

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Объект авторского права

УДК 665.947.2:676.2.017.63(043.5)

ФЛЕЙШЕР

Вячеслав Леонидович

**АМИДЫ СМОЛЯНЫХ КИСЛОТ КАНИФОЛИ С БИФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ
СВОЙСТВАМИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ГИДРОФОБНОСТИ И ПРОЧНОСТИ
БУМАГИ И КАРТОНА**

АВТОРЕФЕРАТ

**диссертации на соискание ученой степени
доктора технических наук**

по специальности

**05.21.03 – технология и оборудование химической переработки
биомассы дерева; химия древесины**

Минск 2024

Научная работа выполнена в учреждении образования «Белорусский государственный технологический университет».

Научный консультант **Черная Наталья Викторовна**, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры химической переработки древесины учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет»

Официальные оппоненты: **Клюев Андрей Юрьевич**, доктор технических наук, профессор кафедры технологии деревообрабатывающих производств учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет»;
Гриншпан Дмитрий Давидович, доктор химических наук, профессор, заведующий лабораторией растворов целлюлозы и продуктов их переработки научно-исследовательского института физико-химических проблем Белорусского государственного университета;
Ярмоленко Максим Анатольевич, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры радиофизики и электроники учреждения образования «Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины»

Оппонирующая организация Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова»

Защита состоится «20» декабря 2024 г. в 11.00 ч на заседании совета по защите диссертаций Д 02.08.04 при учреждении образования «Белорусский государственный технологический университет» по адресу: 220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, ауд. 240, корп. 4.
E-mail: uss@belstu.by, тел.: 8-(017)-379-65-62.

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

Автореферат разослан «14» ноября 2024 г.

Ученый секретарь совета по защите диссертаций



Е.П. Усс

ВВЕДЕНИЕ

Технология высококачественных видов бумаги и картона неразрывно связана с использованием функциональных веществ, обеспечивающих улучшение их физико-механических свойств (в особенности гидрофобности и прочности).

Повышения гидрофобности бумаги и картона традиционно достигают за счет применения частично или полностью нейтрализованных гидроксидом натрия смоляных кислот канифоли, предварительно модифицированных спиртами и (или) малеиновым ангидридом. Проблемы использования существующих видов модифицированных смоляных кислот состоят в следующем: во-первых, проклеивающие комплексы обладают значительным размером и увеличивают расстояние между волокнами, что приводит к снижению первоначальной прочности бумаги и картона, и, во-вторых, характеризуются невысокой эффективностью гидрофобизирующего действия по сравнению с синтетическими веществами, например димерами алкилкетенов (АКД).

Актуальность и необходимость проведения исследования по теме диссертации обусловлена нерешенными научными проблемами, одной из которых является потеря первоначальной прочности бумаги и картона при их гидрофобизации модифицированными смоляными кислотами канифоли. Традиционный путь решения данной проблемы – дополнительное введение в бумажные массы упрочняющих веществ полимерной природы, содержащих аминные, амидные или гидроксильные группы. Однако присутствие в бумажных массах одновременно двух функциональных веществ (гидрофобизирующего и упрочняющего) требует научно обоснованного подхода их использования в каждом конкретном случае, что вызвано одновременным протеканием конкурирующих процессов гидрофобизации и упрочнения.

Изучение существующих научных и технических проблем свидетельствует о том, что улучшение гидрофобизирующего действия смоляных кислот канифоли на бумагу и картон должно достигаться за счет равномерного распределения проклеивающих комплексов на поверхности волокон, а максимальное сохранение или повышение первоначальной прочности – за счет снижения их размеров, а также водородных связей, образованных между азотсодержащими группами и отрицательно заряженными активными центрами (гидроксильными группами) волокон.

Достижение положительных эффектов возможно обеспечить целенаправленным изменением структуры и физико-химических свойств смоляных кислот канифоли путем их химического модифицирования аминспиртами и полиэтиленполиаминами. Поэтому разработанные теоретические основы и технологические принципы получения амидов смоляных кислот канифоли, обеспечивающие повышение гидрофобности и прочности бумаги и картона, обуславлива-

ют необходимость проведения исследования для решения поставленной выше актуальной научной проблемы.

Актуальным направлением развития лесохимической и целлюлозно-бумажной отраслей промышленности является создание принципиально новых видов функциональных веществ, содержащих в своей структуре амиды смоляных кислот канифоли. Достоинством амидов смоляных кислот канифоли по сравнению с традиционно используемыми видами модифицированной канифоли является их способность оказывать на бумагу и картон бифункциональное действие – гидрофобизирующее и упрочняющее. Поэтому создание и применение новых видов бифункциональных веществ на основе амидов смоляных кислот канифоли имеет важное научное и практическое значение.

Неоспоримым преимуществом бифункциональных веществ является возможность управления их гидрофобизирующими и упрочняющими свойствами за счет изменения содержания смоляных кислот в их структуре. Принципиальным отличием предлагаемых видов функциональных веществ от традиционно используемых известных (импортных) соединений (упрочняющих – Hi-Cat C 323 A, Fenobond 3300E, Fennostrenght PA13 и гидрофобизирующих – укрепленный клей-паста TM, AKD, Fennosize RS KN 12A) является оказываемое ими действие на бумагу и картон. *Первый вид* функциональных веществ способен обеспечить бумаге и картону высокую гидрофобность с максимальным сохранением их первоначальной прочности, *второй вид* – прочность и дополнительно гидрофобность.

Известные теории и механизмы проклейки и упрочнения бумаги и картона, основанные на коллоидно-химических, химических и электростатических процессах, рассматривают, как правило, взаимодействие одного функционального вещества или класса веществ с волокнами. Существенный вклад в развитие теории и технологии лесохимических производств, бумаги и картона внесли такие ведущие ученые, как Бардышев И.И., Шляшинский Р.Г., Калниньш А.И., Свикле Д.Я., Зандерсон Я.Г., Ламоткин А.И., Черная Н.В., Иванов С.Н., Фляте Д.М., Ковернинский И.Н., Казаков Я.В., Дубовый В.К. и др. В то же время отсутствие научных теорий, объясняющих процессы взаимодействия амидов смоляных кислот с волокнами, обуславливают *место диссертации среди других исследований в области лесохимических и целлюлозно-бумажных производств.*

Таким образом, концептуальное развитие научного направления в области получения и применения амидов смоляных кислот канифоли, основанное на впервые полученных экспериментальных данных и подтвержденных на ведущих лесохимических и целлюлозно-бумажных предприятиях Республики Беларусь внедренными импортозамещающими и ресурсосберегающими технологиями, обеспечивает улучшение качества бумаги и картона и повышение их конкурентоспособности.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Связь работы с научными программами (проектами), темами. Диссертационная работа выполнена в учреждении образования «Белорусский государственный технологический университет» на кафедре химической переработки древесины и соответствует «Перечню приоритетных направлений фундаментальных и прикладных научных исследований Республики Беларусь на 2011–2015 годы» (п. 2.9. Модифицированные химические продукты для нужд различных отраслей народного хозяйства), утвержденному постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 19 апреля 2010 г. № 585; «Перечню приоритетных направлений научных исследований Республики Беларусь на 2016–2020 годы» (раздел 2 «Химический синтез и продукты» и раздел 8 «Многофункциональные материалы и технологии»), утвержденному постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 12 марта 2015 г. № 190; «Приоритетным направлениям научной, научно-технической и инновационной деятельности на 2021–2025 годы» (п. 2. Биологические, медицинские, фармацевтические и химические технологии и производства: переработка сырья, лесохимия), утвержденным Указом Президента Республики Беларусь от 7 мая 2020 г. № 156.

Исследования проводились в рамках государственных программ научных исследований: «Химические технологии и материалы» подпрограммы «Полимеры и композиты» задания 2.35 «Создание ресурсо- и энергосберегающих технологий получения высокоэффективных композиционных материалов из растительного сырья для целлюлозно-бумажной, деревообрабатывающей и химической промышленности» (№ г. р. 20111568, 2011–2013 гг.); «Химические технологии и материалы, природно-ресурсный потенциал» подпрограммы «Полимеры и композиты» задания 2.63 «Создание технологии комплексной переработки растительной биомассы с получением конкурентоспособной промышленной продукции» (№ г. р. 20142146, 2014–2015 гг.); «Химические технологии и материалы» подпрограммы «Лесохимия» задания 4.1.7 «Синтез новых полимеров на основе аминокислот смоляных кислот канифоли» (№ г. р. 20161151, 2016–2018 гг.), задания 4.1.18 «Синтез новых олигомеров на основе модификации смоляных кислот канифоли эфирами малеинового ангидрида и аминокислот» (№ г. р. 20192310, 2019–2020 гг.); «Химические процессы, реагенты и технологии, биорегуляторы и биооргхимия» подпрограммы «Создание новых наукоемких отечественных материалов различного функционального назначения на основе лесохимического и растительного сырья» (Лесохимия-2) задания 2.4.1 «Разработка методов получения и модифицирования вторичных терпеноидных продуктов различного функционального назначения» НИР 2 «Создание и анализ новых продуктов на основе производных смоляных кислот с упрочняющими и гидрофобизирующими и влагопрочными свойствами для целлюлозно-бумажной и деревообраба-

тывающей промышленности» НИР 2/1 «Научные основы и технология создания новых продуктов на основе модифицированной канифоли для одновременного упрочнения и гидрофобизации бумаги и картона» (№ г. р. 20212065, 2021–2025 гг.), а также отдельного проекта Министерства образования Республики Беларусь по теме «Разработка импортозамещающих технологий получения и применения новых полимеров на основе амидов канифоли для упрочнения макулатурных видов бумаги и картона» (№ г. р. 20132120, 2013–2014 гг.).

Цель, задачи, объект и предмет исследования. *Цель исследования* – концептуальное развитие теории и технологии амидов смоляных кислот канифоли, различающихся структурой и физико-химическими свойствами и обладающих улучшенным гидрофобизирующим и упрочняющим действием на бумагу и картон, изготовленных из первичных и вторичных волокнистых полуфабрикатов.

Для достижения поставленной цели сформулированы и решены следующие основные *задачи*:

- установлены закономерности влияния вида канифоли (талловой и живичной), строения аминоспиртов (моно-, ди- и триэтанолamina) и параметров процессов аминолита и этерификации на физико-химические свойства амидов смоляных кислот канифоли и обоснован выбор наиболее эффективного модифицирующего вещества для синтеза первичного монозамещенного амида;

- выявлены закономерности влияния вида полиэтиленполиамиона (диэтилентриамиона и триэтилентетрамина), температурных и расходных параметров на структуру и свойства амидов смоляных кислот и обоснован выбор модифицирующего вещества для синтеза монозамещенного соединения, способного обеспечить получение нового вида полиамида;

- разработаны теоретические основы и технологические принципы введения монозамещенных амидов смоляных кислот канифоли в структуру гидрофобизирующего вещества, обеспечивающие снижение общей продолжительности синтеза, удельных расходов исходных сырьевых компонентов, температуры, а также повышение содержания свободных смоляных кислот до 40–45%;

- разработаны способы и технологические решения введения смоляных кислот в структуру полиамидов на основе дикарбоновых кислот и полиэтиленполиаминов, позволяющие обеспечить им бифункциональные свойства;

- выявлены особенности гидрофобизации первичных и вторичных волокнистых полуфабрикатов новым проклеивающим веществом на основе амидов смоляных кислот канифоли и установлена эффективность его применения по сравнению с традиционно используемыми функциональными веществами;

- предложена и подтверждена гипотеза бифункционального действия нового вида полиамидной смолы на бумагу и картон, позволившая обосновать одновременное повышение их прочности и гидрофобности.

Объект исследования – амиды смоляных кислот талловой и живичной канифоли (оксиэтиламиды и аминоэтиламиды), различающиеся структурой, физико-химическими, гидрофобизирующими и упрочняющими свойствами, и образцы бумаги (элементарные слои картона), полученные с их использованием.

Предмет исследования – способы модифицирования смоляных кислот канифоли на основе реакций аминолиза, этерификации, Дильса – Альдера, нейтрализации и поликонденсации, обеспечивающие получение новых видов азотсодержащих соединений, различающихся структурой и физико-химическими свойствами, а также процессы гидрофобизации и упрочнения бумаги и картона, различающиеся видом исходных волокнистых полуфабрикатов, степенью помола изготовленных из них суспензий и содержанием химических веществ в бумажных массах.

Научная новизна:

1. Обоснованы изменения структуры и физико-химических свойств смоляных кислот талловой и живичной канифоли при их модифицировании аминоспиртами и полиэтиленполиаминами в зависимости от температурных и расходных параметров, позволившие разработать способы получения монозамещенных первичных амидов смоляных кислот, введение которых в структуру функциональных веществ обеспечило им улучшенные гидрофобизирующие и упрочняющие свойства.

2. Разработаны теоретические основы и технологические принципы получения новых видов функциональных веществ, содержащих в своей структуре синтезированные амиды смоляных кислот канифоли, оказывающие комплексное действие на бумагу и картон: *первый вид* – гидрофобизирующее, сопровождающееся максимальным сохранением первоначальной прочности; *второй вид* – упрочняющее и дополнительно гидрофобизирующее.

3. Установлены закономерности повышения гидрофобности и прочности образцов бумаги (элементарных слоев картона) в зависимости от структуры и содержания разработанных функциональных веществ в бумажных массах, видов волокнистых полуфабрикатов (использовались три вида целлюлозы и макулатура) и степени помола изготовленных из них суспензий, позволившие научно обосновать преимущества отечественных проклеивающих и упрочняющих веществ по сравнению с традиционно используемыми импортными аналогами.

4. Доказана целесообразность применения амидов смоляных кислот канифоли для создания на их основе новых функциональных веществ, обладающих универсальным гидрофобизирующим и упрочняющим действием как на первичные (целлюлозные), так и вторичные (макулатурные) волокнистые полуфабрикаты.

5. Впервые предложена и подтверждена гипотеза одновременного гидрофобизирующего и упрочняющего (бифункционального) действия амидов смоляных кислот канифоли, различающихся структурой и физико-химическими свойствами, на бумагу и картон за счет присутствующего гидрофенантренового углеродного

скелета (обеспечивает гидрофобность) и сформированных водородных связей между азотсодержащими функциональными группами и отрицательно заряженными активными центрами (гидроксильными группами) волокон (повышают прочность).

Положения, выносимые на защиту:

1. Закономерности влияния моно-, ди- и триэтанолamina и параметров аминoлиза и этерификации канифоли (талловой и живичной) на физико-химические свойства модифицированных смоляных кислот, позволяющие обосновать целесообразность использования моноэтанолamina в качестве модифицирующего вещества, обеспечивающего образование первичного монозамещенного оксиэтиламида абиетиновой кислоты с выходом 55% при температуре 170°C и продолжительности 3 ч, обладающего частичной степенью смешиваемости с водой и способностью к формированию водородных связей с отрицательно заряженными активными центрами (гидроксильными группами) волокон.

2. Закономерности изменения физико-химических свойств амидов смоляных кислот канифоли от вида полиэтиленполиамина, температуры и продолжительности аминoлиза, позволяющие определить параметры синтеза первичного монозамещенного аминoэтиламида абиетиновой кислоты с выходом 87% с использованием диэтилентриаминa в качестве модифицирующего вещества при температуре 190°C и мольном соотношении абиетиновая кислота : диэтилентриамин, равном 1,0 : 1,2, обладающего неограниченной степенью смешиваемости с водой и обеспечивающего получение нового вида полиамидной смолы с бифункциональными свойствами.

3. Теоретические основы и технологические принципы введения оксиэтиламидов смоляных кислот (10–20%) в структуру гидрофобизирующего вещества, шестистадийный синтез которого основан на процессах аминoлиза, этерификации, изомеризации, малеинизации, нейтрализации и стабилизации смоляных кислот канифоли, обуславливающие снижение общей продолжительности синтеза в 1,5 раза и максимальной температуры от 210 до 195°C по сравнению с получением традиционно используемого клея-пасты ТМ, содержащего моноэтилцеллозольвмалеопимарат натрия, и обеспечивающие новому функциональному веществу повышение содержания свободных смоляных кислот от 5–16 до 40–45% и уменьшение диаметра частиц дисперсной фазы от 190–200 до 130–135 нм.

4. Научно обоснованные способы введения смоляных кислот канифоли в структуру полиамидов на основе дикарбоновых кислот и диэтилентриаминa, обеспечивающие создание технологии нового вида упрочняющего вещества путем аминoлиза смоляных кислот канифоли диэтилентриамином при температуре 190°C и последующей поликонденсации с адипиновой кислотой и диэтилентриамином при температуре 160°C, позволяющей управлять его упрочняющими и гидрофобизирующими свойствами за счет изменения содержания смоляных кислот в его составе (от 5 до 25%).

5. Повышение гидрофобности бумаги и картона на основе целлюлозных и макулатурных волокон по сравнению с традиционно используемым проклеивающим веществом на основе моноэтилцеллозольмалеопимарата натрия (0,50–1,40% от абсолютно сухого волокна (а. с. в.)) за счет снижения содержания в бумажных массах разработанного проклеивающего вещества в 2,0–2,6 раза (0,20–0,75% от а. с. в.) с одновременным увеличением энергии внутренних связей по Скотту на 17,2–28,5% и максимальным сохранением их первоначальной прочности.

6. Бифункциональное действие (100% упрочняющее и 15–20% гидрофобизирующее) принципиально нового вида упрочняющего вещества на бумагу и картон, позволяющее повысить разрывную длину на 14,8–26,2%, увеличить энергию внутренних связей по Скотту на 44,4–92,3% и снизить впитываемость при одностороннем смачивании на 14,2–23,5% за счет введения в бумажные массы, изготовленные из первичных и вторичных волокнистых суспензий, 0,05–0,10% разработанной полиамидной смолы, содержащей в своей структуре аминоэтиламиды смоляных кислот канифоли.

Личный вклад соискателя ученой степени заключается в разработке концептуального направления повышения гидрофобности и прочности бумаги и картона амидами смоляных кислот канифоли; доказательстве предложенной научной гипотезы бифункционального действия амидов смоляных кислот канифоли на бумагу и картон; разработке подходов к решению научных и технических проблем; анализе научной и технической литературы и ее систематизации; проведении исследования по синтезу амидов смоляных кислот канифоли и разработке бифункциональных продуктов на их основе; установлении и анализе закономерностей прочности и гидрофобности целлюлозосодержащих композиционных материалов в зависимости от условий их получения; анализе и статистической обработке результатов исследования; формулировании основных теоретических выводов, положений, выносимых на защиту; разработке технологических и технических решений и внедрении их на лесохимических и целлюлозно-бумажных предприятиях; подготовке публикаций.

Исследования проводились при непосредственной консультации доктора технических наук, профессора Черной Н.В., которая является основным соавтором опубликованных работ, ее участия в планировании эксперимента, организации опытно-промышленных испытаний, оценке результатов исследований и их внедрения на лесохимических и целлюлозно-бумажных производствах.

Апробация диссертации и информация об использовании ее результатов. Основные результаты исследований представлены и обсуждены: на Международной научно-технической конференции «Новейшие достижения в области импортозамещения в химической промышленности и производстве строительных материалов» (Минск, 2012 г.); научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов

«Технология органических веществ» (Минск, 2012 г., 2014 г., 2016–2019 гг., 2021–2023 гг.); Международной научно-технической конференции «Ресурсо- и энергосберегающие технологии и оборудование, экологически безопасные технологии» (Минск, 2014 г.); XXI International symposium in the field of pulp, paper, packaging and graphics (Златибор, Сербия, 2016 г.); XIX Международной научно-технической конференции «Технология – 2016» (Северодонецк, 2016 г.); Международной научно-технической конференции «Новейшие достижения в области инновационного развития целлюлозно-бумажной промышленности: технология, оборудование, химия» (Минск, 2017 г.); IV Международной научно-технической конференции, посвященной памяти проф. В.И. Комарова «Проблемы механики целлюлозно-бумажных материалов» (Архангельск, 2017 г.); Международной научно-технической конференции «Химия и химическая технология переработки растительного сырья» (Минск, 2018 г.); III Международной научно-технической конференции молодых ученых и специалистов ЦБП «Современная целлюлозно-бумажная промышленность. Актуальные задачи и перспективные решения» (Санкт-Петербург, 2021 г.); III Международной научно-практической конференции «Инженерно-техническое образование и наука» (Новороссийск, 2023 г.); VII Международной научно-технической конференции имени проф. В.И. Комарова «Проблемы механики целлюлозно-бумажных материалов» (Архангельск, 2023 г.).

Технология производства амидов смоляных кислот канифоли и гидрофобизирующего вещества на их основе в виде клеевой канифольной композиции ТМАС-3Н апробирована и внедрена в ОАО «Лесохимик» (г. Борисов) и ООО «ПромХимТехнологии» (г. Смолевичи). Импортзамещающая технология производства амидов смоляных кислот канифоли и упрочняющего вещества с их использованием в виде полиамидной смолы ПроХим DUO внедрена в ООО «ПромХимТехнологии» (г. Смолевичи). Технология применения клеевой канифольной композиции ТМАС-3Н для производства высококачественных видов бумаги и картона внедрена в ОАО «Слонимский картонно-бумажный завод «Альбертин» (г. Слоним). Импортзамещающая и ресурсосберегающая технология применения полиамидной смолы ПроХим DUO для производства бумаги и картона внедрена в филиале «Добрушская бумажная фабрика «Герой труда» ОАО «Управляющая компания холдинга «Белорусские обои» (г. Добруш), филиале «Бумажная фабрика «Красная Звезда» ОАО «Светлогорский ЦКК» (г. Чашники), а также апробирована на ИП «Мюникс» ООО (г. Смолевичи) и ОАО «Зеленоборское» (п. Зеленый Бор).

Достигнутый экономический эффект производства новых видов функциональных веществ, содержащих в своей структуре амиды смоляных кислот канифоли, и применения их при получении бумаги и картона составил:

– *при производстве*: 29 264 долл. США (при фактическом выпуске 306,95 т) за счет замены исходных импортных сырьевых компонентов на отечественные;

– *при применении*: 112 257 долл. США (при фактическом производстве 82 436,53 т высококачественных видов бумаги и картона) за счет замещения импортных функциональных веществ на отечественные и сокращения их удельных расходов на 15–20%.

Суммарный фактический экономический эффект составил 141 521 долл. США, ожидаемый годовой – 656 733 долл. США.

Опубликованность результатов диссертации. По результатам выполненного исследования опубликованы 45 печатных работ, в том числе 1 монография, 13 статей в научных изданиях, включенных в перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертаций и 2 статьи в иностранных научных изданиях, 6 статей в других научных журналах и сборниках конференций, 15 материалов конференций, тезисы 7 докладов, 1 патент Республики Беларусь. По теме диссертации опубликовано 25,5 авторских листа.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, шести глав, заключения, списка использованных источников и приложений. Полный объем диссертации составляет 490 с., из них 55 с. занимают 68 иллюстраций и 37 таблиц; 36 с. – список использованных источников, включающий 419 наименований и 45 публикаций соискателя, и приложения на 242 с. (отдельная книга).

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Первая глава посвящена анализу научной и технической литературы по теории и технологии химического модифицирования смоляных кислот канифоли и использования их для улучшения физико-механических свойств бумаги и картона. Показано, что гидрофобизация бумаги и картона является одной из традиционных областей применения смоляных кислот канифоли. В структуре упрочняющих веществ смоляные кислоты не использовались. Существующие способы модифицирования смоляных кислот канифоли для повышения их гидрофобизирующих свойств основаны на реакциях этерификации, малеинизации и нейтрализации. Анализ научной литературы позволил сделать вывод о том, что актуальными являются следующие научные и технические проблемы.

Основные *научные проблемы* заключаются в отсутствии эффективных способов химического модифицирования смоляных кислот канифоли, обеспечивающих им гидрофобизирующее действие на бумагу и картон с максимальным сохранением или повышением их первоначальной прочности, а также теории и механизма, объясняющих протекающие процессы.

Решение существующих научных проблем основывается на процессах гидрофобизации бумаги и картона за счет формирования водородных связей

между азот- и кислородсодержащими функциональными группами модифицированных смоляных кислот канифоли и отрицательно заряженными активными центрами (гидроксильными группами) волокон. Целенаправленное модифицирование смоляных кислот канифоли аминоспиртами и полиэтиленполиаминами способно обеспечить им повышение гидрофобизирующего действия на бумагу и картон благодаря гидрофенантреновому углеродному скелету, компенсировать потерю первоначальной прочности за счет предотвращения повышения расстояния между волокнами из-за уменьшения размера проклеивающих комплексов (в случае гидрофобизирующих веществ) и повысить прочность за счет дополнительно сформированных водородных связей (в случае упрочняющих веществ).

Нерешенные технические проблемы, связанные с получением и применением модифицированных смоляных кислот канифоли для гидрофобизации бумаги и картона, заключаются в отсутствии эффективных технологических решений, обеспечивающих функциональным веществам на их основе высокую агрегативную устойчивость полученных из них эмульсий, повышенное содержание свободных смоляных кислот (40–45%) и низкий расход электролита для образования проклеивающих комплексов.

Прогрессивным направлением развития лесохимических и целлюлозно-бумажных производств является создание *новых видов* функциональных веществ, содержащих в своей структуре амиды смоляных кислот канифоли: гидрофобизирующих (*первый вид*) и упрочняющих (*второй вид*). В структуру гидрофобизирующих веществ целесообразным является введение смоляных кислот канифоли, модифицированных аминоспиртами, а в структуру упрочняющих веществ – полиэтиленполиаминами, обеспечивающих построение полиамидной цепи.

Предложенная *научная гипотеза* заключается в создании эффективных способов модифицирования смоляных кислот канифоли, основанных на реакциях аминолита, этерификации, малеинизации, нейтрализации и процессе стабилизации, целенаправленно обеспечивающих новым функциональным веществам повышенные гидрофобизирующие и упрочняющие свойства. Амиды смоляных кислот канифоли, содержащиеся в структуре гидрофобизирующих и упрочняющих веществ, способны обеспечить им бифункциональные свойства, включающие:

- 100% гидрофобизирующие + компенсацию потери первоначальной прочности (оксиэтиламиды смоляных кислот канифоли – *соединение 1*);
- 100% упрочняющие + 15–20% гидрофобизирующие (полиамиды на основе аминоэтиламидов смоляных кислот канифоли – *соединение 2*).

До настоящего времени амиды смоляных кислот канифоли не использовали в технологии гидрофобизирующих и упрочняющих веществ, что обуславливает актуальность работы и подтверждает научную значимость предложенной гипотезы.

Для подтверждения гипотезы сформулирована цель работы, задачи для ее решения, предмет исследования, а также обоснован выбор направления диссертационного исследования.

Общая концепция работы базируется на развитии теоретических основ и технологических принципов получения и применения высокоэффективных амидов смоляных кислот талловой и живичной канифоли и функциональных веществ на их основе, обладающих улучшенными гидрофобизирующими и упрочняющими свойствами. Положительные эффекты обеспечиваются за счет улучшенных физико-химических свойств амидов смоляных кислот канифоли, достигаемых разработанными способами модифицирования.

Установленные закономерности гидрофобности и прочности бумаги и картона в зависимости от расхода новых функциональных веществ, вида волокнистых полуфабрикатов (целлюлозных и макулатурных) и степени помола изготовленных из них суспензий позволили подтвердить и научно обосновать, во-первых, эффективность и преимущества их применения по сравнению с традиционно используемыми (импортными) соединениями и, во-вторых, предложенную гипотезу бифункционального действия (гидрофобизирующего и упрочняющего) на бумагу и картон.

Таким образом, анализ научной и технической литературы позволил выявить основные научные и технические проблемы, сформулировать цель, задачи, предмет исследования, общую концепцию работы, а также предложить научную гипотезу улучшения гидрофобности и прочности бумаги и картона при применении в их композиции амидов смоляных кислот канифоли.

Вторая глава включает описание использованных методов, оборудования, материалов и объектов исследования.

Синтез амидов смоляных кислот канифоли с применением аминоспиртов и полиэтиленполиаминов, а также гидрофобизирующих и упрочняющих веществ на их основе осуществляли в лабораторных реакторах, моделирующих условия работы комплекса промышленных аппаратов.

Физико-химические свойства и структуру образцов исходных видов канифоли, абиетиновой кислоты (модельной кислоты канифоли) и продуктов их модифицирования определяли следующими стандартными методами: кислотное число (КЧ) по ГОСТ 17823.1–72; содержание свободных смоляных кислот по ГОСТ Р 50378–92; температуру размягчения по ГОСТ 23863–79 (метод А); массовую долю сухих веществ по ГОСТ 14231–88; плотность растворов по ГОСТ 18995.1–73; смешиваемость с водой по ГОСТ 14231–88; качественный и количественный состав смоляных кислот в образцах канифоли по ГОСТ 21533–76 на хроматографе Цвет-800; наличие функциональных групп – ИК-спектроскопией на приборе IN10 Nicolet (ThermoScientific, США); структуру амидов смоляных кислот – ^1H и ^{13}C ЯМР-спектроскопией на приборе AVANCE-500 (Bruker-Biospin, Германия) с рабочей частотой 500,13 и 125,77 МГц для ядер ^1H и ^{13}C соответственно; термостабильность – термогравиметрическим методом и дифференциальной сканирующей калориметрией на приборе TGA/DSC1 (METTLER TOLEDO, Швейцария); агрегативную устойчивость частиц дисперсной фазы

(ЧДФ) проклеивающих эмульсий – турбидиметрическим методом; динамическую вязкость растворов – методом Брукфильда на приборе DV-II+PRO (Brookfield Eng. Lab., США) при температуре 25°C и скорости вращения шпинделя № S03 100 мин⁻¹; молекулярную массу полиамидных смол – высокоэффективной жидкостной хроматографией (ВЭЖХ) на приборе Agilent 1200 (Agilent Technologies, США) с рефрактометрическим детектором ($\pm 600 \cdot 10^{-6}$ RIU); молекулярно-массовое распределение – частичным осаждением с дальнейшим определением молекулярной массы каждой фракции; коллоидную стабильность водных растворов полиамидных смол – турбидиметрическим методом на спектрофотометре РВ 2201А (Solar, Республика Беларусь).

Волокнистые суспензии и образцы бумаги (элементарные слои картона) получали методами, моделирующими производственные процессы. Волокнистые суспензии (1% от а. с. в.) изготавливали роспуском целлюлозы (сульфатная небеленая хвойная (ЦСНХ), сульфатная беленая хвойная (ЦСБХ), сульфатная беленая из лиственных пород (ЦСБЛ)) и макулатуры (марка МС-5Б) по ISO 5263/1 на дезинтеграторе БМ-3 (ОАО «Западприбор», Украина) с последующим размолотом на лабораторном ролле Валлей (ОАО «Западприбор», Украина); образцы бумаги (элементарные слои картона) получали по TAPPI T 205 на листоотливном аппарате Rapid-Ketten (Ernst Naage, Германия) с последующей термообработкой на сушилке LABTECH SD24E (Labtech Instruments Inc., Канада).

Бумагообразующие свойства волокнистых суспензий и качественные показатели образцов бумаги (элементарных слоев картона) характеризовали следующими параметрами: степень помола по ISO 5267/1 (прибор СР-2Т, ОАО «Западприбор», Украина); фракционный состав по TAPPI T 233 (фракционатор Messer Buche, Bauer McNett, Великобритания); дзета-потенциал – методом кислотно-основного титрования (прибор CAS, Charge Analyzing System, AFG Analytic GmbH, Германия); равномерность распределения проклеивающих комплексов на поверхности волокон – оптическим методом (микроскоп ОПТИКА серии В 600, Италия); разрушающее усилие в сухом состоянии – по TAPPI T 494 (горизонтальная разрывная машина SE 062/064, Lorentzen and Wettre, Швеция); разрывную длину определяли расчетным путем по ГОСТ 13525.1–79; впитываемость при одностороннем смачивании по методу Кобба (ВПИТ) по ГОСТ 12605–97; энергию внутренних связей по Скотту – по TAPPI T 569 om-14 (приборы Monitor / Internal Bond Tester, модель 80-01-01; TMI I-Bond Prep Station, модель 80-01-03, Testing Machines Inc., США); содержание алюминия в образцах бумаги – электронно-зондовым энергодисперсионным рентгенофлуоресцентным анализом (сканирующий электронный микроскоп JSM-5610 LV с системой химического анализа EDX JED-2201, JEOL, Япония).

Объектом исследования являлись амиды смоляных кислот талловой и живой канифоли и принципиально новые продукты на их основе, различающиеся составом, структурой, физико-химическими свойствами, упрочняющим и гидро-

фобизирующим действием, волокнистые суспензии и бумажные массы (целлюлозные и макулатурные), различающиеся видом и степенью помола волокнистой суспензии (25, 40 и 70°ШР), содержанием бифункциональных веществ (от 0,08 до 2,00% от а. с. в.), и образцы бумаги и картона (элементарные слои картона).

Таким образом, методы получения амидов смоляных кислот канифоли и новых функциональных веществ на их основе, волокнистых суспензий, бумажных масс, образцов бумаги (элементарных слоев картона), а также определения их свойств являлись стандартными и соответствовали требованиям ГОСТ, TAPPI и ISO и были реализованы с использованием современного оборудования. Объекты исследования являлись новыми и позволили решить поставленные задачи.

Третья глава посвящена созданию научно обоснованных способов химического модифицирования смоляных кислот канифоли аминспиртами и полиэтиленполиаминами и технологий новых видов функциональных веществ для повышения гидрофобности и прочности бумаги и картона.

Впервые установлены закономерности варьирования физико-химических свойств амидов смоляных кислот от условий модифицирования талловой и живой канифоли аминспиртами (моно-, ди- и триэтаноломином). Показано, что изменение температуры от 170 до 230°C и мольного соотношения канифоль : аминспирт от 1 : 1 до 1,0 : 1,8 обеспечивает образование моно-, ди- и тризамещенных амидов. Они имеют высокую термическую стабильность до 310°C и отличаются степенью смешиваемости с водой. Продукт модифицирования смоляных кислот канифоли моноэтаноломином обладает наибольшей степенью смешиваемости с водой.

Полученные результаты позволили обосновать применение моноэтанол-амина в качестве модифицирующего соединения, а амиды на его основе – структурных единиц гидрофобизирующего вещества. Модифицированные моноэтанол-амином смоляные кислоты, представляющие собой смесь сложных эфиров и амидов (рисунок 1), содержат свободные аминные и гидроксильные группы в алкильном радикале, обеспечивающие удержание их ЧДФ на волокнах.

Выделенный из продукта химического модифицирования абиетиновой кислоты (основной кислоты канифоли) моноэтаноломином при 170°C и продолжительности 3 ч оксиэтиламид с выходом 55% представляет собой кристаллическое соединение с температурой плавления 58,8–60,0°C и удельным вращением плоскости поляризации $[\alpha]_D^{20}$ (1% в этаноле) минус 93,5°. Структура подтверждена ИК-, ЯМР ^1H и ^{13}C -спектроскопией. Замена моноэтанол-амина на диэтанол-амин или триэтанол-амин приводит к снижению степени смешиваемости с водой продуктов этерификации из-за образования гидрофобных ди- и тризамещенных эфиров смоляных кислот с повышенной молярной массой (от 673 до 1001 г/моль).

Выбор талловой канифоли для применения ее в технологии новых функциональных веществ для гидрофобизации бумаги и картона обусловлен меньшей продолжительностью (на 2–3 ч) процесса ее химического модифицирования за

счет наличия в ее составе до 4–10% жирных кислот, а также более высокой ее доступностью по сравнению с живичной канифолью.

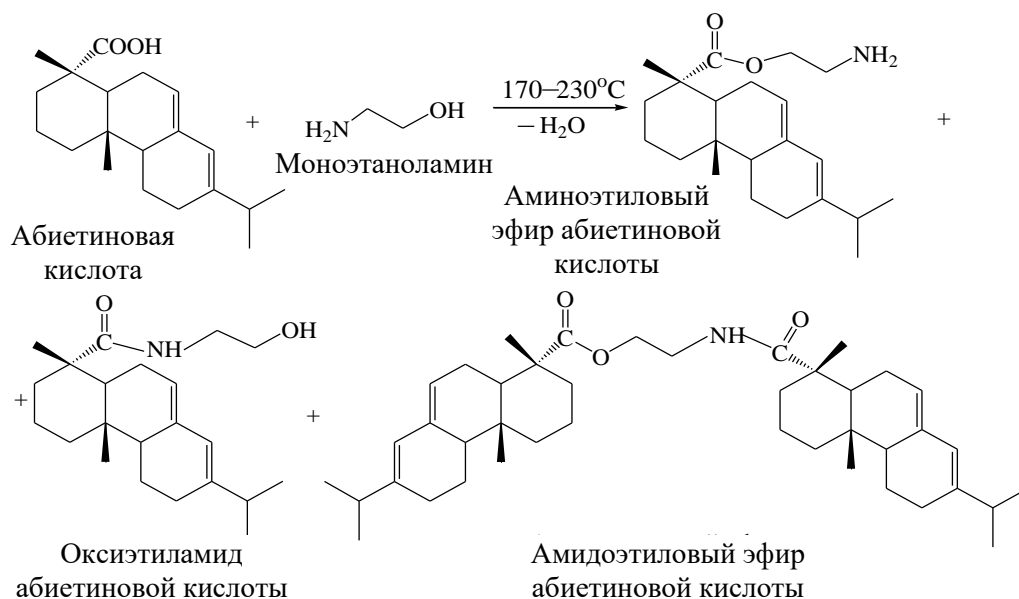


Рисунок 1 – Продукты модифицирования абиединовой кислоты моноэтанолламином

Установленные параметры химического модифицирования талловой канифоли моноэтанолламином (170°C, 3 ч), обеспечивающие максимальное соотношение оксиэтиламидов к аминоэтиловым эфирам смоляных кислот (19 : 11), использованы для создания нового гидрофобизирующего вещества.

Полученные экспериментальные данные позволили разработать шестистадийный способ получения гидрофобизирующего вещества, который основан на модифицировании смоляных кислот талловой канифоли с использованием реакций аминолиза, этерификации, изомеризации, малеинизации, нейтрализации, а также процессов смешивания и стабилизации. Новое гидрофобизирующее вещество представляет собой частично нейтрализованные гидроксидом натрия смоляные кислоты, оксиэтиламиды и малеиновые аддукты смоляных кислот канифоли, стабилизированные казеинатом аммония. Установлено, что введение оксиэтиламидов смоляных кислот в количестве от 10 до 20% в структуру гидрофобизирующего вещества (модифицирующее вещество – моноэтанолламин) по сравнению с традиционно используемым укрепленным клеем-пастой ТМ (модифицирующее вещество – этилцеллозольв) обеспечивает повышение содержания свободных смоляных кислот от 5–16 до 40–45% (таблица 1), высокую агрегативную устойчивость ЧДФ его эмульсии, снижение диаметра ЧДФ в 1,5 раза (от 190–200 до 130–135 нм), что способствует равномерному распределению проклеивающих комплексов в структуре бумаги и картона, сохранению расстояния между волокнами, уменьшению общей продолжительности синтеза в 1,5 раза и снижению температуры синтеза с 210 до 195°C.

Таблица 1 – Основные показатели гидрофобизирующих веществ и полученных на их основе канифольных эмульсий

Наименование показателя	Значение показателя	
	Разработанное гидрофобизирующее вещество (принципиально новое)	Укрепленный клей-паста ТМ (традиционно используемый)
Массовая доля сухих веществ, %	55–65	67–73
Массовая доля свободных смоляных кислот (на абсолютно сухое вещество), %	40–45	5–16
Смешиваемость с водой	Неограниченная	Неограниченная
Диаметр ЧДФ канифольной эмульсии, нм	130–135	190–200

Эффективность разработанного гидрофобизирующего вещества достигается при дополнительном использовании электролита (сульфата или полиоксихлорида алюминия), способствующего образованию положительно заряженных проклеивающих комплексов и их электростатическому взаимодействию с отрицательно заряженными активными центрами (гидроксильными группами) волокон. Содержание ЧДФ канифольной эмульсии в бумажных массах, обеспечивающее получение высококачественных образцов бумаги с ВПИТ не более 21 г/м², составляет, % от а. с. в.: 0,20–0,30 для целлюлозы сульфатной небеленой хвойной (ЦСНХ); 0,36–0,60 – для целлюлозы сульфатной беленой хвойной (ЦСБХ) и 0,50–0,75 – для целлюлозы сульфатной беленой из лиственных пород (ЦСБЛ). Использование макулатуры позволило достигнуть аналогичных эффектов (рисунок 2), что подтверждает универсальный характер гидрофобизирующего действия нового вида проклеивающего вещества на первичные и вторичные волокнистые полуфабрикаты.

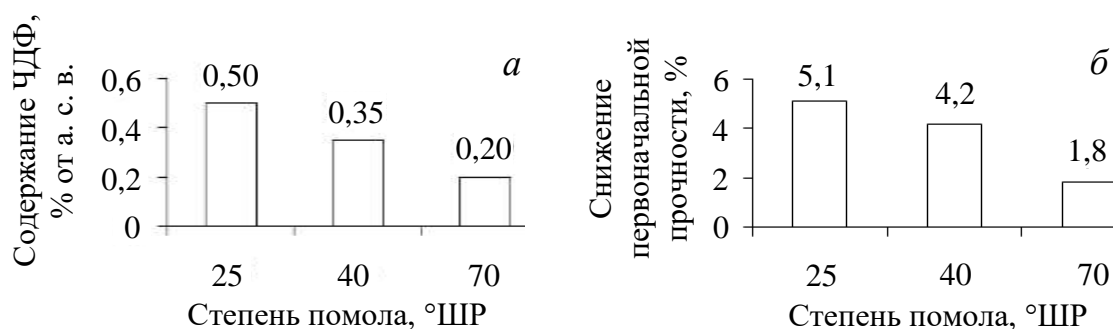


Рисунок 2 – Влияние степени помола макулатурной суспензии на содержание ЧДФ канифольной эмульсии в бумажных массах, обеспечивающее получение высококачественных образцов бумаги (элементарных слоев картона) (а), и снижение их первоначальной прочности (б)

Впервые предложена и подтверждена гипотеза создания новых видов полиамидов с бифункциональным (упрочняющим и гидрофобизирующим) действием на бумагу и картон, в которых одним из структурообразующих мономеров являются первичные монозамещенные аминоэтиламиды смоляных кислот.

Установленные закономерности изменения физико-химических свойств амидов смоляных кислот канифоли от вида полиэтиленполиамиона (диэтилентриамин и триэтилентетрамин), температуры (190–210°C) и продолжительности (1–16 ч) аминолиза позволили обосновать выбор диэтилентриамина в качестве модифицирующего вещества, температуру синтеза 190°C и мольное соотношение канифоль : диэтилентриамин, равное 1,0 : 1,2, для получения аминоэтиламидов с выходом 87% (рисунок 3, продукт *A*). Продукт обладает неограниченной смешиваемостью с водой и высокой термической стабильностью до 260°C, а его структура подтверждена ИК- и ЯМР ¹H и ¹³C-спектроскопией.

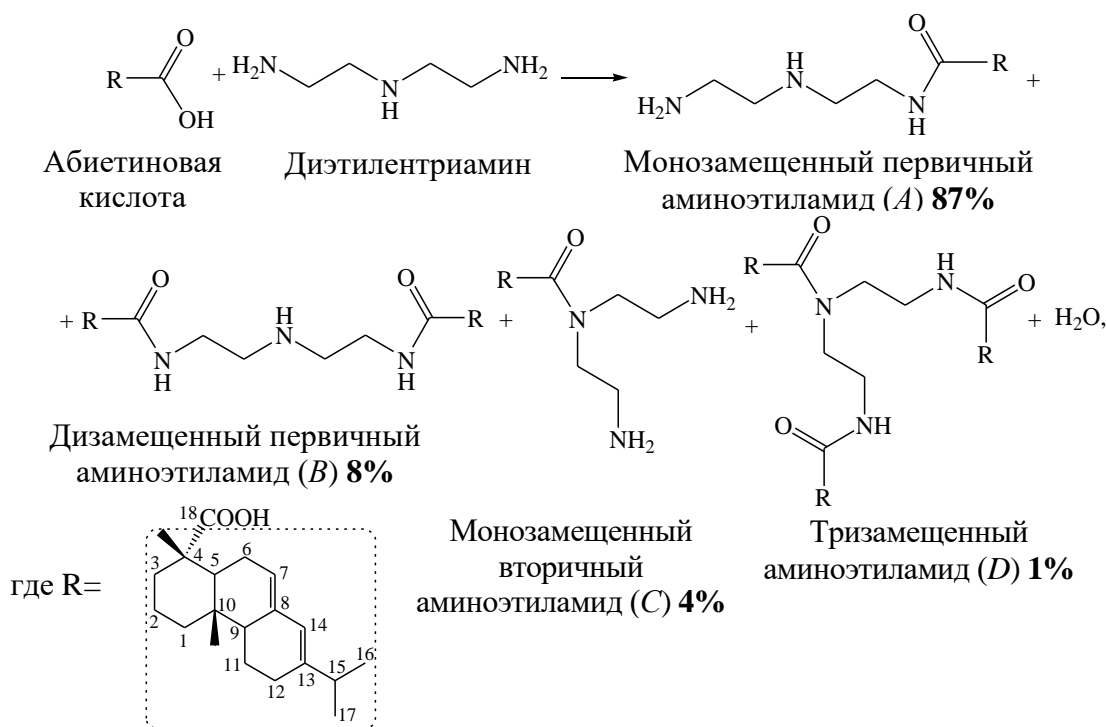
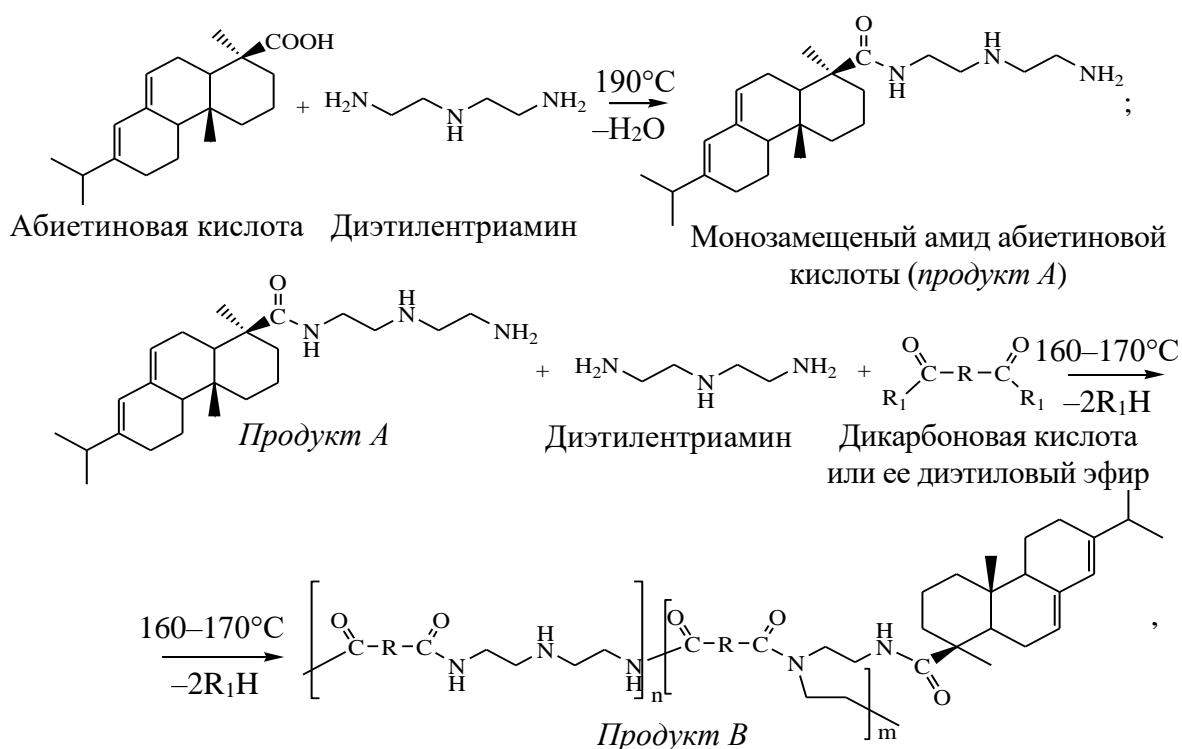


Рисунок 3 – Образование целевого (*A*) и побочных (*B*, *C* и *D*) продуктов модифицирования абиетиновой кислоты диэтилентриамином

Установленные параметры синтеза аминоэтиламидов смоляных кислот позволили разработать научно обоснованные способы введения их в структуру водорастворимых полиамидов на основе дикарбоновых кислот (малоновой, малеиновой, фумаровой, янтарной, адипиновой) и диэтилентриамина, обеспечивающие возможность управления их упрочняющими и гидрофобизирующими свойствами.

Полиамидная смола с бифункциональным действием на бумагу и картон синтезирована двухстадийным способом, основанным на аминолизе смоляных кислот канифоли диэтилентриамином (рисунок 4) при температуре 190°C до КЧ продукта *A* 60–80 мг КОН/г (стадия 1) и поликонденсации продукта *A* с диэти-

лентриамином и дикарбоновой кислотой при 160–170°C до КЧ *продукта В* не более 40 мг КОН/г (*стадия 2*). Установленные температурные и расходные параметры на каждой стадии синтеза позволили разработать технологию полиамидной смолы со средней молекулярной массой 20 000 и неограниченной смешиваемостью с водой. Закономерности изменения седиментационной устойчивости растворов полиамидных смол и оказываемое ими упрочняющее и гидрофобизирующее действие на образцы бумаги (элементарные слои картона) от вида дикарбоновой кислоты и содержания смоляных кислот в их структуре (от 5 до 25%) позволили установить, что целесообразным является использование адипиновой кислоты, диэтилентриамиона и смоляных кислот канифоли в соотношении 8 : 8 : 1.



где R: $-(\text{CH}_2)_4-$, $-(\text{CH}_2)_2-$, $-\text{CH}=\text{CH}-$, $-\text{CH}_2-$; R₁: $-\text{OH}$, $-\text{OC}_2\text{H}_5$

Рисунок 4 – Реакции, протекающие при получении полиамидной смолы

Полиамидная смола в технологии бумаги и картона используется в виде раствора с содержанием сухих веществ 10–12% (таблица 2).

Таблица 2 – Основные показатели раствора полиамидной смолы

Наименование показателя	Значение показателя
Внешний вид	Раствор от желтого до светло-коричневого цвета
Массовая доля сухого вещества, %	10–12
Водородный показатель, pH	8,0–11,5
Динамическая вязкость при 25°C, сР, не менее	18
Кислотное число, мг КОН/г, не более	40

Доказано, что полиамидная смола проявляет универсальное бифункциональное действие (100% упрочняющее и 15–20% гидрофобизирующее) на первичные и вторичные волокнистые полуфабрикаты. Содержание полиамидной смолы в бумажных массах 0,1% от а. с. в. обеспечивает повышение прочности образцов бумаги (элементарных слоев картона), изготовленных из целлюлозы, на 17,3–26,2% и гидрофобности на 14,2–23,5%. При использовании макулатуры значения прочности и гидрофобности незначительно ниже и составляют 14,8–20,4% и 17,7–20,8% (рисунок 5), что объясняется частичной блокировкой гидроксильных групп ранее введенными химическими веществами. Повышение энергии внутренних связей по Скотту в зависимости от вида волокнистого полуфабриката и степени его помола составляет от 44,4 до 92,3%.

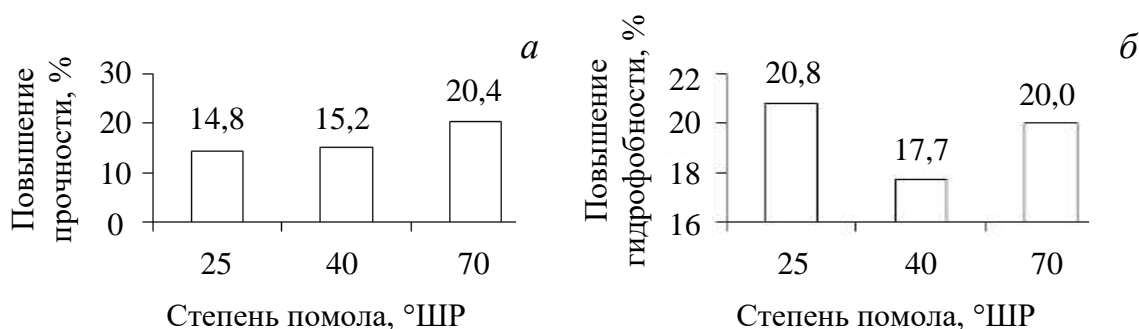


Рисунок 5 – Повышение прочности (а) и гидрофобности (б) образцов бумаги (элементарных слоев картона) при содержании полиамидной смолы 0,10% от а. с. в. в бумажных массах, различающихся степенью помола макулатурной суспензии

Таким образом, проведенное исследование позволило разработать научно обоснованные способы модифицирования смоляных кислот канифоли моноэтаноламином и диэтилентриамином с образованием оксиэтиламидов и аминоэтиламидов соответственно. Введение оксиэтиламидов в структуру разработанного гидрофобизирующего вещества обеспечили ему улучшенные физико-химические и гидрофобные свойства по сравнению с традиционно используемым укрепленным клеем-пастой ТМ, а аминоэтиламидов в структуру упрочняющего вещества – дополнительное гидрофобизирующее действие на бумагу и картон.

Четвертая глава направлена на разработку импортозамещающих *технологий* и *практических рекомендаций* получения новых видов функциональных веществ на основе амидов смоляных кислот канифоли и применения их для гидрофобизации и упрочнения бумаги и картона.

Технология гидрофобизирующего вещества в виде клеевой канифольной композиции включает 6 стадий (рисунок 6). Основными стадиями являются: модифицирование смоляных кислот талловой канифоли моноэтаноламином при мольном соотношении 1 : 1 с получением амидов смоляных кислот (*стадия 1*); модифицирование смоляных кислот талловой канифоли малеиновым ангидри-

дом при соотношении 1,00 : 0,05 с образованием малеинизированной канифоли (стадия 2); смешивание амидов смоляных кислот канифоли с малеинизированной канифолью в соотношении 1 : 5 (стадия 3); получение казеината аммония (стадия 4); частичная нейтрализация смоляных кислот в смеси, полученной на стадии 3, гидроксидом натрия (стадия 5); стабилизация ЧДФ гидрофобизирующего вещества казеинатом аммония (стадия 6).

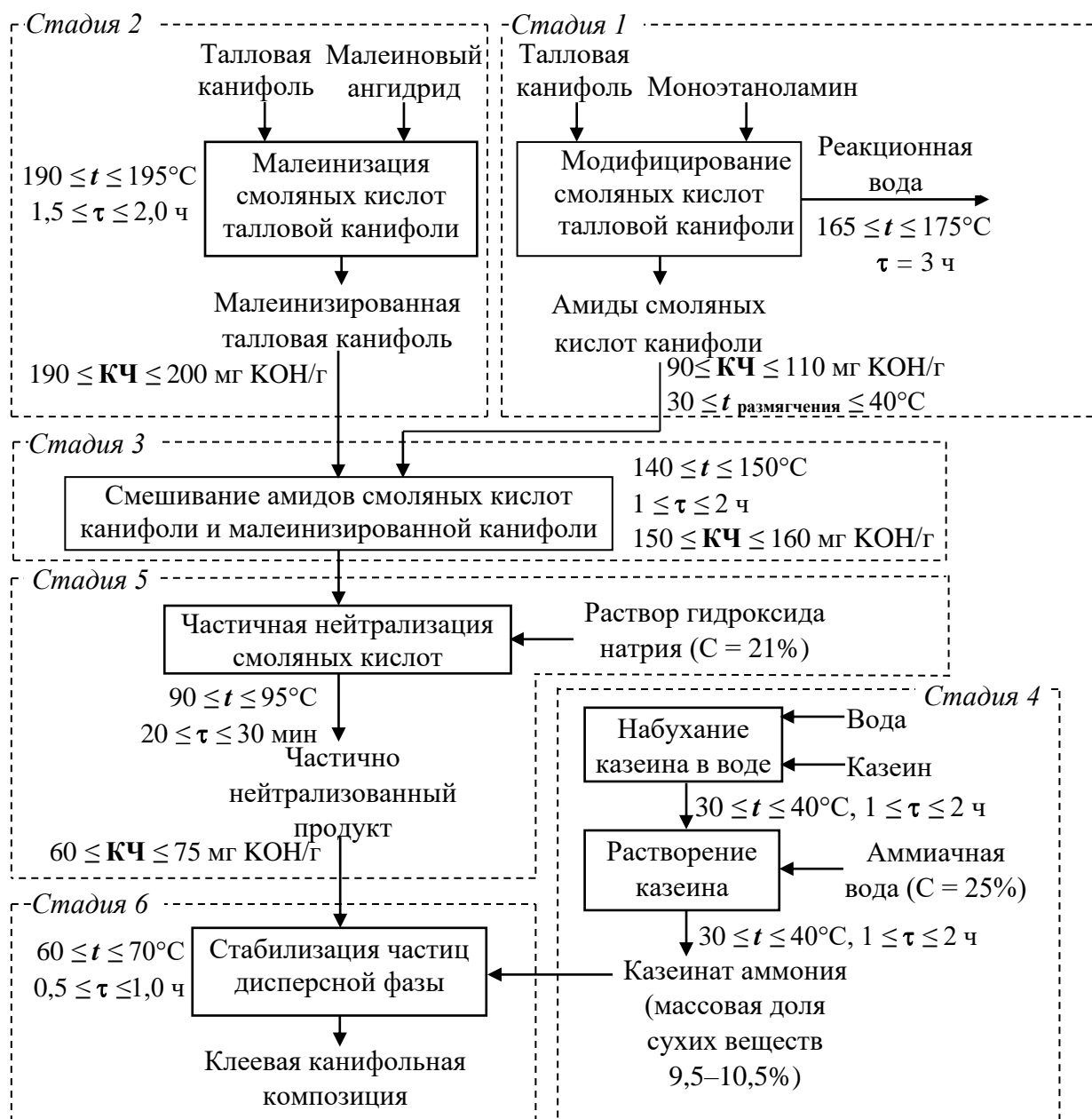


Рисунок 6 – Технология гидрофобизирующего вещества на основе оксиэтиламидов смоляных кислот канифоли

Технология упрочняющего вещества в виде раствора полиамидной смолы (рисунок 7) состоит из трех стадий: модифицирование смоляных кислот канифоли (талловой или живичной) диэтилентриамином с получением первичных

монозамещенных аминоэтиламидов (*продукт А, стадия 1*); поликонденсация в расплаве *продукта А* с диэтилентриамином и адипиновой кислотой с образованием полиамидной смолы (*продукт В, стадия 2*); смешивание *продукта В* с водой (*стадия 3*) с получением товарного продукта (*продукт С*).

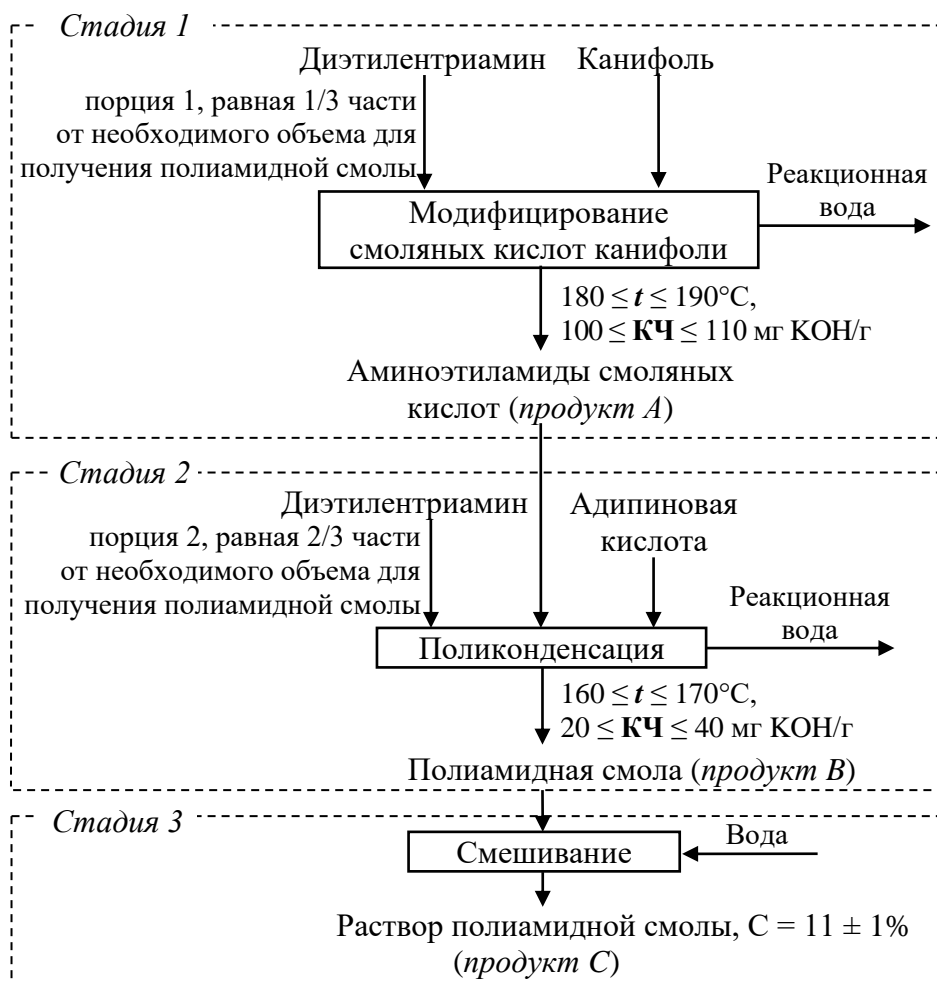


Рисунок 7 – Технология упрочняющего вещества на основе аминоэтиламидов смоляных кислот канифоли

Достоинством разработанных технологий является доступность исходных сырьевых компонентов, низкие температуры процессов, отсутствие отходов производства и применение унифицированного оборудования.

Практические рекомендации получения новых видов функциональных веществ на основе амидов смоляных кислот (оксиэтиламидов и аминоэтиламидов) позволили изготовить на лесохимических предприятиях гидрофобизирующее вещество в виде клеевой канифольной композиции (торговая марка ТМАС-3Н) и упрочняющее – в виде полиамидной смолы (торговая марка ПроХим DUO).

Достоинствами разработанных технологий являются:

– повышение содержания свободных смоляных кислот в клеевой канифольной композиции ТМАС-3Н от 5–16 до 40–45% по сравнению с укрепленным кле-

ем-пастой ТМ, замена дорогостоящих алифатических высших n-спиртов фракции C₁₂–C₁₈ на доступный моноэтаноламин (по сравнению с ТМВС-2 и ТМВС-2Н) и снижение удельного расхода казеина в 2,48 раза (по сравнению с ТМВС-2Н) за счет введения в структуру гидрофобизирующего вещества оксиэтиламидов;

– управление упрочняющими и гидрофобизирующими свойствами полиамидной смолы ПроХим DUO за счет варьирования содержания смоляных кислот от 5 до 25% в ее структуре: от 5 до 15% – усиление упрочняющего действия; от 15 до 25% – гидрофобизирующего.

Технологии и практические рекомендации применения новых видов функциональных веществ на основе амидов смоляных кислот канифоли для повышения гидрофобности и прочности бумаги и картона состоят в следующем.

Для клеевой канифольной композиции ТМАС-3Н:

а) дозирование целесообразно осуществлять по традиционной технологии: вначале 10–20%-ную эмульсию ТМАС-3Н направляют в композиционный бассейн, а затем раствор электролита – в машинный бассейн для осаждения проклеивающих комплексов на волокнах (рисунок 8), что не требует дополнительного оборудования и проводится по принятой на предприятиях технологической схеме;

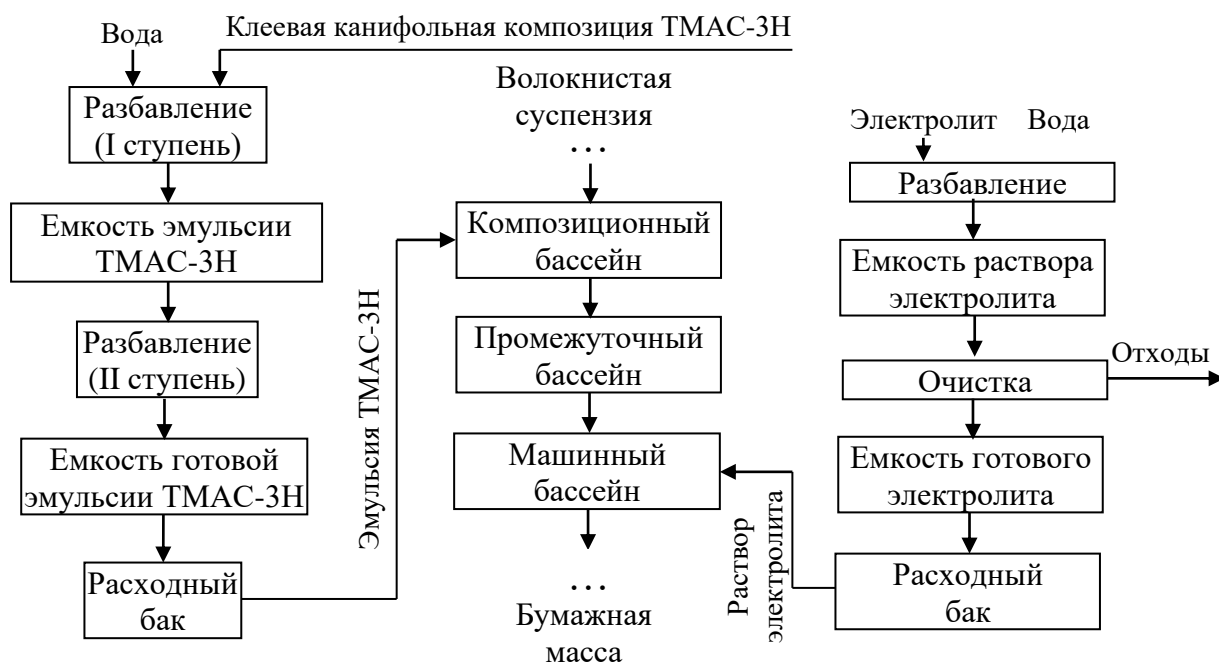


Рисунок 8 – Фрагмент блок-схемы приготовления эмульсии ТМАС-3Н, раствора электролита и введения их в технологический поток

б) рекомендуемый расход (по абсолютно сухому веществу) эмульсии ТМАС-3Н составляет 1,51–4,82 кг/т, а электролита (полиоксихлорид алюминия) – 1,94–4,77 кг/т, что на 23,7–31,7 и 88,0–93,5% ниже по сравнению с традиционной технологией с использованием эмульсии ТМ;

в) температура сушильных цилиндров в конце второй группы, обеспечивающая спекание и плавление проклеивающих комплексов с образованием гидрофобной пленки на волокнах, должна составлять 110–120°C, что на 15–20 и 5°C ниже, чем при использовании импортных эмульсий АКД и ТМ соответственно.

Для полиамидной смолы ПроХим DUO:

а) введение полиамидной смолы в основной технологический поток осуществляется в виде товарного продукта (содержание сухих веществ 10–12%) с использованием дозирующих насосов перед эмульсией АКД (рисунок 9);

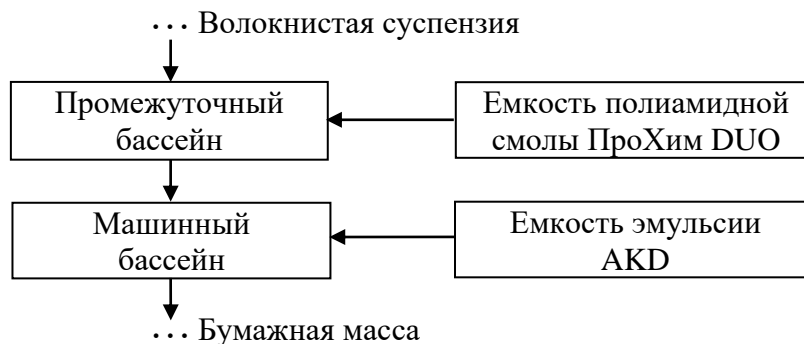


Рисунок 9 – Фрагмент блок-схемы введения полиамидной смолы ПроХим DUO и эмульсии АКД в технологический поток

б) рекомендуемый расход в зависимости от ассортимента бумаги и картона составляет 0,66–0,84 кг/т, что обеспечивает полную замену традиционно используемых импортных упрочняющих веществ (Hi-Cat, Флоурез DS-Q) и сокращает на 10–33% и более расход эмульсии АКД;

в) при совместном использовании разработанной полиамидной смолы и эмульсии АКД температура сушильных цилиндров в конце второй группы должна составлять 130–135°C, что обусловлено необходимостью образования β-кетоэфирных связей с гидроксильными группами волокон; достоинством совместного применения полиамидной смолы и эмульсии АКД является предотвращение эффекта расклейки бумаги и картона по сравнению с традиционно используемой бинарной системой «катионный крахмал – эмульсия АКД».

Таким образом, разработаны импортозамещающие *технологии и практические рекомендации* получения принципиально новых видов функциональных веществ – *гидрофобизирующего* в виде клеевой канифольной композиции и *упрочняющего* в виде полиамидной смолы на основе оксиэтиламидов и аминокислот смоляных кислот канифоли соответственно и применения их для гидрофобизации и упрочнения бумаги и картона.

Пятая глава посвящена развитию теоретических основ и технологических принципов получения новых видов функциональных веществ (*гидрофобизирующего* в виде клеевой канифольной композиции и *упрочняющего* в виде полиамидной смолы) на основе амидов смоляных кислот канифоли.

Принципы получения и достоинства:

– *гидрофобизирующего вещества* основаны на использовании монозамещенных оксиэтиламидов и аминоэтиловых эфиров смоляных кислот канифоли, синтезированных аминолизом и этерификацией смоляных кислот талловой канифоли моноэтаноламином при температуре 170°C, продолжительности 3 ч и мольном соотношении канифоль : моноэтаноламин, равном 1,00 : 1,25, а также замене импортных веществ на отечественные (стабилизатора Polawax NF и этилцеллозольва на казеинат аммония и моноэтаноламин соответственно) по сравнению с укрепленным клеем-пастой ТМ, что обеспечивает повышение содержания свободных смоляных кислот в 2,5–8,0 раза (от 5–16 до 40–45%), а также высокую агрегативную устойчивость канифольной эмульсии за счет снижения диаметра ЧДФ в 1,5 раза (от 190–200 до 130–135 нм);

– *упрочняющего вещества* базируются на введении смоляных кислот канифоли в виде монозамещенных аминоэтиламидов в структуру полиамида на основе адипиновой кислоты и диэтилентриамина, обладающего исключительно упрочняющими свойствами, что обеспечивает новому функциональному веществу дополнительно гидрофобизирующие свойства; упрочняющее действие на бумагу и картон достигается за счет сформированных водородных связей между азотсодержащими группами полиамидной смолы и отрицательно заряженными активными центрами (гидроксильными группами) волокон, а гидрофобизирующее – за счет гидрофенантроновой структуры смоляных кислот.

Технология получения:

– *гидрофобизирующего вещества* основана на управлении процессами аминолиза и этерификации смоляных кислот талловой канифоли моноэтаноламином за счет варьирования температуры синтеза в диапазоне от 170 до 190°C; общая продолжительность получения гидрофобизирующего вещества снижена в 1,53–1,58 раза (от 9,5–14,0 до 6,0–9,0 ч) по сравнению с традиционно используемым укрепленным клеем-пастой ТМ за счет дополнительного введения новых стадий аминолиза и этерификации, малеинизации и синтеза казеината аммония;

– *упрочняющего вещества* основана на создании полиамида со средней молекулярной массой 20 000 и неограниченной смешиваемостью с водой; необходимая структура полиамида достигается за счет последовательного введения исходных сырьевых компонентов и контроля температурных и расходных параметров на каждой стадии: синтез монозамещенных первичных аминоэтиламидов смоляных кислот (*стадия 1*) при 180–190°C в течение 3–5 ч и соотношении канифоль : диэтилентриамин, равном 1,0 : 2,6, и поликонденсация адипиновой кислоты, диэтилентриамина и монозамещенных аминоэтиламидов смоляных кислот канифоли (*стадия 2*) в мольном соотношении 8 : 8 : 1 при 160–170°C и продолжительности 4–5 ч; управление его бифункциональными свойствами осуществляется изменением количества введенных в структуру смоляных кислот.

Принципы применения и достоинства:

– гидрофобизирующего вещества, используемого в виде эмульсии, по сравнению с укрепленным клеем-пастой ТМ позволяют обеспечить:

а) перевод процесса проклейки из нежелательной кислой среды в более предпочтительную нейтральную и сокращение расхода электролита в 2,5–3,0 раза за счет повышения электрокинетического потенциала от –75 до –25 мВ и увеличения содержания свободных смоляных кислот от 5–16 до 40–45%;

б) уменьшение на 5°С (от 115–125 до 110–120°С) температуры термообработки бумаги и картона за счет наличия ЧДФ синтезированных оксиэтиламидов и аминоэтиловых эфиров смоляных кислот канифоли;

в) снижение впитываемости бумаги и картона в 4,0–7,3 раза (от 80–110 до 15–20 г/м²) при содержании эмульсии ТМАС-3Н в бумажных массах 0,20–0,75% от а. с. в., что в 1,25–1,28 раза ниже по сравнению с импортными эмульсиями ТМ (17–28 г/м², 0,50–1,40% от а. с. в.) и АКД (16–28 г/м², 0,20–0,30% от а. с. в.);

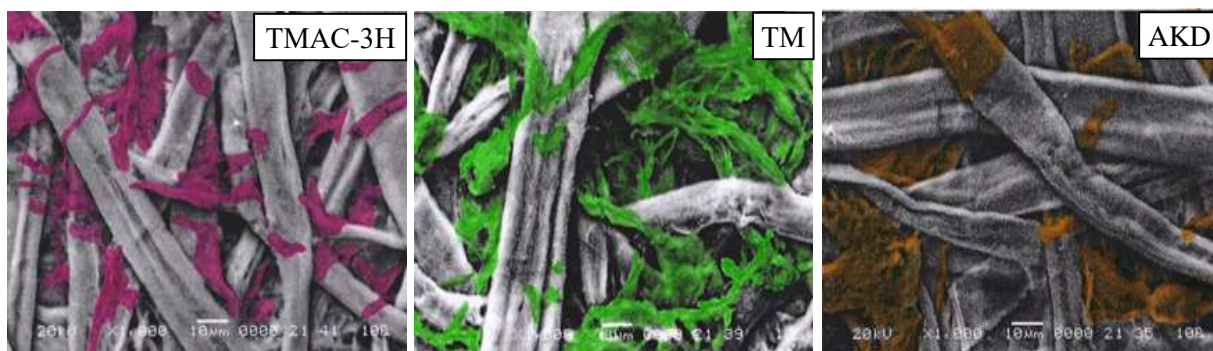
г) максимальное сохранение первоначальной прочности бумаги и картона за счет равномерного распределения проклеивающих комплексов в бумажной массе (рисунок 10) и снижения расстояния между волокнами, достигаемое уменьшением размера проклеивающих комплексов по сравнению с эмульсией ТМ в 3,3–3,8 раза (от 4200–5000 до 1100–1480 нм), а также эмульсией АКД, что подтверждается данными электронной микроскопии (рисунок 11); достигнутый положительный эффект доказан незначительным снижением разрывной длины на 4,1–6,6%, что в 3,0–3,7 и 1,4–3,3 раза меньше по сравнению с эмульсиями ТМ (15,2–20,0%) и АКД (9,3–13,4%) соответственно и повышением энергии внутренних связей по Скотту на 17,2–28,5% (эмульсии ТМ и АКД снижают указанный показатель на 2,5–8,8 и 14,8–16,5% соответственно);



Рисунок 10 – Микрофотографии бумажной массы, изготовленной из суспензии ЦСБЛ, содержащей проклеивающие комплексы в виде ЧДФ разработанной эмульсии ТМАС-3Н и традиционно используемых ТМ и АКД

– упрочняющего вещества основаны на способности его макромолекул образовывать водородные связи с отрицательно заряженными активными центрами (гидроксильными группами) волокон; процесс взаимодействия, по нашему мне-

нию, включает *две стадии* (рисунок 12), сопровождающиеся образованием мономолекулярного слоя (*стадия 1*) и полимолекулярного слоя (*стадия 2*).



■ – ТМАС-3Н; ■ – ТМ; ■ – АКД

Рисунок 11 – Микрофотографии поверхности образцов бумаги (элементарных слоев картона), полученных с использованием различных гидрофобизирующих веществ

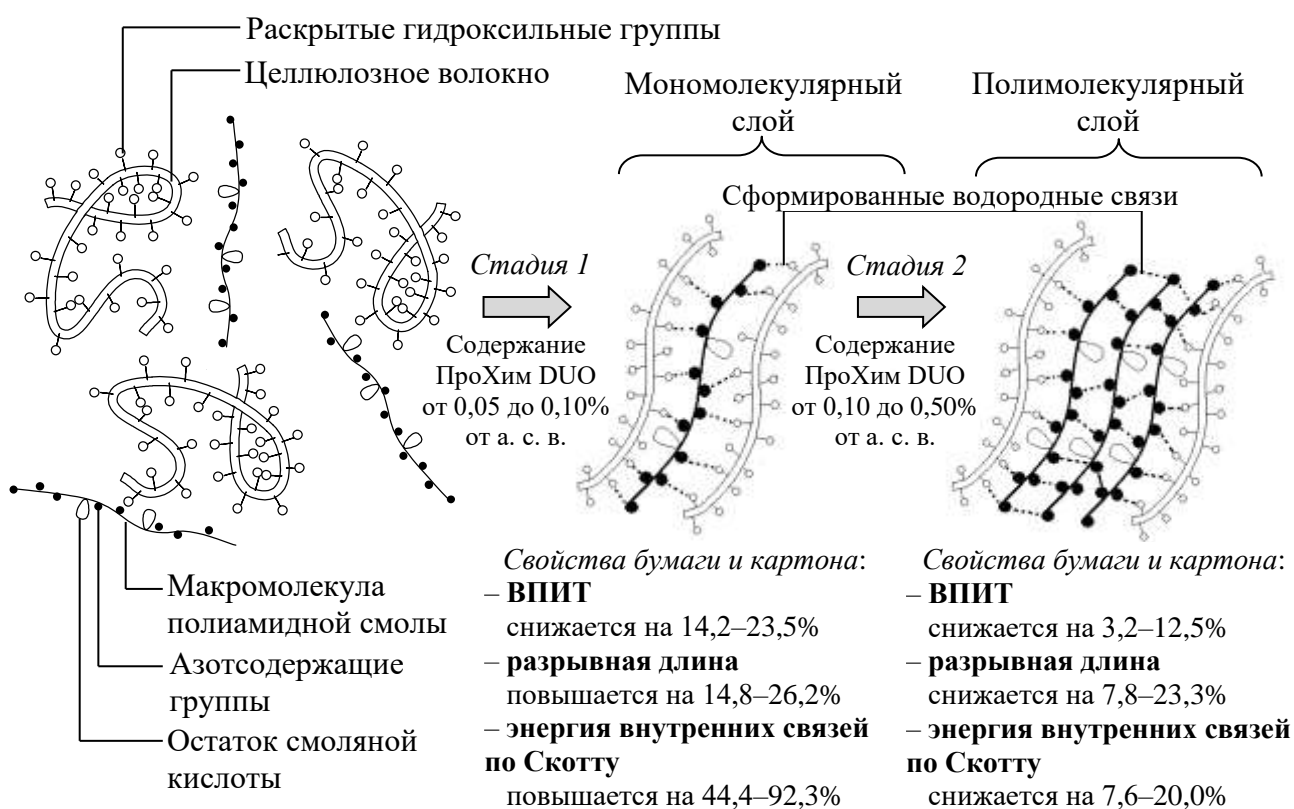


Рисунок 12 – Основные стадии взаимодействия макромолекул полиамидной смолы ПроХим DUO с отрицательно заряженными активными центрами волокон

Доказано, что эффективное бифункциональное действие полиамидной смолы на бумагу и картон обусловлено формированием мономолекулярного слоя и достигается при введении ее в бумажные массы от 0,05 до 0,10% от а. с. в. (рисунок 13).

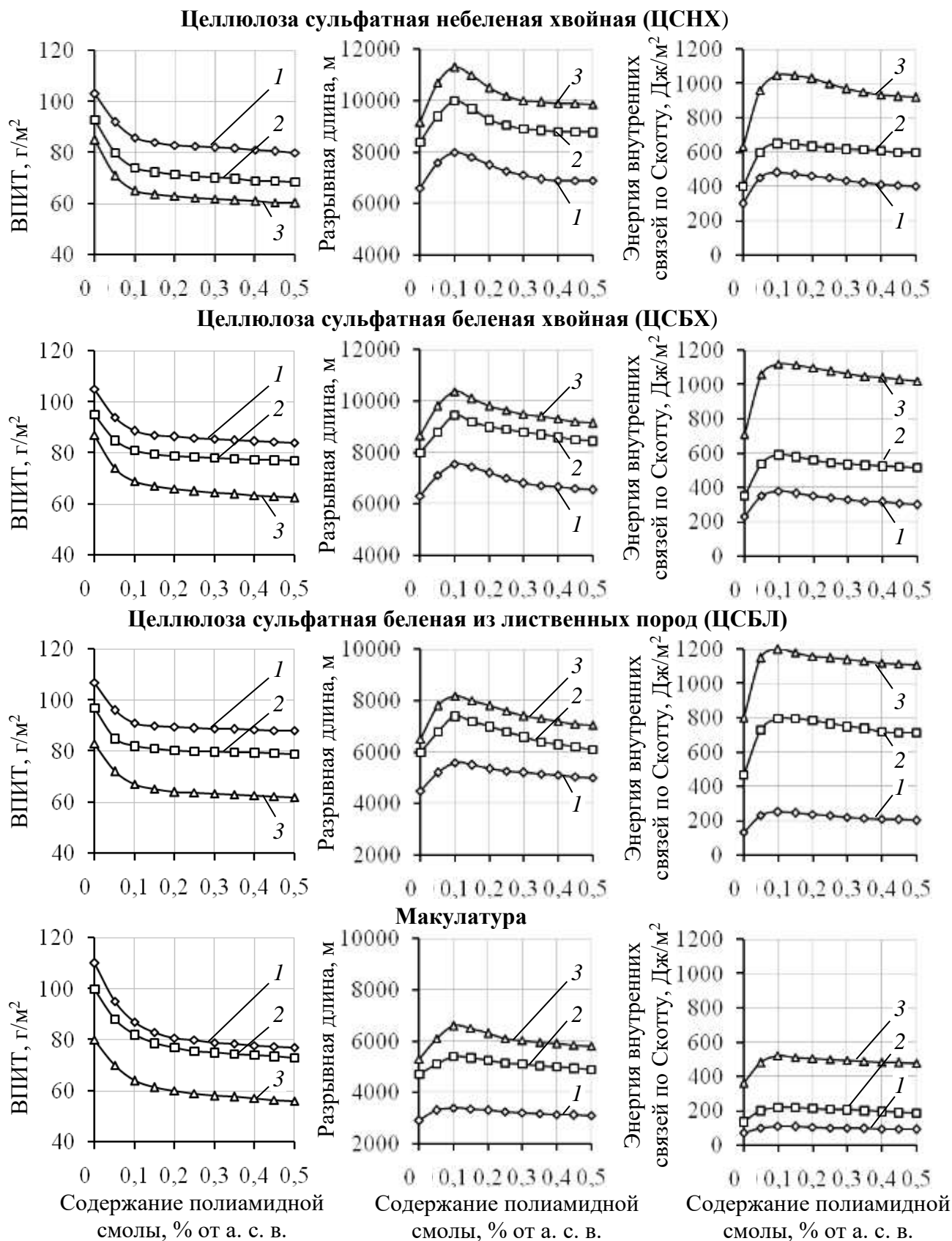


Рисунок 13 – Закономерности ВПИТ, разрывной длины и энергии внутренних связей по Скотту от содержания полиамидной смолы ПроХим DUO в бумажных массах, различающихся видом волокнистых полуфабрикатов и степенью помола полученных из них суспензий, °ШР: 25 (кривая 1), 40 (кривая 2) и 70 (кривая 3)

Процесс сопровождается образованием водородных связей и обеспечивает повышение прочности и гидрофобности бумаги и картона, выраженное в увеличении разрывной длины и энергии внутренних связей по Скотту на 14,8–26,2% и 44,4–92,3% соответственно и снижении впитываемости при одностороннем смачивании на 14,2–23,5%. Введение полиамидной смолы в бумажные массы от 0,10 до 0,50% от а. с. в. является нежелательным и приводит к формированию полимолекулярного слоя. Данный процесс сопровождается увеличением расстояния между волокнами, что, в свою очередь, обеспечивает снижение разрывной длины и энергии внутренних связей по Скотту на 7,8–23,3% и 7,6–20,0% соответственно.

Таким образом, развитие теоретических основ и технологических принципов получения новых видов функциональных веществ на основе амидов смоляных кислот канифоли позволило научно обосновать стадии синтеза гидрофобизирующего и упрочняющего вещества на основе оксиэтиламидов и аминоэтиламидов соответственно, а также улучшения физико-механических свойств бумаги и картона при их использовании по сравнению с традиционно применяемыми веществами.

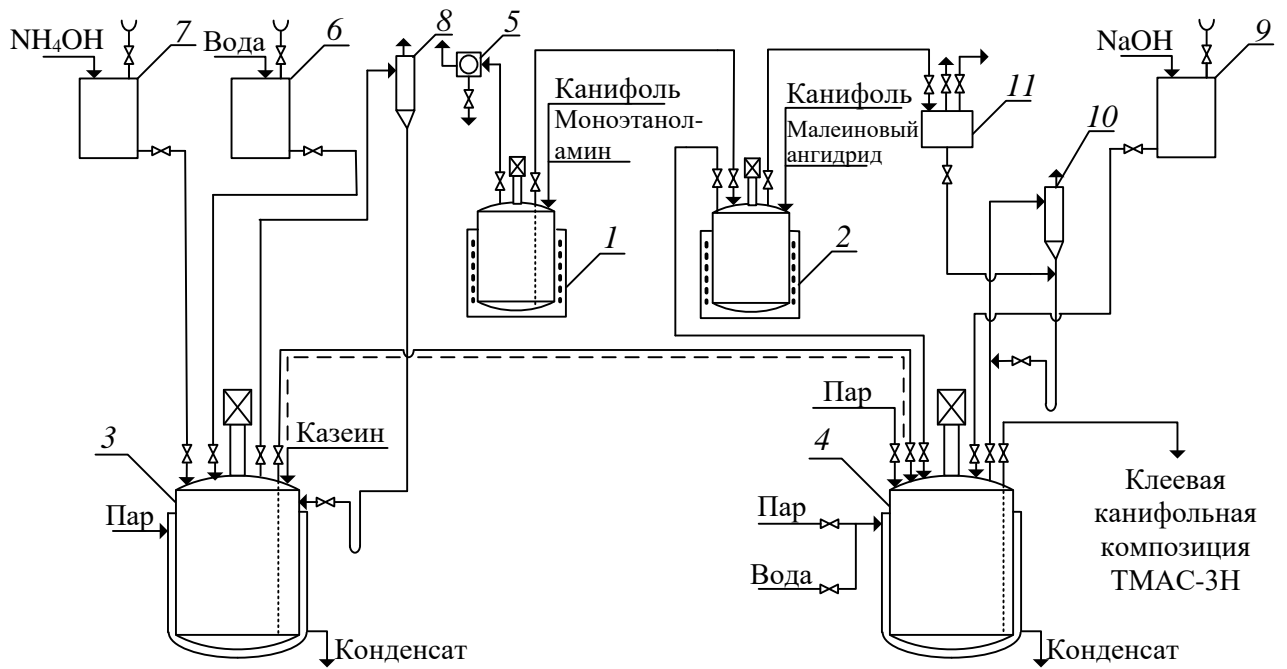
В шестой главе приведены результаты опытно-промышленных испытаний и внедрений технологий амидов смоляных кислот канифоли и новых функциональных веществ на их основе и применения их для повышения гидрофобности и прочности бумаги и картона.

Технологии амидов смоляных кислот канифоли и функциональных веществ на их основе апробированы и внедрены с фактическим экономическим эффектом 29 264 долл. США (при выпуске 306,95 т) и ожидаемым годовым 385 334 долл. США на следующих предприятиях Республики Беларусь:

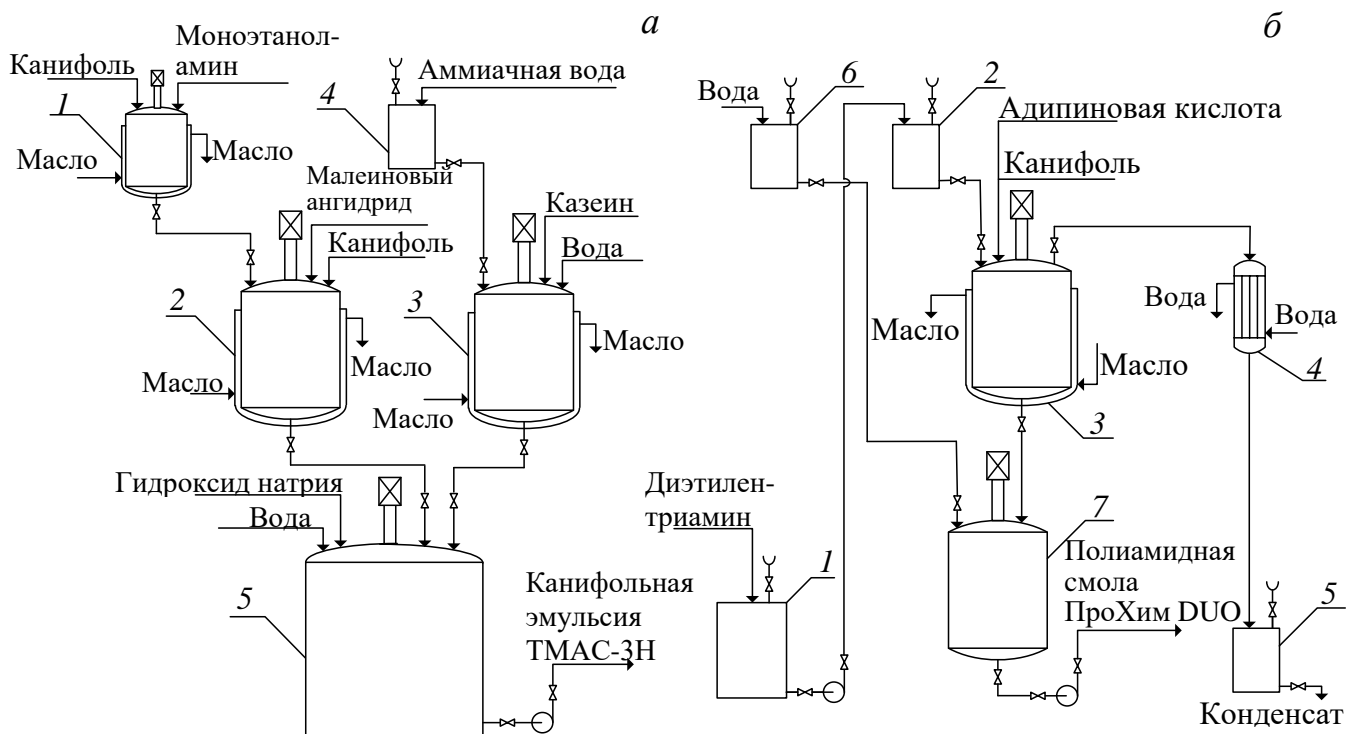
- ОАО «Лесохимик» (г. Борисов): клеевая канифольная композиция ТМАС-3Н (рисунок 14);
- ООО «ПромХимТехнологии» (г. Смолевичи): клеевая канифольная композиция ТМАС-3Н и полиамидная смола ПроХим DUO (рисунок 15).

Технологии бумаги и картона с повышенными гидрофобностью и прочностью с применением разработанных новых видов функциональных веществ, внедренные с фактическим экономическим эффектом 112 257 долл. США (при выпуске 82 436,53 т) и ожидаемым годовым 271 399 долл. США, обеспечили положительные эффекты на следующих бумажных и картонных предприятиях Республики Беларусь:

- ОАО «СКБЗ «Альбертин» (г. Шклов). Клеевая канифольная композиция ТМАС-3Н позволила заменить на 100% импортное гидрофобизирующее вещество FennoSize RS KN 12A с одновременным снижением расхода на 20,4% (от 6,32 до 5,03 кг/т) и электролита на 38,7% (от 2,71 до 1,66 кг/т) и повысить качество продукции. Экономический эффект при фактическом выпуске 161,53 т бумаги и картона составил 516 долл. США, ожидаемый годовым – 191 532 долл. США;



1, 2, 3, 4 – реактор; 5, 8, 10 – сепаратор; 6, 7, 9 – мерник; 11 – ресивер
 Рисунок 14 – Технологическая схема производства амидов смоляных кислот канифоли и клеевой канифольной композиции ТМАС-3Н в ОАО «Лесохимик»



а – клеевая канифольная композиция ТМАС-3Н (1, 2, 3, 5 – реактор; 4 – мерник);
 б – полиамидная смола ПроХим DUO (1, 5 – емкость; 2, 6 – мерник; 3, 7 – реактор;
 4 – теплообменник)

Рисунок 15 – Технологические схемы производства амидов смоляных кислот канифоли и функциональных веществ на их основе в ООО «ПромХимТехнологии»

– филиал «Добрушская бумажная фабрика «Герой труда» ОАО «Управляющая компания холдинга «Белорусские обои» (г. Добруш). Полиамидная смола ПроХим DUO позволила на 100% заменить импортные упрочняющие вещества Hi-Cat, Neitrobond WS 13, Floures DS 150, Floures 130, Fennostrenght PA 13; сократить на 8–14% расход эмульсии АКД (Fennosize KD 225 YP, АКД-KV-150HP, Flousize-200); повысить сопротивление плоскостному сжатию на 9,0–12,6%, разрушающее усилие при сжатии кольца в поперечном направлении на 9% и предотвратить эффект расклейки при хранении готовой продукции. Экономический эффект при фактическом выпуске 33 358 т бумаги и картона составил 44 016 долл. США, ожидаемый годовой – 29 711 долл. США;

– филиал «Бумажная фабрика «Красная Звезда» ОАО «Светлогорский ЦКК» (г. Чашники). Полиамидная смола ПроХим DUO позволила на 100% заменить импортную упрочняющую смолу Floures DS-Q; снизить на 6,4–27,7% расход эмульсии АКД Flousize-200; повысить абсолютное сопротивление продавливанию на 20% и прочность при растяжении в машинном направлении на 5–8%. Экономический эффект при фактическом выпуске 48 917 т бумаги и картона составил 67 725 долл. США, ожидаемый годовой – 50 156 долл. США;

– ИП «Мюникс» ООО (г. Смолевичи). Полиамидная смола ПроХим DUO позволила повысить удержание волокна в 2,7 раза, уменьшить содержание взвешенных веществ на флотаторе типа Krofta в 6,2–39,0 раза и улучшить качественные показатели санитарно-гигиенической бумаги, выпущенной в объеме 2598 т, на 5–8%;

– ОАО «Зеленоборское» (пос. Зеленый Бор). Полиамидная смола ПроХим DUO позволила на 100% заменить импортную эмульсию АКД Dumar VP 738 с сохранением качества готовой продукции, выпущенной в объеме 20,5 т.

Таким образом, проведение опытно-промышленных испытаний и внедрение разработанных импортозамещающих технологий амидов смоляных кислот (оксиэтиламидов и аминоэтиламидов) и новых функциональных веществ на их основе на ведущих лесохимических предприятиях (ОАО «Лесохимик» и ООО «ПромХимТехнологии») позволило достичь экономический эффект в размере 29 264 долл. США за счет замены исходных импортных сырьевых компонентов на отечественные. Применение новых видов гидрофобизирующего и упрочняющего веществ при производстве бумаги и картона на пяти ведущих предприятиях Республики Беларусь позволило выпустить 82 436,53 т высококачественной продукции с фактическим экономическим эффектом 112 257 долл. США за счет замещения импортных функциональных веществ на отечественные и сокращения их удельных расходов на 15–20%. Суммарный фактический экономический эффект составил 141 521 долл. США, ожидаемый годовой – 656 733 долл. США.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации

1. Установленные закономерности изменения структуры и физико-химических свойств моно-, ди- и тризамещенных амидов смоляных кислот в зависимости от условий модифицирования (температура 170–230°C, продолжительность 1–9 ч, мольное соотношение канифоль : аминоспирт, равное от 1 : 1 до 1,0 : 1,8) талловой и живичной канифоли аминоспиртами (моно-, ди- и триэтанолламин) позволили научно обосновать выбор моноэтаноламина в качестве модифицирующего вещества, температуру аминолита (170°C) и продолжительность (3 ч) синтеза первичного монозамещенного оксиэтиламида абиетиновой кислоты (температура плавления 58,8–60,0°C и удельное вращение плоскости поляризации $[\alpha]_D^{20}$ (1% в этаноле) минус 93,5°) с выходом 55%, обладающего частичной степенью смешиваемости с водой и способного образовывать водородные связи с отрицательно заряженными активными центрами (гидроксильными группами) волокон [1–А; 5–А; 15–А; 16–А; 17–А].

2. Выявленные закономерности изменения физико-химических свойств амидов смоляных кислот канифоли от вида полиэтиленполиамина (диэтилентриамин и триэтилентетрамин), температуры (190–210°C) и продолжительности (1–16 ч) аминолита позволили обосновать выбор диэтилентриамина в качестве модифицирующего вещества и параметры синтеза первичного монозамещенного аминоэтиламида абиетиновой кислоты с выходом 87% при температуре 190°C и мольном соотношении абиетиновая кислота : диэтилентриамин, равном 1,0 : 1,2. Структура синтезированных аминоэтиламидов смоляных кислот канифоли позволяет разработать новый вид водорастворимого полиамида линейного строения с бифункциональными (упрочняющими и гидрофобизирующими) свойствами [1–А; 2–А; 4–А; 8–А; 10–А; 19–А; 20–А; 23–А; 25–А; 28–А; 29–А; 39–А].

3. Разработанные теоретические основы и технологические принципы получения гидрофобизирующего вещества, содержащего в своей структуре 10–20% оксиэтиламидов смоляных кислот канифоли, позволили по сравнению с традиционно используемым проклеивающим веществом на основе моноэтилцеллозольвмалеопимарата натрия снизить общую продолжительность синтеза в 1,5 раза и максимальную температуру синтеза с 210 до 195°C, сократить удельный расход канифоли и малеинового ангидрида на 7,6 и 14,4% соответственно, увеличить в 2,5–8,0 раза содержание свободных смоляных кислот (от 5–16 до 40–45%) и уменьшить в 1,5 раза диаметр частиц дисперсной фазы (от 190–200 до 130–135 нм). Полученные положительные эффекты достигнуты за счет осуществления новых стадий синтеза, включающих аминолит и стабилизацию смоляных кислот канифоли [1–А; 9–А; 16–А; 22–А; 26–А; 35–А; 37–А].

4. Разработаны способы и технологические режимы введения смоляных кислот канифоли в структуру полиамидов на основе дикарбоновых кислот и ди-

этилен триамина. Впервые научно обоснован способ получения и разработана двухстадийная технология нового вида полиамидной смолы, заключающаяся в аминоллизе смоляных кислот канифоли диэтилен триамином при температуре 190°C с образованием монозамещенного аминоэтиламида (*стадия 1*) и его поликонденсации с адипиновой кислотой и диэтилен триамином в мольном соотношении 1 : 8 : 8 при температуре 160°C до кислотного числа не более 40 мг КОН/г (*стадия 2*). Полиамидная смола обладает средней молекулярной массой 20 000, неограниченной смешиваемостью с водой и оказывает на бумагу и картон одновременно упрочняющее и гидрофобизирующее действие. Изменение количества смоляных кислот в структуре полиамидной смолы от 5 до 25% обеспечивает усиление ее упрочняющих (5–15%) или гидрофобизирующих (15–25%) свойств [1–А; 2–А; 3–А; 6–А; 7–А; 10–А; 11–А; 12–А; 14–А; 18–А; 21–А; 24–А; 27–А; 31–А; 32–А; 33–А; 37–А; 38–А; 39–А; 40–А; 41–А; 42–А; 45–А].

5. Гидрофобизирующее действие на бумагу и картон разработанного проклеивающего вещества, содержащего в своей структуре оксиэтиламида смоляных кислот канифоли, в 2,0–2,6 раза выше по сравнению с традиционно используемым укрепленным клеем-пастой ТМ. Преимущества его применения обусловлены универсальным характером действия на первичные (целлюлозные) и вторичные (макулатурные) волокнистые полуфабрикаты; способностью обеспечить высокую гидрофобность бумаги и картона (впитываемость при одностороннем смачивании не более 21 г/м²) при содержании его в бумажных массах от 0,20 до 0,75% от а. с. в.; максимальным сохранением первоначальной прочности бумаги и картона за счет уменьшения размера проклеивающих комплексов в 3,3–3,8 раза и образованных водородных связей между азот- и кислородсодержащими группами модифицированных смоляных кислот и отрицательно заряженными активными центрами (гидроксильными группами) волокон. Полученные положительные эффекты подтверждаются минимальным снижением разрывной длины на 4,1–6,6%, что значительно ниже по сравнению с традиционно используемыми эмульсиями на основе канифоли и димеров алкилкетенов (в 3,0–3,7 и 1,4–3,3 раза соответственно), и повышением энергии внутренних связей по Скотту на 17,2–28,5% (импортные эмульсии ТМ и АКД снижают данный показатель на 2,5 и 16,5% соответственно) [13–А; 15–А; 26–А; 36–А; 44–А].

6. Взаимодействие нового вида упрочняющего вещества с волокнистыми полуфабрикатами осуществляется за счет образования водородных связей между азотсодержащими группами полиамидной смолы и отрицательно заряженными активными центрами (гидроксильными группами) волокон. Предложена и подтверждена гипотеза бифункционального действия полиамидной смолы на бумагу и картон, согласно которой взаимодействие с волокнами протекает в *две стадии* с формированием мономолекулярного (*стадия 1*) и полимолекулярного (*стадия 2*) слоев. Максимальное бифункциональное действие достигается на *стадии 1* при содержании полиамидной смолы в бумажных массах от 0,05 до 0,10% от а. с. в.,

что обеспечивает повышение разрывной длины на 14,8–26,2% и энергии внутренних связей по Скотту на 44,4–92,3%, а также снижение впитываемости при одностороннем смачивании на 14,2–23,5%. Формирование полимолекулярного слоя (*стадия 2*) при содержании полиамидной смолы от 0,10 до 0,50% от а. с. в. является нежелательным процессом и приводит к снижению разрывной длины и энергии внутренних связей по Скотту на 7,8–23,3% и 7,6–20,0% соответственно за счет увеличения расстояния между волокнами от 10 до 20–30 мкм, а также способствует дополнительному уменьшению впитываемости при одностороннем смачивании на 3,2–12,5% за счет гидрофенантроновых остатков смоляных кислот канифоли [8–А; 15–А; 30–А; 34–А; 43–А].

Рекомендации по практическому использованию результатов

Практическое использование результатов исследования на лесохимических предприятиях основано на выпуске амидов смоляных кислот канифоли и новых видов функциональных веществ на их основе (гидрофобизирующего и упрочняющего). Гидрофобизирующее вещество, обеспечивающее максимальное сохранение первоначальной прочности бумаги и картона, производится в виде клеевой канифольной композиции ТМАС-3Н [1–А], а упрочняющее – в виде полиамидной смолы ПроХим DUO [7–А; 10–А; 45–А].

Разработанные импортозамещающие и ресурсосберегающие технологии применения клеевой канифольной композиции ТМАС-3Н и полиамидной смолы ПроХим DUO на целлюлозно-бумажных предприятиях обеспечили получение высококачественных видов бумаги и картона. Они позволяют заменить импортные проклеивающие (укрепленный клей-пасту ТМ, синтетическую эмульсию АКD, канифольную эмульсию Fennosize RS KN 12A) и упрочняющие (Hi-Cat C 323 A, Fennobond 3300E, Fennostrenght PA 13) вещества на отечественные, снизить их удельные расходы на 15–20%, а также повысить гидрофобность и прочность бумаги и картона [7–А; 8–А; 13–А; 30–А; 31–А; 36–А].

Достигнутый фактический экономический эффект получения и применения новых видов функциональных веществ на основе амидов смоляных кислот канифоли по импортозамещающим технологиям составил:

– *при получении*: 29 264 долл. США (при выпуске 306,95 т) за счет замены исходных импортных (этилцеллозольв, эмульгатор Polawax NF) сырьевых компонентов на отечественные (моноэтаноламин, казеин) при одновременном снижении их удельных расходов;

– *при применении*: 112 257 долл. США при фактическом производстве 82 436,53 т высококачественных видов бумаги и картона за счет замещения импортных функциональных веществ на отечественные при сокращении удельных расходов на 15–20% и повышении качества готовой продукции.

Суммарный фактический экономический эффект составил 141 521 долл. США, ожидаемый годовой – 656 733 долл. США.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ

Монография

1–А. Флейшер В.Л., Черная Н.В. Модифицированная канифоль: получение, свойства, применение. – Минск: БГТУ, 2019. – 232 с.

Статьи в научных изданиях, включенных в перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертаций, и в иностранных научных изданиях

2–А. Гордейко С.А., Черная Н.В., Жолнерович Н.В., Флейшер В.Л., Драпеца А.А., Андриюхова М.В., Макарова Д.С. Повышение прочности тароупаковочной бумаги с использованием азотсодержащих соединений // Труды БГТУ. – 2013. – № 4 (160): Химия, технология органических веществ и биотехнология. – С. 165–168.

3–А. Флейшер В.Л., Черная Н.В., Макарова Д.С., Гордейко С.А. Получение импортозамещающего азотсодержащего полимера с упрочняющим действием на макулатурные виды бумаги и картона // Материалы, технологии, инструменты. – 2014. – Т. 19, № 1. – С. 87–89.

4–А. Гордейко С.А., Черная Н.В., Жолнерович Н.В., Флейшер В.Л., Макарова Д.С. Особенности применения в технологии бумаги продуктов поликонденсации адипиновой кислоты с диэтилентриамином и смоляными кислотами // Труды БГТУ. – 2014. – № 4 (168): Химия, технология органических веществ и биотехнологии. – С. 130–133.

5–А. Бакиер С., Байко Е., Черная Н.В., Флейшер В.Л. Альтернативный способ получения сосновой живицы методом сверхкритической экстракции диоксидом углерода // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2016. – № 6. – С. 7–18.

6–А. Андриюхова М.В., Флейшер В.Л. Исследование устойчивости растворов полиамидной смолы на основе янтарной кислоты и диэтилентриамина, модифицированной аминоконидами смоляных кислот канифоли // Труды БГТУ. Сер. 2, Химические технологии, биотехнологии, геоэкология. – 2017. – № 1 (193). – С. 64–67.

7–А. Флейшер В.Л., Андриюхова М.В., Черная Н.В., Мисюров О.А. Импортозамещающая технология получения и применения полиамидной смолы с гидрофобизирующим и упрочняющим действием на бумагу и картон // Полимерные материалы и технологии. – 2018. – Т. 4, № 3. – С. 72–83.

8–А. Мисюров О.А., Черная Н.В., Флейшер В.Л., Андриюхова М.В. Промышленные испытания импортозамещающей технологии гидрофобизации и упрочнения упаковочных видов бумаги и картона с использованием отечественной поли-

амидной смолы с бифункциональными свойствами // Труды БГТУ. Сер. 2, Химические технологии, биотехнологии, геоэкология. – 2019. – № 1 (217). – С. 5–16.

9–А. Chernaya N.V., Fleisher V.L., Bogdanovich N.I. Reduction energy consumption of paper and cardboard machines in production of glued paper and cardboard // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2019. – № 5. – С. 188–193.

10–А. Андрюхова М.В., Флейшер В.Л., Черная Н.В. Новый азотсодержащий полимер с упрочняющим и гидрофобизирующим действием на бумагу и картон // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Сер. хімічных навук. – 2019. – Т. 55, № 1. – С. 99–106.

11–А. Флейшер В.Л., Герман Н.А., Боркина Я.В. Использование синтетических волокон и канифольной композиции для получения бумаги с улучшенными свойствами // Труды БГТУ. Сер. 2, Химические технологии, биотехнологии, геоэкология. – 2020. – № 1 (229). – С. 138–143.

12–А. Боркина Я.В., Флейшер В.Л. Изучение направленности процесса поликонденсации адипиновой кислоты с диэтилентриамином // Труды БГТУ. Сер. 2, Химические технологии, биотехнологии, геоэкология. – 2021. – № 2 (247). – С. 48–52.

13–А. Флейшер В.Л., Черная Н.В., Шашок Ж.С. Особенности применения эмульсий димеров алкилкетенов и модифицированных смоляных кислот в целлюлозных и макулатурных суспензиях для получения высококачественных видов бумаги и картона // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Сер. хімічных навук. – 2022. – Т. 58, № 2. – С. 237–250.

14–А. Боркина Я.В., Флейшер В.Л., Шашок Ж.С. Особенности модифицирования полиаминоамидов канифольно-малеиновыми аддуктами // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Сер. хімічных навук. – 2022. – Т. 58, № 3. – С. 294–301.

15–А. Флейшер В.Л. Влияние амидов смоляных кислот канифоли на прочность межволоконных связей в бумаге в z-направлении // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Сер. хімічных навук. – 2022. – Т. 58, № 4. – С. 407–417.

16–А. Флейшер В.Л., Черная Н.В. Модифицирование смоляных кислот канифоли для улучшения их гидрофобизирующего действия на бумагу и картон // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Сер. хімічных навук. – 2023. – Т. 59, № 3. – С. 257–264.

Стат'я в другіх навуковых журналах і зборніках канферэнцый

17–А. Флейшер В.Л., Ламоткин А.И., Ламоткин С.А. Изучение динамики накопления индивидуальных компонентов при взаимодействии смоляных кислот талловой канифоли с моноэтаноламином // Труды Белорусского государственного технологического университета. Сер. IV. – 2006. – Вып. XIV. – С. 173–175.

18–А. Андрюхова М.В., Флейшер В.Л., Чернышева Т.В., Гордейко С.А., Макарова Д.С. Амиды фумаровой кислоты в технологии бумаги и картона // Труды

БГТУ. – 2012. – № 4 (151): Химия, технология органических веществ и биотехнология. – С. 33–35.

19–А. Флейшер В.Л., Андрюхова М.В., Макарова Д.С. Синтез и свойства продукта взаимодействия канифоли и диэтилентриаминна // Труды БГТУ. – 2013. – № 4 (160): Химия, технология органических веществ и биотехнология. – С. 156–158.

20–А. Черная Н.В., Флейшер В.Л. Синтез и свойства амидов на основе абиетиновой кислоты и диэтилентриаминна // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Сер. хімічных навук. – 2014. – № 2. – С. 108–111.

21–А. Флейшер В.Л., Черная Н.В., Макарова Д.С., Гордейко С.А., Гермась А.В. Синтез новых полимеров на основе амидов смоляных кислот для упрочнения макулатурных видов бумаги // Труды БГТУ. – 2014. – № 4 (168): Химия, технология органических веществ и биотехнология. – С. 134–136.

22–А. Chernaya N.V., Fleisher V.L., Zholnerovich N.V. The creation and implementation of the resource-conserving technology of paper and paperboard sizing with hydro-dispersions of modified rosin in the mode of heteroadagulation of peptized particles // Bulletin of the Perm National Research Polytechnic University. Applied ecology. Urban Development. – 2017. – Vol. 2, no. 2. – P. 87–101.

Материалы конференций

23–А. Флейшер В.Л., Андрюхова М.В., Макарова Д.С. Исследование процесса модификации смоляных кислот канифоли диэтилентриамином // Новейшие достижения в области импортозамещения в химической промышленности и производстве строительных материалов: Материалы Междунар. науч.-техн. конф. / отв. за вып. И.А. Левицкий; Бел. гос. технол. ун-т. Ч. 2. – Минск: Бел. гос. технол. ун-т, 2012. – С. 183–186.

24–А. Флейшер В.Л., Бондаренко Ж.В., Гордейко С.А., Андрюхова М.В., Макарова Д.С. Азотсодержащие полимеры в технологии бумаги с улучшенными прочностными характеристиками // Новейшие достижения в области импортозамещения в химической промышленности и производстве строительных материалов: Материалы Междунар. науч.-техн. конф. / отв. за вып. И.А. Левицкий; Бел. гос. технол. ун-т. Ч. 2. – Минск: Бел. гос. технол. ун-т, 2012. – С. 219–222.

25–А. Флейшер В.Л., Гермась А.В. Амиды смоляных кислот канифоли в технологии производства бумаги // Ресурсо- и энергосберегающие технологии и оборудование, экологически безопасные технологии: Материалы Междунар. науч.-техн. конф. / отв. за вып. И.М. Жарский; Бел. гос. технол. ун-т. Ч. 2. – Минск: Бел. гос. технол. ун-т, 2014. – С. 95–97.

26–А. Chernaya N.V., Zholnerovich N.V., Fleisher V.L. Sizing of paper with hydro-dispersions of modified rosin // XXI International symposium in the field of pulp, paper, packaging and graphics / Faculty of Technology and Metallurgy Univer-

sity of Belgrade, Center for Pulp, Paper, Packaging and Graphics in Serbia. – Zlatibor: Faculty of Technology and Metallurgy University of Belgrade, 2016. – P. 39–43.

27–А. Андрюхова М.В., Флейшер В.Л. Синтез и свойства сополимеров дикарбоновых кислот, полиамины и амидов смоляных кислот канифоли // Технология – 2016: Материалы XIX Междунар. науч.-техн. конф. / отв. за вып. В.Ю. Тарасов; Восточноукр. нац. ун-т имени В. Даля. Ч. I. – Северодонецк: Восточноукр. нац. ун-т имени В. Даля, 2016. – С. 12–14.

28–А. Флейшер В.Л., Андрюхова М.В., Богданович Н.И. Перспективы использования бифункциональных полимеров в технологии бумаги и картона // Новейшие достижения в области инновационного развития целлюлозно-бумажной промышленности: технология, оборудование, химия: Материалы Междунар. науч.-техн. конф. / отв. за вып. И.В. Войтов; Бел. гос. технол. ун-т. – Минск: Бел. гос. технол. ун-т, 2017. – С. 94–97.

29–А. Флейшер В.Л., Андрюхова М.В., Богданович Н.И. Новые азотсодержащие производные смоляных кислот канифоли в технологии бумаги и картона // Проблемы механики целлюлозно-бумажных материалов: Материалы IV Междунар. науч.-техн. конф., посвященной памяти проф. В.И. Комарова / отв. за вып. Я.В. Казаков; Сев. (Арктич.) федер. ун-т имени М.В. Ломоносова. – Архангельск: САФУ, 2017. – С. 294–297.

30–А. Черная Н.В., Флейшер В.Л., Шишаков Е.П., Андрюхова М.В., Мисюров О.А. Изучение стабильности гидрофобности и прочности опытно-промышленных партий бумаги и картона // Химия и химическая технология переработки растительного сырья: Материалы Междунар. науч.-техн. конф. / отв. за вып. И.В. Войтов; Бел. гос. технол. ун-т. – Минск: Бел. гос. технол. ун-т, 2018. – С. 160–166.

31–А. Казакевич А.А., Черная Н.В., Флейшер В.Л., Андрюхова М.В. Исследование процесса флокуляции волокнистых суспензий при производстве санитарно-гигиенической бумаги в условиях ИП «Мюникс» ООО // Технология органических веществ: Материалы 83-й науч.-техн. конф. профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов / отв. за вып. И.В. Войтов; Бел. гос. технол. ун-т. – Минск: Бел. гос. технол. ун-т, 2019. – С. 16–17.

32–А. Черная Н.В., Флейшер В.Л., Андрюхова М.В., Липницкий П.А., Афанасенко Я.А. Оценка упрочняющего действия полиамидной смолы в технологии клееных видов бумаги из макулатурного сырья // Технология органических веществ: Материалы докладов 83-й науч.-техн. конф. профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов / отв. за вып. И.В. Войтов; Бел. гос. технол. ун-т. – Минск: Бел. гос. технол. ун-т, 2019. – С. 24.

33–А. Флейшер В.Л., Черная Н.В., Андрюхова М.В., Боркина Я.В. Свойства и применение полимеров на основе смоляных кислот канифоли // Технология органических веществ: Материалы докладов 85-й науч.-техн. конф. профессорско-

преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов (с международным участием) / отв. за вып. И.В. Войтов; Бел. гос. технол. ун-т. – Минск: Бел. гос. технол. ун-т, 2021. – С. 47–49.

34–А. Флейшер В.Л. Влияние полиамидной смолы на основе амидов смоляных кислот канифоли на прочность и гидрофобность целлюлозосодержащих композиционных материалов в зависимости от их состава по волокну // Современная целлюлозно-бумажная промышленность. Актуальные задачи и перспективные решения: Материалы III Междунар. науч.-техн. конф. молодых ученых и специалистов ЦБП / отв. за вып. О.В. Федорова; А.Г. Кузнецов; Высшая школа технологии и энергетики, Санкт-Петерб. гос. ун-т пром. технол. и дизайна (ВШТЭ СПбГУПТД). – СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД, 2022. – Т. 2. – С. 34–39.

35–А. Флейшер В.Л., Черная Н.В. Создание научно обоснованных технологий получения амидов канифоли и применения их в бумажных массах // Технология органических веществ: Материалы докладов 86-й науч.-техн. конф. профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов (с международным участием) / отв. за вып. И.В. Войтов; Бел. гос. технол. ун-т. – Минск: Бел. гос. технол. ун-т, 2022. – С. 14–17.

36–А. Флейшер В.Л., Андрюхова М.В., Чернышева Т.В. Импортозамещающая технология применения клеевой канифольной композиции ТМАС-3Н для производства бумаги и картона в условиях ОАО «Слонимский картонно-бумажный завод «Альбертин» // Технология органических веществ: Материалы докладов 87-й науч.-техн. конф. профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов (с международным участием) / отв. за вып. И.В. Войтов; Бел. гос. технол. ун-т. – Минск: Бел. гос. технол. ун-т, 2023. – С. 70–73.

37–А. Флейшер В.Л., Черная Н.В. Технологические решения повышения прочности бумаги и картона новыми функциональными веществами на основе амидов смоляных кислот канифоли // Проблемы механики целлюлозно-бумажных материалов: Материалы VII Междунар. науч.-техн. конф. имени проф. В.И. Комарова / под ред. Н.В. Щербак, Ю.В. Севастьяновой, Я.В. Казакова; Сев. (Арктич.) федер. ун-т имени М.В. Ломоносова. – Архангельск: САФУ, 2023. – С. 38–43.

Тезисы докладов

38–А. Андрюхова М.В., Флейшер В.Л., Чернышева Т.В., Гордейко С.А. Получение амидов фумаровой кислоты как химических добавок в технологии бумаги и картона // Технология органических веществ: Тезисы докладов 76-й науч.-техн. конф. профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов / отв. за вып. И.М. Жарский; Бел. гос. технол. ун-т. – Минск: Бел. гос. технол. ун-т, 2012. – С. 3.

39–А. Флейшер В.Л., Черная Н.В., Макарова Д.С., Гордейко С.А., Гермась А.В. Синтез новых полимеров на основе амидов смоляных кислот для

упрочнения макулатурных видов бумаги // Технология органических веществ: Тезисы докладов 78-й науч.-техн. конф. профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов / отв. за вып. И.М. Жарский; Бел. гос. технол. ун-т. – Минск: Бел. гос. технол. ун-т, 2014. – С. 14.

40–А. Гордейко С.А., Черная Н.В., Жолнерович Н.В., Флейшер В.Л., Макарова Д.С. Особенности применения продуктов поликонденсации адипиновой кислоты с диэтилентриамином в технологии бумаги // Технология органических веществ: Тезисы докладов 78-й науч.-техн. конф. профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов / отв. за вып. И.М. Жарский; Бел. гос. технол. ун-т. – Минск: Бел. гос. технол. ун-т, 2014. – С. 4.

41–А. Андрюхова М.В., Флейшер В.Л. Синтез и свойства азотсодержащих полимеров на основе смоляных кислот канифоли // Технология органических веществ: Тезисы докладов 80-й науч.-техн. конф. профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов / отв. за вып. И.М. Жарский; Бел. гос. технол. ун-т. – Минск: Бел. гос. технол. ун-т, 2016. – С. 16.

42–А. Андрюхова М.В., Флейшер В.Л. Влияние содержания смоляных кислот на молекулярную массу полимера на основе янтарной кислоты, диэтилентриамин и аминоксидов смоляных кислот // Технология органических веществ: Тезисы докладов 81-й науч.-техн. конф. профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов / отв. за вып. И.В. Войтов; Бел. гос. технол. ун-т. – Минск: Бел. гос. технол. ун-т, 2017. – С. 18.

43–А. Флейшер В.Л., Андрюхова М.В. Применение полимера на основе аминоксидов канифоли для проклейки и упрочнения бумаги // Технология органических веществ: Тезисы докладов 82-й науч.-техн. конф. профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов / отв. за вып. И.В. Войтов; Бел. гос. технол. ун-т. – Минск: Бел. гос. технол. ун-т, 2018. – С. 22.

44–А. Хмызов И.А., Флейшер В.Л., Ловенецкая Е.И., Гиндуш А.Л. Использование уравнений различной структуры для создания математической модели процесса проклейки бумаги // III Междунар. науч.-практ. конф. Инженерно-техническое образование и наука: Сб. тр. молодежной школы Инженерия-XXI / под общ. ред. И.В. Чистякова. – Новороссийск: НФ Белгородский гос. технол. ун-т имени В.Г. Шухова. – Белгород: Белгородский гос. технол. ун-т имени В.Г. Шухова, 2023. – С. 83.

Патенты

45–А. Способ получения полиамидной смолы: пат. ВУ 21140 С1 / В.Л. Флейшер, Н.В. Черная, Е.П. Шишаков, Д.С. Макарова, М.В. Андрюхова, С.А. Гордейко. – Оpubл. 30.06.2017.



РЭЗІЮМЭ

Флейшэр Вячаслаў Леанідавіч

Аміды смяляных кіслот каніфолі з біфункцыянальнымі ўласцівасцямі для павышэння гідрафобнасці і трываласці паперы і кардону

Ключавыя словы: мадыфікаванне, аміналіз, амід, стабілізацыя, біфункцыянальнае рэчыва, папера, гідрафобнасць, трываласць, якасць, імпартазамышчэнне, тэхналогія

Мэта работы – канцэптуальнае развіццё тэорыі і тэхналогіі амідаў смяляных кіслот каніфолі, якія адрозніваюцца структурай і фізіка-хімічнымі ўласцівасцямі і валодаюць палепшаным гідрафабізуючым і ўмацавальным дзеяннем на паперу і кардон, вырабленыя з першасных і другасных валакністых паўфабрыкатаў.

Метады даследавання і выкарыстаная апаратура: колькасны хімічны аналіз, тэрмагравіметрыя (TGA/DSC1), аптычныя (сканіруючы электронны мікраскоп JSM-5610 LV, ІЧ-Фур'е спектрометр IN10 Nicolet), ЯМР-спектраскапія (AVANCE-500), ратацыйная вісказіметрыя (DV-II+PRO), храматаграфія (Agilent 1200), стандартныя метады вызначэння гідрафобнасці і трываласці паперы і кардону.

Атрыманыя вынікі і іх навізна. Распрацаваны тэхналогіі амідаў смяляных кіслот каніфолі – оксіэтыламідаў і амінаэтыламідаў; упершыню даказана, што ўвядзенне амінаэтыламідаў у структуру поліаміду на аснове адыпінавай кіслаты і дыэтылентрыаміну забяспечвае біфункцыянальнае (адначасова ўмацавальнае і гідрафабізуючае) дзеянне на паперу і кардон, а оксіэтыламідаў у структуру гідрафабізуючага рэчыва – максімальнае захаванне першапачатковай трываласці паперы і кардону ў параўнанні з традыцыйна выкарыстоўваемымі праклейвальнымі рэчывамі; упершыню прапанавана і пацверджана гіпотэза, якая тлумачыць біфункцыянальнае дзеянне поліаміднай смалы на паперу і кардон і дазваляе павысіць іх трываласць на 14,8–26,2% і гідрафобнасць на 14,2–23,5% за кошт дадаткова створаных вадародных сувязей паміж азотзмяшчальнымі групамі і адмоўна зараджанымі актыўнымі цэнтрамі (гідраксільнымі групамі) валокнаў.

Рэкамендацыі па выкарыстанні. Тэхналогіі оксіэтыламідаў і амінаэтыламідаў смяляных кіслот каніфолі і створаныя на іх аснове новыя функцыянальныя рэчывы мэтазгодна выкарыстоўваць для вытворчасці высакаякасных відаў паперы і кардону з палепшанымі гідрафобнасцю і трываласцю па імпартазамышчальных і рэсурсазберагальных тэхналогіях.

Галіна прымянення. Оксіэтыламіды і амінаэтыламіды смяляных кіслот каніфолі, функцыянальныя рэчывы на іх аснове і высакаякасныя віды паперы і кардону вырабляюць з выкарыстаннем уніфікаванага тэхналагічнага абсталявання на лесахімічных і цэлюлозна-папяровых прадпрыемствах.

РЕЗЮМЕ

Флейшер Вячеслав Леонидович

Амиды смоляных кислот канифоли с бифункциональными свойствами для повышения гидрофобности и прочности бумаги и картона

Ключевые слова: модифицирование, аминолит, амид, стабилизация, бифункциональное вещество, бумага, гидрофобность, прочность, качество, импортозамещение, технология

Цель работы – концептуальное развитие теории и технологии амидов смоляных кислот канифоли, различающихся структурой и физико-химическими свойствами и обладающих улучшенным гидрофобизирующим и упрочняющим действием на бумагу и картон, изготовленных из первичных и вторичных волоконистых полуфабрикатов.

Методы исследования и использованная аппаратура: количественный химический анализ, термогравиметрия (TGA/DSC1), оптические (сканирующий электронный микроскоп JSM-5610 LV, ИК-Фурье спектрометр IN10 Nicolet), ЯМР-спектроскопия (AVANCE-500), ротационная вискозиметрия (DV-II+PRO), хроматография (Agilent 1200), стандартные методы определения гидрофобности и прочности бумаги и картона.

Полученные результаты и их новизна. Разработаны технологии амидов смоляных кислот канифоли – аминоэтиламидов и оксиэтиламидов; впервые доказано, что введение аминоэтиламидов в структуру полиамида на основе адипиновой кислоты и диэтиленetriамина обеспечивает бифункциональное (одновременно упрочняющее и гидрофобизирующее) действие на бумагу и картон, а оксиэтиламидов в структуру гидрофобизирующего вещества – максимальное сохранение первоначальной прочности бумаги и картона по сравнению с традиционно используемыми проклеивающими веществами; впервые предложена и подтверждена гипотеза, объясняющая бифункциональное действие полиамидной смолы на бумагу и картон, позволяющая повысить их прочность на 14,8–26,2% и гидрофобность на 14,2–23,5% за счет дополнительно образованных водородных связей между азотсодержащими группами и отрицательно заряженными активными центрами (гидроксильными группами) волокон.

Рекомендации по использованию. Технологии оксиэтиламидов и аминоэтиламидов смоляных кислот канифоли и новых функциональных веществ на их основе целесообразно использовать для производства высококачественных видов бумаги и картона с улучшенными гидрофобностью и прочностью по импортозамещающим и ресурсосберегающим технологиям.

Область применения. Оксиэтиламиды и аминоэтиламиды смоляных кислот канифоли, функциональные вещества на их основе и высококачественные виды бумаги и картона изготавливают с использованием унифицированного технологического оборудования на лесохимических и целлюлозно-бумажных предприятиях.

SUMMARY

Viachaslau L. Fleisher

Rosin amides with bifunctional properties for cellulose-containing composite materials

Keywords: modification, aminolysis, amide, stabilization, bifunctional substance, paper, hydrophobicity, strength, quality, import substitution, technology

Goal of the research: conceptual development of the theory and technology for obtaining of amides of rosin acids, differing in structure, physical and chemical properties and having an improved hydrophobic and strengthening effect on paper and cardboard made from primary and secondary fibrous semi-finished products.

Research methods and used equipment: quantitative chemical analysis, thermogravimetry (TGA/DSC1), optical (scanning electron microscope JSM-5610 LV, IR-Fourier spectrometer IN10 Nicolet), NMR spectroscopy (AVANCE-500), rotational viscometry (DV-II+PRO), chromatography (Agilent 1200), standard methods for determining the hydrophobicity and strength of paper and cardboard.

The obtained results and their novelty. Technologies have been developed for the production of amides of rosin resin acids – aminoethylamides and oxyethylamides; it was proven for the first time that the introduction of aminoethylamides into the structure of a polyamide based on adipic acid and diethylenetriamine provides a bifunctional (simultaneously strengthening and hydrophobic) effect on paper and cardboard, and oxyethyl amides into the structure of a water-repellent substance – maximum preservation of the original strength of paper and cardboard compared to traditionally used sizing agents; for the first time, a hypothesis was proposed and confirmed to explain the bifunctional effect of polyamide resin on paper and cardboard, which makes it possible to increase their strength by 14.8–26.2% and hydrophobicity by 14.2–23.5% due to additionally formed hydrogen bonds between nitrogen-containing groups and negatively charged active centers (hydroxyl groups) of the fibers.

Recommendations for use. Technologies oxyethylamides and aminoethylamides of rosin acids and new functional substances created on their basis for the production of high-quality types of paper and cardboard with improved hydrophobicity and strength using import-substituting and resource-saving technologies.

Application area. Hydroxyethylamides and aminoethylamides of resin acids of rosin, functional substances based on them and high-quality types of paper and cardboard are produced using standardized technological equipment at wood chemical and pulp and paper enterprises.

Научное издание

Флейшер Вячеслав Леонидович

**АМИДЫ СМОЛЯНЫХ КИСЛОТ КАНИФОЛИ
С БИФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ СВОЙСТВАМИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ
ГИДРОФОБНОСТИ И ПРОЧНОСТИ БУМАГИ И КАРТОНА**

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени

доктора технических наук по специальности

05.21.03 – технология и оборудование химической переработки биомассы
дерева; химия древесины

Ответственный за выпуск В.Л. Флейшер

Подписано в печать 12.11.2024. Формат 60×84^{1/16}.

Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать ризографическая.

Усл. печ. л. 2,6. Уч.-изд. л. 2,0.

Тираж 60 экз. Заказ 340.

Издатель и полиграфическое исполнение:

УО «Белорусский государственный технологический университет».

Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий

№ 1/227 от 20.03.2014.

Ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск.