

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

Институт технологии

Направление подготовки (специальность) 29.03.03 Технология полиграфического
и упаковочного производства (профиль – Технология упаковочного производства)

Выпускающая кафедра Технологии целлюлозы и композиционных материалов

**ВЫПУСКНАЯ
КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)**

на тему Разработка композиции бумаги-основы FTA–карт, используемых для
для сбора и упаковки образцов биологического материала

Исполнитель – обучающийся учебной группы

144

(группа)

Стребков Руслан Эдуардович

(фамилия, имя, отчество)

Руководитель выпускной квалификационной работы

д.т.н., доцент Махотина Людмила Герцевна

(учёная степень, звание, фамилия, имя, отчество)

Консультанты:

(учёная степень, звание, фамилия, имя, отчество)

Нормоконтролёр к.т.н. Кузнецов Антон Геннадьевич

(учёная степень, звание, фамилия, имя, отчество)

**Санкт-Петербург
2020**

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|----|
| УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ | 4 |
| ВВЕДЕНИЕ | 4 |
| 1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР | 8 |
| 1.1 ФТА–карты. Основные понятия | 8 |
| 1.2 Типы ФТА–карт | 9 |
| 1.3 Работа с ФТА–картами и отбираемый материал | 10 |
| 1.4 ФТА–карты в России..... | 11 |
| 1.5 Волокнистые полуфабрикаты, используемые для производства бумаги– основы ФТА– карт | 13 |
| 1.5.1 Хлопок..... | 13 |
| 1.5.2 Хлопковое волокно..... | 14 |
| 1.5.3 Тип хлопкового волокна | 15 |
| 1.5.4 Сорт хлопкового волокна..... | 17 |
| 1.5.5 Класс хлопкового волокна | 19 |
| 1.5.6 Хлопковая целлюлоза..... | 20 |
| 1.5.7 Физико–химические свойства хлопковой целлюлозы | 20 |
| 1.5.8 Требования безопасности..... | 23 |
| 2 ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ | 24 |
| 3 МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ..... | 25 |
| 3.1 Объект исследования | 25 |
| 3.2 Морфологический анализ волокна | 25 |
| 3.3 Размол на PFI мельнице | 27 |
| 3.4 Изготовление отливок | 28 |
| 3.5 Определение массы метра квадратного | 29 |
| 3.6 Определение толщины микроскопическим методом | 29 |
| 3.7 Определение воздухопроницаемости..... | 30 |
| 4 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ..... | 31 |
| 4.1 Программа испытаний | 31 |

| | |
|--|----|
| 4.2 Микроскопия волокна образцов ФТА–карт..... | 32 |
| 4.3 Морфологический анализ волокна | 33 |
| 4.4 Изготовление отливок | 49 |
| 4.5 Определение воздухопроницаемости..... | 50 |
| 5 ВЫВОДЫ..... | 54 |
| 6 СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ | 55 |

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

ДНК – Дезоксирибонуклеиновая кислота

РНК – Рибонуклеиновая кислота

FTA – Fitzco/Flinders Technology Agreement

ИФА – Иммуноферментный анализ

ПЦР – Полимеразная цепная реакция

°ШР – Градусы Шоппер-Риглера

ВВЕДЕНИЕ

Жизнь. Великая загадка Вселенной, возникновение которой мучает человечество уже многие тысячи лет. Существует множество теорий её возникновения, но, откинув Высший смысл значения этого слова, в общем понимании, жизнь – это совокупность физических и химических процессов, протекающих в клетке, позволяющих осуществлять обмен веществ и её деление. Приспосабливаясь к окружающей среде, живая клетка формирует всё многообразие живых организмов, существующих на планете.

Основной атрибут живой материи – генетическая информация, хранящаяся в клетке, используемая для репликации. Именно благодаря ней на планете существуют различные виды, похожие между собой по общим признакам, а так же индивидуальные особенности подвидов и даже отдельных стай. Генетическая информация – информация о строении белков, закодированная с помощью последовательности нуклеотидов (генетического кода) в генах. Она определяет морфологическое строение, рост, развитие, обмен веществ, психический склад, предрасположенность к заболеваниям и генетические пороки организма.

Таким образом, важнейшими высокомолекулярными органическими соединениями в организме, выполняющими функции по хранению, передаче и реализации наследственной информации, ответственными за существование всей жизни на планете в целом, являются нуклеиновые кислоты, образованные нуклеотидами.

Существует две основные нуклеиновые кислоты, обеспечивающие данные функциональные процессы живого организма:

- Дезоксирибонуклеиновая кислота (ДНК) – макромолекула, состоящая из длинной цепи, определенная последовательность звеньев (нуклеотидов) в которой и формирует генетический код, хранящий и реализующий генетическую программу. Также ДНК содержит информацию о структуре различных видов РНК и белков.

- Рибонуклеиновая кислота (РНК) – макромолекула, также состоящая из длинной цепи нуклеотидов, играющая важную роль в кодировании, прочтении, регуляции и выражении генов.

В современном мире вопрос исследования ДНК и 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. Но, кроме подобных глобальных научных исследований, также тесты ДНК и РНК имеют широкий спектр применений и распространены и в повседневной жизни человека. Комплексный генетический тест человека позволяет получить данные о его родословной, талантах, здоровье, реакции на прием лекарств, особенностях подходящих организму диет и многом другом. Также, немаловажную роль изучение генов играет и в криминалистике при проведении судебно–медицинских экспертиз, благодаря чему каждый год раскрывается несколько десятков тысяч преступлений.

Логичным является то, что для проведения генетического теста ДНК требуется предоставить сам образец ДНК исследуемого индивидуума. Существует множество способов сбора этого образца, которые являются как правильно безболезненными – использование буккального (щёчного) мазка, сбор слюны, крови или других подходящих жидкостей в пробирку, сбор тканей с личных вещей (например, с зубной щётки, бритвы и т. п.) и другие. Далее, собранный контрольный образец ДНК отправляют в лаборатории, где и проводится их анализ.

Существует также и ещё один простой и надежный способ сбора и хранения ДНК–содержащего биоматериала для молекулярно–генетических исследований. Являясь наиболее перспективным, этот способ позволяет проводить простой, надежный и экономический сбор, транспортировку и длительное хранение биоматериала, и способ этот – использование бумажных носителей – ФТА–карт.

Таким образом, проведение исследований связанных с изучением свойств и технологии ФТА–карт, используемых для сбора и упаковки образцов биологических материалов, является весьма актуальным.

Появление на рынке отечественной карты для сбора образцов биоматериала позволит ряду российских научно–исследовательских лабораторий и институтов отказаться от дорогостоящих импортных аналогов, что, в свою очередь, снизит себестоимость исследований.

1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1.1 FTA–карты. Основные понятия

FTA (Fitzco/Flinders Technology Agreement) –карта – это химически обработанный целлюлозный (бумажный) фильтр, предназначенный для сбора, транспортировки и хранения биологического материала, собираемого из образцов крови, слюны, мочи, растительной ткани и так далее, который отправляют в лаборатории на последующий генетический анализ ДНК и РНК. [1]

FTA–карты изготавливаются из целлюлозы и содержат в своем составе реагенты для лизирования клеток, денатурации белков и защиты нуклеиновых кислот от нуклеаз, окисления и разрушения УФ–излучением. Также эти реагенты быстро инактивируют организмы, включая патогены крови, бактериофаги и предотвращают рост бактерий и других микроорганизмов. Бумажные FTA–карты, обработанные такими реагентами, могут быть бесцветными или с цветной индикацией, которая дает возможность визуализировать нанесенную бесцветную пробу (например, слюну), что удобно при нанесении и последующем исследовании. [1]

Область применения FTA–карт [2]:

- сбор, хранение и транспортировка биологического материала, направленного на генетический анализ ДНК и РНК;
- выявление с карт заболеваний или исследование образцов на присутствие возбудителей болезни для точной диагностики и лечения;
- исследование методом полимерной цепной реакции и генетического секвенирования, позволяющего быстро подтвердить подозреваемую болезнь.

Преимущества использования ФТА–карт:

- возможность использования и перевозки ФТА–карт при комнатной температуре +18...+25°C в защищённом от избыточной влажности и прямых солнечных лучей месте;
- уменьшение за счет этого расходов на перевозку с использованием льда и хранения в низкотемпературных морозильниках – возможность отправлять образцы в обычном почтовом конверте;
- возможность хранения образцов в таких условиях при комнатной температуре от нескольких месяцев до 20 лет;
- отсутствие риска распространения бактерий и других микроорганизмов благодаря используемым химическим веществам;
- удобство сбора образцов в полевых условиях, когда отсутствует возможность быстро доставить образцы для исследований с соблюдением температурных режимов их хранения;
- быстрое выделение нуклеиновых кислот в течение 15–30 минут и отсутствие необходимости использования специальных наборов для очистки НК.

Все эти преимущества делают ФТА–карты очень перспективным методом сбора биологического материала на молекулярно–генетический анализ ДНК и РНК, а их выбор – привлекательным и экономически целесообразным. [3]

1.2 Типы ФТА–карт

Модель используемой ФТА–карты может различаться в зависимости от следующих характеристик:

- вид биологических образцов для нанесения (бесцветные образцы, такие как слюна, моча или образцы естественной окраской, такие как кровь, растительный гомогенизат);
- необходимый/предполагаемый срок хранения образцов;

- объем наносимого образца;
- количество мест на карте.

В зависимости от этого существуют разные типы FTA–карт, характеризующиеся следующими особенностями:

- FTA–карты производятся двух цветов: белого (классический тип) и розового (индикаторный тип);
- Оба типа FTA–карт применяются для отбора образцов, но при этом рекомендуется, чтобы FTA–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 образец;
- FTA–карты производятся в наборах, удобных для различного применения;
- Наиболее часто применяемые наборы FTA–карт имеют нанесённые на них кольцевые окна для размещения в них биологического материала, а также поля для внесения информации об образце и дополнительных пометок. На границе бумажного носителя и пластины нанесена линия перфорации (или линия отреза).

1.3 Работа с FTA–картами и отбираемый материал

При работе с FTA–картами неиспользуемые карты необходимо хранить при комнатной температуре, предпочтительно в пластиковом конверте–зипере. Карты требуется хранить в темном в защищённом от избыточной влажности и прямых солнечных лучей месте для избежания повреждения нанесенного на них реактива. Работать с картами необходимо в перчатках дабы избежать контакта карты с кожей рук. [4]

Важные правила при отборе образцов с помощью FTA–карт:

- Отбирать образцы, используя свежие ткани;
- Для дезинфекции оборудования при отборе образцов применять этиловый спирт;
 - Подписывать карту и/или кольцевые окна с индивидуальными образцами, указав тип и номер образца;
 - Для записи использовать карандаш, так как чернила из ручки могут контаминировать образец.

В качестве собираемого биологического материала могут быть использованы:

- кровь (венозная и капиллярная);
- буккальные соскобы;
- культуры клеток;
- очищенная ДНК;
- колонии микроорганизмов;
- растительная ткань;
- иные биологические жидкости;
- материал хориона (предварительные данные).

Далее, после сбора биологического материала на молекулярно-генетический анализ и просушки в течение часа, ФТА-карта с образцом в конверте отправляется в лабораторию на исследования. [5]

1.4 ФТА-карты в России

За рубежом ФТА-карты широко используются не только в научно-исследовательской работе, но и для успешного сбора и длительного хранения биоматериала для клинико-диагностических и судебно-медицинских исследований с помощью молекулярно-генетических методов.

Из-за отсутствия выбора, большинство отечественных лабораторий вынуждены закупать ФТА-карты из других стран. Однако, подобные карты всё-таки производятся и в России.

Группа компаний АлкорБио – российский разработчик и производитель тест–систем для лабораторной диагностики методами ИФА и ПЦР – первой в России разработала и зарегистрировала в Федеральной службе по надзору в сфере здравоохранения и социального развития МЗ РФ (Росздравнадзор РФ) карту для сбора образцов биоматериала – «ДНК–карту», отечественный аналог зарубежных FTA–карт. [6]

«ДНК–карта» производства ГК АлкорБио получила регистрационное удостоверение Росздравнадзора РФ в августе 2016 года. Она предназначена для сбора, выделения и хранения образцов биоматериала, 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. Карта для сбора биоматериала имеет поле для нанесения образца и место для записи информации о нем. У каждой «ДНК–карты» – индивидуальный номер со штрих–кодом. [6]

Группой компаний «АлкорБио» разработаны и успешно производятся отечественные продукты «ДНК–карта» и «ДНК–архив». Карты изготовлены из высококачественной фильтровальной бумаги, которая пропитана специально разработанным лизирующим буфером. [6]

«ДНК–карта» производства Группы компаний «АлкорБио» не уступает по своим качествам зарубежным образцам и отвечает всем требованиям по удобству и простоте сбора, транспортировки и длительного хранения ДНК–содержащего биоматериала. В настоящее время «ДНК–карта» успешно используется лабораториями судмедэкспертизы МВД России и ФСИН Казахстана для сбора и хранения образцов 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 образцов (например, создание биобанков) с целью последующего молекулярно–генетического анализа. [6]

1.5 Волокнистые полуфабрикаты, используемые для производства бумаги–основы ФТА– карт

Как было сказано ранее, ФТА–карта – это химически обработанный целлюлозный (бумажный) фильтр. Но, как известно, существует множество различных видов целлюлозного волокна, выделяемого из разных деревьев и растений. Тогда встает логичный вопрос – из какого же именно волокна состоит бумага–основа ФТА–карт?

Пластинки ФТА представляют собой бумажные карточки, изготовленные из 100%–ного чистого хлопкового линта, обработанного буферным раствором, сохраняющим образцы нуклеиновых кислот. Состав буферного раствора:

- 90–95% – вода;
- 5–10% – ТРИС(гидроксиметил)аминометан $(\text{HOCH}_2)_3\text{CNH}_2$.

1.5.1 Хлопок

Хлопок, из которого в последствии делают ФТА–карты – это волокно растительного происхождения, покрывающее семена хлопчатника – однолетнего растения семейства мальвовых. Является одним из важнейших из распространённых растительных волокон. [7]

Волокно хлопка представляет собой одну растительную клетку, развивающуюся из кожуры семени. Толщина одного волокна – 15–25 мкм; в зависимости от длины волокна (от 5 до 60 мм), изготовленную из него пряжу классифицируют как коротковолокнистую, средневолокнистую и тонковолокнистую и подвергают различной обработке. Волокно представляет собой полую трубочку (что объясняет плохую теплопроводность), завитую вокруг своей оси (7–10 раз на 1 мм). По мере

созревания волокна, растут отложения целлюлозы, в результате чего прочность волокна возрастает. По химическому составу на 90% состоит из целлюлозы, остальные 10% – жировые и минеральные примеси. [8]

Свойства хлопка:

- Обладает высокой гигроскопичностью (способностью впитывать влагу). Волокно при набухании увеличивается примерно на 40% по объёму. Также, при намокании прочность хлопка не понижается, а повышается (примерно на 15%);
- По прочности разрывной нагрузки натуральных волокон, хлопок сравним с шелком, уступает по прочности льну и превосходит шерсть;
- Чувствителен к свету – после 940 часов воздействия солнечных лучей прочность снижается вдвое;
- Чувствителен к длительному воздействию высоких температур – после трёх суток нагревания до 150°C прочность уменьшается вдвое;
- Обладает хорошими теплозащитными характеристиками за счёт полого строения волокна.;
- Не растворяется в органических растворителях (например, в муравьиной кислоте, уксусе, спирте), однако, чувствителен к действию неорганических кислот и щелочей.

1.5.2 Хлопковое волокно

Хлопковые волокна – это волоски, покрывающие поверхность семян. Волоски бывают длинными и пушистыми или короткими и ворсистыми. Каждый волосок – это одна мертвая эпидермальная клетка семенной кожуры, представляющая собой длинную, уплощенную, спирально скрученную трубку. [9]

Длина волокна колеблется в пределах 1,27–5,08 см и превышает ширину в 1000–6000 раз. Тонина волокна – его диаметр – равен 2–60 мкм.

Хлопковое волокно почти целиком состоит из целлюлозы (более 90%), также содержит 3–5% восков, смол и 3–4% естественных примесей и

загрязнений. Самыми ценными считаются тонкие, длинные и равномерные волокна. [9]

Некоторые другие основные физико-механические свойства хлопкового волокна представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Физико-механические свойства волокон хлопка [9]

| Волокно | Плотность, г/см³ | Прочность, МН/м³ | Относи- тельное удлине- ние, % | Водопо- глащение при 20°С и 65%- ной отн. влажнос- ти, % | Темпе- ратура раз- мягчения, °С |
|----------------|--|--|---|---|--|
| Хлопок | 1,52–1,55 | 330–400 | 6–10 | 7,5 | 150–160 |

1.5.3 Тип хлопкового волокна

Согласно ГОСТ Р 53224–2008 "Волокно хлопковое. Технические условия" [10], хлопковое волокно подразделяют на семь типов 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 по показателям длины в соответствии с нормами, указанными в таблице 2.

Типы 1, 2, 3 относят к длинноволокнистому хлопковому волокну, а типы 4, 5, 6 и 7 – к средневолокнистому хлопковому волокну.

Таблица 2 – Характеристика типов хлопкового волокна [10]

| Тип | Верхняя средняя длина (UHML) | | Штапельная длина (Staple) | | Штапельная массодлина, мм, не менее | Линейная плотность, мтекс, не более |
|-----|------------------------------|-----------------|---------------------------|-----|-------------------------------------|-------------------------------------|
| | мм | дюйм | дюйм | код | | |
| 1 | от 33,7 до 34,3 | от 1,33 до 1,35 | 1–11/32 | 43 | 40,2 | 125 |
| | от 32,9 до 33,6 | от 1,30 до 1,32 | 1–5/16 | 42 | 39,2 | 135 |
| | от 32,2 до 32,8 | от 1,27 до 1,29 | 1–9/32 | 41 | 38,2 | 144 |
| 2 | от 31,4 до 32,1 | от 1,24 до 1,26 | 1–1/4 | 40 | 37,2 | 150 |
| 3 | от 30,7 до 31,3 | от 1,21 до 1,23 | 1–7/32 | 39 | 35,2 | 165 |
| | от 29,9 до 30,6 | от 1,18 до 1,20 | 1–3/16 | 38 | | |
| 4 | от 28,9 до 29,8 | от 1,14 до 1,17 | 1–5/32 | 37 | 33,2 | 180 |
| | от 28,1 до 28,8 | от 1,11 до 1,13 | 1–1/8 | 36 | | |
| 5 | от 27,4 до 28,0 | от 1,08 до 1,10 | 1–3,32 | 35 | 31,2 | 190 |
| | от 26,6 до 27,3 | от 1,05 до 1,07 | 1–1/16 | 34 | | |
| 6 | от 25,8 до 26,5 | от 1,02 до 1,04 | 1–1/32 | 33 | 30,2 | 200 |
| 7 | от 25,1 до 25,7 | от 0,99 до 1,01 | 1 | 32 | 29,2 | более 200 |

1.5.4 Сорт хлопкового волокна

Также, согласно этому же ГОСТ Р 53224–2008 "Волокно хлопковое. Технические условия" [10], хлопковое волокно каждого типа в зависимости от внешнего вида, цвета и наличия пятен подразделяют на пять сортов: I, II, III, IV и V согласно требованиям, указанным в таблице 3, и в соответствии с образцами внешнего вида.

Удельная разрывная нагрузка хлопкового волокна I и II сортов должна соответствовать для длинноволокнистых типов от 29,4 до 34,3 сН/текс (от 30,0 до 35,0 гс/текс), для средневолокнистого типа хлопкового волокна – от 23,0 до 27,8 сН/текс (от 23,5 до 28,4 гс/текс). При отклонении удельной разрывной нагрузки от установленных норм проводят скидку или надбавку к цене на хлопковое волокно в установленном порядке.

Таблица 3 – Характеристика сортов хлопкового волокна [10]

| Сорт | Цвет и внешний вид волокна | |
|------|--|--|
| | длинноволокнистого | средневолокнистого |
| I | Белый или белый с природным кремовым оттенком или кремовый, в зависимости от селекционного сорта или района произрастания хлопчатника. Блестящий, шелковистый и плотный на вид | Белый или белый с природным кремоватым оттенком |
| II | От матово–белого до кремового с оттенками и небольшими желтыми пятнами. Блеск, шелковистость и плотность ниже, чем в первом сорте | От матово–белого до кремового с бледно–желтыми пятнами |
| III | От матово–белого до кремового или желтого неравномерной окраски с желтыми пятнами. Сероватый оттенок почти без блеска | От тускло–белого до кремовато–желтого с желтоватыми пятнами с матовым сероватым оттенком |
| IV | Желтый или бледно–желтый неравномерной окраски с серым оттенком и с бурыми пятнами. Без блеска | От тускло–белого и кремового до желто–кремового с серым оттенком и бурыми пятнами |
| V | От бурого до желтого с пятнами. Серый | Тускло–белый или тускло–кремовый до ярко–желтого с бурыми пятнами. Серый |

При расхождении в определении сорта приоритет имеет классерская оценка цвета и наличия пятен образца, проводимая сличением образцов с эталоном внешнего вида по ГОСТ Р 53234.

1.5.5 Класс хлопкового волокна

Хлопковое волокно по содержанию пороков и сорных примесей подразделяют на классы: Высший, Хороший, Средний, Обычный и Сорный в зависимости от сорта в соответствии с образцами внешнего вида, утвержденными в установленном порядке и согласно нормам, указанным в таблице 4. [10]

Скидку и надбавку с цены от "базы" хлопкового волокна в соответствии с содержанием пороков и сорных примесей проводят в установленном порядке.

За "базу" принимается хлопковое волокно I сорта, с массовой долей пороков и сорных примесей, соответствующих классу Средний.

В хлопковом волокне не допускается наличие целых хлопковых семян, масляных пятен, посторонних предметов и гнилостного запаха.

Не допускается смешивание длинноволокнистого и средневолокнистого хлопковых волокон.

При наличии слабой степени клейкости или бактериально–грибкового заражения по ГОСТ Р 53030 проводят скидку с цены волокна. При наличии бактериально–грибкового заражения средней степени волокно бракуют. При наличии сильной степени клейкости понижают сорт волокна, а при очень сильной клейкости цену устанавливают по согласованию сторон. [10]

Таблица 4 – Характеристика классов хлопкового волокна [10]

| Сорт хлопкового волокна | Нормы массовой доли пороков и сорных примесей, %, не более, по классам хлопкового волокна | | | | |
|-------------------------|---|---------|---------|---------|--------|
| | Высший | Хороший | Средний | Обычный | Сорный |
| I | 2,0 | 2,5 | 3,0 | 4,0 | 5,5 |
| II | 2,5 | 3,5 | 4,5 | 5,5 | 7,0 |
| III | – | 4,0 | 5,5 | 7,5 | 10,0 |
| IV | – | 6,0 | 8,5 | 10,5 | 14,0 |
| V | – | – | 10,5 | 12,5 | 16,0 |

1.5.6 Хлопковая целлюлоза

Волокна хлопчатника содержат большое количество целлюлозы в чистом виде. С ростом хлопкового волокна непрерывно растет содержание в нем целлюлозы, а содержание других компонентов, таких как жиры, водорастворимые вещества, золы и воск, понижается. [8]

В хлопковом волокне наблюдается большое количество пектиновых веществ, которое постепенно убывает по мере роста растения. Одновременно с возрастанием содержания целлюлозы, волокно меняет свои механические, физические и химические свойства. Например, увеличивается прочность и понижается растворимость в щелочи. [8]

1.5.7 Физико–химические свойства хлопковой целлюлозы

Хлопковая целлюлоза должна быть изготовлена в соответствии с требованиями стандарта ГОСТ 595–79 "Целлюлоза хлопковая. Технические условия" [11] по рецептурам и технологическим процессам, утвержденным в установленном порядке.

Для изготовления хлопковой целлюлозы должно использоваться хлопковое волокно (линт):

- тип 2, I и II сорта – для производства нитроцеллюлозы;
- тип 3, I сорт – для производства ацетилцеллюлозы;
- типы 2, 3, I и II сорта – для производства медноаммиачного волокна.

Хлопковую целлюлозу подразделяют на три сорта (высший, 1–й, 2–й сорт), представленных в таблице 5. Получаемая целлюлоза должна соответствовать физико–химическим показателям и нормам, представленным в данной таблице.

Таблица 5 – Характеристика сортов хлопковой целлюлозы [11]

| Наименование показателя | Норма для сортов | | |
|--|--|---------|---------|
| | высшего | первого | второго |
| 1. Внешний вид | Рыхлая масса белого цвета, не содержащая посторонних включений в виде щепы, песка, кусочков резины, металлических включений и других примесей нецеллюлозного характера | | |
| 2. Массовая доля альфа–целлюлозы, %, не менее | | | |
| а) по весовому методу для марок: | | | |
| 15 | 98,2 | 97,2 | 96,0 |
| 25, 35 | 98,5 | 97,7 | 97,5 |
| для других | 99,0 | 98,0 | 97,5 |
| б) по фотометрическому методу для марок: | | | |
| 15 | 98,2 | 97,2 | 96,0 |
| 25, 35 | 98,5 | 97,7 | 97,5 |
| для других | 99,0 | 98,0 | 97,5 |
| 3. Смачиваемость (для производства нитроцеллюлозы), г, не менее для марки: | | | |
| 15 | 145 | 140 | 130 |
| для других | 150 | 140 | 130 |
| 4. Массовая доля воды, %, не более | 8,0 | 10,0 | 10,0 |
| 5. Массовая доля золы, %, не более | 0,1 | 0,2 | 0,3 |
| 6. Массовая доля остатка, нерастворимого в серной кислоте, %, не более | 0,10 | 0,30 | 0,50 |
| 7. Массовая доля волокнистой пыли, %, не более | 2,0 | 2,0 | 2,0 |

Продолжение таблицы 5

| Наименование показателя | Норма для сортов | | |
|--|---------------------|---------|---------|
| | высшего | первого | второго |
| 8. Белизна, %, не менее | 88 | 85 | – |
| 9. Масса железа, мг/кг абсолютно сухой целлюлозы, не более | 25 | – | – |
| 10. Динамическая вязкость, сПа·с (СП) для марок: | | | |
| 15 | 1,0–2,0 (10–20) | | |
| 25 | 2,1–3,0 (21–30) | | |
| 35 | 3,1–4,5 (31–45) | | |
| 70 | 4,6–8,5 (46–85) | | |
| 100 | 8,6–11,5 (86–115) | | |
| 150 | 11,6–17,5 (116–175) | | |
| 250 | 17,6–30,0 (176–300) | | |
| 350 | 30,1–43,0 (301–430) | | |
| 650 | 43,1–85,0 (431–850) | | |

1.5.8 Требования безопасности

Хлопковая целлюлоза относится к группе горючих веществ. Аэровзвесь хлопковой целлюлозы взрывоопасна. При работе с хлопковой целлюлозой необходимо соблюдать все меры предосторожности, исключающие ее загорание. [11]

Не допускается хранить хлопковую целлюлозу на складах с легковоспламеняющимися жидкостями, концентрированными кислотами, щелочами и на расстоянии менее 1 м от электронагревательных приборов.

Работы с хлопковой целлюлозой проводят в соответствии с действующими правилами эксплуатации производств, утвержденными Президиумом ЦК профсоюза и по инструкции Министерства здравоохранения СССР от 28.03.1980 г. N 128.

Храниться хлопковая целлюлоза должна в закрытых неотапливаемых складах в штабелях с защитой их от атмосферных осадков и почвенной влаги с соблюдением правил пожарной безопасности и техники безопасности. Высота укладки в штабель не должна превышать 7 кип. [11]

2 ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проведенный анализ литературных источников показал, что импортные FTA–карты изготовлены из 100%–ного чистого хлопкового линта. Вид волокна, используемый на единственном Российском предприятии–производителе "ДНК–карт", в литературных источниках не упоминается.

Рассмотренная выше хлопковая целлюлоза, используемая для производства FTA–карт, предназначенных для сбора, транспортировки и хранения биологического материала, направленного на генетический анализ ДНК и РНК, является дорогим волокном. FTA–карта представляет из себя ничто иное, как целлюлозный (бумажный) фильтр – это полупроницаемый барьер из очищенной целлюлозы, главной задачей которого является очистка жидкостей от примесей или отделение осадка. Основной особенностью фильтровальной бумаги является то, что изготовлена она из чистой целлюлозы с содержанием α –целлюлозы почти 100% и с содержанием золы менее 0,1%. Помимо хлопковой целлюлозы, при производстве фильтровальной бумаги используют и другое, более доступное целлюлозное волокно, например, сульфатную целлюлозу для химической переработки.

В связи с этим встает вопрос о возможности использования для производства композиции бумаги–основы FTA–карт альтернативного, более дешевого и доступного волокна.

Таким образом, целью данной работы является исследование возможности использования различных видов волокнистых полуфабрикатов для производства бумаги–основы FTA– карт, используемых для сбора и упаковки образцов биологических материалов, и, в конечном итоге, выбор наиболее подходящего для этих целей волокна.

3 МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

3.1 Объект исследования

В качестве объектов исследования использовали FTA–карт производства компании «Whatman», предоставленных нам на испытание лаб. молекулярной вирусологии, ФГБУ НИИ гриппа им. А. А. Смородинцева Минздрава России.

Также необходимо было исследовать лабораторные отливки, полученные с использованием разных полуфабрикатов в различном соотношении, предположительно подходящих для производства высококачественной фильтровальной бумаги–основы FTA–карт, и сравнить их свойства с существующими FTA–картами, проанализировав информацию о необходимых требованиях, предъявляемым к этим картам, полученную из литературных источников.

В качестве сырья для производства отливок была использована белая сульфатная целлюлоза различных производителей:

- Целлюлоза лиственная (Коряжма);
- Целлюлоза хвойная (Усть–Илимск);
- Целлюлоза хвойная (Монди);

3.2 Морфологический анализ волокна

Прежде чем изготавливать лабораторные отливки, необходимо было изучить морфологические свойства образцов FTA–карт, предоставленных нам на испытание лабораторией молекулярной вирусологии ФГБУ НИИ гриппа им. А. А. Смородинцева Минздрава России, и взятого волокна, предположительно подходящего для производства бумаги–основы FTA–карт.

Морфологический метод заключается в определении количества волокон в суспензии, их распределении в общей массе, арифметической и

взвешенной длины, выраженной в миллиметрах, ширины, индекса фибрилляции и других характеристик.

Определение морфологических свойств волокнистой массы проводилось на лабораторной установке, состоящей из самого измерительного прибора MorfiCompact, показанного на рисунке 1, и компьютера с установленным программным обеспечением для работы.



Рисунок 1 – Прибор для морфологического анализа волокна MorfiCompact

Для работы на данном приборе, изначально было необходимо приготовить 3 пробы образца целлюлозы с концентрацией 40 мг/л. Для этого были отобраны 40 мг целлюлозы в пересчете на абсолютно сухое состояние, после чего навеску поместили в каждый из 3 мерных стаканов и залили их небольшим количеством воды (200 – 300 мл). Далее, для того чтобы не произошло образование комочков и для получения в следствии точных результатов, с помощью блендера было произведено разделение волокон в суспензии.

После этого в каждый мерный стакан до ризки в 1 литр была долита вода, в результате чего и было получено 3 пробы образца необходимой концентрации.

Мерные стаканы с анализируемыми пробами были установлены на вращающейся платформе в специальные пазы (позиции 1 – 3). На позиции «W» находился стакан с дистиллированной водой для промывки системы.

В открытой на компьютере программе Morfi.exe в режиме «Оператора» в окне «Карусель» было введено название образца, семейство целлюлозы, концентрация пробы и положение пробы на карусели. После ввода всех данных и нажатия кнопки «Start» прибор сам провел все необходимые измерения в автоматическом режиме. Во время анализа программа показывала ход измерений в виде таблиц, диаграмм и макроскопической съемки волокон.

3.3 Размол на PFI мельнице

Прежде чем проводить морфологический анализ волокна и изготавливать из него лабораторные отливки, для разнообразия используемого волокна и более широкого спектра полученных результатов исследования необходимо было провести дополнительный размол целлюлозы до разных уровней.

Размол волокнистых материалов является одним из ключевых процессов обработки растительных волокон в целях придания ему бумагообразующих свойств. При размолу растительных волокон в водной среде происходит как чисто механический (укорачивание и продольное расщепление волокон на фибриллы), так и коллоидно–химический (набухание и гидратация волокон) процессы.

В нашем случае дополнительный размол целлюлозы был выполнен на PFI мельнице, показанной на рисунке 2. Для проведения работ на этом аппарате суспензию целлюлозы, ранее подготовленную в дезинтеграторе, необходимо было поместить в размольный сосуд и равномерно распределить по стенкам сосуда. Выполнив это, мы установили ролл в размольном сосуде и закрыли крышку, запустив размол в автоматическом режиме.

Частота вращения ролла при действии нагрузки в PFI мельнице составляет $24,3 \pm 0,5$ оборота в секунду, частота вращения корпуса – $11,8 \pm 0,3$ оборота в секунду.



Рисунок 2 – Мельница PFI для размола целлюлозы

После окончания работы мельницы в автоматическом режиме, мы открыли крышку, после чего аккуратно извлекли ролл и тщательно собрали размолотую до заданных параметров массу для дальнейших испытаний.

3.4 Изготовление отливок

Для приготовления отливок было взято несколько различных видов волокон в разном соотношении, из которых на листоотливном аппарате и были получены сами лабораторные отливки.

Используемые волокнистые материалы не подвергались дополнительному размолу, поэтому их характеристики были заявленными напрямую от производителя.

Приступив к самому изготовлению отливок из подготовленного волокна, его залили водой, после чего для однородности консистенции приготовленную массу тщательно размешали.

После этого отобрали определенное количество полученной массы и вылили эту суспензию на листоотливную сетку в формирующую камеру, заполненную водой до определенной метки.

Далее, под действием насосов, из камеры была удалена вся вода, а оставшееся влажное волокно опустилось на сетку, формируя полотно отливки, которую необходимо было высушить. Для этого мокрую отливку

покрыли листом картона и прокатали сверху валиком, после чего вручную сняли отливку с сетки и перенесли её в сушильную камеру. Сверху на отливку положили тонкий лист бумаги, после чего сушили отливку в течение 10–15 минут.

После окончания сушки, отливка вручную была отделена от бумаги и картона и взвешена на технических весах.

3.5 Определение массы метра квадратного

Для определения массы 1 м² из полученных отливок были вырезаны одинаковые образцы размером 10 на 10 мм, которые далее были взвешены на технических весах.

После этого, на основе полученных данных была подсчитана масса метро квадратного по формуле:

$$g = \frac{m}{A} 10^6,$$

где m – масса взвешенного образца продукции, г;

A – площадь взвешенного образца продукции, мм². [12]

3.6 Определение толщины микроскопическим методом

Метод определения толщины проводился на толщиномере – приборе, который с высокой точностью определяет толщину материала.

Для проведения измерений нам понадобились образцы ФТА–карт и полученных отливок, толщина которых измерялась в 5 разных точках таким образом, чтобы между точками было расстояние в 50 мм, и 20 мм от обрезанных краев.

3.7 Определение воздухопроницаемости

Исследование воздухопроницаемости проводилось на приборе Модуля РТА–Line для определения шероховатости и воздухопроницаемости по методам Бендтсена и Герлей, представленного на рисунке 3.



Рисунок 3 – Прибор для определения шероховатости и воздухопроницаемости

Для работы на этом устройстве, образец поместили на измерительную площадку. При нажатии кнопки СТАРТ измерительный узел прижал образец, при этом было установлено постоянное давление воздуха (1,47 кПа).

Работа устройства заключается в том, что во время измерения измерительная головка высвобождается из магнитного держателя, для того чтобы оказать давление на образец только собственным весом.

После завершения измерения измерительный узел поднялся в исходное положение, после чего образец был извлечен. Полученные измеренные значения были отображены на дисплее.

4 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

4.1 Программа испытаний

Для исследования видов волокнистых полуфабрикатов, используемых для производства FTA–карт, была разработана программа испытаний, работа в которой разделялась на 2 части:

1. Изучение свойств образцов FTA–карт, предоставленных нам на испытание лаб. молекулярной вирусологии, ФГБУ НИИ гриппа им. А. А. Смородинцева Минздрава России.

2. Изучение свойств различного волокна, предположительно подходящего для производства FTA–карт.

В первую очередь представлялось необходимым изучить природу волокна и провести его морфологический анализ. Поскольку исследование литературных источников показало, что FTA–карта является химически обработанным целлюлозным (бумажным) фильтром, также представлялось необходимым изучить те свойства, которые являются определяющими для впитывающих видов бумаги, используемых для производства фильтров.

К этим свойствам относятся:

- Масса m^2 ;
- Толщина;
- Воздухопроницаемость;
- Впитывающая способность (капиллярная и поверхностная впитываемость, впитываемость при погружении);
- Прочность во влажном и сухом состоянии;
- Водоудерживающая способность.

Изучение данных свойств предполагалось проводить посредством создания из выбранного нами на основе морфологического анализа волокон лабораторных бумажных отливок.

Из-за сложившейся в мире сложной ситуации в связи с пандемией нового коронавирусного заболевания COVID-2019, вызванного коронавирусом SARS-CoV-2, часть из намеченных и предполагаемых исследований не были выполнены. Это такие исследования, как определение впитываемости (капиллярной, поверхностной, при погружении), прочности во влажном и сухом состояниях и водоудерживающей способности волокна.

4.2 Микроскопия волокна образцов FTA-карт

В первую очередь, для изучения природы волокна предоставленных нам образцов FTA-карт, была проведена микроскопия этих волокон. Она осуществлялась при помощи микроскопа, работа на котором заключается в том, чтобы поместить исследуемый образец на столик микроскопа, настроить фокус, установить освещение, и поймать четкое изображение волокон. Далее, после настройки микроскопа, с помощью окуляра было проведено само исследование увеличенного во много раз изображения волокна, результаты которого показаны на рисунке 4.

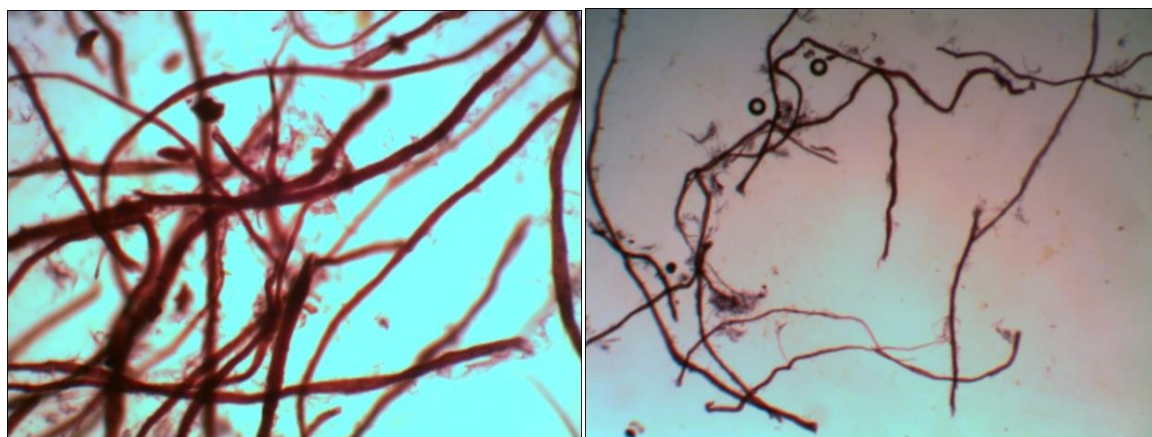


Рисунок 4 – Микроскопия волокна образцов FTA-карт при 10 кратном увеличении

Данный анализ подтвердил полученные из литературных источников данные о том, что для производства FTA-карт применяется волокно 100%-ного чистого хлопкового линта.

4.3 Морфологический анализ волокна

Для полноценного изучения природы и свойств волокна, используемого для производства FTA–карт, также было необходимо провести его морфологический анализ. Он проходил на приборе Morfi Contrast согласно описанной в методической части методике и в результате были полученные данные, представленные в таблице 6.

Таблица 6 – Свойства волокна образцов ФТА–карт

| Показатель | Пробы образцов исследуемых волокон | | | Среднее значение |
|---|---------------------------------------|--------|---------|---------------------|
| | 1 | 2 | 3 | |
| 1. Количество волокон | 5014 | 5035 | 5003 | 5017,33 |
| 2. Длина волокна, мкм | 1149 | 1140 | 1141 | 1143 |
| 3. Длина Lc(n) и Lc(I), мм | 0,811 | 0,8 | 0,799 | 0,80 |
| 4. Ширина волокна, мкм | 22,1 | 22,1 | 22,3 | 22,17 |
| 5. Грубость, мг/м | 0,0946 | 0,0978 | 0,0844 | 0,09 |
| 6. Угол изгиба, градусы | 128 | 129 | 129 | 128,67 |
| 7. % изогнутых волокон | 55,5 | 53 | 54,5 | 54,33 |
| 8. Скручиваемость, % | 13,8 | 13,3 | 13,9 | 13,67 |
| 9. Отношение к длине Макрофибрилл, % | 0,694 | 0,624 | 0,716 | 0,68 |
| 10. Поврежденные концы, % | 48,23 | 45,97 | 50,65 | 48,28 |
| 11. Длина мелочи к Lc(n) и Lc(I), % | 40,4 | 37,7 | 39,4 | 39,17 |
| | 2,67 | 2,72 | 2,7 | 2,70 |
| 12. Площадь мелочи к общей площади объектов, % | 8,58 | 8,05 | 8,1 | 8,24 |
| 13. Количество волокон, млн/г | 13,002 | 12,747 | 14,761 | 13,50 |
| 14. Количество мелочи, млн/г | 266,307 | 257,45 | 307,457 | 277,07 |

Далее, после изучения свойств предоставленных нам образцов ФТА–карт, также был проведен морфологический анализ различных видов волокнистых полуфабрикатов, предположительно подходящих для производства ФТА–карт. В качестве сырья для производства отливок было решено опробовать:

- целлюлозу из хлопка, которая в настоящее время применяется в качестве добавки при производстве денежных видов бумаги;
- мерсеризованную целлюлозу, которая используется при производстве фильтровальной бумаги;
- эвкалиптовую целлюлозу;
- беленую сульфатную целлюлозу.

К сожалению, из–за карантина успели провести ряд исследований только при использовании белой сульфатной целлюлозы различных производителей следующих видов:

- Целлюлоза лиственная (Коряжма) при начальном уровне размола (с производства);
- Целлюлоза хвойная (Усть–Илимск) при начальном уровне размола (с производства);
- Целлюлоза хвойная (Монди) при начальном уровне размола (с производства);
- Целлюлоза хвойная (Монди) при уровне размола 21–23°ШР;
- Целлюлоза хвойная (Монди) при уровне размола 23–25°ШР;
- Целлюлоза хвойная (Монди) при уровне размола 27°ШР;
- Целлюлоза хвойная (Монди) при уровне размола 29°ШР;
- Целлюлоза хвойная (Монди) при уровне размола 31°ШР;
- Целлюлоза хвойная (Монди) при уровне размола 37°ШР;
- Целлюлоза хвойная (Монди) при уровне размола 38°ШР;
- Целлюлоза хвойная (Монди) при уровне размола 38–40°ШР.

Указанный дополнительный размол представленных выше волокон проводился согласно описанной в методической части методике работы на PFI мельнице.

Данные, полученные в результате морфологического анализа всех перечисленных выше волокон, представлены в таблицах 7-17.

Таблица 7 – Свойства целлюлозы лиственной (Коряжма) при начальном уровне размола (с производства)

| Показатель | Пробы образцов исследуемых волокон | | | Среднее значение |
|---|---------------------------------------|--------|--------|---------------------|
| | 1 | 2 | 3 | |
| 1. Количество волокон | 5099 | 5102 | 5076 | 5092,3 |
| 2. Длина волокна, мкм | 902 | 903 | 898 | 901 |
| 3. Длина Lc(n) и Lc(I), мм | 0,763 | 0,763 | 0,761 | 0,8 |
| | 0,902 | 0,903 | 0,898 | 0,9 |
| 4. Ширина волокна, мкм | 21,2 | 21,2 | 22 | 21,5 |
| 5. Грубость, мг/м | 0,136 | 0,1409 | 0,1485 | 0,1 |
| 6. Угол изгиба, градусы | 134 | 133 | 134 | 133,7 |
| 7. % изогнутых волокон | 29,6 | 31,4 | 30,5 | 30,5 |
| 8. Скручиваемость, % | 6,8 | 7,5 | 7,2 | 7,2 |
| 9. Отношение к длине Макрофибрилл, % | 0,355 | 0,35 | 0,39 | 0,4 |
| 10. Поврежденные концы, % | 24,63 | 24,5 | 25,76 | 25,0 |
| 11. Длина мелочи к Lc(n) и Lc(I), % | 23,4 | 22,3 | 18,4 | 21,1 |
| | 4,19 | 4,33 | 4,36 | 4,3 |
| 12. Площадь мелочи к общей площади объектов, % | 5,04 | 5,53 | 3,78 | 4,7 |
| 13. Количество волокон, млн/г | 9,522 | 9,184 | 8,79 | 9,2 |
| 14. Количество мелочи, млн/г | 63,27 | 54,757 | 48,289 | 54,8 |

Таблица 8 – Свойства целлюлозы хвойной (Усть–Илимск) при начальном уровне размола (с производства)

| Показатель | Пробы образцов исследуемых волокон | | | Среднее значение |
|---|---------------------------------------|--------|--------|---------------------|
| | 1 | 2 | 3 | |
| 1. Количество волокон | 5022 | 5034 | 5041 | 5032,3 |
| 2. Длина волокна, мкм | 1572 | 1562 | 1529 | 1554,1 |
| 3. Длина Lc(n) и Lc(I), мм | 1,067 | 1,06 | 1,052 | 1,1 |
| | 1,572 | 1,562 | 1,529 | 1,6 |
| 4. Ширина волокна, мкм | 28,4 | 28,1 | 27,9 | 28,1 |
| 5. Грубость, мг/м | 0,2261 | 0,2198 | 0,2398 | 0,2 |
| 6. Угол изгиба, градусы | 132 | 132 | 132 | 132,0 |
| 7. % изогнутых волокон | 44,7 | 47,7 | 48,9 | 47,0 |
| 8. Скручиваемость, % | 11,5 | 11,8 | 12 | 11,8 |
| 9. Отношение к длине Макрофибрилл, % | 0,359 | 0,364 | 0,359 | 0,4 |
| 10. Поврежденные концы, % | 37,21 | 37,9 | 37,71 | 37,6 |
| 11. Длина мелочи к Lc(n) и Lc(I), % | 20,8 | 20,8 | 22,8 | 21,4 |
| | 1,95 | 1,96 | 1,97 | 2,0 |
| 12. Площадь мелочи к общей площади объектов, % | 2,62 | 2,6 | 2,89 | 2,7 |
| 13. Количество волокон, млн/г | 3,857 | 3,927 | 3,62 | 3,8 |
| 14. Количество мелочи, млн/г | 43,671 | 45,899 | 47,564 | 45,7 |

Таблица 9 – Свойства целлюлозы хвойной (Монди) при начальном уровне размола (с производства)

| Показатель | Пробы образцов исследуемых волокон | | | Среднее значение |
|---|---------------------------------------|--------|--------|---------------------|
| | 1 | 2 | 3 | |
| 1. Количество волокон | 5003 | 5023 | 5023 | 5016,3 |
| 2. Длина волокна, мкм | 1678 | 1706 | 1706 | 1696,6 |
| 3. Длина Lc(n) и Lc(I), мм | 1,177 | 1,195 | 1,172 | 1,2 |
| | 1,678 | 1,706 | 1,706 | 1,7 |
| 4. Ширина волокна, мкм | 29,3 | 29,1 | 29,6 | 29,3 |
| 5. Грубость, мг/м | 0,2368 | 0,2398 | 0,2459 | 0,2 |
| 6. Угол изгиба, градусы | 129 | 131 | 132 | 130,7 |
| 7. % изогнутых волокон | 61,3 | 57,4 | 52,9 | 57,0 |
| 8. Скручиваемость, % | 15,5 | 14,5 | 13,9 | 14,6 |
| 9. Отношение к длине Макрофибрилл, % | 0,324 | 0,336 | 0,362 | 0,3 |
| 10. Поврежденные концы, % | 43,33 | 42,33 | 41,95 | 42,5 |
| 11. Длина мелочи к Lc(n) и Lc(I), % | 21,2 | 20,6 | 20,9 | 20,9 |
| | 1,66 | 1,65 | 1,69 | 1,7 |
| 12. Площадь мелочи к общей площади объектов, % | 2,2 | 2,38 | 2,34 | 2,3 |
| 13. Количество волокон, млн/г | 3,288 | 3,247 | 3,204 | 3,2 |
| 14. Количество мелочи, млн/г | 52,002 | 48,625 | 46,981 | 49,1 |

Таблица 10 – Свойства целлюлозы хвойной (Монди) при уровне размола 21–23°ШР

| Показатель | Пробы образцов исследуемых волокон | | | Среднее значение |
|---|---------------------------------------|--------|--------|---------------------|
| | 1 | 2 | 3 | |
| 1. Количество волокон | 5075 | 5113 | 5089 | 5092,3 |
| 2. Длина волокна, мкм | 872 | 871 | 865 | 869,3 |
| 3. Длина Lc(n) и Lc(I), мм | 0,736 | 0,738 | 0,733 | 0,7 |
| | 0,872 | 0,871 | 0,865 | 0,9 |
| 4. Ширина волокна, мкм | 22,9 | 22,7 | 22,6 | 22,7 |
| 5. Грубость, мг/м | 0,1597 | 0,1653 | 0,1584 | 0,2 |
| 6. Угол изгиба, градусы | 127 | 128 | 128 | 127,7 |
| 7. % изогнутых волокон | 51,5 | 51,4 | 50,8 | 51,2 |
| 8. Скручиваемость, % | 13,1 | 12,8 | 12 | 12,6 |
| 9. Отношение к длине Макрофибрилл, % | 0,36 | 0,386 | 0,406 | 0,4 |
| 10. Поврежденные концы, % | 31,18 | 31,03 | 31,87 | 31,4 |
| 11. Длина мелочи к Lc(n) и Lc(I), % | 21 | 20,5 | 21 | 20,8 |
| | 4,45 | 4,57 | 4,45 | 4,5 |
| 12. Площадь мелочи к общей площади объектов, % | 4,45 | 4,22 | 4,45 | 4,4 |
| 13. Количество волокон, млн/г | 8,605 | 8,212 | 8,696 | 8,5 |
| 14. Количество мелочи, млн/г | 44,734 | 42,17 | 46,233 | 44,3 |

Таблица 11 – Свойства целлюлозы хвойной (Монди) при уровне размола 23–25°ШР

| Показатель | Пробы образцов исследуемых волокон | | | Среднее значение |
|---|---------------------------------------|--------|--------|---------------------|
| | 1 | 2 | 3 | |
| 1. Количество волокон | 5031 | 5038 | 5011 | 5026,6 |
| 2. Длина волокна, мкм | 1442 | 1455 | 1454 | 1450,3 |
| 3. Длина Lc(n) и Lc(I), мм | 0,969 | 0,98 | 0,937 | 1,0 |
| | 1,442 | 1,455 | 1,454 | 1,5 |
| 4. Ширина волокна, мкм | 29,6 | 29,4 | 29,6 | 29,5 |
| 5. Грубость, мг/м | 0,2745 | 0,3173 | 0,287 | 0,3 |
| 6. Угол изгиба, градусы | 128 | 128 | 128 | 128,0 |
| 7. % изогнутых волокон | 59,6 | 62,7 | 59,7 | 60,6 |
| 8. Скручиваемость, % | 16,1 | 16,9 | 16,7 | 16,6 |
| 9. Отношение к длине Макрофибрилл, % | 0,519 | 0,503 | 0,549 | 0,5 |
| 10. Поврежденные концы, % | 45,11 | 44,29 | 45,79 | 45,1 |
| 11. Длина мелочи к Lc(n) и Lc(I), % | 31,2 | 31,4 | 31,2 | 31,3 |
| | 1,97 | 1,97 | 2 | 2,0 |
| 12. Площадь мелочи к общей площади объектов, % | 3,78 | 3,89 | 3,74 | 3,8 |
| 13. Количество волокон, млн/г | 3,501 | 3,008 | 3,325 | 3,3 |
| 14. Количество мелочи, млн/г | 54,273 | 49,226 | 51,712 | 51,7 |

Таблица 12 – Свойства целлюлозы хвойной (Монди) при уровне размола 27°ШР

| Показатель | Пробы образцов исследуемых волокон | | | Среднее значение |
|---|---------------------------------------|--------|--------|---------------------|
| | 1 | 2 | 3 | |
| 1. Количество волокон | 5091 | 5039 | 5061 | 5063,6 |
| 2. Длина волокна, мкм | 871 | 876 | 876 | 874,3 |
| 3. Длина Lc(n) и Lc(I), мм | 0,738 | 0,743 | 0,741 | 0,7 |
| | 0,871 | 0,876 | 0,876 | 0,9 |
| 4. Ширина волокна, мкм | 22,7 | 22,4 | 21,9 | 22,3 |
| 5. Грубость, мг/м | 0,1582 | 0,1674 | 0,1641 | 0,2 |
| 6. Угол изгиба, градусы | 125 | 126 | 127 | 126,0 |
| 7. % изогнутых волокон | 55,1 | 55,3 | 52,5 | 54,3 |
| 8. Скручиваемость, % | 13,8 | 13,6 | 12,4 | 13,2 |
| 9. Отношение к длине Макрофибрилл, % | 0,414 | 0,41 | 0,378 | 0,4 |
| 10. Поврежденные концы, % | 30,73 | 29,49 | 28,82 | 29,7 |
| 11. Длина мелочи к Lc(n) и Lc(I), % | 26,3 | 24,3 | 24,2 | 24,9 |
| | 3,94 | 3,9 | 3,94 | 3,9 |
| 12. Площадь мелочи к общей площади объектов, % | 5,28 | 5,04 | 5,34 | 5,2 |
| 13. Количество волокон, млн/г | 8,638 | 8,143 | 8,297 | 8,4 |
| 14. Количество мелочи, млн/г | 72,595 | 70,818 | 73,749 | 72,4 |

Таблица 13 – Свойства целлюлозы хвойной (Монди) при уровне размола 29°ШР (+5° помола)

| Показатель | Пробы образцов исследуемых волокон | | | Среднее значение |
|---|---------------------------------------|--------|--------|---------------------|
| | 1 | 2 | 3 | |
| 1. Количество волокон | 5027 | 5020 | 5037 | 5028,0 |
| 2. Длина волокна, мкм | 1579 | 1536 | 1564 | 1559,5 |
| 3. Длина Lc(n) и Lc(I), мм | 1,075 | 1,041 | 1,057 | 1,1 |
| | 1,579 | 1,536 | 1,564 | 1,6 |
| 4. Ширина волокна, мкм | 29 | 29,2 | 28,9 | 29,0 |
| 5. Грубость, мг/м | 0,2999 | 0,3187 | 0,3411 | 0,3 |
| 6. Угол изгиба, градусы | 128 | 129 | 128 | 128,3 |
| 7. % изогнутых волокон | 62,2 | 61,1 | 61,2 | 61,5 |
| 8. Скручиваемость, % | 17,5 | 17,5 | 18 | 17,7 |
| 9. Отношение к длине Макрофибрилл, % | 0,835 | 0,835 | 0,794 | 0,8 |
| 10. Поврежденные концы, % | 45,02 | 45,65 | 43,9 | 44,8 |
| 11. Длина мелочи к Lc(n) и Lc(I), % | 37,4 | 39,2 | 38,1 | 38,2 |
| | 1,73 | 1,83 | 1,77 | 1,8 |
| 12. Площадь мелочи к общей площади объектов, % | 3,84 | 3,91 | 3,89 | 3,9 |
| 13. Количество волокон, млн/г | 2,903 | 2,846 | 2,583 | 2,8 |
| 14. Количество мелочи, млн/г | 79,28 | 75,161 | 68,228 | 73,9 |

Таблица 14 – Свойства целлюлозы хвойной (Монди) при уровне размола 31°ШР (+5° помола)

| Показатель | Пробы образцов исследуемых волокон | | | Среднее значение |
|---|---------------------------------------|--------|--------|---------------------|
| | 1 | 2 | 3 | |
| 1. Количество волокон | 5013 | 5012 | 5022 | 5015,7 |
| 2. Длина волокна, мкм | 1402 | 1391 | 1428 | 1406,8 |
| 3. Длина Lc(n) и Lc(I), мм | 0,929 | 0,93 | 0,951 | 0,9 |
| | 1,402 | 1,391 | 1,428 | 1,4 |
| 4. Ширина волокна, мкм | 28,7 | 28,9 | 28,5 | 28,7 |
| 5. Грубость, мг/м | 0,3222 | 0,3104 | 0,2923 | 0,3 |
| 6. Угол изгиба, градусы | 127 | 128 | 128 | 127,7 |
| 7. % изогнутых волокон | 60,3 | 59,7 | 59,6 | 59,9 |
| 8. Скручиваемость, % | 16,4 | 15,8 | 16 | 16,1 |
| 9. Отношение к длине Макрофибрилл, % | 0,728 | 0,789 | 0,73 | 0,7 |
| 10. Поврежденные концы, % | 42,4 | 42,93 | 43,18 | 42,8 |
| 11. Длина мелочи к Lc(n) и Lc(I), % | 42,7 | 39,7 | 36,2 | 39,4 |
| | 2 | 2,02 | 1,95 | 2,0 |
| 12. Площадь мелочи к общей площади объектов, % | 5,83 | 5,63 | 4,36 | 5,2 |
| 13. Количество волокон, млн/г | 3,159 | 3,277 | 3,367 | 3,3 |
| 14. Количество мелочи, млн/г | 78,622 | 78,976 | 77,862 | 78,5 |

Таблица 15 – Свойства целлюлозы хвойной (Монди) при уровне размола 37°ШР (+15° помола)

| Показатель | Пробы образцов исследуемых волокон | | | Среднее значение |
|---|---------------------------------------|--------|--------|---------------------|
| | 1 | 2 | 3 | |
| 1. Количество волокон | 5088 | 5114 | 5013 | 5071,3 |
| 2. Длина волокна, мкм | 856 | 855 | 850 | 853,7 |
| 3. Длина Lc(n) и Lc(I), мм | 0,721 | 0,725 | 0,723 | 0,7 |
| | 0,856 | 0,855 | 0,85 | 0,9 |
| 4. Ширина волокна, мкм | 22,1 | 22 | 21,9 | 22,0 |
| 5. Грубость, мг/м | 0,1601 | 0,1709 | 0,1636 | 0,2 |
| 6. Угол изгиба, градусы | 125 | 127 | 126 | 126,0 |
| 7. % изогнутых волокон | 62,1 | 60,4 | 59,3 | 60,6 |
| 8. Скручиваемость, % | 15,5 | 14,4 | 14,2 | 14,7 |
| 9. Отношение к длине Макрофибрилл, % | 0,495 | 0,493 | 0,516 | 0,5 |
| 10. Поврежденные концы, % | 29,05 | 29,53 | 29,97 | 29,5 |
| 11. Длина мелочи к Lc(n) и Lc(I), % | 26 | 26 | 26,4 | 26,1 |
| | 3,9 | 3,9 | 3,96 | 3,9 |
| 12. Площадь мелочи к общей площади объектов, % | 5,28 | 5,49 | 5,35 | 5,4 |
| 13. Количество волокон, млн/г | 8,742 | 8,177 | 8,592 | 8,5 |
| 14. Количество мелочи, млн/г | 79,692 | 76,711 | 80,818 | 79,0 |

Таблица 16 – Свойства целлюлозы хвойной (Монди) при уровне размола 38°ШР (+15° помола)

| Показатель | Пробы образцов исследуемых волокон | | | Среднее значение |
|---|---------------------------------------|--------|--------|---------------------|
| | 1 | 2 | 3 | |
| 1. Количество волокон | 5030 | 5025 | 5007 | 5020,6 |
| 2. Длина волокна, мкм | 1401 | 1340 | 1378 | 1372,5 |
| 3. Длина Lc(n) и Lc(I), мм | 0,917 | 0,901 | 0,914 | 0,9 |
| | 1,401 | 1,34 | 1,378 | 1,4 |
| 4. Ширина волокна, мкм | 28,3 | 28,6 | 28,3 | 28,4 |
| 5. Грубость, мг/м | 0,2684 | 0,275 | 0,6297 | 0,3 |
| 6. Угол изгиба, градусы | 134 | 134 | 135 | 134,3 |
| 7. % изогнутых волокон | 36,4 | 35,1 | 35,2 | 35,6 |
| 8. Скручиваемость, % | 10,1 | 9,5 | 9,6 | 9,7 |
| 9. Отношение к длине Макрофибрилл, % | 0,828 | 0,746 | 0,747 | 0,8 |
| 10. Поврежденные концы, % | 42,32 | 41,93 | 41,91 | 42,1 |
| 11. Длина мелочи к Lc(n) и Lc(I), % | 31,4 | 32,3 | 30,5 | 31,4 |
| | 2,07 | 2,14 | 2,06 | 2,1 |
| 12. Площадь мелочи к общей площади объектов, % | 3,64 | 4,6 | 3,86 | 4,0 |
| 13. Количество волокон, млн/г | 3,822 | 3,787 | 3,792 | 3,8 |
| 14. Количество мелочи, млн/г | 68,043 | 68,652 | 65,184 | 67,3 |

Таблица 17 – Свойства целлюлозы хвойной (Монди) при уровне размола 38–40°ШР (+15° помола)

| Показатель | Пробы образцов исследуемых волокон | | | Среднее значение |
|---|---------------------------------------|--------|--------|---------------------|
| | 1 | 2 | 3 | |
| 1. Количество волокон | 5009 | 5034 | 5040 | 5027,6 |
| 2. Длина волокна, мкм | 1499 | 1504 | 1510 | 1504,3 |
| 3. Длина Lc(n) и Lc(I), мм | 0,983 | 0,995 | 1,013 | 1,0 |
| | 1,499 | 1,504 | 1,51 | 1,5 |
| 4. Ширина волокна, мкм | 29,4 | 29,4 | 29,5 | 29,4 |
| 5. Грубость, мг/м | 0,3273 | 0,3576 | 0,3212 | 0,3 |
| 6. Угол изгиба, градусы | 129 | 129 | 129 | 129,0 |
| 7. % изогнутых волокон | 54,9 | 54,5 | 57,7 | 55,7 |
| 8. Скручиваемость, % | 15,6 | 15,7 | 15,8 | 15,7 |
| 9. Отношение к длине Макрофибрилл, % | 1,01 | 1,01 | 0,975 | 1,0 |
| 10. Поврежденные концы, % | 45,17 | 44,21 | 45,52 | 45,0 |
| 11. Длина мелочи к Lc(n) и Lc(I), % | 42,8 | 42,4 | 41,2 | 42,1 |
| | 1,88 | 1,9 | 1,86 | 1,9 |
| 12. Площадь мелочи к общей площади объектов, % | 4,3 | 4,32 | 4,76 | 4,5 |
| 13. Количество волокон, млн/г | 2,908 | 2,68 | 2,913 | 2,8 |
| 14. Количество мелочи, млн/г | 85,621 | 79,681 | 82,16 | 82,4 |

Главной задачей данной работы было исследование свойств существующих зарубежных FTA-карт и волокна из которого они производятся с целью воссоздания российских аналогов подобных карт, подходящих для сбора и упаковки образцов биологических материалов, используя альтернативное более доступное волокно.

Таким образом, проведя морфологический анализ волокна предоставленных нам FTA-карт и предполагаемого подходящего для производства подобных карт альтернативного волокна, стал возможен анализ свойств, их сравнение и более точный подбор похожего по характеристикам сырья.

Согласно первоначальному плану работ, следующим этапом исследования предполагалось создание лабораторных отливок из всех исследуемых ранее видов волокон и изучение тех их свойств, которые являются определяющими для впитывающих видов бумаги, из которых изготавливают бумажные фильтры.

Также, запланированное исследование предполагало углубленное изучение хлопкового волокна и мерсеризованной целлюлозы.

К сожалению, из-за охватившей мир волны пандемии, изготовить лабораторные отливки удалось только из хвойной и лиственной сульфатной беленой целлюлозы (Монди) с заданными напрямую с производства параметрами (без дополнительного размола).

4.4 Изготовление отливок

Согласно методике, описанной методической части, для приготовления лабораторных отливок было взято несколько различных видов волокон в разном соотношении, из которых на листоотливном аппарате и были получены сами отливки.

Проведенное прежде исследование ФТА-карт показало, что они обладают массой метра квадратного равной 360–400 г/м² и толщиной 0,845–0,958 мм, то есть масса абсолютно сухой лабораторной отливки должна составлять 11,3 – 12,56 г.

Для изготовления отливок было взято волокно без дополнительного размола с заданными напрямую с производства параметрами.

В итоге, ограниченные данными условиями, были получены следующие лабораторные отливки, представленные в таблице 18.

Таблица 18 – Полученные в ходе работы лабораторные отливки и их основные показатели

| Образцы лабораторных отливок | Масса образца, г | Масса метра квадратного, г/м² | Толщина, мм |
|--|-------------------------|---|--------------------|
| Лабораторная отливка из 100% хвойной целлюлозы (Монди) | 11,9 | 378,980 | 0,9204 |
| | 10,9 | 347,134 | 0,4924 |
| | 11,3 | 359,873 | 0,5612 |
| Лабораторная отливка из смеси хвойной (50%) и лиственной (50%) целлюлозы (Монди) | 11,6 | 369,427 | 0,6432 |
| | 11,64 | 370,701 | 0,6648 |
| | 11,8 | 375,796 | 0,921 |
| | 11,5 | 366,242 | 0,5478 |
| Лабораторная отливка из 100% лиственной целлюлозы (Монди) | 11,35 | 361,470 | 0,6386 |
| | 11,7 | 372,615 | 0,587 |

По первоначальному плану работ, количество изготовленных лабораторных отливок должно было быть большим, но из-за охватившей мир волны пандемии продолжить лабораторные исследования оказалось невозможным.

4.5 Определение воздухопроницаемости

Поскольку исследование литературных источников показало, что FTA-карта является химически обработанным целлюлозным (бумажным) фильтром, было необходимо изготовить лабораторные отливки из предположительно подходящего для производства аналогов FTA-карт волокна и изучить их свойства, являющиеся определяющими для впитывающих видов бумаги, используемых для производства этих фильтров.

К этим свойствам относятся:

- Масса m^2 ;
- Толщина;
- Шероховатость и воздухопроницаемость;

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.

Сущность метода определения воздухопроницаемости по Герлей заключается в определении объема воздуха, проходящего через испытываемую площадь образца за определенное время. Абсолютное давление воздуха с одной стороны испытываемого образца равно атмосферному, а разность давления по обе стороны образца в процессе

испытания должна быть небольшой и поддерживаться на постоянном уровне.

- Впитывающая способность (капиллярная и поверхностная впитываемость, впитываемость при погружении);

Измерение капиллярной впитываемости по методу Клемма заключается в испытании полоски материала, один конец которой закреплен в вертикальном положении, а другой погружен в воду (водные растворы и др.). Измерения капиллярной впитываемости в этом методе проводится в интервалах через 10 мин.

Определение поверхностной впитываемости воды при одностороннем смачивании по методу Кобба заключается в определении по разности до и после смачивания массы воды в граммах поглощенной поверхностью бумаги при смачивании одной стороной испытуемого образца при определенных условиях в течение установленного времени.

Сущность метода определения впитываемости бумаги при полном погружении заключается в увеличении массы образца после выдерживания его в жидкости в заданных условиях.

- Прочность во влажном и сухом состоянии;

Сущность метода заключается в определении силы, вызывающей разрушение образца и его удлинение до момента разрыва при постоянной скорости нагружения.

Используя результаты испытания и значения массы 1 м^2 и толщины бумаги или картона, рассчитывают предел прочности при растяжении, разрывную длину и индекс прочности при растяжении.

- Водоудерживающая способность.

Из-за сложившейся в мире сложной ситуации, ряд этих исследований, таких как определение впитывающей способности (капиллярной и поверхностной впитываемости, впитываемости при погружении), прочности

во влажном и сухом состояниях и водоудерживающей способности, к сожалению не был выполнен.

Однако, используя представленные нам образцы FTA–карт и полученные ранее лабораторные отливки, согласно методике, описанной в методической части, на приборе Модуля PTA–Line было проведено исследование шероховатости и воздухопроницаемости по методам Бендтсена и Герлей.

Поскольку главной задачей данной работы было исследование свойств существующих зарубежных FTA–карт с целью воссоздания российских аналогов подобных карт, используя альтернативное более доступное волокно, в первую очередь было проведено исследование воздухопроницаемости и шероховатости самих FTA–карт. Полученные в ходе данной работы результаты представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Свойства образцов FTA–карт

| Образец | Шерохова- тость по Бендтсену, мл/мин (1,47 ± 0,02 кПа) | Воздухо- проницаемость по Бендтсену, мл/мин | Воздухо- проницаемость по Герлей, сек |
|----------------|---|--|--|
| FТА– карта | >5000 | >5000 | <1 |

Следующим этапом после проведения исследования этих физико–механических свойств образцов предоставленных нам FTA–карт было исследование этих свойств у полученных нами ранее лабораторных отливок.

Полученные в ходе данной работы результаты исследования представлены в таблице 20.

Таблица 20 – Свойства образцов лабораторных отливок

| Образцы лабораторных отливок | Масса образца, г | Шероховатость по Бендтсену, мл/мин (1,47 ± 0,02 кПа) | Воздухопроницаемость по Бендтсену, мл/мин | Воздухопроницаемость по Герлей, сек |
|--|-------------------------|---|--|--|
| 100% хвойная целлюлоза (Монди) | 11,9 | 3054 | 841 | 14,4 |
| | 10,9 | 4074,67 | 872,5 | 13,75 |
| | 11,3 | 2768,5 | 828,5 | 14,5 |
| Смесь хвойной (50%) и лиственной (50%) целлюлозы (Монди) | 11,6 | 3547,75 | 1345,75 | 9 |
| | 11,7 | 3127,75 | 1348,5 | 9 |
| | 11,8 | 2650,75 | 1333,5 | 9 |
| | 11,5 | 2796 | 1399,6 | 8 |
| 100% лиственная целлюлоза (Монди) | 11,4 | 2202,5 | 1775,75 | 7 |
| | 11,7 | 2788,25 | 1762,5 | 7 |

5 ВЫВОДЫ

1. На основании анализа литературных источников показано, что импортные FTA–карты, используемые для сбора и упаковки образцов биологических материалов, представляют собой целлюлозный (бумажный) фильтр и изготавливаются из хлопкового линта.

2. Исследование волокон FTA–карт микроскопическим методом также подтвердило полученные из литературных источников данные и показало, что для производства FTA–карт действительно применяется волокно только из 100%–ного чистого хлопкового линта.

3. Исследование морфологии волокна FTA–карт и различных видов беленой сульфатной целлюлозы показало, что для производства FTA–карт применяют хорошо размолотое волокно, а наиболее похожим на него из исследуемых видов волокон является целлюлоза хвойная (Монди) при высоком уровне размола.

4. На основании исследования свойств отливок показано, что несмотря на подобную морфологию, сульфатная беленая целлюлоза значительно отличается от хлопкового волокна более низкими показателями воздухопроницаемости. Следовательно, и впитываемость лабораторных отливок вероятнее всего значительно ниже, чем у FTA–карт. Объясняется это высоким наличием в сульфатной беленой целлюлозе гемицеллюлоз.

5. По результатам исследования было предложено в дальнейшей работе опробовать еще и сульфатную целлюлозу, полученную из древесины лиственницы, поскольку она имеет длинные грубые волокна с высокой впитывающей способностью, т.к. арабиногалактан (гемицеллюлоза) удаляется в процессе варки целлюлозы.

6 СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Евгения Рябцева. ДНК в криминалистике и науке: геномная дактилоскопия, методы ДНК–типирования, ДНК–типирование в судебной медицине, установление отцовства, антропология, ресурсы живой природы. [Электронный ресурс] // Интернет–журнал «Коммерческая биотехнология».– 2006.– 29 декабря.– Режим доступа: cbio.ru (дата обращения 28.01.2020)
2. Карты бумажные для сбора, хранения и транспортировки нуклеиновых кислот. [Электронный ресурс] // Диаэм. Современные лаборатории.– Режим доступа: <https://www.dia-m.ru/news.php?newsid=61717> (дата обращения 28.01.2020)
3. Панчин, А. Сумма биотехнологии/ Руководство по борьбе с мифами о генетической модификации растений, животных и людей / Александр Панчин.– Москва: Издательство АСТ:CORPUS, 2016.– 432 с.
4. Как отбирать образцы на ФТА –карты. [Электронный ресурс] // Авиаген.ком.– Режим доступа: http://en.aviagen.com/assets/Tech_Center/BB_Resources_Tools/Vet_How_Tos/AVIAVetHowTo02-TakeFTACardSamples-RU15.pdf (дата обращения 22.02.2020)
5. Подготовка проб нуклеиновой кислоты и белка. [Электронный ресурс] // Научный журнал.– Режим доступа: http://www.promix.ru/manuf/ge/watman/cat/w_07.pdf (дата обращения 10.03.2020)
6. ДНК–карты как простой и надежный способ сбора и длительного хранения ДНК–содержащего биоматериала для молекулярно–генетических исследований. [Электронный ресурс] // АлкорБио.– Режим доступа: <https://www.alkorbio.ru/molekulyarnogeneticheskayadiagnostika0/dnkkartikakprostoyinadezhniysposobsboraidlitelnogohraneniyadnksoderzhashchegobi>

- omaterialadlyamolekulyarnogeneticheskikhissledovaniy.html (дата обращения 11.02.2020)
7. Орленко, Л. В. Терминологический словарь одежды: Ок. 2000 слов / Л. В. Орленко.- М.: Легпромбытиздат, 1996.– 344 с.
 8. Баженов, В. И. Материалы для швейных изделий: Учебник для сред. спец. учеб. заведений.– 3-е изд., испр. и доп.– М.: Легка и пищевая промышленность, 1982.– 312 с.
 9. Хлопковое волокно. [Электронный ресурс] // Золотое Руно.– Режим доступа: https://www.rukodelie.ru/articles/hlopkovoje_volokno (дата обращения 04.03.2020)
 10. ГОСТ Р 53224–2008 Волокно хлопковое. Технические условия.– Москва: Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии, 2009.– 10 с.
 11. ГОСТ 595–79 Целлюлоза хлопковая. Технические условия.– Москва: ИПК Издательство стандартов, 1980.– 16 с.
 12. ГОСТ Р ИСО 536–2013 Бумага и картон. Определение массы.– Москва: Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии, 2014.– 11 с.