембрану, до его полного разрушения. Избыточное давление создается путем нагнетания с постоянной скоростью поршнем давления глицерина и передается на образец через резиновую мембрану. Сопротивлением продавливанию испытуемого образца считается максимальное значение приложенного гидравлического давления [122].

3.5.5 Определение шероховатости и воздухопроницаемости по Бендтсену

Определение шероховатости и воздухопроницаемости проводили на приборе, представленном на рисунок 3.12, по стандартам ИСО 8791-2, ИСО 5636 - 3.



Рисунок 3.12 – Прибор для измерения воздухопроницаемости и шероховатости по Бендтсену

Шероховатость по Бендтсену – это величина потока воздуха в мл/мин, проходящего между кромкой измерительного узла и образцом, помещенным на стеклянную пластину, благодаря наличию неровностей на поверхности бумаги при постоянном избыточном давлении воздуха в измерительном узле.

Воздухопроницаемость по Бендтсену определяют, как величину потока воздуха, прошедшего через образец площадью 10 см^2 , зажатый между двумя круглыми прокладками измерительного узла при постоянном избыточном давлении воздуха в измерительном узле. Результаты измерения воздухопроницаемости может быть также выражены в секундах (по Герлею).

Результаты испытания отображаются в графическом и числовом виде, рассчитываются статистические данные (минимальное, максимальное, среднее значение, стандартное отклонение) [123;124].

3.5.6 Определение капиллярной впитываемости по Клемму

Капиллярную впитываемость по Клемму определяли с помощью специального устройства в соответствии с ГОСТ 12602-93 (рисунок 3.13). Метод заключается в испытании полоски материала, один конец которой закреплен в вертикальном положении, а другой погружен в воду и измерении уровня подъема воды через 10 мин [109].



Рисунок 3.13 – Устройство для определения капиллярной впитываемости по Клемму

3.5.7 Определение поверхностной впитываемости капельным способом

Определение поверхностной впитываемости капельным способом осуществлялось в соответствии с ГОСТ 12603-67.

Сущность метода заключается в определении времени впитывания капли дистиллированной воды, нанесенной на поверхность материала из бюретки, установленной над образцом [112].

3.5.8 Определение массовой доли золы

Определение содержания золы осуществляется по методике, описанной ГОСТ Р ИСО 1762-2022.

Сущность метода заключается в определении примерного содержания золы, которая содержит: минеральные вещества, наполнители, пигменты, покрытия или остатки добавок в испытуемом образце путем озоления пробы навески пробы при температуре (525 ± 25) °С.

Массовая доля золы – это процентное отношение массы остатка, полученного при озолении испытуемого образца при температуре (525 ± 25) °С, к массе испытуемого образца до озоления, высушенного в сушильном шкафу.

Содержание золы (X) в процентах вычисляют по формуле:

$$X = \frac{m_1 \cdot 100}{m_0}$$

где m_0 – масса навески абсолютно сухого испытуемого образца, г;

m_1 – масса остатка, г;

За результат принимают среднее арифметическое двух параллельных определений, округленное с точностью до второго десятичного знака.

4 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

4.1 Исследование свойств импортных ГТА-карт для сбора и хранения биовеществ

В первой части работы были изучены свойства импортных образцов ГТА-карт, представленных в настоящее время на российском рынке и предоставленные нам на испытание лабораторией молекулярной вирусологии ФГБУ НИИ гриппа им. А. А. Смородинцева, Минздрава России.

В первую очередь представлялось необходимым изучить природу волокна и его морфологию, поскольку из литературных источников известно только, что для производства ГТА-карта используется 100 % хлопок.

Кроме того, анализ литературных источников показал, что ГТА-карта является целлюлозным композиционным материалом, состоящим из впитывающей бумаги, обработанной лизирующим раствором, к которому предъявляются высокие требования как по впитывающим, так и прочностным свойствам, поэтому представлялось необходимым исследовать те свойства, которые являются определяющими – впитывающие и физико-механические.

4.1.1 Определение природы волокна и морфологических особенностей волокон промышленных образцов бумажных носителей

Для определения природы волокна бумажных носителей применяли микроскопический анализ. Данный метод позволяет идентифицировать волокна по ряду анатомических признаков и окраске [116].

Микроскопические фотографии волокон промышленных образцов представлены на рисунке 4.1-4.5.

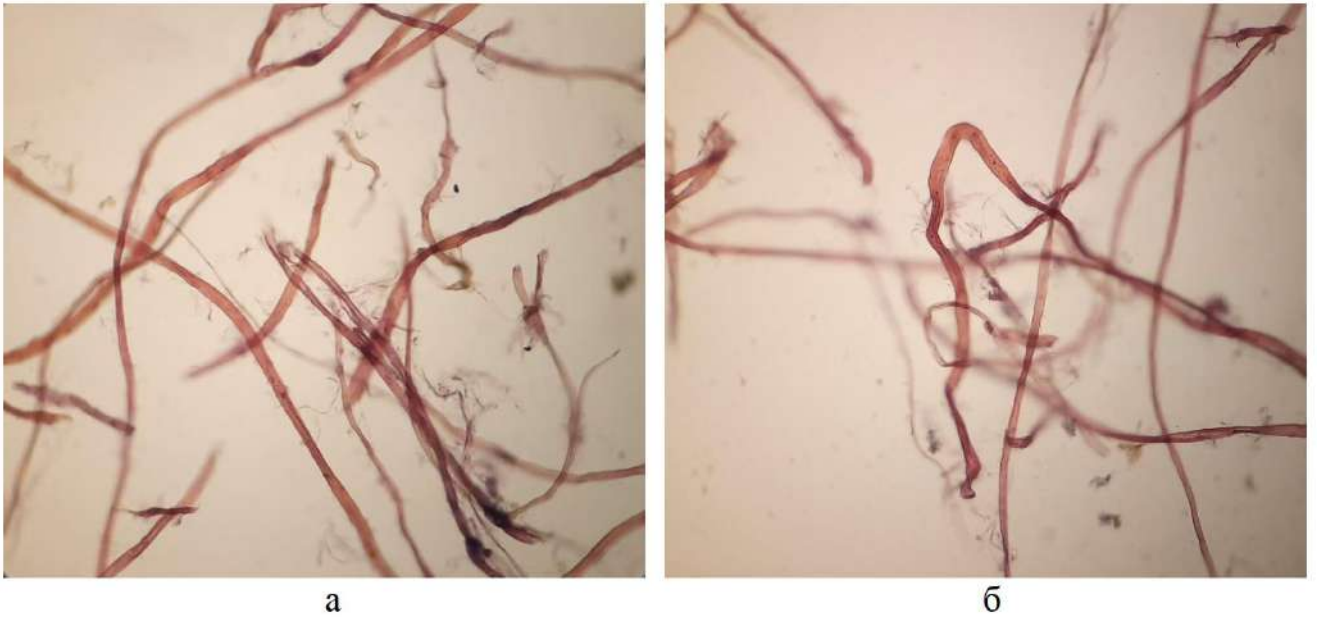


Рисунок 4.1 – Микроскопические снимки волокон образца «Elute Micro Card» при 100 кратном увеличении

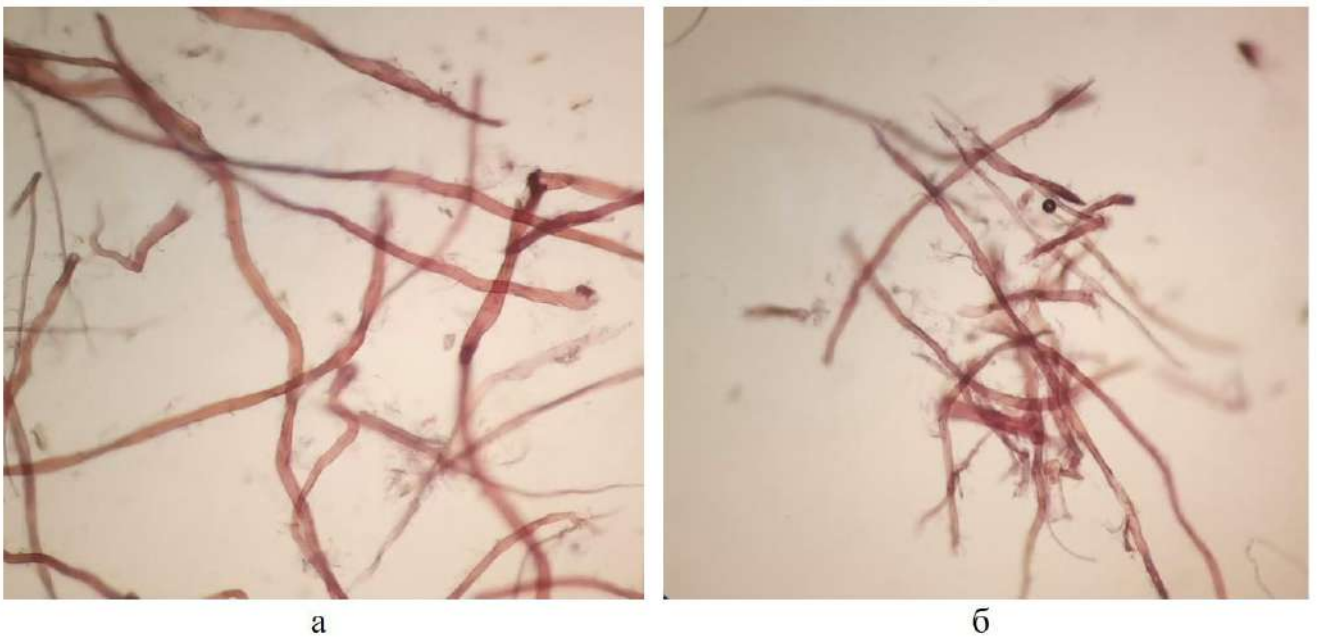


Рисунок 4.2 – Микроскопические снимки волокон образца «Clone Saver» при 100 кратном увеличении

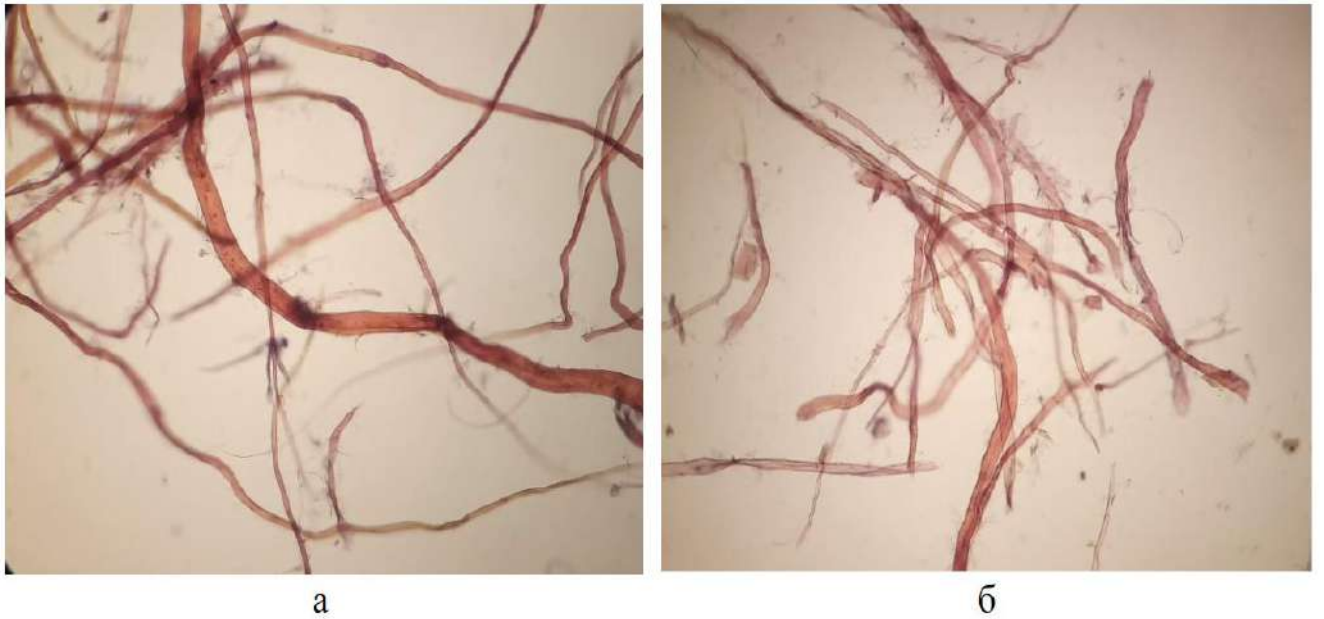


Рисунок 4.3 – Микроскопические снимки волокон образца «GenSaver 2.0» при 100 кратном увеличении

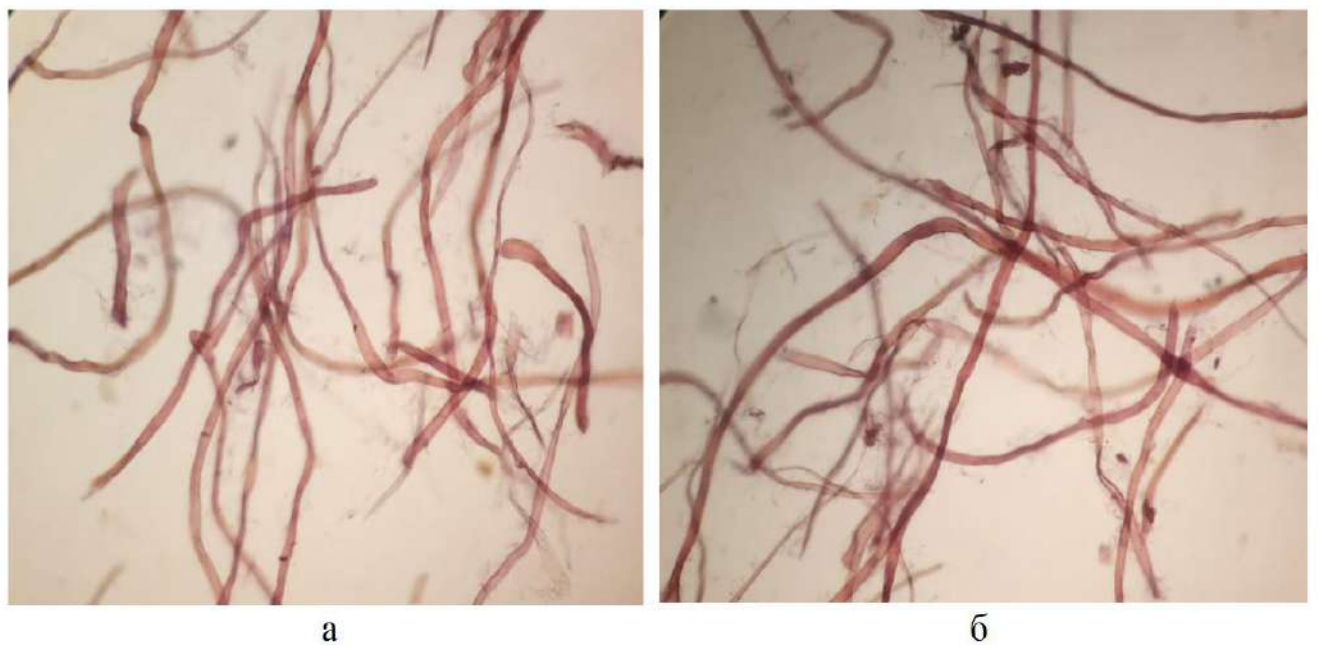


Рисунок 4.4 – Микроскопические снимки волокон образца «ДНК-архив» при 100 кратном увеличении

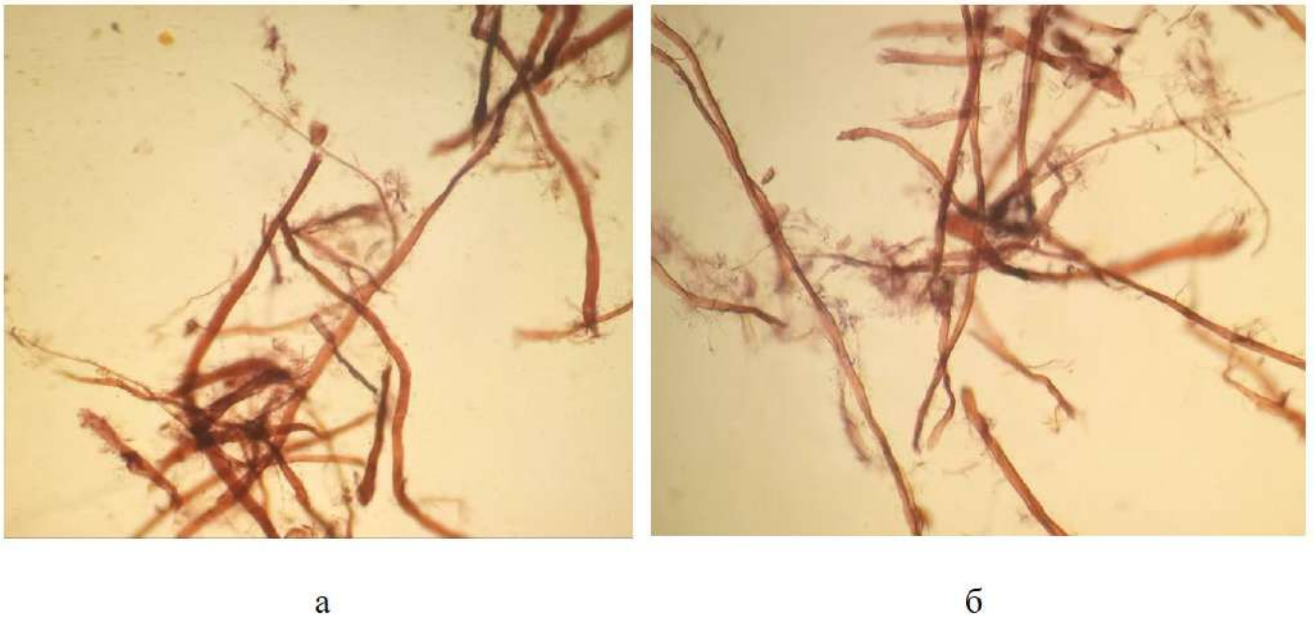


Рисунок 4.5 – Микроскопические снимки волокон образца «ДНК карта Биохран» при 100 кратном увеличении

В результате микроскопического анализа (рисунок 4.1-4.5) определено, что волокна FTA-карт при обработке реактивом Херцберга, окрашиваются в вино-красный (пурпурно-красный) цвет, что соответствует по ГОСТ 7500-85 текстильным волокнам, а по анатомическим признакам, видно, что это хлопок – лентообразные, тонкостенные, скрученные вокруг своей продольной оси широкой спиралью [118;125].

Кроме того, наблюдается различная степень разработанности волокон (поврежденные концы, пучки волокон, фибриллы на поверхности волокна) [127].

Для исследования морфологических характеристик волокон использовали анализатор Morfi Compact. Метод позволяет определить количество волокон в суспензии, их распределение в общей массе, арифметическую и взвешенную длину, ширину, количество мелочи от длины, количество мелочи от площади, степень фибрилляции, а также грубость волокон, угол изгиба, скручиваемость, т.е. показатели, от которых зависят бумагообразующие свойства. Для первичного волокна наиболее показательными являются: средневзвешенная длина, ширина, степень фибрилляции, содержание мелкого волокна (менее 0,2 мм), грубость, скручиваемость.

Морфологические свойства волокна импортных образцов представлены в таблице 4.1. Волокна исследованных образцов имеют невысокие показатели средневзвешенной длины (около 0,8-1,2 мм), высокое содержание мелочи, и поврежденных концов волокон, высокую степень фибрилляции. Все это указывает на то, что волокно, из которого произведены исследованные виды FTA-карт подвергалось процессу размола [127;130].

Таблица 4.1 – Морфологические свойства волокон промышленных образцов

Свойства	Импортные образцы FTA-карт				
	Elute Micro Card	Clone Saver	GenSaver 2.0	ДНК-архив	ДНК карта Биохран
Средневзвешенная длина, мкм	1153	831	1071	1206	859
Ширина волокна, мкм	22	23	24	24	25
Изогнутые волокна, %	54	44	51	54	41
Индекс скручиваемости волокон, %	14	12	13	13	11
Поврежденные концы, %	48	52	51	51	52
Степень фибрилляции, %	0,7	0,9	0,8	0,7	1,3
Содержание мелочи, %	8	9	7	6	11

Индекс скручиваемости волокон невысокий и составляет 11-14 %. Это также указывает на то, что волокнистая масса подвергалась процессу размола, поскольку известно, что в процессе размола волокна начинают выпрямляться, вытягиваться, что сказывается на их скручиваемости и изгибах [126].

На рисунке 4.6 представлен фракционный состав по длине волокна исследованных образцов.

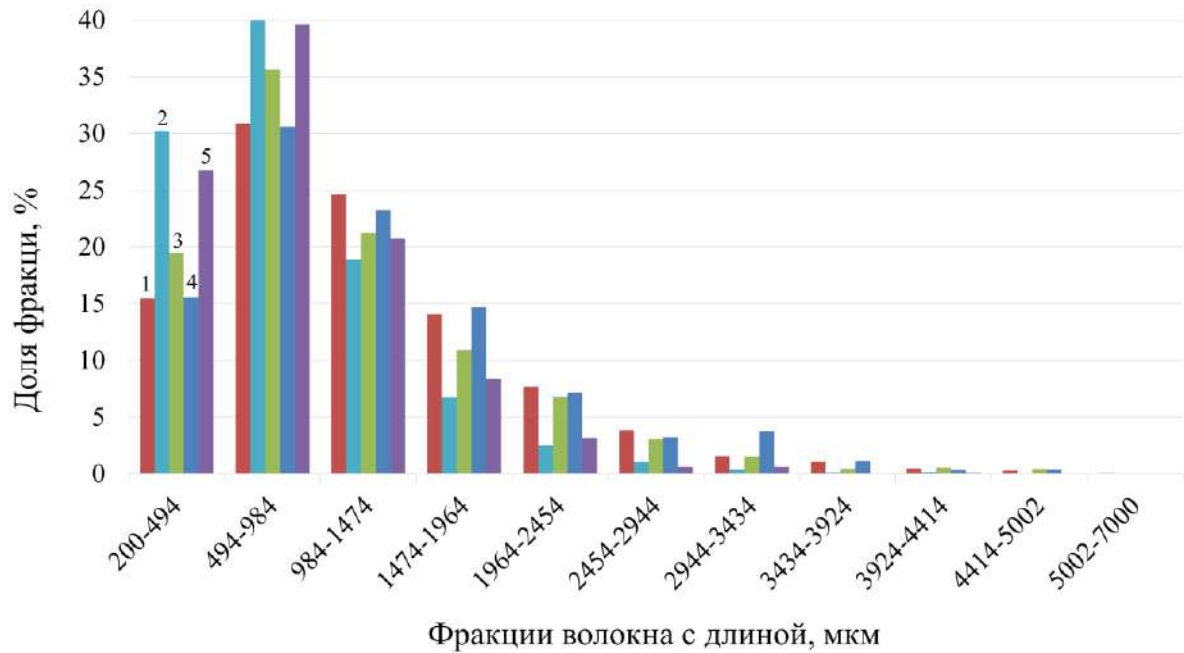


Рисунок 4.6 – Фракционный состав по длине волокна образцов FTA-карт:
 1 - образец «Elute Micro Card», 2 - образец «Clone Saver», 3 - образец «GenSaver 2.0»,
 4 - образец «ДНК карта», 5 – образец «ДНК карта Биохран»

Образцы №2 и №5 имеют до 70 % всех волокон размером 200-984 мкм, что возможно является следствием длительного механического воздействия на волокно в процессе размола. У остальных образцов содержание волокон размером 200-984 составляет до 47%. Отметим, что во всех исследуемых образцах содержится значительное количество длинных волокон более 2 мм.

Как известно [72], средневзвешенная длина волокна хлопковой целлюлозы, используемая для производства бумаги, колеблется в пределах 1,0 до 2,0 мм.

Таким образом, анализ результатов микроскопического и морфологического исследования показал, что для производства FTA-карт используют хлопковую целлюлозу, которую подвергают процессу размола.

4.1.2 Оценка физико-механических и впитывающих свойств импортных образцов

Следующим этапом изучения промышленных образцов стала оценка физико-механических и впитывающих свойств бумажных носителей.

Для оценки физико-механических свойств были выбраны следующие показатели: масса метра квадратного, толщина, прочность при растяжении, при продавливании и раздирании.

Для оценки капиллярно-пористой структуры материала использовали показатели: воздухопроницаемость, шероховатость, пухлость.

Для оценки впитывающей способности: капиллярную впитываемость по Клемму и поверхностную впитываемость капельным способом.

Результаты проведенного исследования представлены в таблице 4.2.

Анализ полученных данных показал, что на рынке представлен широкий ассортимент ФТА-карт, имеющих разные свойства.

Образцы выпускают различной массы метра квадратного, они имеют невысокую плотность, что свидетельствует о низкой сомкнутости структуры материала, а значения показателя пухлости указывают на рыхлость структуры. Исследование прочностных свойств показало, что импортные образцы обладают низкой прочностью при растяжении, продавливании и раздирании.

Показатели впитывающих свойств указывают на то, что данный материал достаточно пористый, поверхность некоторых образцов сильно шероховатая. Бумажный носитель быстро поглощает жидкости с поверхности (за секунды) и обладает хорошими капиллярными свойствами.

Один из исследуемых образцов выделяется на фоне других – «ДНК карта Биохран». Обладая не большой массой метра квадратного, он имеет достаточно высокую прочность и низкие впитывающие свойства по сравнению с другими образцами. Это вероятно связано с тем, что волокно, из которого сделан данный образец, подвергали размолу до большей степени помола, чем волокна других видов образцов. Данное предположение подтверждают морфологические

показатели волокна. Степень фибрилляции волокна для этого образца составляет 1,26 %, для остальных 0,7 - 0,9 %.

Таблица 4.2 – Физико-механические и впитывающие свойства промышленных образцов

Показатель	Промышленные образцы FTA карт				
	Elute Micro Card	Clone Saver	GenSaver 2.0	ДНК-архив	ДНК карта Биохран
Масса 1 м ² , г	360	210	250	233	194
Толщина, мкм	870	519	701	568	421
Плотность г/см ³	0,41	0,40	0,34	0,41	0,46
Пухлость, см ³ /г	2,4	2,5	2,9	2,4	2,2
Разрывная длина, км	0,9	0,7	0,6	0,6	1,2
Разрушающее усилие, Н	49	20	20	20	33
Удлинение при разрушении, %	3,2	2,1	2,1	2,2	2,1
Модуль упругости, Н/мм ²	340	370	340	280	630
Сопротивление продавливанию, кПа	250	74	65	110	160
Сопротивление раздиранию, мН	460	440	360	400	680
Воздухопроницаемость по Бендтсену, мл/мин	5000	5000	5000	5000	2800
Шероховатость по Бендтсену, мл/мин	5000	2300	5000	5000	1600
Капиллярная впитываемость по Клемму, мм	94	67	70	79	43
Поверхностная впитываемость капельным способом, с	3	4	3	2	7
Массовая доля золы, %	1,9	1,0	1,6	1,3	1,2

Таким образом, все исследуемые образцы FTA-карт обладают высокой впитывающей способностью, но при этом низкими физико-механическими и прочностными свойствами.

4.2 Разработка прототипа бумаги-основы ЦКМ для сбора и хранения биологических веществ

Исследование физико-механических и впитывающих свойств импортных образцов показало, что все ФТА-карты обладают высокой впитывающей способностью, но при этом низкими физико-механическими и прочностными свойствами, что и приводит к проблемам при транспортировке, хранении и извлечении зоны сбора биоматериала.

Однако, испытанию подвергались уже пропитанные лизирующими растворами ЦКМ. Известно, что процесс пропитки бумаги-основы может привести к снижению или увеличению физико-механических и впитывающих свойств ЦКМ в зависимости от вида пропиточного состава [106;136-138].

В связи с этим, представлялось необходимым получить прототип впитывающей бумаги-основы ФТА-карт из хлопковой целлюлозы в лабораторных условиях, изучить свойства, провести пропитку его лизирующим раствором и оценить степень влияния пропиточного состава на свойства ЦКМ.

Для создания прототипа необходимо было получить бумажную массу с морфологическими характеристиками волокна подобными волокну ФТА-карт, исследовать свойства полученной бумаги-основы и ЦКМ, полученного после пропитки.

4.2.1 Исследование влияния процесса размола на морфологические свойства волокна хлопковой целлюлозы, свойства бумаги-основы и ЦКМ

Одной из важнейших операций бумажного производства, является размол, от которого в значительной степени зависят бумагообразующие свойства волокна. Не размолотые волокна обладают малой пластичностью, слабо развитой поверхностью и мало гидратированы, вследствие чего такие волокна плохо связываются друг с другом в бумажном листе.

Цель размола подготовить волокнистый материал к отливу, придать ему определенную степень гидратации, сделать волокна гибкими, пластичными,

увеличить их поверхность (фибрилляцией и набуханием), обеспечить лучший контакт и связь волокон в бумажном листе (придать ему прочность); придать бумажному листу путем укорочения, расщепления и фибрилляции волокон требуемую морфологическую структуру, физико-механические, структурные свойства (пухлость, пористость), а также впитывающую способность [93;128].

Волокна различной природы по-разному подвергаются процессу размола. Так, например, волокна хлопковой целлюлозы труднее подвергаются процессу размола, чем волокна целлюлозы из древесины, так как в большей степени подвержены укорачиванию волокна, а не фибриллированию [76;131].

Для проведения исследования использовали хлопковую целлюлозу марки 250. Размол проводили на лабораторном ролле «Валлей» при разных концентрациях и времени. Градус помола волокна определяли на аппарате Шоппер-Риглера [132].

Отливки массой 240 ± 5 г/м², имитирующие впитывающую бумагу-основу, изготавливали на листоотливном аппарате Рапид-Кетен с автоматическим управлением. Лабораторные образцы бумаги-основы ЦКМ подвергали пропитке раствором по технологии ФТА до получения привеса 5-10 %, сушили при комнатной температуре до полного высыхания.

Для оценки качества формования (просвета), которое влияет на все свойства ЦКМ и в большой степени определяется морфологией волокна, были разработаны два метода [132;133].

Первый метод - визуальное оценивание, основанное на оценке группой людей образцов на просвет в соответствии с балльной системой от 0 до 7, где 0 – очень плохое формование, 7 – хорошее формование и определение среднего значения, при этом чем выше балл, тем равномернее структура отливки.

Второй метод - оптический – определение среднеквадратичного отклонения непрозрачности при помощи спектрофотометра. Для каждой отливки определяли в 25 точках непрозрачность с последующим расчетом среднеквадратичного отклонения от этого показателя. Оценка образцов происходила следующим

образом: чем ниже значение среднеквадратичного отклонения, тем лучше качество формования (равномерность просвета) отливки.

В разделе 4.1 были изучены морфологические характеристики волокна, из которого состоят импортные образцы FTA-карт; средневзвешенная длина от 0,8 до 1,2 мм, ширина волокна 22 – 25 мкм, степень фибрилляции 0,6 – 1,3 %, содержание мелкого волокна составляет 5 - 11%, градус помола 18-25°ШР.

Исследования образцов FTA-карт на впитывающую способность показало высокие значения, что необходимо для эффективной эксплуатации материала для сбора и хранения образцов биологических веществ.

На основании данных, полученных в предыдущем подразделе, было принято решение, для придания таких же морфологических свойств, как у волокна импортных образцов, провести размол хлопковой целлюлозы так, чтобы она подвергалась в большей степени рубке, чем фибриллированию.

Одними из важнейших факторов, влияющих на процесс размола, являются концентрация массы и время размола [92]. В связи с этим было изучено влияние концентрации волокнистой массы и время размола на морфологические свойства волокна хлопковой целлюлозы.

Из литературных данных [92-94] известно, что для снижения длины волокна и достижения невысокой фибрилляции размол проводят при пониженной концентрации или/и давлении. Поэтому для подбора концентрации массы были выбраны концентрации – 2, 3, 4 и 5 г/л и время размола 2, 4 и 6 минут. Выбор оптимальной концентрации осуществлялся исходя из нескольких параметров: достаточно быстрое снижение длины волокна, минимальная фибрилляция волокна за короткое время, а также хорошее формование (равномерный просвет) отливки [133].

Результаты изменения средневзвешенной длины и степени фибрилляции волокна хлопковой целлюлозы при размоле представлены на рисунках 4.7 и 4.8

Как можно видеть из рисунков 4.7 и 4.8, оптимальное снижение длины волокна и минимальная степень фибрилляции за короткое время (2-4 минуты) достигается при размолу массы концентрацией 3-4 г/л. При концентрации 2 г/л

происходит сильная фибрилляция, при 5 г/л резкое снижение длины волокна (при 6 минутах).

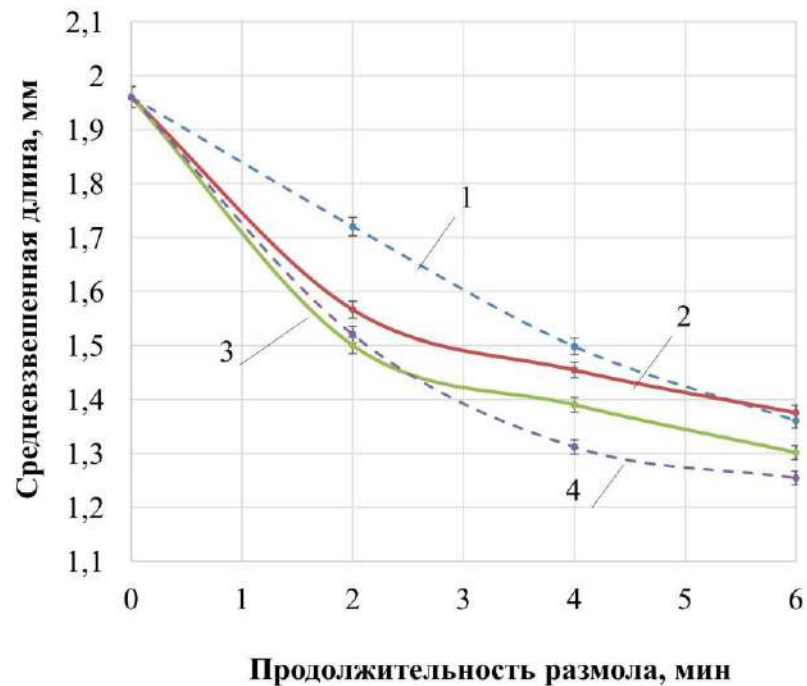


Рисунок 4.7 – Влияние концентрации волокнистой массы на средневзвешенную длину волокна хлопковой целлюлозы: 1 - концентрация массы 5 г/л, 2 - концентрация массы 4 г/л, 3 - концентрация массы 3 г/л, 4 - концентрация массы 2 г/л

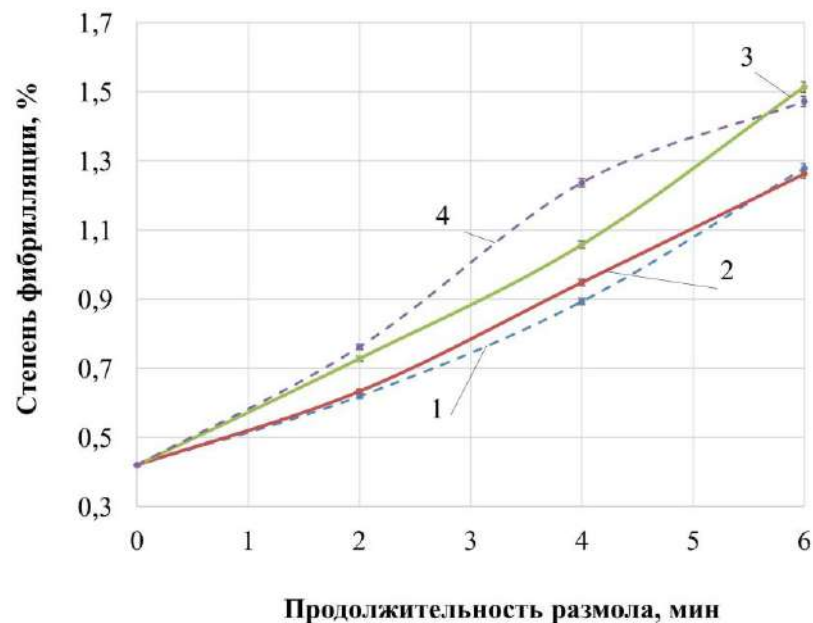














Рисунок 4.8 – Влияние концентрации волокнистой массы на степень фибрилляции волокна хлопковой целлюлозы: 1 - концентрация массы 5 г/л, 2 - концентрация массы 4 г/л, 3 - концентрация массы 3 г/л, 4 - концентрация массы 2 г/л

Результаты определения среднеквадратичного отклонения непрозрачности отливок и распределение баллов и фотографий отливок по визуальному методу представлены на рисунке 4.9 и в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Распределение баллов при оценке качества формования отливки по визуальному методу

	Отливки (240 г/м^2) из массы при разной концентрации размола и времени		
Концентрация массы и время размола	2 г/л (2 мин)	2 г/л (4 мин)	2 г/л (6 мин)
Изображение отливки			
Среднее значение баллов	2,5	4,7	6,0
Концентрация массы и время размола	3 г/л (2 мин)	3 г/л (4 мин)	3 г/л (6 мин)
Изображение отливки			
Среднее значение баллов	2,3	5,0	6,2
Концентрация массы и время размола	4 г/л (2 мин)	4 г/л (4 мин)	4 г/л (6 мин)
Изображение отливки			
Среднее значение баллов	2,5	4,2	5,7
Концентрация массы и время размола	5 г/л (2 мин)	5 г/л (4 мин)	5 г/л (6 мин)
Изображение отливки			
Среднее значение баллов	2,5	4,3	5,8

Оценка качества формования отливок показала, что с увеличением времени размола и снижением концентрации суспензии хлопковой целлюлозы снижается среднеквадратичное отклонение непрозрачности отливки, что обусловлено улучшением качества просвета (хорошее формование отливок), что заметно на фотографиях.

Отливки, полученные из массы, размолотой при концентрации 2-3 г/л и времени размола 4-6 минут, имеют самый равномерный просвет. Однако при концентрации 2 г/л наблюдается высокая степень фибрилляции волокна.

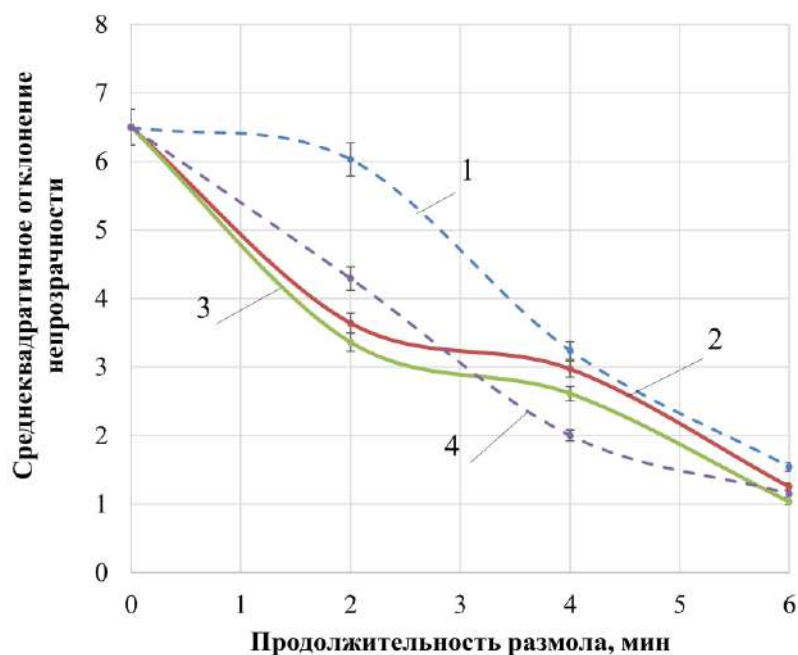


Рисунок 4.9 – Среднеквадратичное отклонение непрозрачности отливок в зависимости от концентрации массы и времени размола: 1 - концентрация массы 5 г/л, 2 - концентрация массы 4 г/л, 3 - концентрация массы 3 г/л, 4 - концентрация массы 2 г/л

Поскольку известно, что слишком фибриллированное волокно приводит к образованию прочной плотной структуры бумажного полотна, что может привести к потере впитываемости ЦКМ, было принято решение в дальнейшей работе проводить размол при концентрации массы 3,8 г/л при меньшем времени размола (60 с., 90 с., 120 с., и 180 с.) [133].

Результаты исследования морфологии (таблица 4.4) показали, что волокна размолотой хлопковой целлюлозы в сравнении с образцами волокна ФТА-карт

имеют подобную структуру, однако с увеличением степени помола выше 18 °ШР наблюдается сильное повышение степени фибрилляции с 0,9-1,2 до 1,5 %, что на 20% больше, чем у импортных образцов.

Таблица 4.4 – Морфологические характеристики размолотого волокна хлопковой целлюлозы, в сравнении с импортными образцами FTA-карт

Свойства	Время размола, сек					Усредненные значения для импортных образцов
	0	60	90	120	180	
Степень помола, °ШР	12±1	16±1	18±1	22±2	32±2	18-25
Средневзвешенная длина, мм	1,9	1,3	1,2	1,1	0,9	0,8-1,2
Ширина волокна, мкм	22	26	27	29	27	22-25
Степень фибрилляции, %	0,4	0,9	1,2	1,4	1,5	0,6-1,3
Содержание мелочи, %	4	7	9	8	10	5-11

Исследование физико-механических, структурных и впитывающих свойств, имитирующих впитывающую бумагу-основу ЦКМ, представлены в таблице 4.5.

Как видно из таблицы 4.5, размол хлопковой целлюлозы существенно влияет не только на морфологию волокна, но также и на свойства бумаги-основы ЦКМ.

Таблица 4.5 – Свойства лабораторных отливок, имитирующих бумагу-основу ЦКМ, в сравнении с импортным образцом FTA-карта GenSaver 2.0

Свойства	Степень помола, °ШР					FTA-карта GenSaver 2.0
	12±1	16±1	18±1	22±2	32±2	
Масса 1 м ² , г	-	240 ± 5				250
Разрушающее усилие, Н	-	48	53	76	129	20
Соппротивление продавливанию, кПа	-	244	220	340	530	65
Соппротивление раздиранию, мН	-	2400	2400	2700	2600	360
Воздухопроницаемость по Бендтсену, мл/мин	-	5000	4300	2900	340	5000
Капиллярная впитываемость по Клемму, мм	-	82±5	75±5	47±5	22±5	70±5

Исследование процесса размола показало, что подобные характеристики достигаются при размолке хлопковой целлюлозы до степени помола 16-18 °ШР, что обеспечит впитывающие свойства такие же, как у импортных образцов.

4.2.2 Исследование влияния пропитки бумаги-основы на свойства ЦКМ

Для оценки влияния процесса пропитки на свойства ЦКМ лабораторные отливки бумаги-основы, полученные из бумажной массы, размолотой до 16 - 18°ШР, подвергали пропитке водным раствором, состоящем из смеси: 60 мл 1М Трис-гидроксиметилметана (Трис), 20 мл 0,5М Этилендиаминтетрауксусной кислоты (ЭДТА), 100 мл 20% додецилсульфата натрия, доведенного до 1000 мл деионизированной водой (по технологии FTA).

Пропитку осуществляли до получения привеса 5-10%. Образцы сушили при комнатной температуре до полного высыхания.

Результаты определения физико-механических и впитывающих свойств лабораторных образцов до и после пропитки представлены в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Влияние пропитки на свойства бумаги-основы и ЦКМ

Свойства	Бумага-основа	ЦКМ	FTA-карта GenSaver 2.0
	До пропитки	После пропитки	
Степень помола, °ШР	16-18	-	
Масса 1 м ² , г	240±5	250±5	250
Разрушающее усилие, Н	51	20	20
Модуль упругости, Н/мм ²	1055	320	340
Соппротивление продавливанию, кПа	242	113	65
Соппротивление раздиранию, мН	2400	1000	360
Воздухопроницаемость по Бендтсену, мл/мин	5000	5000	5000
Капиллярная впитываемость по Клемму, мм	80±5	75±5	70±5

Анализ полученных данных показал, что процесс пропитки приводит к снижению физико-механических и прочностных свойств.

Данное изменение, обусловлено воздействием водного лизирующего раствора, приводящего к набуханию волокон, проникновению раствора в

аморфные части целлюлозы, вызывающего релаксационные переходы в бумагообразующих полимерах. В процессе сушки вода испаряется и формируется ЦКМ с новой капиллярно-пористой структурой [65;66;91].

Лизирующие химикаты адсорбируются на поверхности волокна и свободных функциональных группах целлюлозы, снижая взаимодействие между волокнами, о чем свидетельствует снижение модуля упругости в 3 раза, косвенно характеризующего количество связей и жесткость материала. При этом впитывающие свойства практически не меняются [97;134;135].

Таким образом, на основании проведенного эксперимента показано, что процесс пропитки бумаги-основы лизирующим раствором приводит к снижению физико-механических свойств ЦКМ на 40 – 60 %, что необходимо учитывать при разработке композиции бумаги-основы.

Для разработки технологии ЦКМ из древесной целлюлозы представлялось необходимым определить требования и разработать номенклатуру показателей качества ЦКМ, поскольку данные показатели по ФТА-картам в открытой литературе отсутствуют.

Анализ зарубежной научной литературы и патентов позволил определить требования, которые предъявляются к ЦКМ для сбора и хранения биологических веществ.

На основании проведенных нами исследований импортных образцов были определены интервалы численных значений показателей качества (таблица 4.7), при которых будут обеспечены высокие физико-механические и прочностные свойства при сохранении впитывающей способности. При этом в процессе эксплуатации, т.е. при транспортировке, хранении и извлечении из зоны сбора биовещества материал не будет подвергаться разрушению.

Таблица 4.7 – Номенклатура показателей качества целлюлозного композиционного материала для сбора, транспортировки, хранения биологических веществ

Наименование показателя	Ед. изм.	Допуски	Нормативное значение						Методика измерения
			190	220	240	250	300	350	
Масса 1 м ²	г/м ²	± 5	190	220	240	250	300	350	ГОСТ Р ИСО 536
Толщина	мкм	± 30	400	500	560	600	700	800	ГОСТ Р ИСО 534
Разрушающее усилие	Н	±5	35 – 50						ГОСТ Р ИСО 1924-2:2012
Сопротивление продавливанию	кПа	±20	160 - 210						ГОСТ Р ИСО 2758:2017
Сопротивление раздираню	мН	±200	400 - 900						ГОСТ 13525.3-97
Капиллярная впитываемость по Клемму	мм	± 5	50 - 90						ГОСТ 12602-93
Воздухопроницаемость по Бендтсену	мл/мин	±500	2500 - 5000						ГОСТ 13525.14-77
Массовая доля золы	%	не более	2,0						ГОСТ Р ИСО 1762-2022
Влажность	%	±2	7,5	7,5	7,5	7,5	8,0	8,0	ГОСТ ISO 287

4.3 Исследование влияния вида волокна на свойства ЦКМ для сбора и хранения биологических веществ

Свойства целлюлозно-композиционного материала существенно зависят от вида используемого полуфабриката.

Как показали проведенные нами исследования в импортных образцах ФТА-карт используют хлопковую целлюлозу, которая благодаря строению и высокому содержанию альфа-целлюлозы имеет высокие впитывающие свойства и имеет низкую зольность.

Примером целлюлозы из древесины, сопоставимой с хлопковой по химической чистоте и альфа-целлюлозе является сульфатная предгидролизная холодного облагораживания, выпускаемая в конце XX века в нашей стране [73;99;103].

Другим примером улучшения древесной целлюлозы для впитывающих видов бумаги является обработка ее раствором щелочи – процесс мерсеризации, который приводит к физико-химическим, химическим и структурным изменениям: изменение кристаллической решетки, образование новой структурной модификации – целлюлоза II, частичному растворению продуктов деструкции целлюлозы с пониженной степенью полимеризации и нецеллюлозных примесей. В результате обработки целлюлозное волокно сохраняет природную целостность, приобретает округлую форму с меньшим по сравнению с первоначальным поперечным сечением, удаляется мелкое волокно, повышается альфа-целлюлоза. Бумага из такого волокна имеет высокую впитываемость, но при этом снижается взаимодействие между волокнами. Процесс мерсеризации приводит к получению трудноперерабатываемых отходов и является дорогостоящим [73,129].

Однако, в настоящее время эти виды целлюлозы в промышленных масштабах в России не производятся.

Современные процессы сульфатной варки, отбелики и облагораживания позволяют получить целлюлозу из древесины, сопоставимую с хлопковой по впитывающей способности и зольности.

Анализ литературных источников [12;13;139-141] показал, что в настоящее время для впитывающих видов бумаги для хроматографии, фильтровальной, в зависимости от сферы применения, используют как хлопковую, так и древесную целлюлозу.

В связи с этим представлялось необходимым изучить возможность использования сульфатной беленой по технологии ECF (без элементарного хлора) целлюлозы хвойных и лиственных пород древесины как в виде самостоятельного волокна, так и совместно с хлопковой целлюлозой.

4.3.1 Исследование возможности замены хлопковой целлюлозы на древесную из хвойных и лиственных пород

Исследование проводили на отливках массой 240 ± 5 г/м², имитирующих бумагу-основу. Для получения ЦКМ лабораторные образцы бумаги-основы

пропитывали лизирующим раствором по технологии ФТА. Использование разработанного волокна древесной целлюлозы с высокой степенью помола приводит к снижению впитывающей способности бумаги [94;103]. В связи с этим беленую хвойную и лиственную сульфатную целлюлозу подготавливали к отливу без размола путем ее роспуска в ролле до исчезновения пучков волокон.

Хлопковую целлюлозу подвергали размолу при условиях, разработанных ранее, при которых формируются морфологические свойства, как у волокна импортных образцов импортных ФТА-карт.

Исследование влияния вида волокна на физико-механические и впитывающие свойства бумаги – основы и ЦКМ (таблица 4.8), показало, что природа полуфабриката оказывает существенное влияние на свойства. Использование не размолотой целлюлозы из хвойных пород древесины позволяет обеспечить высокие физико-механические и прочностные свойства, при сохранении высокой впитывающей способности, как в случае с бумагой-основой, так и с ЦКМ. Однако это также дорогой волокнистый полуфабрикат, как и хлопковая целлюлоза. Использование неразмолотой целлюлозы из лиственных пород древесины позволяет обеспечить только сохранение высокой впитываемости, но не обеспечивает такие важные для эксплуатации ЦКМ свойства, как сопротивление продавливанию и раздиранию.

Пропитка лабораторных образцов из древесных видов целлюлозы, как и в случае с хлопковой целлюлозой, снижает физико-механические и прочностные свойства, особенно для образцов, изготовленных из лиственной целлюлозы. При этом увеличивается воздухопроницаемость, но снижается капиллярная впитываемость.

Такой характер влияния процесса пропитки бумаги-основы, вероятно, связан с тем, что лизирующие химикаты имеют более высокое сродство к древесной целлюлозе, чем к хлопковой.

Таблица 4.8 – Влияние вида волокна на физико-механические и впитывающие свойств бумаги-основы и ЦКМ после пропитки

Показатель	Впитывающая бумага-основа из целлюлозы:				ЦКМ после пропитки бумаги-основы из целлюлозы:			
	Хлопковой	Лиственной северных пород	Эвкалиптовой	Хвойной	Хлопковой	Лиственной северных пород	Эвкалиптовой	Хвойной
Разрушающее усилие, Н	48	61	72	80	17	14	17	30
Модуль упругости, Н/мм ²	1100	1900	1900	1800	280	510	270	540
Сопротивление продавливанию, кПа	240	180	220	390	110	40	44	130
Сопротивление раздиранию, мН	2400	830	600	3400	1000	300	160	740
Капиллярная впитываемость по Клемму, мм	82	80	84	84	79	70	70	72
Воздухопроницаемость по Бендтсену, мл/мин	5000	2100	3000	2100	5000	3500	3700	4100

Таким образом, использование хвойной целлюлозы для получения целлюлозного композиционного материала для сбора и хранения биологических веществ является перспективным и может стать достойным конкурентом хлопковой целлюлозе. Однако это также дорогой волокнистый полуфабрикат, как и хлопковая целлюлоза.

В связи с этим, представлялось необходимым оценить влияние хвойной целлюлозы при использовании ее в композиции с хлопковой на свойства бумаги-основы и ЦКМ после пропитки.

Подготовка полуфабрикатов, изготовление бумаги-основы и ЦКМ осуществлялось таким же образом, как описано ранее. Результаты исследования представлены в таблице 4.9.

Таблица 4.9 – Физико-механические и впитывающие свойства лабораторных образцов бумаги-основы из смеси хлопковой и хвойной целлюлозы

Показатель	Пропитка	Целлюлоза Хлопковая : Хвойная				
		100:0	75:25	50:50	25:75	0:100
Разрывное усилие, Н	до	53	56	69	72	80
	после	22	24	27	25	30
Удлинение при разрушении, %	до	1,6	1,5	2,0	2,0	2,2
	после	2,0	2,4	2,2	1,9	1,8
Модуль упругости, Н/мм ²	до	1100	1200	1400	1700	1800
	после	360	410	460	480	540
Соппротивление продавливанию, кПа	до	240	290	370	390	390
	после	120	140	120	130	130
Соппротивление раздиранию, мН	до	2400	2500	2900	2400	3400
	после	1000	1000	850	760	740
Капиллярная впитываемость по Клемму, мм	до	75	83	82	80	84
	после	74	72	69	65	72
Воздухопроницаемость по Бендтсену, мл/мин	до	4300	5000	3400	2900	2100
	после	4600	5000	5000	5000	4100

Введение неразмолотой хвойной целлюлозы (таблица 4.9) к хлопковой приводит к повышению всех физико-механических свойств бумаги-основы. При этом наблюдаются повышение впитываемости лабораторных образцов, а также снижается воздухопроницаемость.

Изменения капиллярно-пористой структуры в данном случае обусловлены морфологическими особенностями волокна хвойных пород древесины, а также увеличением доли неработанного волокна хвойной целлюлозы.

Анализ изменения свойств ЦКМ, получаемого путем пропитки бумаги-основы (таблица 4.9), показал, что с увеличением хвойной целлюлозы в композиции с хлопковой наблюдается незначительное повышение физико-

механических и прочностных свойств. При этом происходит снижение капиллярной впитываемости и повышение воздухопроницаемости материала.

Данные изменения обусловлены снижением взаимодействием между волокнами, вызванное адсорбцией лизирующих химикатов на поверхности и внутри волокна. Благодаря прочности самих волокон и сил Ван-дер-Вальса происходит сохранение физико-механических и прочностных свойств. Так как волокна хвойной и хлопковой целлюлозы имеют длинные волокна, в процессе образования листа бумаги образуются большие пустоты, которые заполняются лизирующими веществами, тем самым приводя к снижению впитываемости материала.

Таким образом, хвойная целлюлоза в композиции с хлопковой не дает существенных преимуществ целлюлозному композиту, при этом эффективнее ее использовать в виде самостоятельного волокна.

Целлюлоза из лиственных пород древесины не обеспечивает такие важные для хранения и транспортировки ЦКМ для сбора биологических веществ свойства, как сопротивление продавливанию и раздиранию.

В связи с этим, представлялось необходимым оценить влияние лиственной целлюлозы при использовании ее в композиции с хлопковой на свойства бумаги-основы и ЦКМ после пропитки.

Подготовка полуфабрикатов, изготовление бумаги-основы и ЦКМ осуществлялось таким же образом, как описано ранее. Результаты исследования представлены в таблицах 4.10-4.11.

Введение лиственной и эвкалиптовой целлюлозы (таблица 4.10-4.11) к хлопковой приводит к повышению разрушающего усилия и жесткости (модуль упругости увеличился на 24 % при введении 50% лиственной целлюлозы из северных пород, на 36 % при введении 50% эвкалиптовой целлюлозы) бумаги-основы. При этом наблюдаются незначительные изменения во впитываемости лабораторных образцов, а также снижается воздухопроницаемость.

Изменения капиллярно-пористой структуры в данном случае обусловлены морфологическими особенностями волокна лиственных пород древесины.

Таблица 4.10 – Физико-механические и впитывающие свойства лабораторных образцов бумаги-основы из смеси хлопковой и лиственной целлюлозы из северных пород древесины

Показатель	Целлюлоза Хлопковая : Лиственная из северных пород древесины				
	100:0	75:25	50:50	25:75	0:100
Разрушающее усилие, Н	53	56	54	56	61
Удлинение при разрушении, %	1,6	1,2	1,2	1,1	1,0
Модуль упругости, Н/мм ²	1100	1200	1300	1500	1900
Сопротивление продавливанию, кПа	240	220	200	180	180
Сопротивление раздиранию, мН	2400	1700	1500	1300	830
Капиллярная впитываемость по Клемму, мм	75	81	80	80	80
Воздухопроницаемость по Бендтсену, мл/мин	4300	5000	4600	3100	2100

Таблица 4.11 – Физико-механические, структурные и впитывающие свойства лабораторных образцов бумаги-основы из смеси хлопковой и эвкалиптовой целлюлозы

Показатель	Целлюлоза Хлопковая : Эвкалиптовая				
	100:0	75:25	50:50	25:75	0:100
Разрушающее усилие, Н	53	61	59	60	72
Удлинение при разрушении, %	1,6	1,9	1,5	1,2	1,0
Модуль упругости, Н/мм ²	1100	1300	1500	1600	1900
Сопротивление продавливанию, кПа	240	240	220	210	220
Сопротивление раздиранию, мН	2400	1800	1600	1000	600
Капиллярная впитываемость по Клемму, мм	75	78	81	85	84
Воздухопроницаемость по Бендтсену, мл/мин	4300	3900	3900	3600	3000

Аналогичные результаты были получены при опытно-промышленной выработке бумаги-основы ЦКМ на предприятии ООО «Лилия холдинг-полиграфия и бумажное производство» (приложение 1).

Анализ изменения свойств ЦКМ, получаемого путем пропитки бумаги-основы (рисунок 4.10 - 4.11), показал, что с увеличением лиственной целлюлозы в композиции наблюдается снижение физико-механических и прочностных свойств. При этом материал с увеличением доли лиственной целлюлозы северных пород становится более жестким, а в случае с эвкалиптовой целлюлозой – более эластичным.

Исследование впитывающих свойств ЦКМ (рисунок 4.12) показало, что добавление лиственной целлюлозы к хлопковой приводит к изменению капиллярно-пористой структуры материала. С увеличением доли коротких волокон в композиции, наблюдается тенденция к снижению показателей воздухопроницаемости и к незначительному изменению капиллярной впитываемости.

Полученные результаты объясняются природой волокна, а также тем, что при добавлении к хлопковой целлюлозе, имеющей, как показали наши исследования, средневзвешенную длину волокна около 1,2 мм, коротких не разработанных в процессе размола волокон лиственных целлюлоз (средневзвешенная длина 0,8 - 0,9 мм), происходит снижение общей средней длины волокна и взаимодействия между волокнами, что в свою очередь приводит к изменению свойств ЦКМ.

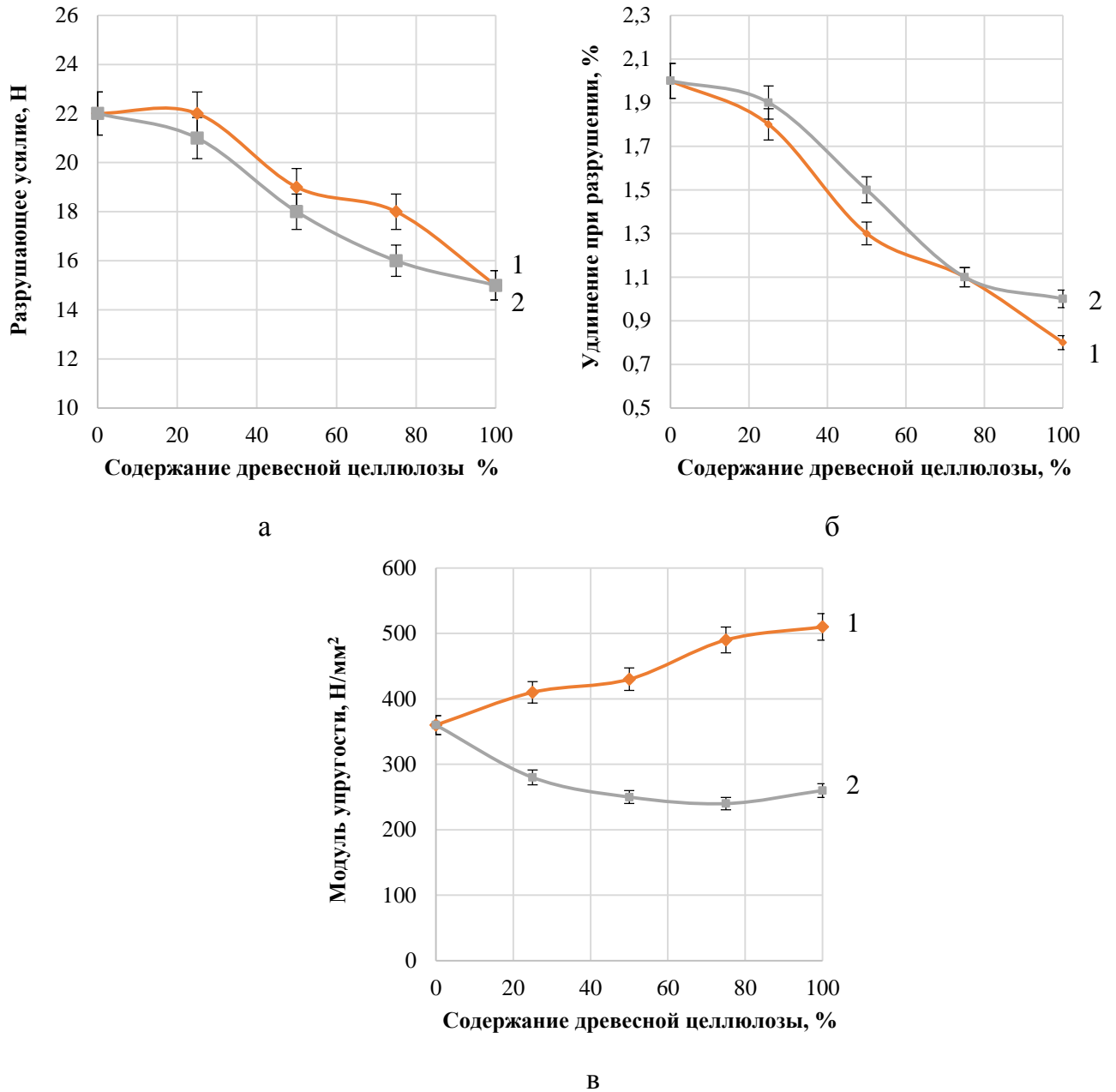


Рисунок 4.10 – Влияние различных видов древесной целлюлозы на упруго-релаксационные свойства лабораторных образцов ЦКМ из хлопковой целлюлозы: 1 – лиственная из северных пород древесины; 2 – эвкалиптовая; а – разрушающее усилие; б – удлинение при разрушении; в – модуль упругости

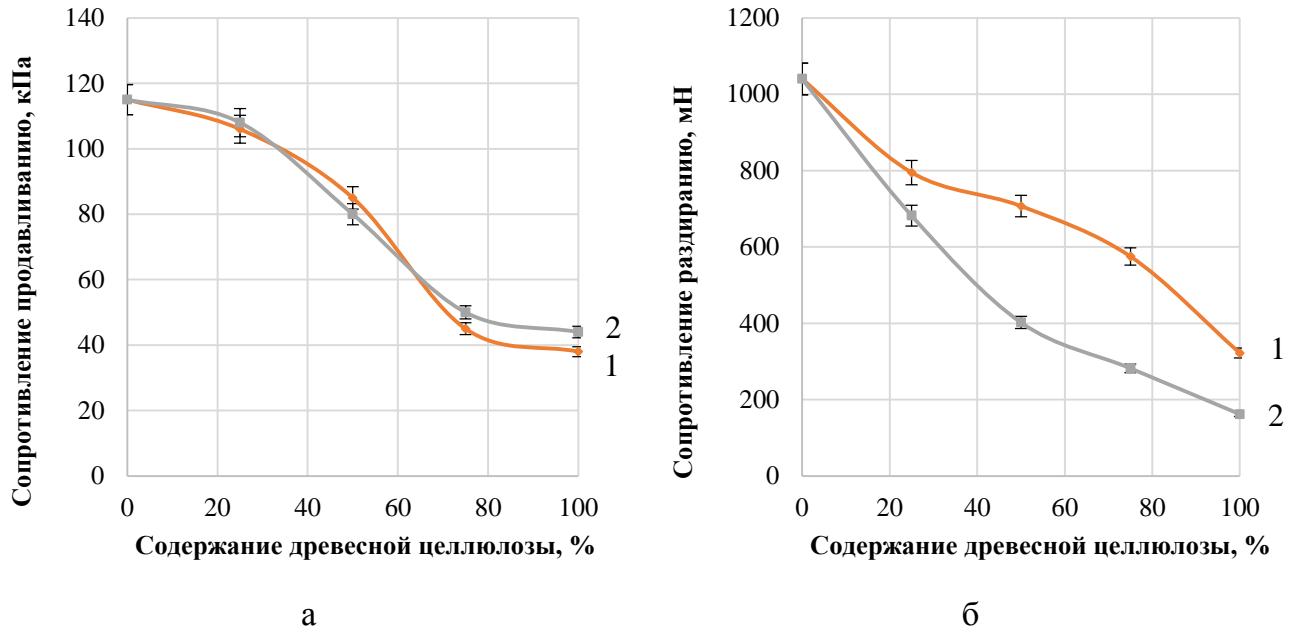


Рисунок 4.11 – Влияние различных видов древесной целлюлозы на сопротивление продавливанию (а) и сопротивление раздиранию (б) лабораторных образцов ЦКМ из хлопковой целлюлозы: 1 – лиственная из северных пород древесины; 2 – эвкалиптовая

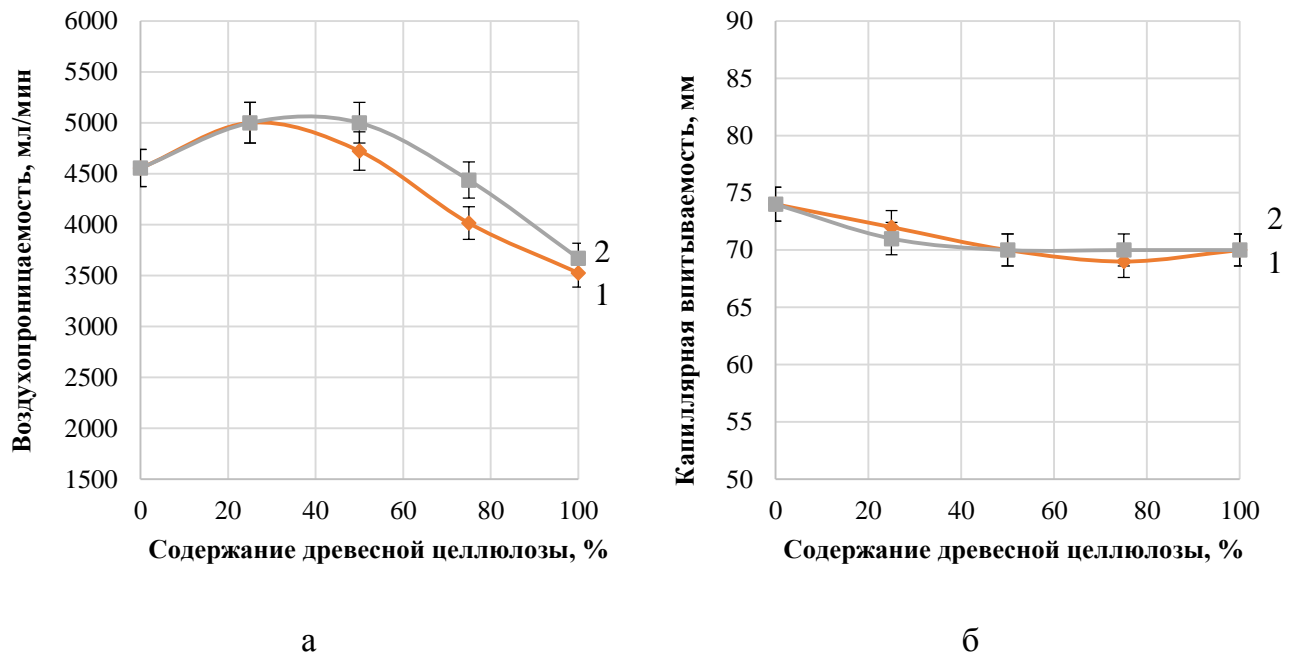


Рисунок 4.12 – Влияние различных видов древесной целлюлозы на воздухопроницаемость по Бендстену (а) и капиллярную впитываемость по Клемму (б) лабораторных образцов ЦКМ из хлопковой целлюлозы: 1 – лиственная из северных пород древесины; 2 – эвкалиптовая

Таким образом, при использовании неразмолотых видов древесной сульфатной целлюлозы или смеси хлопковой целлюлозы с лиственными (таблица 4.12), только хвойная целлюлоза позволяет получить ЦКМ для сбора и хранения биоматериалов с физико-механическими и прочностными свойствами значительно превышаемые свойства импортных FTA карт, при сохранении высокой впитываемости.

Однако и хвойная, и хлопковая целлюлоза - это дорогостоящее волокно. Кроме того, согласно полученным в разделе 4.1 данным морфологии волокна, для ЦКМ требуются короткие и хорошо разработанные волокна, а как известно в процессе размола хвойная целлюлоза сильно теряет впитывающие свойства с увеличением степени помола [103;105].

Таблица 4.12 – Свойства лабораторных образцов ЦКМ (после пропитки), в сравнении с импортным образцом FTA-карта GenSaver 2.0

Свойства	Целлюлоза					FTA-карта GenSaver 2.0
	Хвойная	Хлопковая : Лиственная из северных пород		Хлопковая : Эвкалиптовая		
		100:0	75:25	50:50	75:25	
Разрушающее усилие, Н	30	22	19	21	18	20
Удлинение при разрушении, %	1,8	1,8	1,3	1,9	1,5	2,1
Модуль упругости, Н/мм ²	540	410	430	280	250	340
Сопротивление продавливанию, кПа	130	110	85	110	80	65
Сопротивление раздиранию, мН	740	780	710	680	400	360
Воздухопроницаемость по Бендстону, мл/мин	4100	5000	4700	5000	5000	5000
Капиллярная впитываемость по Клемму, мм	72	72	70	71	70	70

В связи с этим далее представлялось необходимым исследовать возможность использования при производстве ЦКМ древесную лиственную целлюлозу после размола, как в виде самостоятельного волокна, так и в смеси с хвойной целлюлозой.

4.3.2 Исследование влияния лиственной сульфатной целлюлозы на свойства ЦКМ

Как было показано в предыдущем разделе, наиболее высокие прочностные свойства обеспечивает целлюлоза из хвойных пород древесины, однако это дорогой волокнистый полуфабрикат в сравнении с лиственной целлюлозой.

Для повышения прочностных свойства бумаги принято применять как процесс размола, так и различные химикаты.

В данной части работы исследовали возможность использования лиственной сульфатной целлюлозы как самостоятельное волокна, так и в смеси с хвойной целлюлозой при создании композиционного материала для сбора биологических веществ, обладающего высокими физико-механическими и прочностными свойствами при сохранении впитываемости.

Для проведения исследования использовали сульфатную беленную целлюлозу из хвойных пород древесины (ХВСФАЦ), лиственную целлюлозу северных пород (ЛСФАЦ) и целлюлозу из эвкалипта (ЭВСФАЦ). Размол проводили на лабораторном ролле «Валлей».

Физико-механические и впитывающие свойства определяли, в соответствии со стандартными методами по ГОСТ, на лабораторных отливках массой 240 ± 5 г/м², полученных на листоотливном аппарате RAPID-KETEN.

Как уже было отмечено ранее, для производства впитывающих и пропиточных видов бумаги предпочтительнее всего тот волокнистый полуфабрикат, который с увеличением степени помола лучше сохраняет высокую впитываемость и пористость в сочетании с высокой механической прочностью [76:92].

В связи с этим необходимо было оценить влияние процесса размола хвойной и лиственной целлюлозы на динамику изменения физико-механических и впитывающих свойств бумаги-основы. Результаты исследования представлены в таблице 4.13 [143].

Таблица 4.13 – Свойства отливок, из хвойной, лиственной и эвкалиптовой целлюлозы с разной степенью помола

Показатель	Хвойная целлюлоза			Эвкалиптовая целлюлоза			Лиственная целлюлоза северных пород		
	Степень помола, °ШР								
	13±1	17±1	21±2	13±1	17±1	21±2	13±1	17±1	21±2
Разрушающее усилие, Н	80	190	236	72	127	196	61	113	202
Удлинение при разрушении, %	2,2	2,3	2,8	1,0	2,2	3,0	1,0	2,4	2,9
Модуль упругости, Н/мм ²	1800	4000	4500	1900	2500	3400	1900	2400	3800
Сопrotивление продавливанию, кПа	390	1100	1200	220	430	770	180	460	740
Сопrotивление раздиранию, мН	3400	4700	4700	600	1800	2400	800	2000	2200
Воздухопроницаемость по Бендтсену, мл/мин	2100	420	210	3000	1600	580	1700	600	210
Капиллярная впитываемость по Клемму, мм	84	32	24	84	67	45	80	49	32
Поверхностная впитываемость капельным способом, с	2	12	17	3	3	6	3	6	12

Анализ полученных данных (рисунок 4.13, таблица 4.13) показал, что с увеличением степени помола хвойной целлюлозы наблюдается более резкое падение впитывающих свойств, чем у отливок из целлюлозы лиственных пород древесины, что обусловлено природой волокна. При этом, наблюдается резкое падение впитывающих свойств лиственной целлюлозы северных пород.

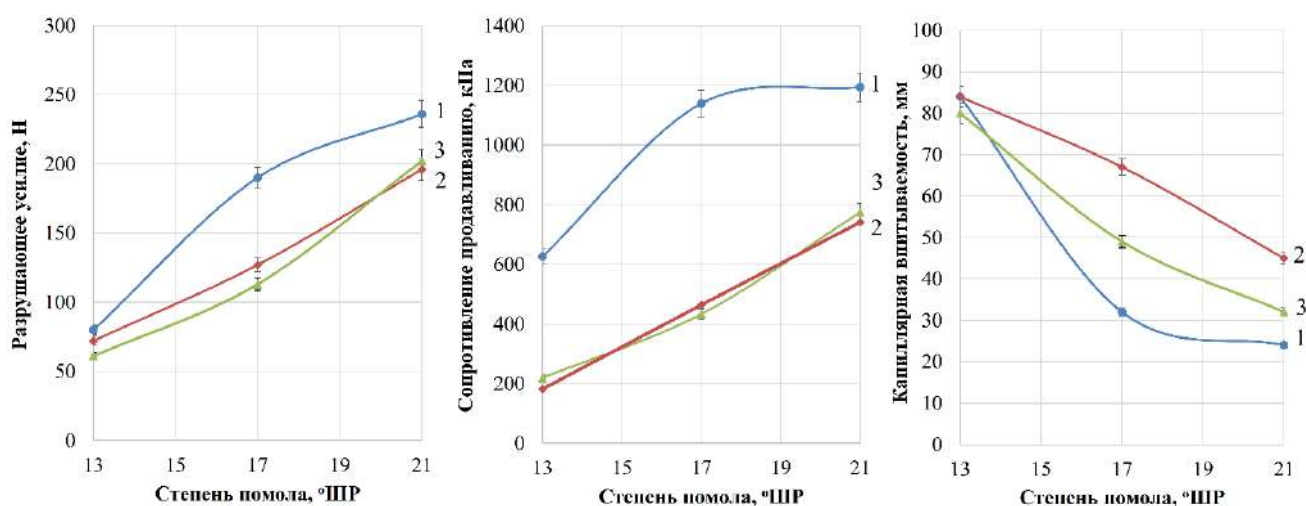


Рисунок 4.13 – Влияние процесса размолы древесной целлюлозы на физико-механические и впитывающие свойства бумаги-основы: 1 – хвойная целлюлоза, 2 – эвкалиптовая целлюлоза, 3 – лиственная целлюлоза северных пород

В настоящее время, одним из перспективных видов целлюлозы из лиственных пород древесины является целлюлоза из эвкалипта. Плантационное выращивание эвкалипта приводит к изменениям на мировом рынке волокнистых полуфабрикатов с вытеснением целлюлозы северных пород и замены их на эвкалиптовую.

Целлюлоза из эвкалипта имеет важное преимущество для производства впитывающих видов бумаги, так как придает такие свойства как пористость, пухлость, впитываемость, непрозрачность и гладкость бумаге, в сочетании с хорошей прочностью. Кроме того, эвкалиптовая целлюлоза обладает равномерным фракционным составом по волокну и стабильностью свойств от партии к партии, поскольку производится из плантационной древесиной.

В связи с этим исследовали возможность использования только размолотой эвкалиптовой целлюлозы как самостоятельного волокна, так и в смеси с хвойной при создании композиционного материала, обладающего высокими физико-механическими и прочностными свойствами при сохранении высокой впитываемости.

Исследование влияния размола эвкалиптовой целлюлозы на свойства ЦКМ показало (таблица 4.14), что увеличение степени помола бумажной массы выше 17 °ШР приводит к снижению воздухопроницаемости и впитываемости материала, что может сказаться на эффективности сбора и распределения биовещества.

Таблица 4.14 – Влияние размола эвкалиптовой целлюлозы на свойства ЦКМ после пропитки

Показатель	Степень помола, °ШР			FTA-карта GenSaver 2.0
	13±1	17±1	21±2	
Разрушающее усилие, Н	17	40	80	20
Модуль упругости, Н/мм ²	270	820	1300	340
Соппротивление продавливанию, кПа	44	160	360	65
Соппротивление раздиранию, мН	160	900	1400	360
Капиллярная впитываемость по Клемму, мм	70±5	61±5	42±5	70±5
Воздухопроницаемость по Бендтсену, мл/мин	3700	2800	900	5000

Таким образом, при использовании только эвкалиптовой целлюлозы для получения ЦКМ размол необходимо проводить до степени помола 17 °ШР.

Далее исследовали возможность использования только размолотой эвкалиптовой целлюлозы в смеси с хвойной при создании композиционного материала.

Результаты исследования влияния соотношения в композиции не размолотой хвойной и размолотой (до разной степени помола) эвкалиптовой целлюлозы на физико-механические, структурные и впитывающие свойства отливок представлены на рисунках 4.14-4.16 [142-143].

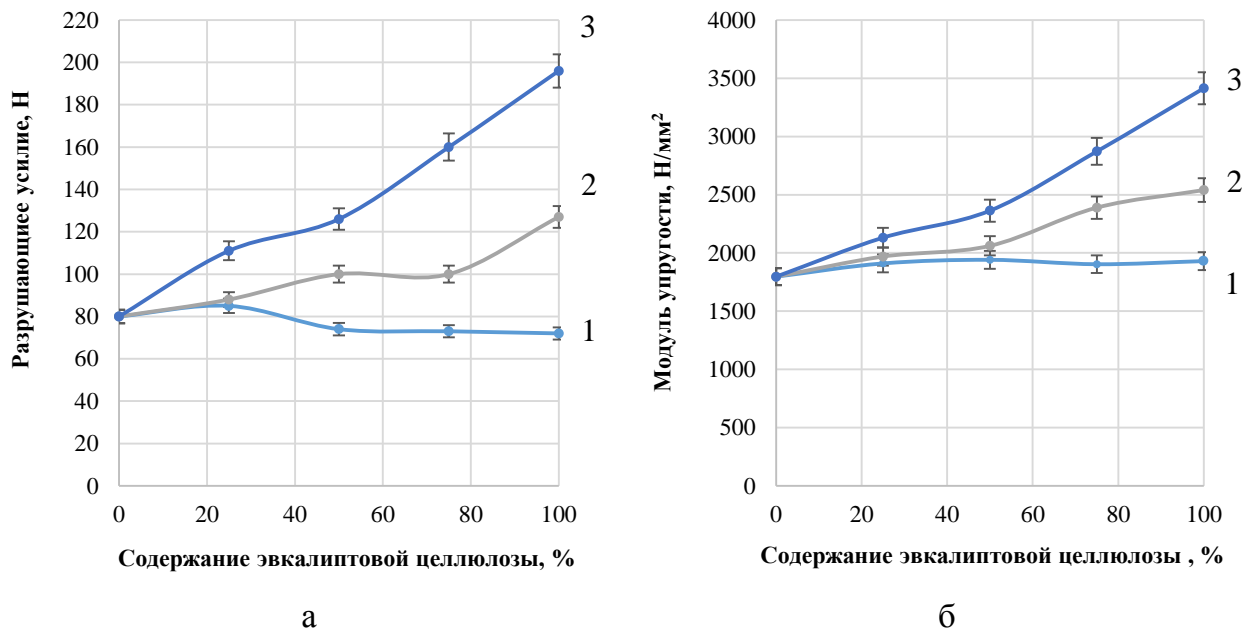


Рисунок 4.14 – Влияние соотношения хвойной и эвкалиптовой целлюлозы в композиции на физико-механические свойства отливок: а – разрушающее усилие,

- б – модуль упругости; 1 – эвкалиптовая целлюлоза со степенью помола 13 ± 1 °ШР,
 2 – эвкалиптовая целлюлоза со степенью помола 17 ± 1 °ШР,
 3 – эвкалиптовая целлюлоза со степенью помола 21 ± 2 °ШР

Анализ полученных данных показал, что использование размолотой эвкалиптовой целлюлозы в композиции с неразмолотой хвойной позволяет повысить разрушающее усилие в 2,0-2,5 раза и сопротивление продавливанию за счет увеличения жесткости, о чем свидетельствует повышение модуля упругости

(в 2,0 - 2,5 раза). Наибольшие прочностные свойства достигаются при содержании эвкалиптовой целлюлозы со степенью помола 21 °ШР более 50%.

Сопротивление раздиранию, которое в большей степени зависит от длины волокна, (рисунок 4.15), снижается с увеличением доли эвкалиптовой целлюлозы, имеющей более короткие волокна, чем хвойная древесина.

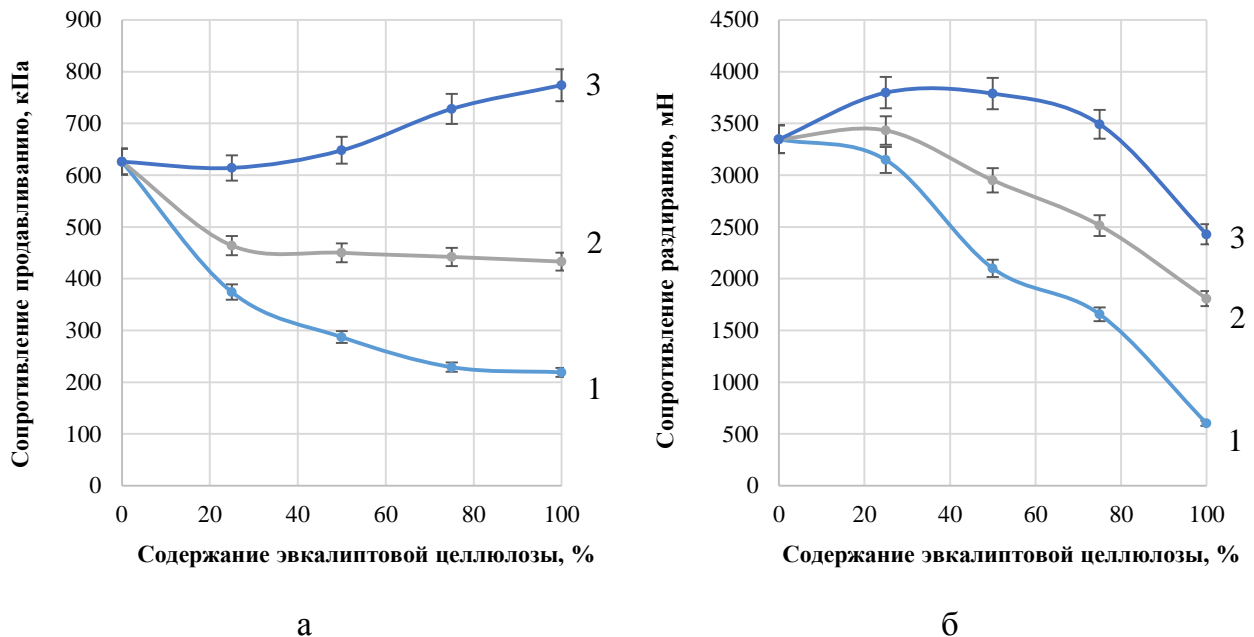


Рисунок 4.15 – Влияние соотношения хвойной и эвкалиптовой целлюлозы в композиции на физико-механические свойства отливок: а – сопротивление продавливанию, б – сопротивление раздиранию; 1 – эвкалиптовая целлюлоза со степенью помола 13 ± 1 °ШР, 2 – эвкалиптовая целлюлоза со степенью помола 17 ± 1 °ШР, 3 – эвкалиптовая целлюлоза со степенью помола 21 ± 2 °ШР

Таким образом, эффект повышения прочностных свойств достигается при использовании разработанного волокна эвкалиптовой целлюлозы и содержании его более 50%. Однако при введении эвкалиптовой целлюлозы более 25% снижается капиллярная впитываемость и воздухопроницаемость (рисунок 4.16).

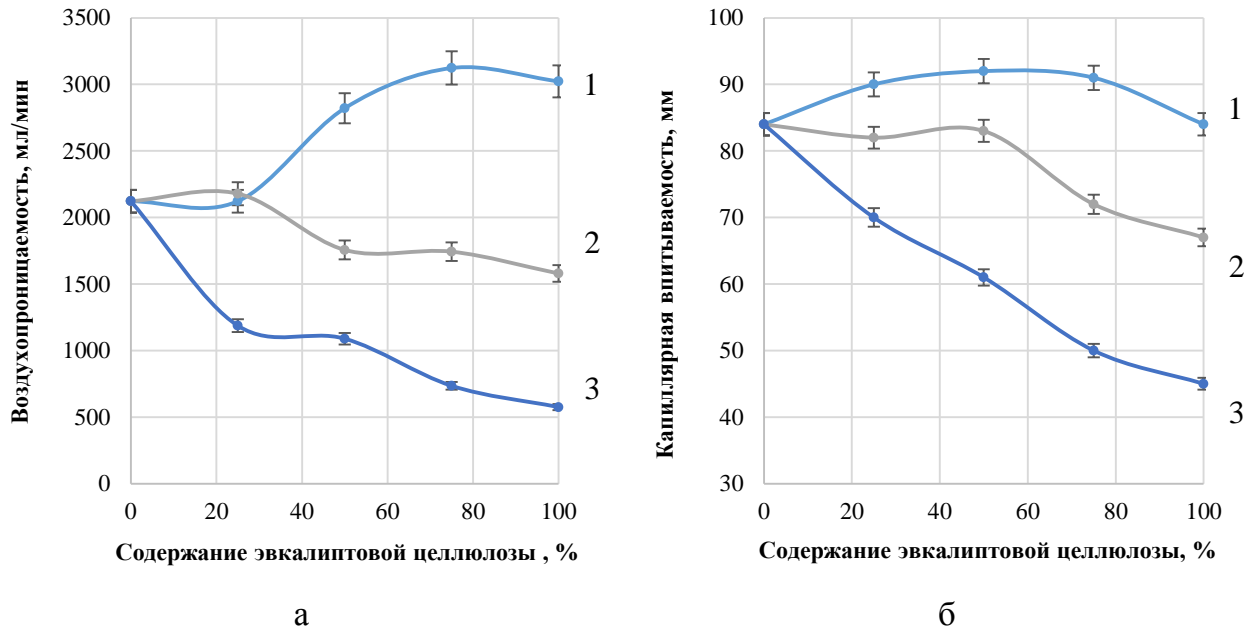



Рисунок 4.16 – Влияние соотношения хвойной и эвкалиптовой целлюлозы в композиции на структурные и впитывающие свойства отливок: а – воздухопроницаемость по Бендтсену, б – капиллярная впитываемость по Клемму; 1 – эвкалиптовая целлюлоза со степенью помола 13 ± 1 °ШР, 2 – эвкалиптовая целлюлоза со степенью помола 17 ± 1 °ШР, 3 – эвкалиптовая целлюлоза со степенью помола 21 ± 2 °ШР

Для оценки влияния пропитки использовали только те композиции бумажной массы, которые обеспечивают высокие физико-механические свойства при сохранении высокой впитывающей способности. Это, с одной стороны, обеспечит заданную степень пропитки, а, с другой стороны, позволит обеспечить безобрывный процесс на высокоскоростном оборудовании.

Исследование влияния процесса размола показало (таблица 4.15), что использование размолотой эвкалиптовой целлюлозы в композиции с хвойной позволяет значительно повысить физико-механические и прочностные свойства ЦКМ при сохранении впитывающей способности. Разрушение при извлечении зоны сбора пробоотбойником не наблюдается. Для импортной ФТА-карты наблюдается сильная степень разрушения при извлечении зоны сбора пробоотбойником.

Таблица 4.15 – Влияние размолотой эвкалиптовой целлюлозы в композиции с хвойной целлюлозой на свойства ЦКМ после пропитки

Свойства ЦКМ	Хвойная целлюлоза/Размолотая эвкалиптовая целлюлоза, %						FTA-карта GenSaver 2.0
	Степень помола, °ШР						
	17±1			21±2			
	75:25	50:50	25:75	75:25	50:50	25:75	
Разрушающее усилие, Н	30	31	32	33	39	53	20
Модуль упругости, Н/мм ²	430	520	800	410	520	870	340
Сопротивление продавливанию, кПа	180	170	180	180	210	250	65
Сопротивление раздиранию, мН	1000	850	860	1300	1400	1400	360
Воздухопроницаемость по Бендтсену, мл/мин	4000	3400	3100	2500	1900	1400	5000
Капиллярная впитываемость по Клемму, мм	70	64	63	65	52	43	70±5
Степень разрушения при извлечении зоны сбора пробоотбойником	без разрушения						сильная
							

При этом в независимости от степени помола и доли эвкалиптовой целлюлозы физико-механические и прочностные свойства ЦКМ значительно выше, чем у импортной FTA-карты. Это обеспечивает сохранность материала при транспортировке, хранении, а также при извлечении из зоны сбора биоматериала [143].

В связи с тем, что основными требованиями, предъявляемыми к ЦКМ для сбора и хранения биоматериалов, является баланс между впитываемостью и высокой прочностью, были выбраны наиболее перспективные композиции по волокну для бумаги-основы, использование которых позволит разработать ассортимент ЦКМ для сбора биологических веществ со свойствами, соответствующими разработанной нами номенклатурой показателей качества (таблица 4.16).

Композиция №1, обеспечивает высокую впитываемость и прочностные свойства ЦКМ, что обеспечит сбор и хранение биологических веществ.

Композиция №2, обеспечивает более высокие физико-механические свойства, но меньшую впитываемость и себестоимость, что обеспечит не только

сбор и надежное хранение, но и безопасную транспортировку биологических проб из любой точки нашей страны.

Таблица 4.16 – Разработанные композиции ЦКМ

Свойства	Композиция по волокну Хвойная : Эвкалиптовая целлюлоза			Значения в соответствии с показателями номенклатуры качества ЦКМ
	Степень помола эвкалиптовой целлюлозы			
	17±1 °ШР	21±2 °ШР	17±1 °ШР	
	Композиция №1 75:25	Композиция №2 50:50	Композиция №3 0:100	
Масса 1 м ² , г	250±5			250±5
Толщина, мкм	650	610	600	600±30
Разрушающее усилие, Н	30	39	40	Не менее 30
Сопротивление продавливанию, кПа	180	210	160	Не менее 140
Сопротивление раздиранию, мН	1000	1400	900	Не менее 400
Воздухопроницаемость по Бендстену, мл/мин	4000	1900	2800	Не менее 2000
Капиллярная впитываемость по Клемму, мм	70±5	52±5	61±5	Не менее 50
Массовая доля золы, %	1,6	1,8	2,0	Не более 2

Композиция №3 обеспечивает баланс между высокими физико-механическими и впитывающими свойствами и меньшей себестоимостью.

По результатам исследования на ООО «Лилия холдинг-полиграфия и бумажное производство» проведена опытно-промышленная выработка, которая показала перспективность замены хлопкового волокна на беленую сульфатную целлюлозу из древесины. Получен акт (Приложение №1).

На базе ФГБУ «НИИ гриппа им. А.А. Смородинцева» были проведены испытания по инаktivации и стабильности вирусной РНК на разработанных целлюлозных композиционных материалах (ЦКМ) для сбора и хранения биологических веществ в сентябре 2022 года. Получен акт (Приложение №2).

Разработано техническое задание и запланирована опытно-промышленная выработка ЦКМ на Санкт-Петербургской бумажной фабрике филиал АО «Гознак». (Приложение №3).

В качестве ЦКМ для сбора и хранения биологических веществ использовались лабораторные образцы, полученные из 100% хлопковой целлюлозы (материал №1) и 100% лиственной эвкалиптовой целлюлозы (материал №2). Оба материала №1 и №2 полностью инактивируют вирус в течение 60 минут после нанесения. При высыхании образцов на поверхности материалов №1 и №2 наблюдается тенденция к ухудшению качества вирусной РНК. Проведенное испытание показало, что предоставленные материалы (ЦКМ) позволяют использовать их в качестве носителей биологических веществ.

4.3.3 Исследование влияние синтетического волокна на свойства ЦКМ

Как показал анализ литературных источников ЦКМ для сбора и хранения биологических веществ предъявляются высокие требования. Он должен обладать: достаточной впитывающей способностью, которая обеспечит быстрый сбор биологических веществ; высокой прочностью, которая важна в процессе пропитки материала лизирующими растворами, при транспортировке и хранении; хорошими печатными свойствами, позволяющими наносить на поверхность карты информацию о партии и зоны сбора материала.

Как показали проведенные нами исследования, эти свойства можно обеспечить за счет использования композиции из хвойной и лиственной целлюлозы. В качестве лиственной целлюлозы наиболее перспективным является использование эвкалиптовой целлюлозы.

С другой стороны, материал должен обладать: низкой гигроскопичностью, которая обеспечит стабильность геометрических размеров в процессе эксплуатации при изменении влажности среды при сохранении высокой впитывающей способности; стойкостью к химическим реагентам, кислотам; устойчивостью к действию бактерий и микроорганизмов. Этими свойствами обладают синтетические волокна [144-147]. Цель данной части работы исследование влияния синтетического волокна на свойства целлюлозного композиционного материала для сбора, хранения и транспортировки биологических веществ.

Для проведения исследования использовали листовую целлюлозу северных пород древесины и полиэфирное синтетическое волокно (лавсан, с длиной волокна – 3 мм).

Для придания волокну определенной степени гидратации, гибкости, увеличения поверхности (фибрилляцией и набуханием) [92;93] в процессе подготовки бумажной массы к отливу целлюлозу и синтетические волокна подвергали процессу размола при условиях, разработанных в Разделе 4.2, в лабораторном ролле "Валлей" до степени помола 16-17 °ШР при концентрации 3,5 г/л. Синтетические волокна размалывали совместно с целлюлозными.

Исследование проводили на лабораторных отливках массой 240 ± 5 г/м², имитирующих впитывающую бумагу-основу. Испытания образцов для определения физико-механических свойств и впитываемости, после кондиционирования в стандартных условиях, проводили по ГОСТ [148-150].

Результаты исследования физико-механических свойств представлены на рисунке 4.17.

Как видно из рисунка 4.17 в том случае, когда волокна не подвергались размолу (рисунок 4.17, кривая 1), с увеличением содержания синтетического волокна в композиции наблюдается значительный рост всех показателей. Максимальные значения для разрушающего усилия и сопротивления продавливанию достигается при добавлении в композицию 5-10 % синтетического волокна. Для сопротивления раздиранию при введении 1 % синтетического волокна наблюдается резкий подъем показателя, но с увеличением количества синтетического волокна в композиции, происходит снижение показателя.

Обнаруженные тенденции объясняются тем, что прочное и эластичное синтетическое волокно при невысоком содержании равномерно распределяется в матрице из целлюлозного волокна и между волокнами образуются прочные связи за счет сил трения и механического взаимодействия. При дальнейшем увеличении содержания синтетического волокна сохраняется достигнутый уровень свойств благодаря прочности самих полиэфирных волокон.

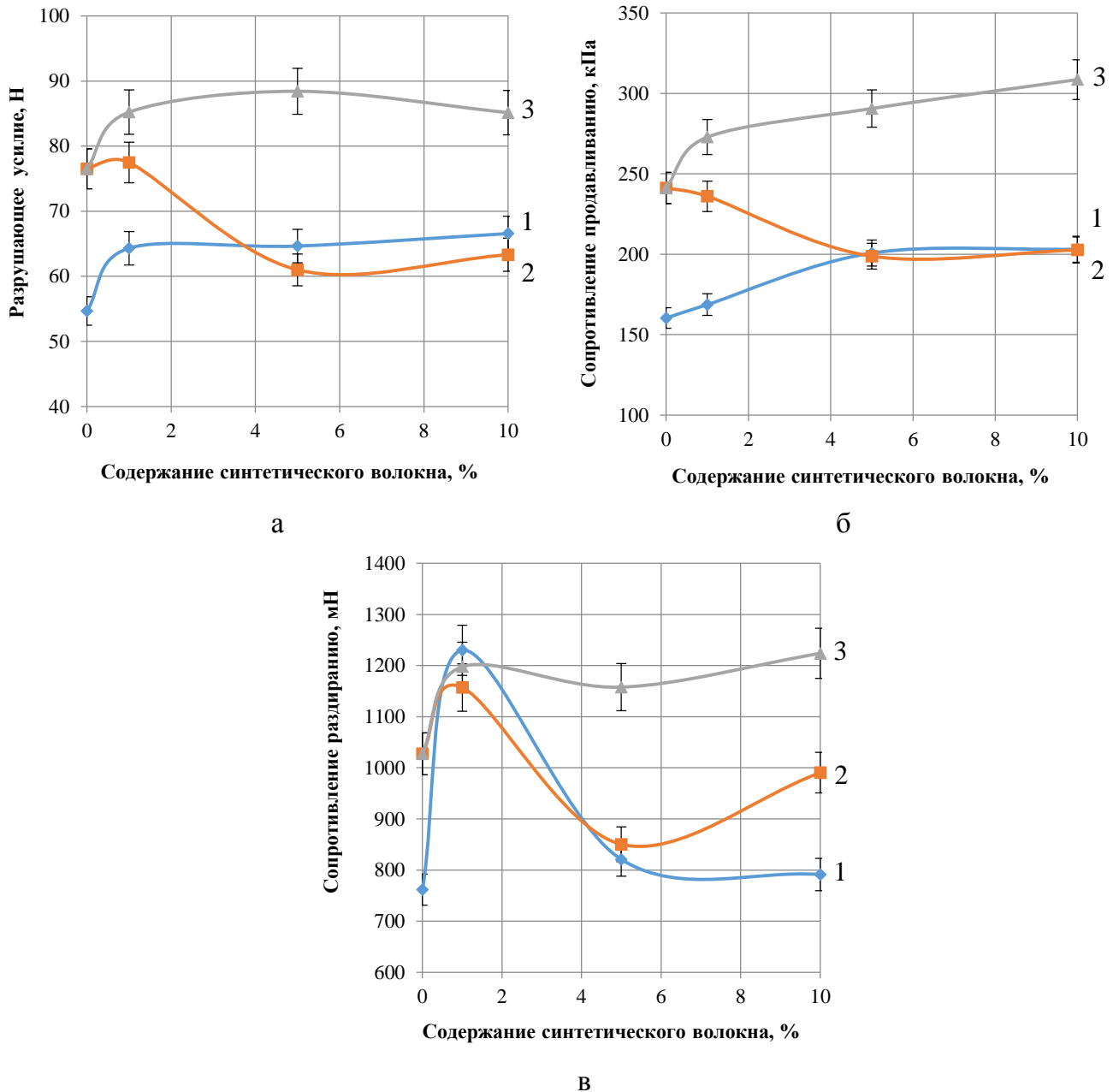


Рисунок 4.17 – Зависимость физико-механических свойств от содержания синтетического волокна в композиции бумаги-основы ЦКМ: а – разрушающее усилие; б – сопротивление продавливанию; в – сопротивление раздиранию; 1 – без размола; 2 – совместный размол; 3 – размол только целлюлозы

В случае совместного размола целлюлозных и полиэфирных волокон (рисунок 4.17, кривая 2) с увеличением содержания синтетического волокна в композиции наблюдается снижение всех физико-механических свойств. При содержании его от 5 до 10 % в композиции уровень показателей качества такой же, как у отливок, полученных из не размолотого волокна.

Данная тенденция отмечена для всех показателей, кроме сопротивления раздиранию. При содержании 1% синтетического волокна в композиции наблюдается резкий подъем этого показателя, но при дальнейшем увеличении содержания синтетического волокна сопротивление раздиранию также снижается. Эту тенденцию можно объяснить тем, что в процессе совместного размола происходит укорачивание синтетических волокон при одновременном фибриллировании целлюлозных волокон.

В случае, когда размолу подвергались только волокна лиственной целлюлозы (рисунок 4.17, кривая 3), с увеличением содержания синтетического волокна в композиции наблюдается повышение всех физико-механических свойств, причем показатели качества значительно выше, чем для отливок, изготовленных без размола. Максимум показателей достигается при добавлении в композицию от 5 до 10 % синтетического волокна.

Исследование влияния полиэфирных волокон на воздухопроницаемость и капиллярную впитываемость представлено на рисунке 4.18.

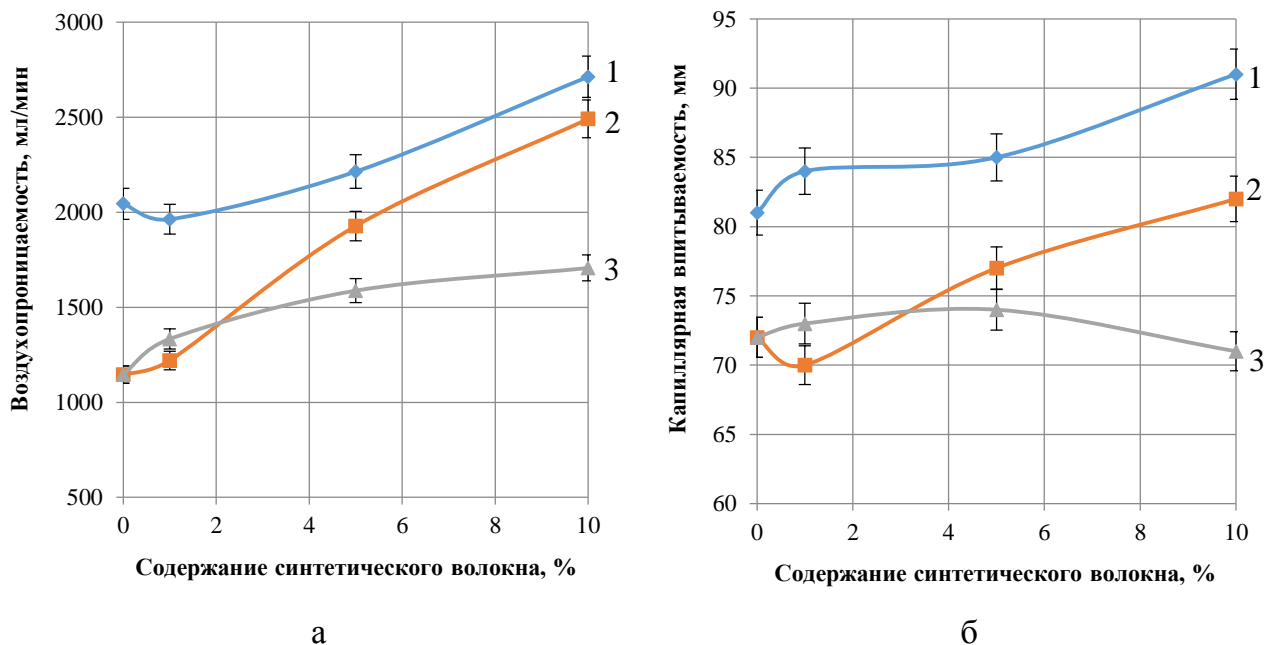


Рисунок 4.18 – Зависимость показателей впитывающих свойств от содержания синтетического волокна в композиции бумаги-основы ЦКМ:

а – воздухопроницаемость по Бендтсену; б – капиллярная впитываемость по Клемму;
1 – без размола; 2 – совместный размол; 3 – размол только целлюлозы

Анализ полученных данных показал, что с увеличением содержания синтетического волокна до 10 % увеличивается воздухопроницаемость и капиллярная впитываемость отливок в случаях, когда волокна не подвергались размолу или размалывались совместно, и незначительно изменяется при использовании размолотой целлюлозы. Это объясняется образованием менее плотной структуры с развитой капиллярно-пористой структурой. Наличие синтетических волокон приводит к разрыхлению структуры отливки, что в свою очередь повышает пористость материала.

В результате проведенного исследования показано, что введение синтетических полиэфирных волокон от 1 до 5% приводит к увеличению физико-механических и впитывающих свойств целлюлозного композиционного материала.

Таким образом, выявлено, что введение разного количества полиэфирного волокна к целлюлозному и использование различных способов размола позволит производить ассортимент ЦКМ в зависимости от требований потребителя. Так, например, если ЦКМ должен обладать высокой впитывающей способностью при средних значениях показателей прочности можно исключить стадию размола при подготовке бумажной массы; если ЦКМ должен обладать высокой прочностью необходимо проводить размол целлюлозы; если нужно получить ЦКМ с умеренной впитываемостью и прочностью, то необходимо проводить совместных размол целлюлозных и синтетических волокон.

Как было показано ранее, процесс пропитки бумаги-основы лизирующим раствором приводит к снижению физико-механических и впитывающих свойств ЦКМ.

В связи с этим, представлялось необходимым провести пропитку лабораторных отливок, имитирующих бумагу-основу, лизирующим раствором и оценить степень влияния пропиточного состава на свойства ЦКМ с применением синтетического волокна для сбора биологических веществ.

Пропитку лабораторных отливок осуществляли лизирующим раствором, до привеса 5-10% от массы непропитанной отливки.

В рамках данной части исследования были рассмотрены только два случая: первый – когда волокно из которого получены лабораторные образцы не подвергали размолу и второй – когда только листовное волокно северных пород древесины подвергали размолу.

Анализ полученных данных показал, пропитка бумаги-основы с разным содержанием синтетического волокна оказывает аналогичное влияние, как и на бумагу из хлопковой целлюлозы, так и из древесного волокна.

Как видно из таблицы 4.17-4.18, пропитка бумаги-основы, содержащей листовную целлюлозу с добавкой синтетического волокна, лизирующим раствором, также, как и содержащей хлопковую целлюлозу (раздел 4.3.1), снижает на 70-80% физико-механические и на 15-20% впитывающие свойства полученного целлюлозного композиционного материала в первом случае и на 60-70% физико-механические и на 10-15% впитывающие свойства во втором случае.

Таблица 4.17 – Свойства отливок с синтетическим волокном до и после пропитки (без размола)

Показатель	Пропитка	Лиственная целлюлоза (без размола)/Синтетическое волокно				FTA-карта GenSaver 2.0
		100:0	99:1	95:5	90:10	
Доля волокна в смеси, %						
Разрывное усилие, Н	до	55	64	65	67	-
	после	14	15	18	19	20
Модуль упругости, Н/мм ²	до	1926	1835	1820	1630	-
	после	512	535	584	655	340
Сопротивление продавливанию, кПа	до	160	169	201	203	-
	после	38	45	53	43	65
Сопротивление раздиранию, мН	до	762	1230	821	791	-
	после	322	282	282	522	36
Воздухопроницаемость по Бендтсену, мл/мин	до	2045	1963	2214	2713	-
	после	3526	3744	3991	4213	5000
Капиллярная впитываемость по Клемму, мм	до	81	84	85	91	-
	после	70	70	75	72	70

Таблица 4.18 – Свойства отливок с синтетическим волокном до и после пропитки (с размолом лиственной целлюлозы)

Показатель	Пропитка	Лиственная целлюлоза (размолотая)/Синтетическое волокно				FTA-карта GenSaver 2.0
		100:0	99:1	95:5	90:10	
Доля волокна в смеси, %						
Разрывное усилие, Н	до	77	85	88	85	-
	после	32	27	27	30	20
Модуль упругости, Н/мм ²	до	2077	1991	2107	2046	-
	после	475	438	421	600	340
Сопротивление продавливанию, кПа	до	241	273	291	309	-
	после	99	80	82	81	65
Сопротивление раздиранию, мН	до	1028	1198	1158	1224	-
	после	385	482	442	408	360
Воздухопроницаемость по Бендтсену, мл/мин	до	1146	1334	1588	1707	-
	после	2250	2700	3028	3368	5000
Капиллярная впитываемость по Клемму, мм	до	72	73	74	71	-
	после	59	62	68	65	70

Несмотря на это, использование синтетического волокна позволяет изменять капиллярно-пористую структуру материала: повышает капиллярную впитываемость и воздухопроницаемость ЦКМ, а также увеличивает сопротивление продавливанию и раздиранию.

В связи с тем, что основными требованиями, предъявляемыми к ЦКМ для сбора и хранения биоматериалов, является баланс между впитываемостью и высокой прочностью, использование лиственного волокна с добавлением синтетического может быть использовано только с размолотой лиственной целлюлозой.

Поэтому наиболее перспективные композиции по волокну (таблица 4.19), использование которых позволит разработать ассортимент ЦКМ для сбора различных биологических веществ является композиция на основе смеси лиственной целлюлозы со степенью помола 16-17°ШР и синтетического волокна, обеспечивающая более высокие физико-механические свойства, но с меньшей впитываемостью и себестоимостью, что обеспечит не только сбор и надежное

хранение, но и безопасную транспортировку биологических проб из любой точки нашей страны.

Таблица 4.19 – Перспективные композиции ЦКМ

Свойства	Лиственная(Размолотая) целлюлоза : Синтетическое волокно		Значения в соответствии с показателями номенклатуры качества ЦКМ
	Композиция №1 95:5	Композиция №2 90:10	
Масса 1 м ² , г	250±5		250±5
Толщина, мкм	610	600	600±30
Разрушающее усилие, Н	27	30	Не менее 30
Сопротивление продавливанию, кПа	420	600	Не менее 140
Сопротивление раздиранию, мН	442	408	Не менее 400
Воздухопроницаемость по Бендстону, мл/мин	3000	3400	Не менее 2000
Капиллярная впитываемость по Клемму, мм	68±5	65±5	Не менее 50
Массовая доля золы, %	1,8	1,9	Не более 2

Таким образом, использование синтетического волокна в композиции с целлюлозой, позволит достигнуть требуемых свойства для ЦКМ, а также снизить поглощение волокном биологических веществ, что позволит эффективнее их извлекать из структуры материала.

5 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Проведенные исследования позволили разработать технологию производства впитывающей бумаги-основы и ЦКМ из древесной блененой сульфатной целлюлозы для сбора, хранения, транспортировки и проведения исследований биологических веществ.

Технология состоит из:

- производства бумаги-основы;
- получение ЦКМ, путем пропитки бумаги-основы лизирующими растворами.

Принципиальная технологическая схема производства бумаги-основы из смеси блененой сульфатной хвойной и лиственной целлюлозы представлена на рисунке 5.1.

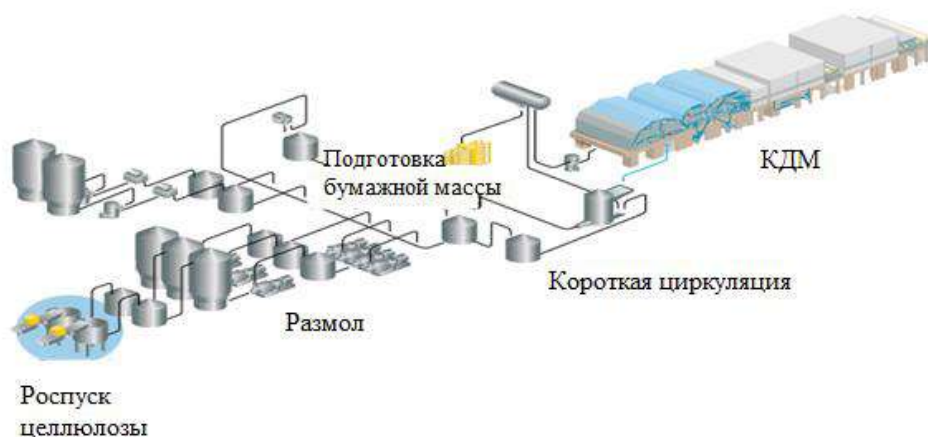


Рисунок 5.1 – Принципиальная схема производства бумаги-основы

Производство бумаги-основы вписывается в технологию впитывающих видов бумаги:

- роспуск необходимо проводить для хвойных и лиственных пород отдельно;
- гарнитура на мельницах должна обеспечивать незначительное укорачивание и фибриллирование волокнистой массы, до степени помола лиственной целлюлозы равной 20 ± 2 °ШР.

Для производства бумаги-основы необходимо использовать бумагоделательные машины с плоской сеткой. Конструкция напорного ящика,

системы напуска массы и сеточный стол должны обеспечивать оптимальную скорость обезвоживания, удержание массы и мелкого волокна, максимальную равномерность структуры бумажного листа, поскольку химикаты систем удержания не могут быть использованы в данной технологии. Для однородности полотна рекомендуется использовать ровнитель в сеточной части [128;152].

Очень важной технологической стадией является прессование бумажного полотна, которое должно осуществляться в мягком режиме при минимальном давлении для формирования пористой структуры. Сушка полотна для сохранения пористой структуры должна быть форсированная [76;128].

В связи с малотоннажностью производства рекомендуется осуществлять производство бумаги-основы на производстве впитывающих видов бумаги – например – фильтровальной или хроматографической.

Производство ЦКМ основано на пропитке бумаги-основы. После сушки полотно бумаги-основы подвергают пропитке лизирующим раствором. Зона пропитки может быть встроенная в БДМ (например, клеильный пресс), или проводится на отдельно стоящей пропиточной машине. Но в любом случае после проведения пропитки влажный ЦКМ подается в дополнительную зону сушки. Завершается процесс получения бумаги-основы накатом и резкой на продольно-резательном станке.

Наиболее распространенным способом является пропитка погружением в ванну с раствором, с последующим отжимом, сушкой и охлаждением (рисунок 5.2) [151].

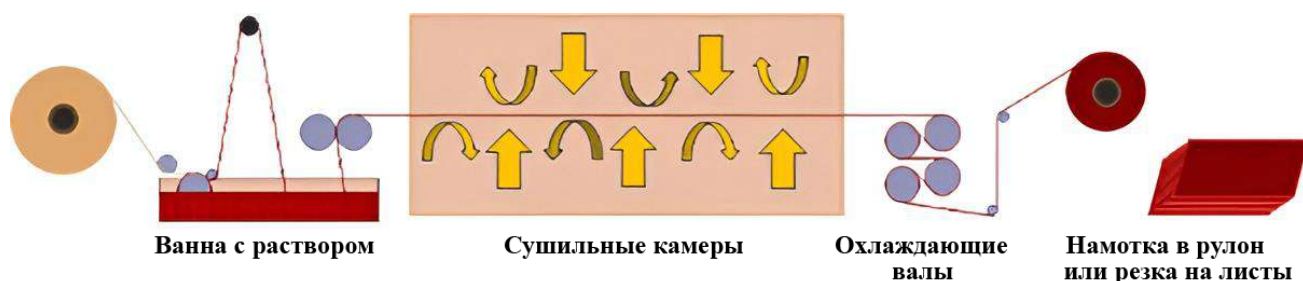


Рисунок 5.2 – Принципиальная схема производства целлюлозного композиционного материала. *Источник pfsl.ru*

После пропитки бумаги-основы рекомендуется проводить «легкое» каландрирование поверхности ЦКМ, для предания баланса гидрофильно-гидрофобных свойств поверхности для качественного нанесения печати.

Далее на ЦКМ посредством печати наносят зоны сбора биовеществ, а также информацию о бренде и партии. Способ печати определяется свойствами ЦКМ, а также тиражом.

ЦКМ является высококапитывающим материалом, что позволяет ему легко абсорбировать любые химические вещества, используемые в процессе печати. Поэтому поверхность печатных элементов должна быть очищена от каких-либо других химических веществ или добавок.

В связи с этим рекомендуемым видом печати на бумажных носителях является флексографский, при котором контакт с бумагой осуществляется только печатными элементами, что снижает риск нанесения загрязнения на поверхность бумаги, или цифровой, при котором не происходит прямого контакта с поверхностью запечатываемого материала.

При осуществлении печати на листах, подача листа и его транспортировка не должна влиять на толщину бумаги, вызывая ее сжатие. При осуществлении печати на рулоне необходимо следить и обеспечивать минимальное натяжение бумаги, чтобы не изменить ориентацию волокон.

Завершающим этапом получения ЦКМ для сбора, хранения и транспортировки является процесс вырубki из листов или рулона заданных размеров карт.

5.1 Описание технологического процесса

Технологическая схема производства ЦКМ представлена на рисунках 5.3-5.4.

Получение бумаги-основы

Подготовка волокнистых полуфабрикатов осуществляется по двум технологическим потокам:

- линия подготовки хвойной сульфатной беленой целлюлозы,
- линия подготовки лиственной сульфатной беленой целлюлозы

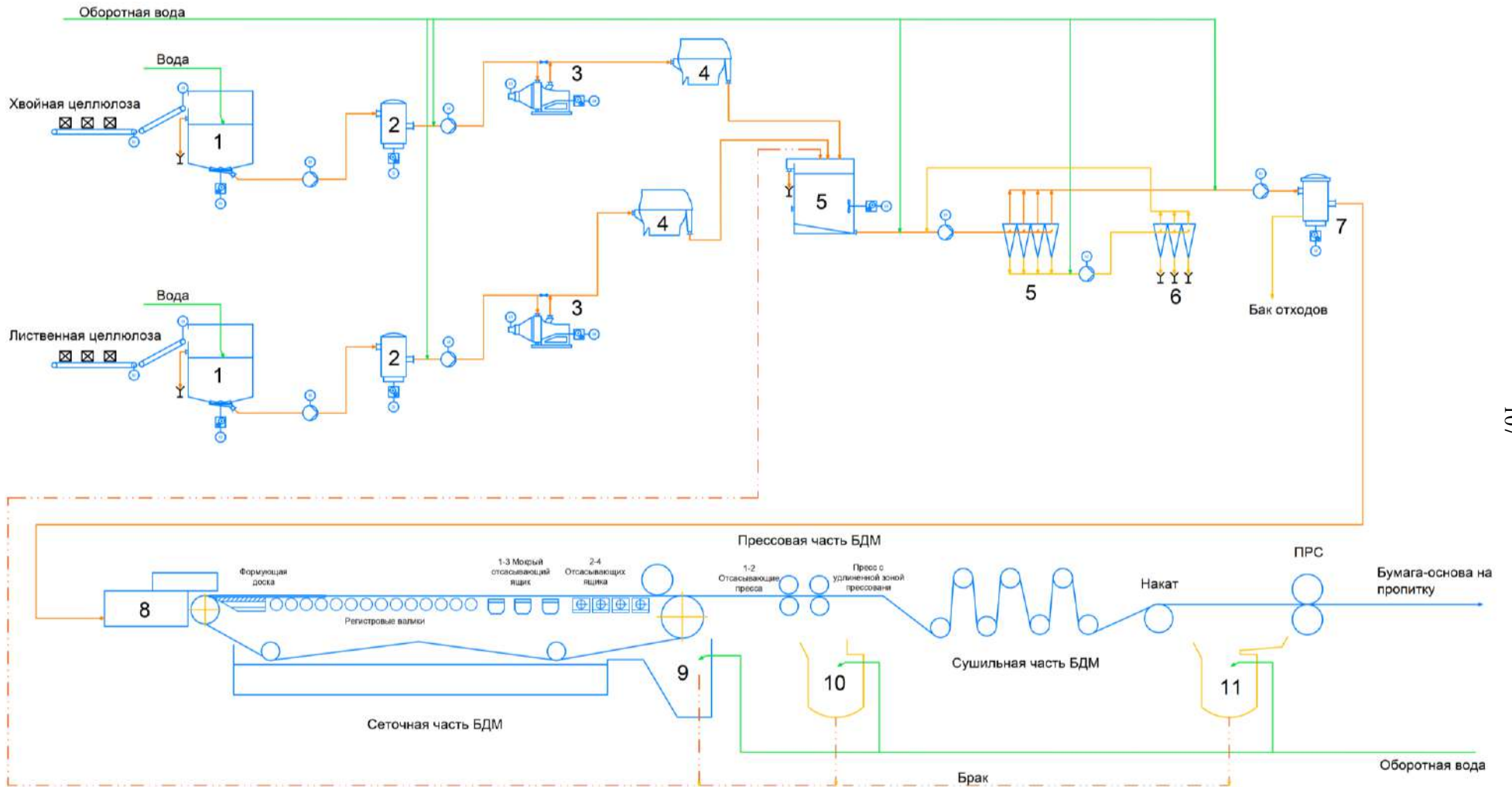


Рисунок 5.3 – Разработанная технологическая схема производства бумаги-основы

Сульфатная беленая целлюлоза поступает на производство в виде кип или мокрым потоком на интегрированном предприятии.

С помощью транспортёра кипы сульфатной беленой целлюлозы поступают в ванну гидроразбивателя (1), где происходит роспуск волокна. По истечении времени роспуска массным насосом, целлюлоза подается в сортировку закрытого типа (2). Из сортировки закрытого типа насосом через регулятор концентрации с концентрацией 1-2 % масса сульфатной целлюлозы подается для размола на мельницы (3). Процесс размола осуществляется при прохождении массы между ротором и статором от центра к периферии, за счет режущего действия кромок ножей, раздавливания торцевыми поверхностями и расчесывания волокна за счет трения о поверхности ножей и друг о друга. К факторам, определяющим процесс размола, относятся: продолжительность размола, удельная нагрузка на кромке ножа, концентрация массы, вид и состояние гарнитуры, рН и t массы, свойства волокна. Размол сульфатной целлюлозы производится преимущественно садким.

После размола масса со степенью помола 14 ± 2 °ШР для БСФА хвойная, 20 ± 2 °ШР для БСФА лиственная поступают через сгуститель (4) в смесительный бассейн (5), где смешивается в заданном соотношении. Сюда же поступает брак из гидроразбивателей брака (9-11) не более 5-8 %.

Густая масса из смесительного бассейна поступает в смесительный насос, где разбавляется оборотной водой и поступает на двухступенчатую очистку в конические вихревые очистители (5 и 6).

Очищенная масса после 1-ой ступени очистки (5) подаётся в смесительный насос, где разбавляется оборотной водой и подаётся на машинную сортировку 1-ой ступени (щелевая сортировка) (7). Очищенная масса после машинной сортировки подается в напорный ящик, (8), отходы от машинной сортировки, поступают в бак отходов. В машинной сортировке происходит очистка массы от не размолотых включений и других загрязнений.

Отходы от 1-ой ступени очистки в конических вихревых очистителях разбавляются оборотной водой до необходимой концентрации и насосом подаются на 2-ую ступень очистки в конический вихревой очиститель (6). Отходы от 2-ой

ступени очистки сбрасываются в сток. Очищенная масса после 2-ой ступени очистки подается во всасывающий патрубок насоса 1-ой ступень очистки.

После предмашинной очистки масса разбавляется оборотной водой и подается в напорный ящик. Концентрация целлюлозной массы в напускном устройстве - 0,37-0,39%.

Отлив бумаги-основы осуществляется на плоском коротком сеточном столе с открытым напорным ящиком. Формирование и обезвоживание полотна в регистражной части осуществляется за счет формирующей доски, ряда регистровых валиков, 1-3 мокрых отсасывающих ящиков, позволяющие регулировать скорость обезвоживания (замедлять ее) и обеспечивающих достижение сухости 2-3%, а также за счет 2-4 отсасывающих ящиков и отсасывающего гауч-вала, за счет разряжения, доведя сухость полотна до 16-18%.

Отлив бумаги производится на низких скоростях машин - 14-20 м/мин, что обусловлено быстрым обезвоживанием, что может сказаться на свойства бумаги. Рекомендуется производить бумагу-основу не более 2000 мм шириной, для обеспечения равномерности структуры по всей длине полотна [153-156].

В прессовую часть полотно поступает из сеточной части и обезвоживается с помощью механического удаления капиллярной влаги, которая не может быть удалена за счет обычных вакуумных элементов. Прессовая часть обычно состоит из трех прессов, работающих с минимальным прижимом позволяющий повысить сухость после последнего пресса до 38-45%. Обычно прессование осуществляется на прессах между двумя сукнами, что обеспечивает мягкие условия прессования полотна и дает возможность прессовать полотно с низкой сухостью до 15%. Первый и/или второй пресс обычно отсасывающий, последующий прямой обычный, верхние пресса - гранитные, нижние – обрешиненные [73;156].

Прессование бумажного полотна рекомендуется осуществлять с использованием 1-2 отсасывающих прессов при низком давлении прессования и 1-го пресса с увеличенной зоной прессования, обеспечивающего сохранение пухлости материала за счет удаления воды при низком давлении прессования и достижения достаточной сухости полотна.

После прессовой части бумажное полотно поступает в сушильную часть БДМ. Сухость полотна после прессовой части 36-40% (в случае установки давления).

Для придания бумаге-основе высокой впитываемости, производится контактная сушка бумаги с повышением и понижением температуры. Так в первой группе сушильных цилиндров температура составляет 45-55 °С, на последующих сушильных цилиндрах идет крутой подъем температуры до 100-130 °С, и далее идет понижение температуры до 70-90 °С. Последний цилиндр работает в режиме охлаждения.

Для выравнивания толщины и поверхности бумаги может быть применен машинный каландр.

На выходе из сушильной части бумага-основа поступает на накат, имея влажность 5-8 %.

В процессе работы БДМ возникает мокрый и сухой брак. Мокрый брак образуется в сеточной и прессовой части, сухой – на накате и продольно-резательном станке.

Обрезанный кромки на сетке БДМ, а также обрывы полотна в сеточной части поступают в гауч-мешалку (9), где разбавляются оборотной водой, откуда подаются в общий трубопровод в смесительный бассейн. В гидроразбивателе прессовой части (10) осуществляется роспуск брака, образующегося при заправке или обрыве бумажного полотна в прессовой части, где он разбавляется оборотной водой, и подается в смесительный бассейн. В гидроразбивателе наката (11), осуществляется роспуск сухого брака, образующегося при срывах бумаги при смене тамбуров на накате и при обрыве, а также при резке на рулоны в ПРС. Брак в гидроразбивателе наката разбавляется оборотной водой, и подается в смесительный бассейн.

Получение ЦКМ

Полученная бумага-основа после перемотки и резки на рулоны заданного формата передается в цех обработки, где осуществляется пропитка лизирующим раствором на специальной машине (рисунок 5.4). Пропитка осуществляется для получения ЦКМ, обладающего рядом свойств, обеспечивающих хранение биологических веществ.

Бумажное полотно с раската проходя через натяжные и направляющие валики поступает в пропиточную ванну, в которую подается приготовленный раствор из расходного бака. Далее после зоны отжима пропитанная бумага поступает в сушильную часть машины. Сушка ЦКМ осуществляется бесконтактным способом – на воздушной подушке. Обычно сушильная часть имеет несколько зон с регулируемой температурой. Температурный режим сушки подбирается таким образом, чтобы обеспечить равномерное удаление растворителя, избежать коробления и достичь влажность бумаги до 5%. После сушки ЦКМ поступает в зону охлаждения путем обдувки полотна воздухом в последней сушильной зоне [151].

Далее осуществляется накат пропитанной бумаги или резка на листы на поперечно-резательном станке. После пропитки ЦКМ имеет привес веществ из раствора 5-10% или 15-20 г/м².

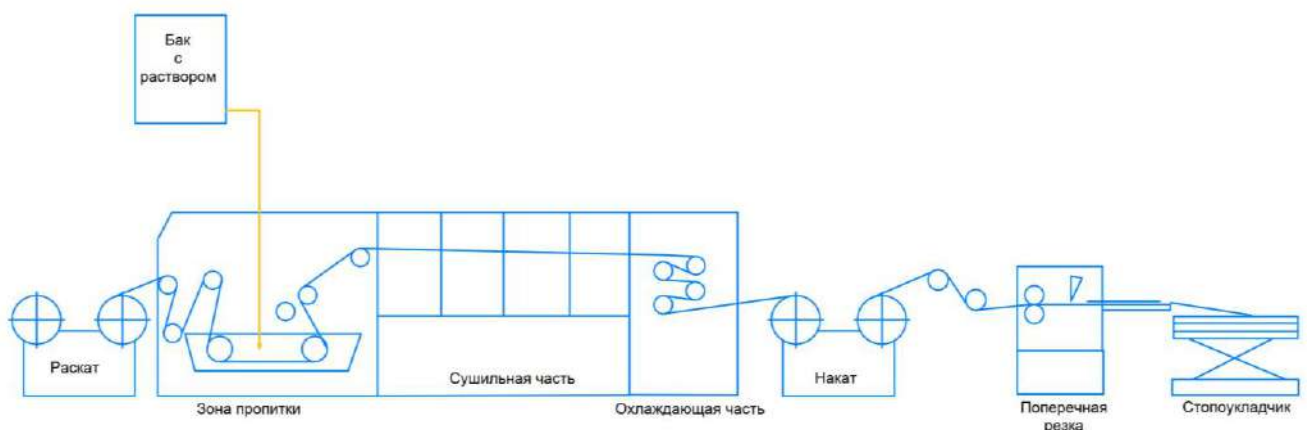


Рисунок 5.4 – Технологическая схема производства ЦКМ

Раствор для пропитки бумаги-основы готовится путем смешения компонентов в виде водных растворов в баке с мешалкой с последующим разбавлением водой (желательно деионизированной) до рабочей концентрации 3 %.

Компоненты раствора на производства могут поступать как виде сухих веществ в биг-бэгах, так и в виде готовых растворов.

В первом случае, предусматриваются линии по приготовлению водных растворов, состоящих из бункера, оборудованного фильтром-пылеуловителем с вытяжным вентилятором; шнекового транспортёра; бака, оборудованного мешалкой для смешения с водой, бак с водой, а также системы очистки (фильтр) и подачи в бак хранения с пропеллерной мешалкой.

Приготовление раствора додецилсульфата натрия осуществляется в аппарате для варки. Аппарат для варки оснащен рубашкой, в которую подается пар для нагревания. После приготовления раствор сливается в бак хранения.

Приготовление раствора ЭДТА осуществляется в термо и щелочистойком баке с мешалкой. В связи с тем, что при обычных условиях ЭДТА плохо растворимо в воде, в бак добавляют гидроксид натрия для повышения растворимости ЭДТА. Рассчитанное количество ЭДТА поступает порциями в бак приготовления. Туда же поступает рассчитанное количество щелочи. Растворение ЭДТА начитается в щелочной среде после 8-9 рН. После приготовления раствор фильтруется и сливается в бак хранения.

Для приготовления 1 м³ раствора для пропитки понадобится 180 л смеси растворов при концентрациях: 60 л 1М Трис-гидроксиметилметана (Трис), 20 л 0,5М Этилендиаминтетрауксусной кислоты (ЭДТА), 100 л 20% додецилсульфата натрия в соответствии с технологией FTA.

Переработка ЦКМ

Для получения готового товарного продукта – FTA карты, ЦКМ подвергают ряду процессов (рисунок 5.5): печать на поверхности материала зон и информации, а также вырубка по формату карт.

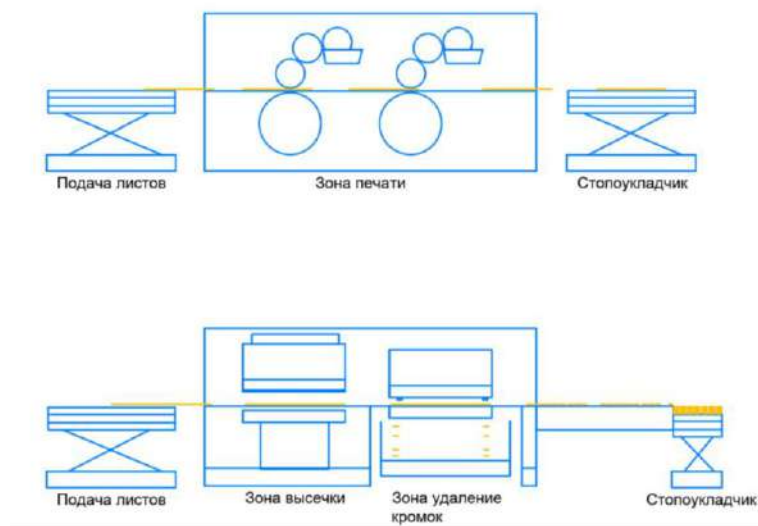


Рисунок 5.5 – Технологическая схема переработка ЦКМ

Для нанесения зон и информации на ЦКМ выбрана флексографская печать, так как она позволяет минимально воздействовать на поверхность материала, в виду того, что в данном методе печатные элементы находятся выше пробельных, что устраняет загрязнение впитывающей поверхности материала, а также при больших тиражах (более 1000 оттисков) является более доступным с финансовой точки зрения. Кроме того, данный вид печати менее прихотлив к бумаге и ее поверхности [7;158;159].

Принцип нанесения печати флексографским способом (рисунок 5.6) заключается в следующем: поступающая в ванну краска наносится на резиновый вал, который переносит ее, заполняя мелкие ячейки следующего вала – анилокса (растрированный валик). Анилокс наносит краску на вершины специальной полимерной пленки (печатная форма с рельефом), закрепленной на формном цилиндре и переносящей изображение на запечатываемый материал. Давление между материалом и полимерной пленкой, обеспечивается пресс-роллом (печатным цилиндром).

С печатной формы краска передается на запечатываемый материал под очень малым давлением, обеспечивающим высокую тиражеустойчивость печатных форм; используемые маловязкие быстро закрепляющиеся краски позволяют печатать с большой скоростью (180 – 275 м/мин) как одно-, так и многокрасочные изображения. Одним из главных достоинств флексографской печати заключается в возможности объединения послепечатных процессов в единую линию [158;159].

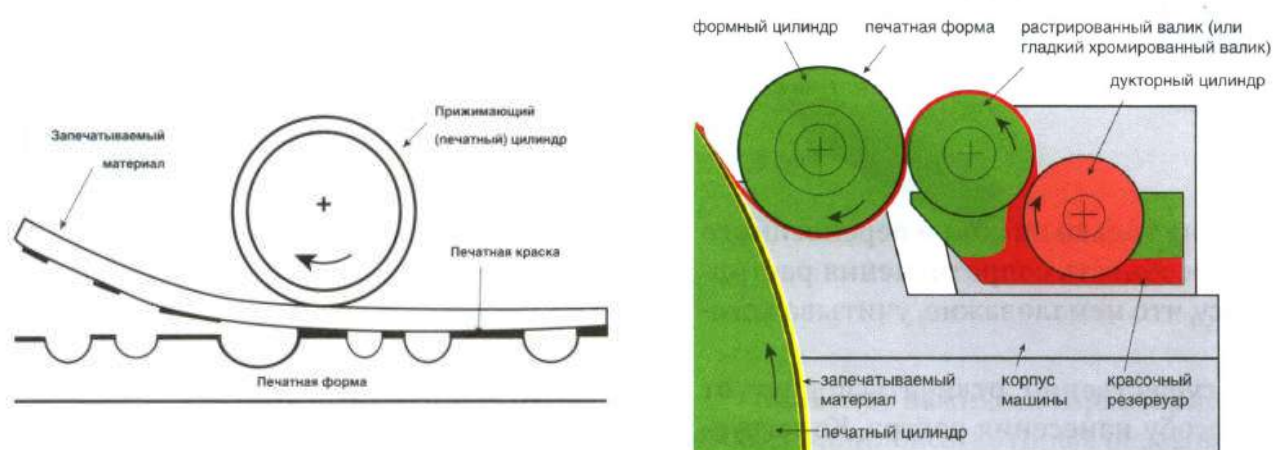


Рисунок 5.6 – Принцип флексографской печати [158;159].

В зависимости от формата, полученного ЦКМ (листы или рулоны), печать осуществляется на той или иной печатной машине.

При этом надо учитывать, что при использовании ЦКМ в листах способы переноса и транспортировки листов в печатной машине не должны влиять на толщину бумаги, вызывая ее сжатие. Если же в виде рулонов, то необходимо поддерживать минимальное натяжение полотна бумаги, следить за тем, насколько плотно наматываются рулоны, так как плотное сматывания готовой бумаги, может привести к сжатию и изменить впитываемость бумаги.

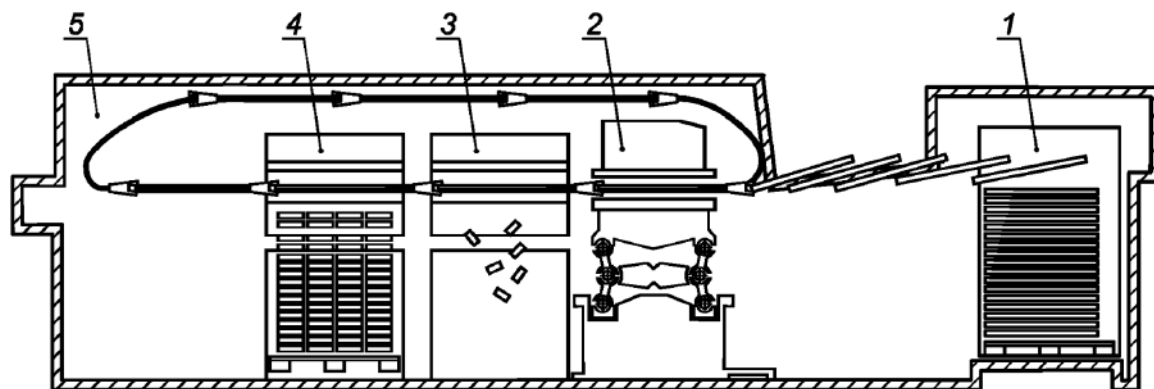
В рамках работы предлагается осуществлять печать в виде листов, что позволяет легче регулировать тираж при печати и свести брак к минимуму.

Стопка листов ЦКМ подается в зону подачи листов, где с помощью специальных устройств (обычно присосок или валиков) лист за листом подает в зону нанесения печати. Так как для карт требуется только один цвет (черный) печать может осуществлять на однокрасочно или четырехкрасочной листовой печатной машине. Далее отпечатанный лист по конвейеру поступает в зону погрузки – в стопоукладчик, где формируется стопа отпечатанных листов.

Благодаря быстросохнущим краскам флексографской печати и высокой впитываемости материала, нанесенный рисунок будет успевать высохнуть до подачи листов в стопоукладчик.

Завершающим этапом переработки ЦКМ в карты является разделение листов на форматы карт. Связи с тем, что ЦКМ для сбора и хранения биовеществ

достаточно гибкий материал и в процессе резки подвержен сжатию кромок, поэтому для нарезки его на форматы рекомендуется использовать плоско-высекательное оборудование. Принцип работы такого оборудования основан на возвратно-поступательном движении оснастки с ножами в материал под нагрузкой (рисунок 5.7) [159;160].



1 — самонаклад; 2 — высекальная (штанцевальная) секция; 3 — секция отделения (выламывания) обложки; 4 — секция разделения заготовок, приемное устройство; 5 — секция обрезки и удаления кромок захватов

Рисунок 5.7 – Устройство плоско-высекательного агрегата [159].

Отпечатанные листы подаются в стопоприемник, откуда по одному листу подаются в зону вырубki посредством присосок и валиков. За счет возможностей создания разнообразных вырубных форм, за один проход можно осуществить вырубку как одноформатных, так и разноформатных карт. При высоких тиражах на плосковысекательном агрегате предусмотрена возможность удаления кромок. После прохождения зоны высечки (и зоны отделения кромок) готовые карты складываются в стопки в зоне приемки [159;160].

Далее полученные карты приклеиваются к бумажной основе в виде конверта крахмальным клеем и упаковываются в полимерные пакеты с осушителем (гранулы силикагеля) стопками. При необходимости упаковываются дополнительно в картонные коробки.

ВЫВОДЫ

1. На основании проведенных исследований физико-механических и впитывающих свойств показано, что импортные ФТА-карты, изготовленные из 100 % хлопковой целлюлозы, имеют высокую впитывающую способность при низких физико-механических и прочностных свойствах, что приводит к разрушению материала при эксплуатации

2. Установлено, что обработка впитывающей бумаги-основы лизирующим раствором практически не влияет на впитывающую способность, но приводит к резкому снижению прочностных свойств.

3. В результате проведенных исследований влияния вида и морфологии волокна, процесса размола и подготовки бумажной массы на свойства бумаги-основы и ЦКМ показано, что альтернативой 100%-ной хлопковой целлюлозе могут служить волокна древесной целлюлозы.

4. Экспериментально установлены оптимальные композиции ЦКМ для сбора биологических веществ из смеси хвойной и эвкалиптовой целлюлозы (75%:25% и 50%:50%) и из 100% эвкалиптовой целлюлозы, обеспечивающие высокие физико-механические и прочностные свойства при сохранении оптимальной впитываемости.

5. Показано, что в случае использования ЦКМ в условиях повышенной влажности в композицию к лиственной целлюлозе перспективно вводить от 5 до 10 % синтетического полиэфирного волокна, что обеспечит стабильность геометрических размеров в процессе эксплуатации при изменении влажности среды, снизит поглощение волокном биологических веществ, что позволит эффективнее их извлекать из структуры материала.

6. Разработана технология и номенклатура показателей качества ЦКМ для сбора, транспортировки, хранения и проведения исследования биологических веществ из древесной блененной сульфатной целлюлозы с высокими физико-механическими и прочностными свойствами при сохранении оптимальной впитывающей способности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Серологические методы лабораторной диагностики паразитных заболеваний: методические указания. – М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2003. – 36 с.
2. Правила сбора, хранения и транспортирования биоматериалов в централизованную бактериологическую лабораторию ДП-СМК 01.01-2021, Больница Боткина.
3. Патент РФ 2418633, МПК В01L 3/00. Объединение процессов хранения образцов и управление образцами в медико-биологических науках/ ХЕРРНШТАДТ Корина (US), МЮЛЛЕР Рольф (US), МЮЛЛЕР-КОН Джуди (US); Заявитель и патентообладатель: БАЙОМАТРИКА, ИНК. (US) 2006139035/04, 08.05.2005; Оpubл. 20.05.2011; Бюл. № 14.
4. Техника сбора и транспортирования биоматериалов в микробиологические лаборатории: Методические указания. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2006. – 126 с.
5. ГОСТ Р 53079.4-2008 Технологии лабораторные клинические. Обеспечение качества клинических лабораторных исследований. Часть 4. Правила ведения преаналитического этапа - М.: Стандартинформ, 2009.
6. US Patent 5,496,562, Int. Cl. A61K 9/14. Solid medium and method for DNA storage/ Burgoyne L.A.; Assignee: Flinders Technologies Pty Ltd, Bedford Park, Australia. – 159,104. 30.11.1993; Date of Patent: 05.03.1996.
7. Li W., Lee M.S. Dried blood spots: applications and techniques. Wiley Series on Pharmaceutical Science and Biotechnology: Practices, Applications and Methods, 2014. 363 p.
8. Guthrie R. A simple phenylalanine method for detecting phenylketonuria in large populations of newborn infants/ R. Guthrie, S. Ada // *Pediatr.* 32. 1963. Vol. 32, № 3. P. 338–343.
9. US Patent US 2013/0323723 A1, Int. Cl. G01N 33/68. Solid support and method of recovering biological material therefrom/ Horton J.K., Tatnell P.J., Stubbs S.L.J.;

Assignee: GE HEALTHCARE UK LIMITED, Little Chalfont (GB). – 13/985,908. 24.02.2012; Date of Patent: 05.12.2013.

10. Catalogs. biocomma® Life Science Products (New). – URL: <https://www.biocomma.com/catalogs-p2.html/80.html> (дата обращения: 21.03.2024).

11. US Patent 5,427,953, Int. Cl. G01N 33/20. Blood testing method / Hugh Y. Yee; Assignee: The Detroit Medical Center, Detroit. Mich. – 148,982. 08.11.1993; Date of Patent: 27.06.1995.

12. Macherey Nagel Filtration. Welcome to MACHEREY-NAGEL. – URL: <http://thermofishersci.in/lit/Macherey%20Nagel%20Filtration.pdf> (дата обращения: 21.03.2024).

13. Filtration & Separation Technology – URL: https://www.chmes.pl/wp-content/uploads/2018/10/en_munktell_filtrationcatalogue_internetversion.pdf (дата обращения: 21.03.2024).

14. Саушкин, Н.Ю. Аналитические системы на основе технологии сухих пятен крови и высокопористых мембранных носителей для целей ветеринарной диагностики: диссертация ... кандидата химических наук: 03.01.06 / Н.Ю. Саушкин. - Москва, 2019. - 174 с.

15. Rottinghaus, E. Comparison of Ahlstrom Grade 226, Munktell TFN, and Whatman 903 Filter Papers for Dried Blood Spot Specimen Collection and Subsequent HIV-1 Load and Drug Resistance Genotyping Analysis/ E. Rottinghaus, E. Bile, M. Modukanele, M. Maruping, M. Mine, J. Nkengasong, C. Yang // Journal of Clinical Microbiology, –2013. –Vol.51. – №1. – P.55–60.

16. Demirev, P.A. Dried blood spots: analysis and applications/ P.A.Demirev // Anal Chem. 2013. – Vol. 85. – № 2. – P. 779 -789.

17. Sharma, A. Dried blood spots: concepts, present status, and future perspectives in bioanalysis/ A. Sharma, S. Jaiswal, M. Shukla, J. Lal // Drug Test. Anal. – 2014. –Vol. 6. – № 5. – P. 399-414.

18. Malsagova, K. Dried Blood Spot in Laboratory: Directions and Prospects/ K. Malsagova, A. Kopylov, A. Stepanov, T. Butkova, A. Izotov, A. Kaysheva //Diagnostics . – 2020. – Vol. 10. – P.248.

19. Chao, T.C. Influence of haematocrit level on the kinetics of blood spreading on thin porous medium during dried blood spot sampling/ T.C. Chao, A. Trybala, V. Starov, D.B. Das // *Colloids Surfaces A Physicochem. Eng. Asp.* 2014. – Vol. 451. – № 1. – P. 38-47.

20. Su, X Cellulose as a matrix for nucleic acid purification / X. Su, A.M. Comeau // *Analytical Biochemistry.* – 1999. – Vol. 267. – Issue 2. – P.415-418.

21. Then, W. Paper diagnostics in biomedicine / W. Then, G. Garnier // *Reviews in Analytical Chemistry*, 2013. – Vol. 32. – №. 4. – P. 269-294.

22. Mei, J. V. Use of filter paper for the collection and analysis of human whole blood specimens/ J. V. Mei, J. R. Alexander, B. W. Adam, W. H. Hannon // *The Journal of nutrition.* 2001. – Vol. 131. – №. 5. – P. 1631S-1636S.

23. Chace, D. H. Filter Paper as a Blood Sample Collection Device for Newborn Screening/ D. H. Chace, W. H. Hannon // *Clinical Chemistry.* – 2016. – Vol. 62. – № 3. – P. 423–425.

24. Mei, J. V. Performance Properties of Filter Paper Devices for Whole Blood Collection/ J. V. Mei, S. D. Zobel, E. M. Hall, V. R. De Jesús, B. W. Adam, W. H. Hannon // *Bioanalysis.* – 2010. – Vol. 2. – № 8. – P. 1397-1403.

25. Freeman, J. D. State of the Science in Dried Blood Spots/ J. D. Freeman, L. M. Rosman, J. D. Ratcliff, P. T. Strickland, D. R. Graham, E. K. Silbergeld // *Clinical chemistry.* – 2018. – Vol. 64. – № 4. – P.656-679.

26. RBP-EIA: Collecting, Processing, and Handling Venous, Capillary, and Blood Spot Samples – URL: http://www.path.org/publications/files/TS_rbp-eia_blood_collct.pdf (дата обращения: 21.03.2024).

27. Atavliyeva, S. Buccal Dna Collection Using Treated Paper/ S. Atavliyeva, P. Tarlykov // *Eurasian Journal of Applied Biotechnology.* – 2020. – № 1.

28. Smit, P.W. An overview of the clinical use of filter paper in the diagnosis of tropical diseases/ P.W. Smit, I. Elliott, R.W. Peeling, D. Mabey, P.N. Newton // *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene.* – 2014. – Vol. 90. – № 2. – P.195-210.

29. Кушпель, Е.В. Тактические особенности получения образцов для сравнительного исследования при подготовке к назначению экспертизы ДНК / Е.В. Кушпель, Д.Н. Шувалов // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6.

30. Как отобрать образцы на FTA-карты. – URL: http://en.aviagen.com/assets/Tech_Center/BB_Resources_Tools/Vet_How_Tos /AVIAVetHowTo02- TakeFTA CardSamples-RU15.pdf, (дата обращения: 21.03.2024).

31. da Cunha Santos, G. FTA Cards for Preservation of Nucleic Acids for Molecular Assays: A Review on the Use of Cytologic/Tissue Samples. / G. da Cunha Santos // Archives of pathology & laboratory medicine. – 2018. – Vol. 142. – №3. – P.308-312.

32. US Patent 6,746,841 B1, Int. Cl. C12Q 1/68. Fta - coated media for use as a molecular diagnostic tool / Fomovskaia G., Smith M.A., Davis J.C., Jones K., Fomovsky M.A.; Assignee: Whatman Inc., Newton, MA. – 09/736,659. 14.12.2000; Date of Patent: 08.06.2004.

33. US Patent 5,972,386, Int. Cl. A61K 9/14; A61 K9/50; C12O 1/68; C12P 19/34. Dry solid medium for storage and analysis of genetic material/ Leigh Alexander Burgoyne, Mitcham, Australia; Assignee: Flinders Technologies Pty Ltd, Australia. – 08/574,888. 19.12.1995; Date of Patent: 26.10.1999.

34. US Patent 5,756,126, Int. Cl. A61K 9/14; C12Q 1/68; C12Q 1/70; C07H 21/04. Dry solid medium for storage and analysis of genetic material/ Leigh Alexander Burgoyne, Mitcham, Australia; Assignee: Flinders Technologies Pty Ltd, Australia. – 480,135. 07.06.1995; Date of Patent: 26.05.1998.

35. US Patent 6,168,922 B1, Int. Cl. C12O 1/68; C07K 1/00; C12N 1/08; C07H 21/02. Methods and devices for collecting and storing clinical samples for genetic analysis/ Michael A. Harvey, Spofford; Richard D. Kremer, Keene; Robert L. Burghoff, Westmoreland, all of NH (US); Thomas H. King, Brattleboro, VT (US); Assignee: Schleicher & Schuell, Inc., Keene, NH (US). – 09/255,151. 22.02.1999; Date of Patent: 02.02.2001.

36. Патент РФ 2567145, МПК C12N 15/10, A01N 1/02, C12Q 1/68. Композиция для хранения днк-содержащих препаратов или днк (варианты) и ее применение/

Корниенко И.В., Фалеева Т. Г.; Заявитель и патентообладатель: Корниенко И.В., Фалеева Т. Г.– 2014114784/10, 14.04.2014; Оpubл. 10.11.2015; Бюл. № 31.

37. Патент РФ 2624241, МПК G01N 33/48. Твердофазный носитель для иммобилизации и/или хранения биологических образцов, содержащих нуклеиновые кислоты / Сурвило В.Л., Шипулин Г.А.; Заявитель и патентообладатель: Акционерное Общество "ГенТерра" – 2016111149, 25.03.2016; Оpubл. 03.07.2017 Бюл. № 19.

38. Патент РФ 2651937, МПК C12N 15/10, A01N 1/02, C12Q 1/68. Композиция для сбора и хранения днк или днк-содержащих биологических следов (варианты) и её применение/ Фалеева Т. Г., Корниенко И.В., Иванов И.Н.; Заявитель и патентообладатель: Корниенко И.В., Фалеева Т. Г.– 2017115864, 04.05.2017; Оpubл. 24.04.2018 Бюл. № 12.

39. Патент РФ 2628087, МПК A01N 1/00, A01P 1/00, A01P 3/00. Композиция с противомикробным действием для хранения днк или днк-содержащих препаратов (варианты) и её применение/ Корниенко И.В., Фалеева Т. Г., Бачурин С.С.; Заявитель и патентообладатель: Корниенко И.В., Фалеева Т. Г.– 2016135607, 01.09.2016; Оpubл. 14.08.2017 Бюл. № 23.

40. Патент РФ2703058, МПК A01N 3/00. Способ хранения ДНК-содержащего растительного материала в широком диапазоне температур/Хачумов В.А., Корниенко И.В., Фалеева Т. Г., Усатов А.В.; Заявитель и патентообладатель: Хачумов В.А., Корниенко И.В., Фалеева Т. Г., Усатов А.В.; 2017143012, 08.12.2017; Оpubл. 15.10.2019 Бюл. № 29.

41. Бачурин, С.С. Разработка антимикробной защиты для хранения ДНК на твердом бумажном носителе / С.С. Бачурин, Т.Г. Фалеева, И.В. Корниенко // Молекулярная диагностика 2017: мат. IX Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. уч. / под ред. академика РАН В. И. Покровского. – М., 2017. – Т. II. – С. 488-489.

42. Карты бумажные для сбора, хранения и транспортировки нуклеиновых кислот. – URL: https://www.dia-m.ru/catalog/reactive/genomika/karty-bumazhnye-dlya-sbora-khraneniya-i-transportirovkinukleinovykhkislot/? PAGEN_SIM=2, (дата обращения: 21.04.2023).

43. Atavliyeva, S. Cards for collection of biomaterial samples: areas of application / S. Atavliyeva, D. Mukhamedyarov, A. Anuarbekova, P. Tarlykov // Eurasian Journal of Applied Biotechnology. – 2018. – No 4. – P. 11-17.

44. Пластинки FTA и FTA Elute. – URL: <http://www.simas.ru/products/microbiology/molecularlab/podgbelkanuklkislotti/ftaelute/> (дата обращения: 21.04.2024).

45. Испытанные решения для сбора биологических проб. – URL: https://storage.by.prom.st/163145_resheniya_dlya__eskih_prob.pdf (дата обращения: 21.04.2024).

46. Эксплуатационная документация на медицинское изделие карта Whatman FTA Card. – URL: https://docs.nevacert.ru/files/med_reestr_v2/15990_instruction.pdf (дата обращения: 21.04.2024).

47. Коновалова, Ю.В. Применение фильтровальной бумаги для сбора, хранения и транспортировки образцов крови в очагах инфекционных болезней / Ю.В. Коновалова, Е.И. Казачинская, А.А. Чепурнов и др. // Журнал инфектологии 2020. – Т.12. – №2. – с. 66-67.

48. Dried Blood Spot Collection Cards Market – URL: <https://growthmarketreports.com/report/dried-blood-spot-collection-cards-market-global-industry-analysis> (дата обращения: 04.12.2023).

49. Dried Blood Spot Collection Cards Market Share, Size, Trends, Industry Analysis Report, By Type (Whatman 903, Ahlstrom 226, FTA, Others); By Application (Newborn Screening, Infectious Disease Testing, Therapeutic Drug Monitoring, Forensics, Others); By Regions; Segment Forecast, 2020 – 2027. – URL: <https://www.polarismarketresearch.com/industry-analysis/dried-blood-spot-collection-cards-market> (дата обращения: 04.12.2023).

50. Dried Blood Spot Collection Cards Market Size, Share, Industry, Forecast and outlook (2023-2030). – URL: <https://www.datamintelligence.com/research-report/dried-blood-spot-collection-cards-market> (дата обращения: 04.12.2023).

51. Sample Collection. – URL: <https://www.qiagen.com/us/products/human-id-and-forensics/sample-collection/> (дата обращения: 21.12.2023).

52. Dash, H.R. Principles and Practices of DNA Analysis: A Laboratory Manual for Forensic DNA Typing / H.R. Dash, P. Shrivastava, S. Das // Humana Press, Springer Science+Business Media, LLC, part of Springer Nature 2020. - P. XIX, 344.

53. Единая информационная система в сфере закупок. – URL:<https://zakupki.gov.ru/epz/main/public/home.html> (дата обращения: 21.12.2023).

54. Дерябина, С. С. Неонатальный скрининг: этические вопросы расширения спектра скринируемых заболеваний / С. С. Дерябина // Вопросы современной педиатрии. – 2015. – 14 (6). – С. 714–723.

55. Приказ Министерства здравоохранения Российской Федерации от 21.04.2022 № 274н "Об утверждении Порядка оказания медицинской помощи пациентам с врожденными и (или) наследственными заболеваниями" (Зарегистрирован 13.07.2022 № 69251) – URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202207130023?ysclid=m03tym51iw791986053&index=1> (дата обращения: 21.04.2024).

56. Ambient Biobanking Solutions for Whole Blood Sampling, Transportation, and Extraction. – URL: <https://www.intechopen.com/chapters/71889> (дата обращения: 21.04.2024).

57. Инструкция по применению ООО «Гринвэн». Эксплуатационная документация на медицинское изделие. Карта для забора и транспортировки биологического материала по ТУ 9398-001-63802255-2016.

58. Инструкция по применению ООО «Компания Алкор Био». Эксплуатационная документация на медицинское изделие. Карта для сбора образцов биоматериала («ДНК-карта») по ТУ 9398-256-98539446-2015.

59. Карты для забора и транспортировки биологического материала. – URL: <https://green-van.ru/catalog/karty-dlya-zabora-obrazcov/>(дата обращения:21.04.2023).

60. ДНК–карты как простой и надежный способ сбора и длительного хранения ДНК–содержащего биоматериала для молекулярно–генетических исследований. – URL:<https://www.alkorbio.ru/molekulyarnogeneticheskayadiagnostika0/dnkkartikakprostoyinadezhniysposobboraidlitelnogohraneniyadnksoderzhashchegobiomaterialadlyamolekulyarnogeneticheskikhissledovaniy.html>, (дата обращения: 21.04.2023).

61. Marc Livinec, Antoine Donnay/Allianz and Euler Hermes Research. – Germany. – 2021. – 11p.
62. ИТС 1-2022 Целлюлозно-бумажное производство. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям. – М.: Изд-во стандартов. – 2022. – С. 406.
63. Лахтиков, Ю.О. Современные тенденции и перспективы развития целлюлозно-бумажной промышленности России / Ю.О. Лахтиков, Н.Б. Пинягина // PULP & PAPER INDUSTRY. – 2021. – с.19-27.
64. Технология целлюлозно-бумажного производства. В 3 т. Т II. Производство бумаги и картона. Ч 1. Технология производства и обработки бумаги и картона [Текст]. – СПб.: Политехника, 2005. – 423 с.
65. Аким, Э.Л. Обработка бумаги (основы химии и технологии обработки и переработки бумаги и картона) / Э.Л. Аким. – М.: Лесная промышленность, 1979. – 232 с.
66. Аким, Э.Л. Структура и релаксационные свойства бумаги как основы целлюлозных композиционных материалов / Э.Л. Аким, В.А. Романов // Химия древесины. – 1986. – №4. – С. 12-17.
67. Кондратьев, В. С. Многослойные целлюлозные композиционные материалы с промежуточными полиолефиновыми покрытиями: дис. ... кандидата технических наук : 05.21.03 / Вячеслав Сергеевич Кондратьев. – Ленинград, 1988. – 203 с.
68. Тарасов, С. М. Технология получения и переработки целлюлозных композиционных материалов. Конспект лекций: учеб. - методич. пособие / С. М. Тарасов. – М.: ФГБОУ ВО МГУЛ, 2016. – 48 с.
69. Aziz T, Haq F, Farid A, Kiran M, Faisal S, Ullah A, Ullah N, Bokhari A, Mubashir M, Chuah LF, Show PL. Challenges associated with cellulose composite material: Facet engineering and prospective. Environ Res. 2023 Apr 15; 223:115429.
70. Комаров, В.И. Смеси волокнистых полуфабрикатов и их влияние на свойства бумажной массы / В.И. Комаров, И.Б. Филиппов // ИВУЗ. Лесной журнал. – 1997. – №6. – с. 45-54.

71. Забелин, Л.В. Хлопковая целлюлоза: учеб. пособие / Л.В.Забелин, А.П. Закошиков, В.К. Постников. - М.: ЦНИИНТИ, 1976. - 279 с.

72. Кадыров, Б.Г. Технология хлопкового линта, целлюлозы и бумаги / Б.Г. Кадыров, Ю.Т. Ташпулатов, М.Т. Примкулов // Ташкент: Фан. – 2005. – 290 с.

73. Канарский, А. В. Фильтровальные виды бумаги и картона для промышленных технологических процессов / А.В. Канарский. – Москва: Экология, 1991. – 272 с.

74. ГОСТ 595-79 Хлопковая целлюлоза. Технические условия. - М.: Издательство стандартов, 2002. – 15 с.

75. Одинцова, О.И. Основы текстильного материаловедения: текст лекций / О.И. Одинцова, М.Н. Кротова, С.В. Смирнова // Иван. гос. хим.- технол. ун-т. – Иваново. – 2009. – 64 с.

76. Технология целлюлозно-бумажного производства. В 3 т. Т. II. Производство бумаги и картона. Ч. 2. Основные виды и свойства бумаги, картона, фибры и древесных плит. – СПб.: Политехника, 2006. – 499 с.

77. Новожилов, Е.В. Биотехнологии в производстве целлюлозы для химической переработки (обзор) / Е.В. Новожилов, Д.Н. Пошина // Химия растительного сырья. – 2011. – № 3. – С. 15-32.

78. Быкова, К. Е. Анализ перспектив развития азиатского рынка целлюлозно-бумажной промышленности / 78-я научная конференция студентов и аспирантов Белорусского государственного университета: материалы конф. В 3 ч. Ч. 3, Минск, 10–21 мая 2021 г. // Белорус. гос. ун-т; редкол.: В. Г. Сафонов (гл. ред.) [и др.]. – Минск: БГУ, 2021. – С.411-414.

79. Celso Foelkel. Eucalyptus Online Book & Newsletter: Vessel elements and eucalyptus pulps. – 2007. – 54 с.

80. Celso Foelkel. Eucalyptus Online Book & Newsletter: The eucalyptus fibers and the kraft pulp quality requirements for paper manufacturing. – 2007. – 42 с.

81. Celso Foelkel. Eucalyptus Online Book & Newsletter: Papermaking Properties of Eucalyptus Trees, Woods and Pulp Fibers. – 2009. – 110 с.

82. Кхоа, Х.М. Сравнительная характеристика бумагообразующих свойств целлюлозы из бамбука *bambusa blumeana* и древесины лиственных пород Вьетнама: диссертация ... кандидата технических наук: 4.3.4 / Х.М. Кхоа. – Архангельск, 2023. – 176 с.

83. Кхоа, Х.М. Особенности получения сульфатной целлюлозы из древесины плантационных тропических пород / Х.М. Кхоа, Я.В. Казаков, Е.О., Окулова // В сб. «Леса России: политика, промышленность, наука, образование»: матер. VII Всероссийской научно-технической конференции (Санкт-Петербург 25-27 мая 2022 г). – Санкт-Петербург: СПбГЛТУ. – 2022. – С.225-228.

84. Кхоа, Х.М., Бумагообразующие свойства целлюлозы из древесины тропических пород / Х.М. Кхоа, М.И. Макаров, Я.В. Казаков, Е.О.Окулова // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2020. – Вып. 231. – С. 196–208.

85. Мекомби Й, С. С. Химическая переработка древесины эвкалипта, произрастающего в Камеруне / С. С. Мекомби Й, О. П. Ковалева, В. Н. Крылов // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2015. – Т. 3, № 6(17). – С. 95-98.

86. Емпилло Ги Лемоз. Разработка технологии производства печатных видов бумаги из эвкалиптовой целлюлозы: автореферат дис. ... кандидата технических наук: 05.21.03 / Емпилло Ги Лемоз – СПб., – 1994. – 20 с.

87. Соловьева, Т. В. Исследование размола сульфатной беленой целлюлозы из эвкалипта / Т. В. Соловьева, А. Н. Кашин // Труды Белорусского государственного технологического университета. Серия 4. Химия и технология органических веществ. – 2008. – Т. 1, № 4. – С. 270-274.

88. Paper consumption worldwide from 2021 to 2032 – URL: <https://www.statista.com/statistics/1089078/demand-paper-globally-until-2030/> (дата обращения: 21.04.2024).

89. Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI). Dried Blood Spot Specimen Collection for Newborn Screening. 7th ed. CLSI standard NBS01 (ISBN 978-1-68440-

108-6 [Print]; ISBN 978-1-68440-109-3 [Electronic]). Clinical and Laboratory Standards Institute, USA, 2021.

90. ГОСТ Р 55992.2-2014 Изделия медицинские для диагностики *in vitro* для флюоресцентного и иммунофлюоресцентного анализа «сухого пятна» крови новорожденного. Часть 2. Расходные материалы (наборы реагентов) для флюоресцентного и иммунофлюоресцентного анализа «сухого пятна» крови новорожденного. Технические требования для государственных закупок. - М.: Стандартиформ, 2014.

91. Папков, С. П. Взаимодействие целлюлозы и целлюлозных материалов с водой / С. П. Папков, Э. З. Файнберг. - Москва : Химия, 1976. - 231 с.

92. Фляте, Д.М. Свойства бумаги: Учебное пособие. 5-е изд., стер. /Д.М. Фляте. – СПб.: Издательство «Лань», 2012. – 384 с.

93. Фляте, Д.М. Бумагообразующие свойства волокнистых материалов / Д. М. Фляте. - Москва: Лесн. пром-сть, 1990. - 131 с.

94. Фляте, Д.М. Свойства бумаги / Д.М Фляте. – 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Лесная промышленность, 1986. – 680 с.

95. Полозюк, О. Н. Гематология: учебное пособие / О. Н. Полозюк, Т. М. Ушакова. — Персиановский: Донской ГАУ, 2019. – 159 с.

96. Агаркова, С. А. Влияние возраста и пола на вязкость крови человека / С. А. Агаркова // Труды молодых ученых Алтайского государственного университета. – 2012. – № 9. – С. 158-159.

97. Аким, Э.Л. Релаксационное состояние полимерных компонентов бумаги и его влияние на механические свойства / Э.Л. Аким // Проблемы механики целлюлозно-бумажных материалов: сборник материалов I Международной научно-технической конференции. – Архангельск, 13-17 сентября 2011 г. – С. 24-33.

98. Вайсман, Л.М. Структура бумаги и методы ее контроля / Л.М. Вайсман. – М.: Лесн. промышленность. – 1973. – 152 с.

99. Каган, М.Р., Влияние вида исходной целлюлозы на пористость бумаги / Каган М.Р., Фляте Д.М. // Химическая и механическая переработка древесины и

древесных отходов: межвузовский сборник научных трудов / Министерство высшего и среднего специального образования РСФСР, Ленинградская лесотехническая академия имени С. М. Кирова, Ленинград. – 1981. – Вып.4. – С.103-108.

100. Коссой, А.С. Использование лиственной древесины в целлюлозно-бумажной промышленности Текст. / А.С. Коссой. М: Лесн. пром-ть, 1967. –316 с.

101. Горбачева, Г. Н. Влияние морфологии и размеров волокон целлюлозы из лиственной древесины на свойства бумаги / Г. Н. Горбачева, С. Н. Иванов // Бумажная промышленность. – 1968. – № 5. – С. 5-7.

102. Хойецян, Е. А. Исследование и выбор типов целлюлозы для тонкой впитывающей бумаги санитарно-бытового назначения: диссертация ... кандидата технических наук: 05.00.00 / Е.А. Хойецян. - Москва, 1972. – 117 с.

103. Трухтенкова, Н. Е. Бумага для производства декоративных облицовочных материалов / Н. Е. Трухтенкова. – Москва: Лесн. пром-сть, 1990. – 256 с.

104. Land, J. K. Paper-based Diagnostics. Current Status and Future Applications/ J. K. Land /Springer, Springer Nature Switzerland AG. – 2019. – P. IX, 220.

105. Пузырев, С.А. Бумага и картон как фильтрующие материалы / С.А. Пузырев. - М.: Лесная промышленность, 1970. – 86 с.

106. Плоткин Л.Г. Технология и оборудование пропитки бумаги полимерами / Л.Г. Плоткин. – М.: Лесная промышленность, 1975. – 144 с.

107. Грант, Юлиус. Лабораторный справочник по производству целлюлозы и бумаги: [Пер. с англ.] Под общ. ред. канд. хим. наук М. Н. Цыпкиной / Юлиус. Грант. – Москва: Лесная пром-сть, – 1965. – 421 с.

108. ГОСТ Р ИСО 534-2012. Бумага и картон. Определение толщины, плотности и удельного объема. – М.: Стандартинформ, 2012. – 43 с.

109. ГОСТ 12602-93 Бумага и картон. Определение капиллярной впитываемости. Метод Клемма. - М.: Издательство стандартов, 1995. – 8 с.

110. ГОСТ 12604-77 Бумага. Метод определения впитываемости при полном погружении. - М.: Издательство стандартов, 1999. – 4 с.

111. ГОСТ 13648.5-78 Картон. Метод определения впитываемости при полном погружении. - М.: Издательство стандартов, 2003. – 4 с.

112. ГОСТ 12603-67 Бумага и картон. Метод определения поверхностной впитываемости капельным способом. - М.: Издательство стандартов, 1999. – 4 с.

113. Гурьев, А.В. Практикум по технологии бумаги: Учебное пособие / А.В. Гурьев, Я.В. Казаков, В.И. Комаров, В.В. Хованский; Под ред. проф. В.И. Комарова // Архангельск: Изд-во АГТУ, 2001. – 112 с.

114. Комаров, В.И. Деформация и разрушение волокнистых целлюлозно-бумажных материалов / В.И. Комаров. – Архангельск: изд-во АГТУ, 2002. – 440 с.

115. Селезнев, В. Н. Основы полиграфии. Выполнение лабораторных работ: методические указания для студентов всех форм обучения по направлению 18.03.01 - Химическая технология / Сост.: В. Н. Селезнев, В. Н. Сунайт; М-во науки и высшего образования РФ, С.-Петербург. гос. ун-т пром. технологий и дизайна, Высш. шк. технологии и энергетики. – Санкт-Петербург: ВШТЭ СПбГУПТД, 2021. – 36 с.

116. ГОСТ 7500-85 Бумага и картон. Методы определения состава по волокну. – М.: Изд-во стандартов, 1987. - 50 с.

117. ISO 5264-1. Pulps — Laboratory beating — Part 1: Valley beater method // International Organization of Standardization. – Geneva. Switzerland. – 1979. – 8 p.

118. ГОСТ 14363.4-89 Целлюлоза. Метод подготовки проб к физико-механическим испытаниям. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 55 с.

119. ISO 5269-2. Pulps - Preparation of laboratory sheets for physical testing - Part 2: Rapid-Köthen method // International Organization of Standardization. – Geneva. Switzerland. – 2004.

120. ГОСТ Р ИСО 1924-2-2012 Бумага и картон. Метод определения прочности при растяжении. Часть 2. Метод растяжения с постоянной скоростью (20 мм/мин) – М.: Стандартиформ, 2014. – 27 с.

121. ГОСТ 13525.3-97 (ИСО 1974) Полуфабрикаты волокнистые и бумага. Метод определения сопротивления раздиранию (метод Эльмендорфа). – М.: Стандартиформ, 2007. – 11 с.

122. ГОСТ 13525.8-86 Полуфабрикаты волокнистые, бумага и картон. Метод определения сопротивления продавливанию – М.: Стандартоинформ, 2007. 6 с.

123. ISO 8791-2. Paper and board – Determination of roughness/smoothness (air leak methods) - Part 2: Bendtsen method// International Organization of Standardization. – Geneva. Switzerland. – 2013. – 22 p.

124. ISO 5636 - 3. Paper and board — Paper and board — Determination of air permeance (medium range). Part 3: Bendtsen method// International Organization of Standardization. – Geneva. Switzerland. – 2013. – 20 p.

125. Чавчавадзе, Е.С. Атлас древесины и волокон для бумаги / Е.С. Чавчавадзе, З.Е. Брянцева, Е.В. Гончарова и др. – М.: Ключ, 1992. – 336 с.

126. Карлсон Х. Гид по волокну. Анализ волокна и его применение в ЦБП: справочное руководство/ Х. Карлсон. – 2006. – 118 с.

127. Селезнёв, В.Н. Использование упруго-релаксационных методов исследования при создании целлюлозного композиционного материала для сбора и транспортировки образцов биологического материала/ В.Н. Селезнёв, Л.Г. Махотина // Проблемы механики целлюлозно-бумажных материалов: материалы VI Международной научно-технической конференции. – Архангельск: изд-во САФУ им. М.В. Ломоносова, 2021. – С. 47-51.

128. Иванов, С.Н. Технология бумаги: учеб. пособие для вузов / С.Н. Иванов. – 3-е изд., перераб. – М.: Школа бумаги. – 2006. – 646 с.

129. Азаров, В.И. Химия древесины и синтетических полимеров / В.И. Азаров, А.В. Буров, А.В. Оболенская. – СПб.: СПбЛТА, 1999. – 628 с.

130. Селезнёв, В.Н. Целлюлозные композиционные материалы для хранения биологических материалов/ В.Н. Селезнёв, Р.Э. Стребков, Л.Г. Махотина// Инновационные направления развития науки о полимерных волокнистых и композиционных материалах: тез. докл. междунар. науч. конф. / С.-Петербург. гос. ун-т промышленных технологий и дизайна. – СПб.: ФГБОУВО «СПбГУПТД», 2020. – с.61-62.

131.Новиков, А. О. Исследование размалывающей способности и бумагообразующих свойств хлопковой целлюлозы / А. О. Новиков [и др.] // Труды БГТУ. – Минск: БГТУ, 2012. – № 4 (151). – С.157-161.

132.Селезнёв, В.Н. Исследование влияния концентрации размола хлопковой целлюлозы на морфологические свойства волокна и структуру целлюлозного композиционного материала для сбора и хранения биологических веществ/ В.Н. Селезнёв, Л.Г. Махотина // Материалы III Международной научно технической конференции молодых учёных и специалистов ЦБП «Современная целлюлозно-бумажная промышленность. Актуальные задачи и перспективные решения» (Санкт-Петербург, 8 ноября 2021 года). - Санкт-Петербург: ВШТЭ СПбГУПТД, 2022. – Том I. – С.80-84.

133.Селезнёв, В.Н. Исследование влияния размола хлопковой целлюлозы на свойства целлюлозного композиционного материала для сбора и хранения образцов биологического материала / В.Н. Селезнёв, Л.Г. Махотина // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2022. – Вып. 238. – С. 215–227.

134.Хроматография на бумаге / Под ред. И. М. Хайса и К. Мацека ; Пер. с чешского Б. М. Вольфсона [и др.] ; Под ред. канд. биол. наук М. Н. Запрометова. – Москва : Изд-во иностр. лит., 1962. – 851 с.

135.Грег, С. Адсорбция, удельная поверхность, пористость / С. Грег, К.Синг. – М., 1970. – 408 с.

136.Азаров, В. И. Влияние свойств декоративных бумаг на процесс их пропитки растворами олигомеров/ В. И. Азаров, Г. Н. Кононов, А. А. Никитин, Е. С. Берсенева // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 2007. – №6. – С.104-105.

137.Михайлова, О.С. Анализ ферментативной обработки крахмала картофельного на физико-механические свойства бумаги / О.С. Михайлова, Е.В. Крякунова, Я.В. Казаков, Д.А. Дулькин, А.В. Канарский // Вестник Казанского технологического университета. –2015. –Т.18. – №4. – с. 203-207.

138.Захаров, И.В. Повышение устойчивости картона к старению пропиткой биомодифицированным глютенном / И.В. Захаров, Н.Л. Захарова, А.В. Канарский,

Я.В. Казаков, А.В. Попов, Д.А. Дулькин // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2018. – Вып. 222. – С. 216–227.

139.ГОСТ 10395-75. Бумага для хроматографии. Технические условия. - М.: Издательство стандартов, 1986. – 7 с.

140.ГОСТ 6246-82. Бумага промокательная. Технические условия. - М.: Издательство стандартов, 1986. – 6 с.

141.ГОСТ 12026-76. Бумага фильтровальная лабораторная. Технические условия. - М.: Стандартиформ, 2005. – 6 с.

142.Селезнёв, В.Н. Исследование влияния эвкалиптовой целлюлозы на физико-механические и впитывающие свойства целлюлозного композиционного материала/ В.Н. Селезнёв, Л.Г. Махотина, А.Р. Шевченко, А.Г. Ивлева// Проблемы механики целлюлозно-бумажных материалов: материалы VII Международной научно-технической конференции. – Архангельск: изд-во САФУ им. М.В. Ломоносова, 2023. – С. 175-180.

143.Селезнёв, В.Н. Перспективы использования эвкалиптовой целлюлозы при производстве композиционных материалов для сбора биообразцов / В.Н. Селезнёв, Л.Г. Махотина // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2024. – Вып. 247. – С. 327–339.

144.Гутман, Б. Б. Бумага из синтетических волокон / Б. Б. Гутман, Л. Н., Янченко, Л. И. Гуревич. – М.: Лесная промышленность, 1971. – 184 с.

145.Мартьянова, О.С. Использование синтетических волокон для изготовления специальных видов бумаги / О.С. Мартьянова, Н.В. Хомутильников, Е.В. Куркова, Г.Е. Иванов, И.О. Говязин, Г.Н. Кононов // Лесной вестник / Forestry Bulletin. – 2018. – Т. 22. – № 5. – С. 113-120.

146.Куркова, Е.В. Бумага с синтетическими волокнами / Е.В. Куркова, Г.Е. Иванов, О.С. Мартьянова // Матер. III Международной научно-технической конференции «Проблемы механики целлюлозно-бумажных материалов», посвященной памяти профессора В.И. Комарова. Архангельск, САФУ, 9–11 сентября 2015 г. Архангельск: САФУ, 2015. – С. 88–93.

147. Черная, Н. В. Синтетические материалы в бумажных и картонных производствах: ресурсосбережение и импортозамещение: учебно-методическое пособие для студ. вузов по спец. 1-48 01 05 04 «Химическая технология переработки древесины» спец. 1-48 01 05 04 «Технология целлюлозно-бумажных производств» / Н. В. Черная, Н. А. Герман. – Минск: БГТУ, 2020. – 203 с.

148. Seleznev, V.N. Effect of Synthetic Fiber on Physical, Mechanical, and Absorption Properties of Cellulose Composite Material / V.N. Seleznev, L.G. Makhotina // *Fiber Chemistry*. – 2023. – Vol. 55. – P. 205 – 208.

149. Селезнёв В.Н., Махотина Л.Г. Влияние синтетического волокна на физико-механические и впитывающие свойства целлюлозного композиционного материала / В.Н. Селезнёв, Л.Г. Махотина // *Химические волокна*. – Мытищи: АНО «Редакция журнала «Химические волокна». – №3. – 2023. – С. 67-70.

150. Селезнёв, В.Н. Исследование влияния синтетического волокна на свойства целлюлозного композиционного материала / В.Н. Селезнёв, Л.Г. Махотина // Тезисы докладов IV Международной научно-технической конференции молодых ученых и специалистов ЦБП «Современная целлюлозно-бумажная промышленность. Актуальные задачи и перспективные решения» (Санкт-Петербург, 14–15 ноября 2022 года) — СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД, 2022. – с.7.

151. Пузырев, С.А. Технология обработки и переработки бумаги и картона / С.А. Пузырев, Т.С. Бурова, С.П. Кречетова, П.Т. Рыжов. – М.: Лесная промышленность, 1985. – 312 с.

152. Смолин, А.С. Технология формования бумаги и картона / А. С. Смолин, Г. З. Аксельрод. – Москва: Лесн. пром-сть, 1984. – 121 с.

153. Чичаев, В. А. Оборудование целлюлозно-бумажного производства. В 2-х томах. Т. 2. Бумагоделательные машины / В. А. Чичаев, М. Л. Глезин, В. А. Екимова и др. – М.: Лесная пром-сть, 1981. – 264 с.

154. Бумагоделательные машины [Текст] / под ред. В. С. Курова, Н. Н. Кокушина. – СПб.: Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, 2011. – 598 с.

155. Теория и конструкция машин и оборудования отрасли. Бумаго- и картоноделательные машины: Учеб, пособие / Под ред. В.С. Курова, Н.Н. Кокушина. СПб.: Изд-во Поли-техн. ун-та, 2006. – 588 с.

156. Машины для производства бумаги и картона / под ред. В.С. Курова, Н.Н. Кокушина. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2017. – 646 с.

157. Oittinen, P. Papermaking Science and Technology. Printing/ P. Oittinen, H. Saarelma – Helsinki: Jyvaskyla, 2000. – 111p.

158. Киппхан, Г. Энциклопедия по печатным средствам информации. Технологии и способы производства / Г. Киппхан. – М.: Московский государственный университет печати, 2003. – 1280 с.

159. ГОСТ Р ЕН 1010-5-2012 Оборудование полиграфическое. Требования безопасности для конструирования и изготовления. Часть 5 Машины для изготовления гофрокартона и машины для переработки плоского картона и гофрокартона. - М.: Стандартиформ, 2014.

160. Мочалова, Е.Н. Проектирование тары и упаковки из гофрированного картона: учебное пособие / Е.Н. Мочалова, М.Ф. Галиханов; М-во образ. и науки России, Казань. нац. исслед. технол. ун-т. – Казань: Изд-во КНИТУ, 2014. – 156 с.

Приложение 1

УТВЕРЖДАЮ:

Директор подразделения Динамо
ООО «ЛИЛИЯ ХОЛДИНГ-ПОЛИГРАФИЯ
И БУМАЖНОЕ ПРОИЗВОДСТВО»

Баркалая Т. В.

13 марта 2023 г.



Акт

О проведении опытно-промышленной выработки целлюлозного композиционного материала для сбора и хранения биологических веществ

Экспериментальные результаты диссертационного исследования Селезнёва Владимира Николаевича были подтверждены в ходе опытно-промышленной выработки целлюлозного композиционного материала для сбора и хранения биологических веществ на ООО «ЛИЛИЯ ХОЛДИНГ-ПОЛИГРАФИЯ И БУМАЖНОЕ ПРОИЗВОДСТВО» в марте 2023 г.

Цель опытно-промышленной выработки

Получение в промышленных условиях целлюлозного композиционного материала для сбора и хранения биологических веществ.

Методика проведения работ

Для проведения опытно-промышленной выработки использовали волокнистые полуфабрикаты: хлопковую целлюлозу ООО «ПКК ВИВА», хвойную и лиственную сульфатную беленную целлюлозу.

Хлопковую целлюлозу размалывали на конической мельнице для получения бумажной массы садкого помола, со средневзвешенной длиной волокна 1 – 1,2 мм и градусом помола до 20 °ШР. Древесные полуфабрикаты не размалывались.

Из волокнистых полуфабрикатов получали композиции в соотношениях 75 % – хлопковой целлюлозы и 25% – хвойной (лиственной) целлюлозы.

ЦКМ массой метра квадратного 245±10 г. получали на бумагоделательной машине, на которой в настоящее время производят бумагу для рисования с использованием хлопковой целлюлозы.

Результаты определения физико-механических и впитывающих свойств полученных образцов бумаги представлены в таблице 1.

Продолжение приложения 1

Таблица 1 – Физико-механические и впитывающие свойства целлюлозных композитов

Показатель	Соотношение волокнистых полуфабрикатов, %					
	Хлопковая: Хвойная целлюлоза		Хлопковая: Лиственная целлюлоза		Хлопковая: Эвкалиптовая целлюлоза	
	75:25	50:50	75:25	50:50	75:25	50:50
Разрывное усилие, Н	60	70	58	54	60	55
Удлинение при разрушении, %	1,5	2,0	1,2	1,2	1,9	1,5
Модуль упругости, Н/мм ²	1300	1500	1300	1400	1300	1400
Сопротивление продавливанию, кПа	300	400	230	200	240	230
Сопротивление раздиранию, Н	2,4	2,9	1,6	1,4	1,8	1,6
Воздухопроницаемость по Бендтсену, мл/мин	5000	3800	5000	4300	4500	4000
Капиллярная впитываемость по Клемму, мм	84	83	80	82	80	83

Анализ данных показал, что полученные целлюлозные композиционные материалы обладают требуемыми показателями прочности и впитывающими свойствами.

Выводы


В промышленных условиях показана возможность получения целлюлозного композиционного материала для сбора и хранения биологических веществ, обладающего достаточной прочностью и впитывающей способностью.

От ООО «ЛИЛИЯ ХОЛДИНГ-
ПОЛИГРАФИЯ И БУМАЖНОЕ
ПРОИЗВОДСТВО»

Начальник цеха
Комарова И. Ю.



От СПб ГУПТД

 д.т.н., проф. Махотина Л.Г.

 аспирант Селезнёв В.Н.

Приложение 2



УТВЕРЖДАЮ
 Директор ФГБУ «НИИ гриппа
 им. А.А. Смородинцева»
 Д.А. Лиознов

печать

Акт

Испытания целлюлозного композиционного материала для сбора, хранения и транспортировки биологических веществ на возможность его использования при исследованиях

В ФГБУ «НИИ гриппа им. А.А. Смородинцева» Минздрава России были проведены испытания целлюлозного композиционного материала для сбора, хранения и транспортировки биологических веществ на возможность его использования при исследованиях в медицинских и научных учреждениях.

Цель эксперимента – проверить инактивацию вируса гриппа и стабильность вирусной РНК при нанесении и хранении на целлюлозные композиционные материалы (ЦКМ), разработанные на кафедре ТЦиКМ СПбГУПТД в рамках выполнения диссертационной работы аспиранта Селезнева В.Н., и являющиеся экспериментальными аналогами FTA-карт.

Проведение испытания целлюлозных композиционных материалов (ЦКМ) для сбора и хранения биологических веществ осуществлялось по методике, описанной в статье Abdelwhab EM, Lüscho D, Harder TC, Hafez HM. The use of FTA® filter papers for diagnosis of avian influenza virus. J Virol Methods. 2011 Jun;174(1-2):120-2. doi: 10.1016/j.jviromet.2011.03.017.

Протокол эксперимента:

- 1) На ЦКМ (3x3 см, рабочая поверхность 1,5x1,5 см) наносили 100 мкл вирусодержащей жидкости (ВСЖ), штамм A/PR/8/34(H1N1).
- 2) ЦКМ высушивали в боксе микробиологической безопасности в течение 1 часа, или без высушивания сразу переходили к п.3.
- 3) ЦКМ помещали в пробирки с 10 мл холодного DPBS с 1% - антибиотиком-антимикотиком и смывали вирус покачиванием пробирки.
- 4) В качестве контроля количества наносимого вируса, 100 мкл ВСЖ вносили в контрольную пробирку с 10 мл холодного DPBS.
- 5) Количество инфекционного («живого») вируса в смывах определяли титрованием в культуре клеток MDCK.
- 6) По 100 мкл смывов замораживали при $\leq -70^{\circ}\text{C}$ для определения количества вируса методом ОТ-ПЦР

В качестве ЦКМ для сбора и хранения биологических веществ использовали лабораторные образцы из 100% хлопковой целлюлозы (материал №1) и 100% лиственной беленой целлюлозы (материал №2), обработанные лизирующими растворами (табл.1).

Продолжение приложения 2

Таблица 1 – Характеристики образцов

Образцы				
Поверхность*	Тип ВСЖ**	Точки	Повторы	Число образцов
ЦКМ №1 ЦКМ №2	аллантаоис	без высыхания	3 повтора	2*2*3*3= 36 (18 образцов каждого материала)
	разведенный аллантаоис 1/10	после высыхания (60 мин)		
	культуральная среда			

*В эксперименте использованы ЦКМ, полученные в лаборатории кафедры ТЦиКМ СПбГУПТД путем изготовления на листоотливном аппарате отливок, с последующей пропиткой их лизирующим раствором и переданные на испытание в ФГБУ «НИИ гриппа им. А.А. Смородинцева» Минздрава России:

№1 – ЦКМ из 100 % хлопковой целлюлозы, имитирующий ФТА-карты

№2 – ЦКМ из 100% лиственной беленой целлюлозы, являющиеся альтернативой ФТА-карте.

** В эксперименте использованы основные типы ВСЖ, образующиеся при культивировании вирусов гриппа – аллантаоис куриных эмбрионов и бессывороточная культуральная среда. Также использован аллантаоис, разведенный в DPBS 1:10, в котором содержание белкового компонента, составляет примерно 1 мг/мл, что близко к среднему содержанию белка в образцах носовых секретов.

Наличие белкового компонента в среде, как правило, стабилизирует вирус и замедляет его инактивацию.

Исследование инактивации вируса при нанесении его на тестируемый ЦКМ

Результаты исследования представлено в Табл.2

Таблица 2 – Содержание инфекционного вируса (lgТИД_{50/0.1мл}) в смывах в зависимости от материала, типа ВСЖ и времени инкубации

Тип ВСЖ	Контроль	ЦКМ №1		ЦКМ №2	
		Без высыхания (0 мин)	После высыхания (60 мин)	Без высыхания (0 мин)	После высыхания (60 мин)
Аллантаоис	6.61 ± 0.10	4.50 ± 0.17 Δ** = 2.11	< 0.5*	4.17 ± 0.44 Δ = 2.44	< 0.5
Аллантаоис 1:10	5.59 ± 0.12	2.56 ± 0.20 Δ = 3.03	< 0.5	2.22 ± 0.48 Δ = 3.37	< 0.5
Культ.среда	7.17 ± 0.71	0.89 ± 0.54 Δ = 6.28	< 0.5	0.61 ± 0.10 Δ = 6.56	< 0.5

* < 0.5 – ниже предела детекции, **Δ - снижение активности по сравнению с контролем

По результатам эксперимента можно сделать заключение:

- При высыхании на обоих материалах (№1, №2) в течение 60 мин происходит полная инактивация вируса.

- Сразу после нанесения вируса на материалы происходит его частичная инактивация.

Продолжение приложения 2

- Степень частичной инактивации (снижение активности по сравнению с контролем) тем выше, чем меньше в ВСЖ содержание белкового компонента.
- Значимых различий между ЦКМ №1 и ЦКМ №2 в скорости инактивации вируса не наблюдалось.

Исследование стабильности вирусной РНК при нанесении на ЦКМ

Таблица 3 – Пороговые циклы ОТ-ПЦР в реальном времени, отражающие количество вирусной РНК в образцах смывов в зависимости от материала, типа ВСЖ и времени инкубации

Тип ВСЖ	Контроль	ЦКМ №1		ЦКМ №2	
		Без высыхания (0 мин)	После высыхания (60 мин)	Без высыхания (0 мин)	После высыхания (60 мин)
Аллантоис	20.3	20.4 ± 0.8 Δ = 0.1	21.8 ± 0.3 Δ = 1.5	22.2 ± 1.1 Δ = 1.9	23.4 ± 0.5 Δ = 3.1
Аллантоис 1:10	23.6	24.9 ± 0.4 Δ = 1.3	26.6 ± 0.3 Δ = 3.0	26.8 ± 0.7 Δ = 3.2	26.6 ± 0.4 Δ = 3.0
Культ.среда	22.4	23.0 ± 0.2 Δ = 0.6	23.3 ± 0.7 Δ = 0.9	26.6 ± 0.5 Δ = 4.2	24.8 ± 0.4 Δ = 2.4

По результатам постановки ОТ-ПЦР в реальном времени можно сделать заключение:

- Для материала №1 наблюдалось частичное разрушение вирусной РНК после высыхания, максимальная разница с контролем составила 3 цикла ПЦР
- Для материала №2 наблюдалось разрушение РНК сразу после нанесения ВСЖ, максимальная разница с контролем составила 4.2 цикла, разница не увеличилась после высыхания
- Для определения разницы между ЦКМ рекомендуется проведение эксперимента с более длительным периодом хранения высушенного материала с нанесенным вирусом.

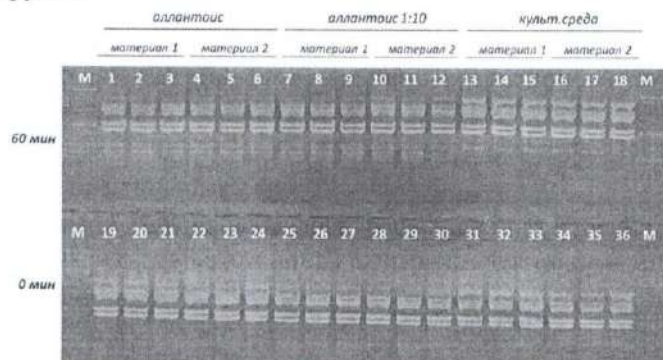


Рисунок 1 – Результаты полногеномной амплификации фрагментов РНК вируса гриппа из образцов смывов в зависимости от материала, типа ВСЖ и времени инкубации

Продолжение приложения 2

Для всех ЦКМ полногеномная амплификация прошла хорошо. В образцах 1-12 больше неспецифических продуктов, амплификация высокомолекулярной ДНК менее эффективна, чем в других.

Выводы:

Оба ЦКМ №1 и №2 полностью инактивируют вирус в течение 60 минут после нанесения.

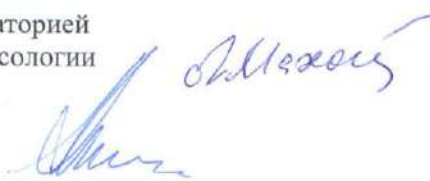
При высыхании образцов на поверхности ЦКМ №1 и ЦКМ №2 наблюдается тенденция к ухудшению качества вирусной РНК.

Для дальнейшей оценки стабильности будет проведен эксперимент с длительным хранением высушенных материалов.

От ФГБУ «НИИ гриппа им. А.А.
Сморозинцева» Минздрава России

От СПб ГУПТД

Заведующий лабораторией
молекулярной вирусологии
Комиссаров А. Б.



Профессор каф. ТЦиКМ
д.т.н., проф. Махотина Л.Г.

Старший научный сотрудник
Фадеев А.В.



Аспирант
Селезнёв В.Н.

Приложение 3



САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКАЯ БУМАЖНАЯ ФАБРИКА
филиал акционерного общества «ГОЗНАК»

Наб. реки Фонтанки, 144, лит. А,
Санкт-Петербург, Россия, 190020
Тел.: +7 (812) 305 22 73; факс: +7 (812) 305 22 94
goznak_spbf@goznak.ru; spbf.goznak.ru

30.09.2024 №6-0304/

на

№ _____

О проведении выработки

Директору
Высшей школы технологии и
энергетики СПб ГУ ПТД
Луканину П.В.

mail@gturp.spb.ru

Уважаемый Павел Владимирович!

В ответ на ваше письмо (исх. № 08-17/01-31-397 ОТ 11.09.2024) сообщаю, что проведение опытно-промышленной выработки бумаги для сбора и транспортировки биологических веществ на БДМ № 2 СПБФ в соответствии с договором № 24-34 от 16.09.2024 запланировано на 08 - 09 октября 2024 г.

Для выполнения всего объема запланированных работ потребуется порядка 40 кг лиственничной целлюлозы и готового водного раствора на основе растворов SDS, ЭДТА и Трис для пропитки бумаги в объеме не менее 30 литров.

Просим организовать доставку указанных материалов на фабрику заблаговременно 07 октября 2024 г.

Также, просим сообщить состав специалистов, которые будут принимать участие в проведении данных работ.

И.о. заместителя
директора по
производству



Д.А. Демидов

Ермакова Елена Михайловна
(812) 305-22-40 (доб.4141)

Продолжение приложения 3

Техническое задание

на проведение работ по изготовлению бумаги для целлюлозного композиционного материала для сбора, хранения и транспортировки биологических веществ

1 Требования к выполнению работы

1.1 Бумага изготавливается на круглосеточной бумагоделательной машине БДМ № 2 СПБФГ (3 варианта) – таблица 1.

1.2 Масса бумаги – (240 ± 10) г/м².

1.3 Формат отлива бумаги на БДМ № 2 – 330 мм.

Таблица 1 – Варианты бумаги

Наименование бумаги, № варианта	Масса, г/м ²	Формат отлива, мм	Формат резки, мм	Сдать, кг
Бумага основа для сбора и транспортировки биологических веществ опытная (вариант 1)	240 ± 10	330	300	15,0 кг/ 2 рулона*
Бумага основа для сбора и транспортировки биологических веществ опытная (вариант 2)	240 ± 10	330	297 x 420	5,99 кг/ 200 листов (1 пачка)
Бумага для сбора и транспортировки биологических веществ опытная (вариант 3)	240 ± 10	330	210 x 297	1,50 кг/ 100 листов (1 пачка)

* Характеристики рулонов: d_{внутр.} = 76 мм; d_{наружный} = (300-350) мм; общий вес - 15 кг

2 Материалы, используемые в качестве сырья:

2.1 Целлюлоза лиственничная (давальческое сырьё), передаётся заказчиком в сухом виде в листах в общем количестве около 40 кг. Лиственничная целлюлоза не размалывается. После роспуска и набухания в ролле на участке БДМ № 2 определить степень помола, длину волокна и показатели по прибору FiberTester в лаборатории ОТК СПБФ. Степень помола и длина волокна - по факту.

2.2 Целлюлоза хлопковая: из наличия на СПБФ в листах в общем количестве 40 кг. Хлопковая целлюлоза не размалывается. После роспуска и набухания в ролле на участке БДМ № 2 определить степень помола, длину волокна и показатели по прибору FiberTester в лаборатории ОТК СПБФ. Степень помола и длина волокна - по факту.

3 Композиция бумажной массы:

Целлюлоза лиственничная – 50 %
Целлюлоза хлопковая – 50 %

4 Наполнение и проклейка бумажной массы - не проводятся.

5 Поверхностная проклейка:

5.1 Бумага-основа для сбора и транспортировки биологических веществ опытная (варианты 1 и 2) изготавливается без поверхностной проклейки в клеильном прессе.

5.2 Бумага для сбора и транспортировки биологических веществ опытная (вариант 3) изготавливается с поверхностной обработкой в ванне клеильного пресса водным раствором на основе растворов SDS, ЭДГА и Трис. В процессе выработки бумаги определить привес пропиточного состава в г/м² (норма 10-15 г/м²).

Продолжение приложения 3

6 Приготовление водного раствора на основе растворов SDS, ЭДТА и Трис

Готовые растворы SDS, ЭДТА и Трис предоставляются заказчиком. Приготовление рабочего водного раствора на основе растворов SDS, ЭДТА и Трис осуществляется на участке БДМ № 2 в соответствии с рекомендациями ВШТЭ СПбГУПТД:

а) 3,0 л 20% SDS (додецилсульфат натрия);

б) 0,6 л 0,5 М ЭДТА (этилендиаминтетрауксусная кислота в виде чистой кислоты, растворённой в воде с щелочью);

в) 1,8 л 1 М Трис (трис-гидроксиэтилметан)

г) раствор доводится до 30 л водой.

Характеристики рабочего водного раствора:

- концентрация – 3,0 %;

- вязкость по ВЗ-4 – (11-12) сек.

7 Определение показателей качества бумаги

Контроль показателей качества бумаги всех вариантов проводится на СПБФ в ОТК в соответствии с таблицей 2. Кондиционирование образцов бумаги перед испытанием и испытания проводятся при относительной влажности воздуха (50 ± 2) % и температуре (23 ± 1)°С. Кондиционирование образцов бумаги перед испытанием не менее 2 часов.

Таблица 2 – Показатели качества бумаги

№ п/п	Наименование показателя	Норма		Примечания
		Варианты 1 и 2	Вариант 3	
1	Привес пропиточного состава, г/м ²	-	определять	-
2	Масса 1 м ² , г	240 ± 10	240 - 255	ГОСТ 13199 ISO 536
3	Толщина, мкм	определять	определять	ГОСТ 27015 ISO 534
4	Плотность, г/см ³	определять	определять	ГОСТ 27015 ISO 534
5	Воздухопроницаемость по Бендтсену, мл/мин	определять	определять	ГОСТ 13525.14-77
6	Капиллярная впитываемость, мм	определять	определять	ГОСТ 12602-93
7	Сопротивление продавливанию, кПа	определять	определять	ГОСТ 13525.8-86
8	Сопротивление раздиранию по каждому направлению, мН	определять	определять	ГОСТ 13525.3-97
9	Разрушающее усилие по каждому направлению, Н (кГ)	определять	определять	ГОСТ ИСО 1924-2
10	Впитываемость воды при одностороннем смачивании (Кобб ₆₀₀) по каждой стороне, г/м ²	определять	определять	ГОСТ 12605 (ИСО 535)

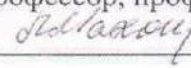
От СПБФ – филиала АО «Гознак»:


Заместитель главного технолога

 А.В. Тихонов

« 24 » 09 2024 г.

От ВШТЭ СПбГУПТД:

Д.т.н, профессор, профессор кафедры
ТЦКМ  Л.Г. Махотина

Старший преподаватель кафедры
ТЦКМ  В.Н. Селезнёв

« 23 » 09 2024 г.