

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Объект авторского права

УДК 676.046.017.44-036.675

БОРКИНА
Яна Валерьевна

АЦИЛИРОВАННЫЕ ПОЛИАМИДЫ
НА ОСНОВЕ АДИПИНОВОЙ КИСЛОТЫ И ДИЭТИЛЕНТРИАМИНА
ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА БУМАГИ И КАРТОНА

АВТОРЕФЕРАТ

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

по специальности

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

Минск 2026

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

Научный руководитель: **Флейшер Вячеслав Леонидович**, доктор технических наук, доцент, проректор по научной работе учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет»

Официальные оппоненты: **Клюев Андрей Юрьевич**, доктор технических наук, профессор кафедры технологии деревообрабатывающих производств, экодомостроения, дизайна мебели и интерьера учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет»; **Бей Максим Петрович**, кандидат химических наук, доцент, заведующий лабораторией лесохимических продуктов и технологий государственного научного учреждения «Институт химии новых материалов Национальной академии наук Беларуси»

Оппонирующая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна»

Защита состоится «6» марта 2026 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. +375 17 379-65-62.

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

Автореферат разослан «3» февраля 2026 г.

Ученый секретарь совета
по защите диссертаций



Е.П. Усс

ВВЕДЕНИЕ

Обеспечение качества бумаги и картона, соответствующего требованиям международных стандартов с целью повышения их конкурентоспособности, осуществляется путем использования при их изготовлении химических вспомогательных веществ, оказывающих влияние главным образом на гидрофобные и физико-механические свойства продукции, регламентируемые для каждого ее вида. Подбор систем «проклеивающее – упрочняющее вещество» осуществляется опытным путем и требует больших трудовых и материальных затрат, что явилось основной причиной появления и развития направления создания бифункциональных веществ. Однако существующие бифункциональные вещества, представляющие собой сополимеры поликислот, полиаминов и смоляных кислот канифоли, отличаются недостаточной гидрофобизирующей способностью. Решением указанной проблемы является, на наш взгляд, использование при их производстве модифицированной канифоли. Создание полноценных заменителей гидрофобизирующих и упрочняющих веществ имеет не только научное, но и важное практическое значение, поскольку их применение в технологии целлюлозосодержащих композиционных материалов позволит решить комплексную задачу повышения качества продукции без использования систем химических вспомогательных веществ и увеличения их расходов.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Связь работы с научными программами (проектами), темами. Диссертационная работа выполнена на кафедре химической переработки древесины учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет» и является частью комплексных исследований в рамках государственной программы научных исследований «Химические технологии и материалы» подпрограммы «Лесохимия» задания 4.1.18 «Синтез новых олигомеров на основе модификации смоляных кислот канифоли эфирами малеинового ангидрида и аминоспиртов» (№ гос. регистрации 20192310, 2019–2020 гг.); государственной программы научных исследований «Химические процессы, реагенты и технологии, биорегуляторы и биооргхимия» подпрограммы «Создание новых наукоемких отечественных материалов различного функционального назначения на основе лесохимического 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 упрочняющим, гидрофобизирующим и влагопрочными свойствами для целлюлозно-бумажной и деревообрабатывающей промышленности» НИР 2/1 «Науч-

ные основы и технология создания новых продуктов на основе модифицированной канифоли для одновременного упрочнения и гидрофобизации бумаги и картона» (№ гос. регистрации 20212065, 2021–2025 гг.); гранта Министерства образования Республики Беларусь «Изучение влияния состава полиамидной смолы, модифицированной малеинизированной канифолью, на ее гидрофобизирующее и упрочняющее действие на целлюлозосодержащие композиционные материалы» (№ гос. регистрации 20220539, 2022 г.).

Тематика диссертационной работы соответствует «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.

Цель, задачи, объект и предмет исследования. *Цель исследования* – разработать технологию ацилирования полиамидов канифольно-малеиновыми аддуктами для получения модифицированной полиамидной смолы бифункционального действия на бумажные массы.

Для достижения поставленной цели сформулированы и решены следующие задачи:

– установлены зависимости ацилирования реакционноспособных аминоксодержащих полиамидов линейного строения канифольно-малеиновыми аддуктами, различающимися содержанием малеопимаровой кислоты, и изучены групповой состав и физико-химические свойства образующихся продуктов;

– изучено влияние расходных параметров (количества модифицирующего, ацилирующего, нейтрализующего агентов) получения бифункционального вещества на его физико-химические свойства и гидрофобные и физико-механические свойства бумаги и картона и определено массовое соотношение реагентов, обеспечивающее получение модифицированной полиамидной смолы с улучшенным проклеивающим и упрочняющим действием на бумажные массы;

– разработаны технологические режимы получения модифицированной полиамидной смолы на основе ацилированных полиамидов с бифункциональным действием на бумажные массы;

– установлены параметры электролитной коагуляции модифицированной полиамидной смолы, групповой состав образующегося клеевого осадка и разработан способ проклейки и упрочнения бумажных масс в кислой и нейтральной средах.

Объект исследования – полиамиды; канифольно-малеиновые аддукты; продукты ацилирования полиамидов канифольно-малеиновыми аддуктами и полученные на их основе образцы модифицированной полиамидной смолы; образцы бумаги (элементарные слои картона).

Предмет исследования – процессы ацилирования реакционноспособных аминоксодержащих полиамидов линейного строения канифольно-малеиновыми аддуктами и нейтрализации полученных продуктов гидроксидом натрия, обеспечивающие получение образцов модифицированной полиамидной смолы с улучшенными гидрофобизирующими и упрочняющими свойствами.

Научная новизна:

– установлены зависимости и особенности ацилирования реакционноспособных аминоксодержащих линейных полиамидов различной структуры канифольно-малеиновыми аддуктами с содержанием малеопимаровой кислоты 8,55–31,12 мас. % и изучены групповой состав и физико-химические свойства образующихся продуктов, позволившие разработать способ получения модифицированной полиамидной смолы, обладающей, в отличие от традиционно используемых бифункциональных веществ, улучшенными проклеивающими и упрочняющими свойствами;

– определены параметры электролитной коагуляции модифицированной полиамидной смолы, позволившие разработать способ проклейки и упрочнения бумажных масс в кислой и нейтральной средах для комплексного улучшения гидрофобных и физико-механических свойств бумаги и картона из вторичного сырья.

Положения, выносимые на защиту:

1. Зависимости изменения степени ацилирования аминоксодержащих полиамидов, группового состава и физико-химических свойств продуктов ацилирования реакционноспособных аминоксодержащих полиамидов канифольно-малеиновыми аддуктами от структуры высокомолекулярного соединения и количественного состава ацилирующего агента, позволившие научно обосновать способ получения ацилированных полиамидов с амфифильными свойствами для создания бифункциональных веществ.

2. Зависимости влияния расходных параметров синтеза бифункционального вещества на его физико-химические свойства, гидрофобизирующую и упрочняющую способности, позволившие обосновать содержание малеопимаровой кислоты в канифольно-малеиновом аддукте, равное 8,55 мас. %, и установить массовое соотношение полимер : канифольно-малеиновый аддукт : гидроксид натрия (1,00 : 0,72 : 0,02 соответственно), обеспечивающее получение модифицированной полиамидной смолы с улучшенными бифункциональными свойствами.

3. Технология модифицированной полиамидной смолы, основанная на

процесса поликонденсации адипиновой кислоты с диэтилентриамином, конденсации талловой канифоли с малеиновым ангидридом, ацилирования полиамида канифольно-малеиновым аддуктом, нейтрализации непрореагировавших смоляных и малеопимаровой кислот и обуславливающая улучшение ее гидрофобизирующих свойств, подтвержденное снижением впитываемости при одностороннем смачивании бумаги из вторичного сырья до 11–15 г/м².

4. Способ проклейки и упрочнения бумажных масс в кислой и нейтральной средах, основанный на установленных параметрах электролитной коагуляции модифицированной полиамидной смолы и обеспечивающий повышение гидрофобности и прочности бумаги, изготовленной из вторичного сырья, на 71,7–87,8 и 20,7–23,2% соответственно.

Личный вклад соискателя ученой степени заключается в анализе научной и технической литературы, выполнении исследования, обработке и интерпретации экспериментальных данных, участии при проведении опытно-промышленной апробации и внедрении результатов диссертационной работы. Выбор объектов и предмета исследования, постановка цели и задач, обсуждение полученных результатов, подготовка материалов к опубликованию осуществлялись совместно с научным руководителем В.Л. Флейшером. В совместных публикациях соискателю ученой степени принадлежат все результаты и выводы, посвященные изучению ацилирования реакционноспособных аминокислотсодержащих полиамидов линейного строения канифольно-малеиновыми аддуктами, физико-химических свойств образующихся продуктов, разработке способа получения бифункционального вещества на их основе (модифицированная полиамидная смола) и установлению особенностей его применения.

Апробация диссертации и информация об использовании ее результатов. Основные результаты диссертационных исследований представлены и обсуждены на Международной научно-технической конференции «Химия и химическая технология переработки растительного сырья», посвященной столетию со Дня рождения В.М. Резникова (Минск, 10–12 октября 2018 г.); XVI Международной научно-технической конференции «Актуальные проблемы развития лесного комплекса» (Вологда, 5 декабря 2018 г.); 70-й научно-технической конференции учащихся, студентов и магистрантов (Минск, 15–20 апреля 2019 г.); XIII (Минск, 4–5 декабря 2019 г.), XIV (Минск, 30 ноября – 4 декабря 2020 г.) и XV (Минск, 1–2 декабря 2021 г.) студенческих научно-практических конференциях факультета технологии органических веществ «Наука – шаг в будущее»; 84-й (Минск, 3–14 февраля 2020 г.), 85-й (Минск, 1–13 февраля 2021 г.), 86-й (Минск, 31 января – 12 февраля 2022 г.) и 88-й (Минск, 29 января – 16 февраля 2024 г.) научно-технических конференциях профессорско-преподавательского состава, науч-

ных сотрудников и аспирантов (с международным участием); II (Санкт-Петербург, 23 ноября 2020 г.) и III (Санкт-Петербург, 8 ноября 2021 г.) Международных научно-технических конференциях молодых ученых и специалистов ЦБП «Современная целлюлозно-бумажная промышленность. Актуальные задачи и перспективные решения»; II-й Всероссийской научной конференции (с международным участием) преподавателей и студентов вузов «Актуальные проблемы науки о полимерах» (Казань, 25–26 мая 2021 г.); XVI Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием «Измерения, автоматизация и моделирование в промышленности и научных исследованиях» (Бийск, 27–28 сентября 2021 г.); XV Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием «Технологии и оборудование химической, биотехнологической и пищевой промышленности» (Бийск, 18–20 мая 2022 г.); VII Международной научно-технической конференции имени профессора В.И. Комарова «Проблемы механики целлюлозно-бумажных материалов» (Архангельск, 14–16 сентября 2023 г.).

Разработанная технология модифицированной полиамидной смолы внедрена в производство на ООО «ПромХимТехнологии». Фактический экономический эффект от внедрения технологии модифицированной полиамидной смолы на ООО «ПромХимТехнологии» составил 3793,12 руб. Фактический экономический эффект внедрения модифицированной полиамидной смолы ПроХим МРА в технологию картона для гильз марки КГ на ОАО «Слонимский картонно-бумажный завод «Альбертин» составил 1878,40 руб. Эффективность применения модифицированной полиамидной смолы при изготовлении бумаги подтверждена в лабораторных условиях филиала «Добрушская бумажная фабрика «Герой труда» ОАО «Управляющая компания холдинга «Белорусские обои».

Опубликованность результатов диссертации. По вопросам, относящимся к теме диссертации, опубликованы 22 печатные работы (8,85 авт. листа), в том числе 5 статей в журналах, включенных в перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований, материалы 13 докладов и тезисы 3 докладов научных конференций различного уровня. Подана 1 заявка на выдачу патента Республики Беларусь на изобретение.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из содержания, перечня сокращений и обозначений, введения, общей характеристики работы, 5 глав, заключения, списка использованных источников и 7 приложений. Полный объем диссертации составляет 238 страниц, из них 49 страниц занимают 74 рисунка и 22 таблицы, 65 страниц – 7 приложений, 24 страницы – список использованных источников, включающий 202 наименования и 22 публикации соискателя.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Первая глава посвящена анализу научной и технической литературы по теории и технологии химических вспомогательных веществ (ХВВ) для повышения качества макулатурных видов бумаги и картона. Установлено, что перспективными веществами для улучшения гидрофобных и физико-механических свойств целлюлозосодержащих композиционных веществ являются сополимеры поликислот, полиаминов и смоляных кислот канифоли с бифункциональным действием на бумажные массы. Однако их практическое использование ограничено по причине недостаточной гидрофобизирующей способности. Решением указанной проблемы является, на наш взгляд, использование для их получения модифицированной канифоли с повышенными проклеивающими свойствами. На основании анализа литературных данных выявлены основные нерешенные научные и технические задачи создания и применения ХВВ для улучшения гидрофобности и прочности бумаги и картона в нейтральной среде и сформулированы цель, задачи исследования, общая концепция работы.

Вторая глава посвящена описанию использованных методов, материалов и оборудования, а также выбору объектов исследования. Физико-химические свойства (кислотное и аминное числа, температура размягчения, характеристическая вязкость и др.) основного (модифицированная полиамидная смола) и промежуточных (полиамиды, канифольно-малеиновые аддукты (КМА) и продукты их взаимодействия) продуктов изучали с использованием методов: рН-метрии (рН-метр HANNA PH 212), вискозиметрии, турбидиметрии (спектрофотометр РВ 2201А), электрофоретического светового рассеяния (анализатор дзета-потенциала ZetaPlus), гравиметрии, титриметрии, спектрометрии (ИК-микроскоп IN10 Nicolet), комплексного термического анализа (прибор TGA/DSC1 METTLER TOLEDO) и др. Групповой состав модифицированной полиамидной смолы и ее клеевого осадка определяли по разработанному методу последовательной экстракции растворителями. Изучение процесса коагуляции модифицированной полиамидной смолы осуществляли методом потенциометрического титрования. Проклеивающую и упрочняющую способности модифицированной полиамидной смолы оценивали по изменению впитываемости при одностороннем смачивании (аппарат Кобба; ГОСТ 12605–97 (ИСО 535-91)), разрушающего усилия в сухом и влажном состояниях (Testometric M 350-5 СТ) и разрывной длины (ГОСТ 13525.1–79) образцов бумаги (элементарных слоев картона) соответственно, полученных из бумажных масс, различающихся видом волокнистого полуфабриката (целлюлоза сульфатная беленая из смеси листовых пород древесины (ГОСТ 28172–89) и макулатура марки МС-5Б (ГОСТ 10700–97)) и расходами ХВВ. Изготовление образцов бумаги (элементарных слоев картона) осуществляли на листоотливном аппарате Rapid-Ketten

по ГОСТ 14363.4–89 с последующей дополнительной термообработкой на скоростной сушке LABTECH SD24E. Достоверность результатов исследования обеспечена проведением экспериментов по стандартным методикам и статистическим анализом экспериментальных данных.

Третья глава посвящена установлению особенностей ацилирования полиамидов КМА и изучению влияния структуры и состава исходных веществ на физико-химические свойства образующихся продуктов и их состав. Ацилирование полиамидов на основе адипиновой кислоты (АК) и диэтилентриамина (ДЭТА) КМА осуществляли в расплаве при исходном эквимольном соотношении вторичных amino- и карбоксильных групп в реакционной смеси и температуре 150–160°C, контролируя изменение степени ацилирования аминогрупп полимера. Температурный режим ацилирования полиамидов определен методом комплексного термического анализа модельных солей дегидроабиединовой и малеопимаровой кислоты (МПК) с ДЭТА и обусловлен их дегидратацией с образованием соответствующих амида и имида при 150,7 и 155,7°C соответственно. Ацилирующие агенты (КМА с содержанием МПК 8,55–31,12 мас. % и кислотными числами 189,0–232,1 мг КОН/г) получали конденсацией талловой канифоли с малеиновым ангидридом в количестве 3,25–13,00 мас. % соответственно при температуре 180–190°C в течение 3,0 ч. Установлено, что процесс ацилирования завершается в течение 3,0 ч независимо от структуры полимера и состава ацилирующего агента.

На первом этапе исследования изучено влияние структуры полимера на процесс его ацилирования, групповой состав и физико-химические свойства образующихся продуктов (рисунок 1). Ацилированию КМА с кислотным числом 189,0 мг КОН/г подвергали аминоксодержащий полиамид с аминным числом 332,4 мг КОН/г и характеристической вязкостью 2,043 дл/г, полученный поликонденсацией АК и ДЭТА в соотношении 1 : 1

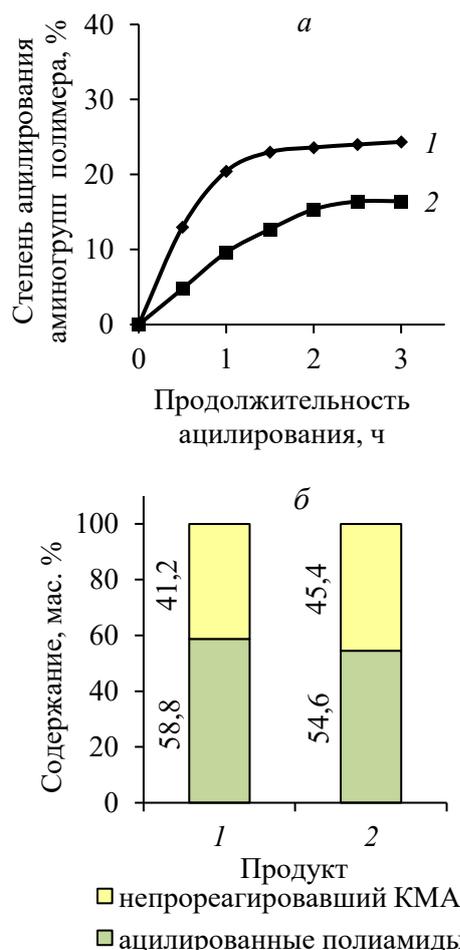


Рисунок 1 – Изменение степени ацилирования аминогрупп (а) аминоксодержащего полиамида (кривая 1) и полиамида с блокированными аминогруппами (кривая 2) при ацилировании КМА и групповой состав (б) образующихся продуктов соответственно

при 160–180°C в течение 3 ч, и полиамид с блокированными карбоксильными группами с аминным числом 377,8 мг КОН/г и характеристической вязкостью 1,968 дл/г, полученный в присутствии моноэтаноламина. В результате ацилирования аминоксодержащего полиамида достигалась более высокая степень ацилирования аминоксодержащих групп, равная 24,4% (рисунок 1, а, кривая 1), по сравнению со степенью ацилирования аминоксодержащих групп полиамида с блокированными карбоксильными группами (16,5%; рисунок 1, а, кривая 2). Продукты ацилирования полиамидов КМА представляли собой вещества, частично растворимые в воде (20°C), в состав которых входили преимущественно ацилированные полиамиды (рисунок 1, б), и различались кислотным (143,0 и 157,9 мг КОН/г) и аминным (95,0 и 129,6 мг КОН/г) числами, температурой размягчения (77,5 и 81,5°C) и характеристической вязкостью метанольных растворов (2,570 и 2,495 дл/г).

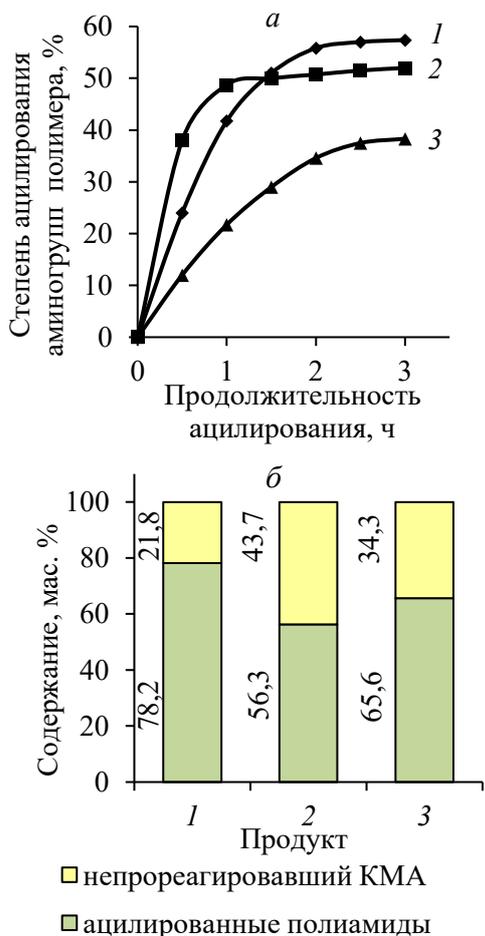


Рисунок 2 – Изменение степени ацилирования аминоксодержащих групп полиамида с блокированными карбоксильными группами при ацилировании КМА с кислотными числами 204,3 мг КОН/г (кривая 1), 212,6 мг КОН/г (кривая 2), 232,1 мг КОН/г (кривая 3) и групповой состав (б) образующихся продуктов соответственно

Максимальная степень ацилирования аминоксодержащих групп полиамидов не превышала 57,5% (рисунок 2, а, кривая 1) и достигалась при использовании КМА с кислотным числом, равным 204,3 мг КОН/г, что объясняется влиянием на протекание процесса «эффекта соседа». Групповой состав (рисунок 2, б) продуктов ацилирования полиамида КМА с кислотными числами 204,3; 212,6 и 232,1 мг КОН/г представлен ацилированными полиамидами со степенью ацилирования аминоксодержащих групп, равной 38,3–57,4% (рисунок 2, а), в количестве 56,3–78,2 мас. % и непрореагировавшими ацилирующими агентами в количестве 21,8–43,7 мас. %. Кислотные числа образующихся продуктов на 57,6; 52,0 и 38,3% ниже

исходных КМА, что объясняется уменьшением содержания свободных карбоксильных групп в системе. Снижение аминных чисел синтезированных продуктов на 88,1; 86,6 и 79,6% по сравнению с исходным полимером обусловлено вступлением аминогрупп в реакцию ацилирования со смоляными кислотами и МПК. Повышение кислотных чисел КМА от 204,3 до 232,1 мг КОН/г приводило к получению продуктов с более высокими температурой размягчения (от 83,8 до 88,5°C) и характеристической вязкостью растворов (от 2,507 до 2,565 дл/г).

Согласно данным ИК-спектроскопического анализа, в структуре продуктов ацилирования полиамидов КМА присутствовали третичные амидо-группы, карбоксильные группы 5-членных имидов, что в совокупности с представленными результатами свидетельствовало о протекании множества химических реакций, основными из которых являются, во-первых, присоединение смоляных кислот и МПК ко вторичной аминогруппе повторяющегося звена, во-вторых, присоединение смоляных кислот к концевой аминогруппе полимера и, в-третьих, присоединение МПК к концевой аминогруппе полимера с образованием N-замещенного имида МПК (рисунок 3).

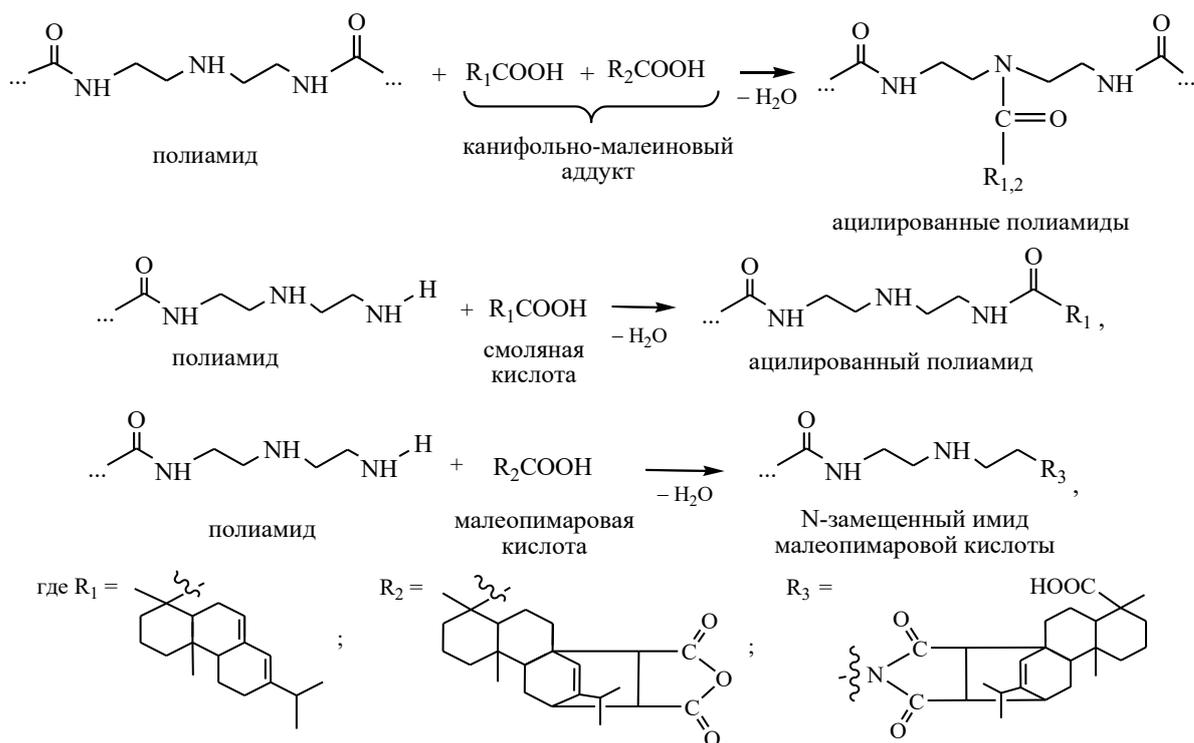


Рисунок 3 – Схема образования ацилированных полиамидов и N-замещенного имида МПК при ацилировании полиамидов КМА

Таким образом, продукты ацилирования реакционноспособных аминоксодержащих полиамидов КМА перспективны для создания бифункциональных веществ на их основе с улучшенными гидрофобизирующими свойствами, что

обусловлено амфифильностью их ацилированных производных: гидрофобная часть макромолекул (смоляные кислоты и МПК) обеспечивает им проклеивающие свойства; гидрофильная (полиамиды с amino- и амидогруппами) – адгезионные и упрочняющие. *Способ получения ацилированных полиамидов* включает последовательное осуществление поликонденсации эквимольных количеств АК и ДЭТА в расплаве при температуре 160–180°C в течение 2–3 ч и ацилирование образующегося полиамида КМА при температуре 150–160°C в течение 2–3 ч.

Четвертая глава посвящена разработке технологии модифицированной полиамидной смолы и изучению процесса ее коагуляции в присутствии полиоксихлорида алюминия. Для повышения растворимости продуктов ацилирования полиамидов КМА в воде осуществляли нейтрализацию непрореагировавших смоляных кислот в их составе гидроксидом натрия. Процесс получения модифицированной полиамидной смолы состоял из следующих основных стадий: *стадия 1* – поликонденсация эквимольных количеств АК и ДЭТА при температуре 160–180°C в течение 2,0–3,0 ч; *стадия 2* – ацилирование полиамидов КМА при температуре 150–160°C в течение 2,0–3,0 ч; *стадия 3* – частичная нейтрализация непрореагировавших на стадии 2 смоляных кислот и МПК гидроксидом натрия при температуре 90–98°C в течение 1,5 ч.

На первом этапе исследования изучено *влияние содержания МПК в составе КМА* (8,55–31,12 мас. %) на физико-химические (кислотное число, содержание сухих веществ, растворимость в воде и др.) и функциональные свойства модифицированной полиамидной смолы. Установлено, что содержание МПК (4,66–17,31 мас. %) в составе полученных образцов модифицированной полиамидной смолы оказывает наибольшее влияние на агрегативную устойчивость их водных растворов по сравнению с ее функциональными и физико-химическими свойствами. Для получения целевого продукта рациональным является использование КМА с содержанием МПК, равным 8,55 мас. %, что обеспечивает наибольшую устойчивость водных растворов модифицированной полиамидной смолы. В присутствии электролитов (сульфат алюминия, полиоксихлорид алюминия) образцы модифицированной полиамидной смолы коагулировали при значениях рН, равных 6,43–8,07, что позволяет использовать их при изготовлении бумаги и картона в нейтральной среде. В качестве коагулянта модифицированных полиамидных смол целесообразно применять полиоксихлорид алюминия.

На втором этапе исследования изучено *влияние расходов КМА и гидроксида натрия*, определяющих степень ацилирования аминогрупп полиамидов и степень нейтрализации целевого продукта, при получении модифицированной полиамидной смолы на ее физико-химические и функциональные свойства. Варьированием массового соотношения полимер : ацилирующий агент от 1,00 : 0,72 (образцы 1–4) до 1,00 : 0,36 (образцы 5–8) и количества нейтрализующего агента

от 0,02 до 0,06 (образцы 1–4) и от 0,02 до 0,05 (образцы 5–8) соответственно получены образцы модифицированной полиамидной смолы, различающиеся содержанием свободных смоляных кислот и проклеивающими и упрочняющими свойствами (рисунок 4). Образцы бумаги (элементарных слоев картона) изготавливались из целлюлозы с использованием модифицированной полиамидной смолы в количестве 0,25 и 0,50% от абсолютно сухого волокна (а. с. в.). В качестве образца сравнения применяли образцы бумаги (элементарные слои картона), изготовленные с использованием модифицированной полиамидной смолы с содержанием МПК 4,66 мас. % (образец с наибольшей устойчивостью растворов) в количестве 0,25% от а. с. в.

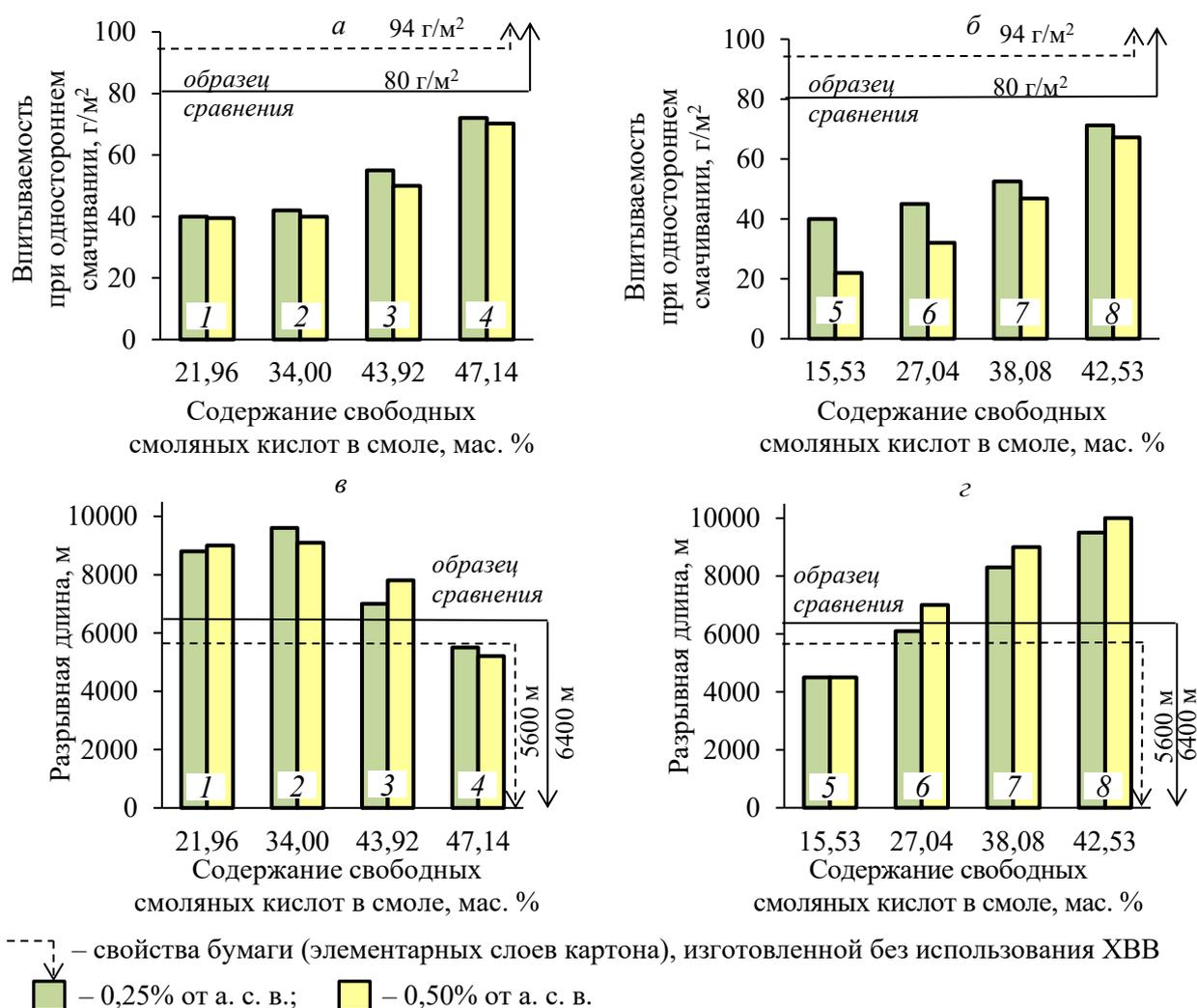


Рисунок 4 – Гидрофобные (а, б) и физико-механические (в, г) свойства бумаги (элементарных слоев картона), изготовленной с использованием образцов модифицированной полиамидной смолы 1–4 (а, в) и 5–8 (б, г), различающихся содержанием свободных смоляных кислот

Уменьшение расхода КМА при получении модифицированной полиамидной смолы и увеличение степени нейтрализации способствовали улучшению ее

гидрофобизирующего действия на бумажные массы. Наибольшее влияние на упрочняющие свойства модифицированной полиамидной смолы оказывала степень ее нейтрализации. Установлено, что целесообразным является использование при изготовлении бумаги образца модифицированной полиамидной смолы 2, так как использование образца смолы 1 сопряжено с необходимостью увеличения расхода коагулянта.

Таким образом, экспериментально установлено массовое соотношение полимер : КМА : гидроксид натрия (сухое вещество), равное 1,00 : 0,72 : 0,02 соответственно, обеспечивающее получение модифицированной полиамидной смолы с упрочняющим и улучшенным гидрофобизирующим действиями на бумажные массы, и разработаны технологические режимы (рисунок 5) и технология ее производства. Ацилирующий агент (КМА с кислотным числом не менее 189,0 мг КОН/г) получают конденсацией талловой канифоли с малеиновым ангидридом в течение 3,0 ч при температуре 180–190°C и массовом соотношении смоляные кислоты : модифицирующий агент, равном 10,00 : 0,33.



Рисунок 5 – Блок-схема и технологические режимы получения модифицированной полиамидной смолы

Гидрофобность образцов бумаги (элементарных слоев картона), изготовленных из макулатуры с использованием модифицированной полиамидной

смолы, составляет 11–15 г/м², что на 80,5–84,9% выше гидрофобности образцов, изготовленных с использованием традиционно применяемой полиамидной смолы ПроХим DUO. Физико-механические свойства рассматриваемых образцов бумаги (элементарных слоев картона) аналогичны.

На третьем этапе исследования изучены особенности и условия коагуляции модифицированной полиамидной смолы в присутствии полиоксихлорида алюминия, определен состав образующегося клеевого осадка и разработан способ проклейки и упрочнения бумажных масс в кислой и нейтральной средах. Групповой состав мо-

дифицированной полиамидной смолы представлен 69,75 мас. % полиамидов со степенью ацилирования аминогрупп 35,8%, 26,90 мас. % свободных смоляных кислот, 3,35 мас. % резинатов и малеопимарата натрия. Поэтому в интервале рН от 9,62 до 6,89 в присутствии полиоксихлорида алюминия (рисунок 6) она подвергалась многостадийной коагуляции, включающей, по нашему мнению, следующие стадии: диссоциация и гидролиз резинатов натрия; диссоциация карбоксильных групп ацилированных полиамидов; взаимодействие ионов алюминия и анионов резинатов с образованием резинатов алюминия; взаимодействие ионов алюминия с отрицательно заряженными ацилированными полиамидами с образованием сложных сетчатых структур. Установлено, что процесс коагуляции модифицированной полиамидной смолы в присутствии полиоксихлорида алюминия (рисунок 6) завершается при рН системы 7,05, соответствующем расходу электролита 0,051 г Al₂O₃/г смолы, с образованием клеевого осадка, содержащего 88,50 мас. % алюмосмоляных комплексов и 11,47 мас. % свободных смоляных кислот. Дальнейшее введение электролита в дисперсную систему приводит к протонированию аминогрупп ацилированных полиамидов и алюмосмоляных комплексов, что сообщает клеевому осадку положительный заряд.

Благодаря установленному свойству амфотерности модифицированная полиамидная смола оказывает гидрофобизирующее и упрочняющее действие на бумажные массы в широком интервале рН – от 5,7 до 7,5 (рисунок 7). На основании этого разработан способ проклейки и упрочнения бумажных масс в кислой и нейтральной средах. Последовательное введение в макулатурные суспензии модифицированной полиамидной смолы в количестве 0,25% от а. с. в. и полиоксихлорида алюминия до достижения значений рН бумажных масс от 5,8 до 7,2

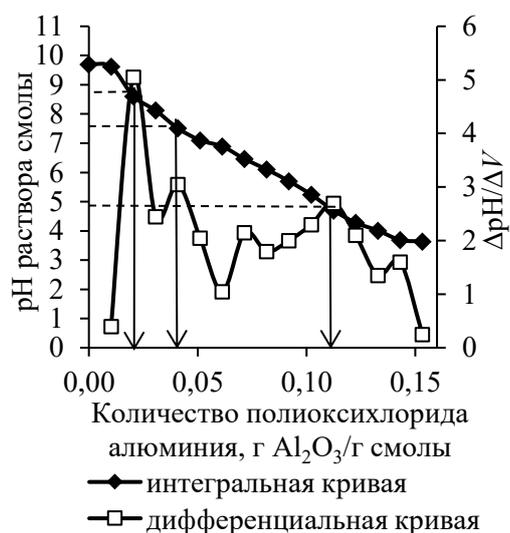
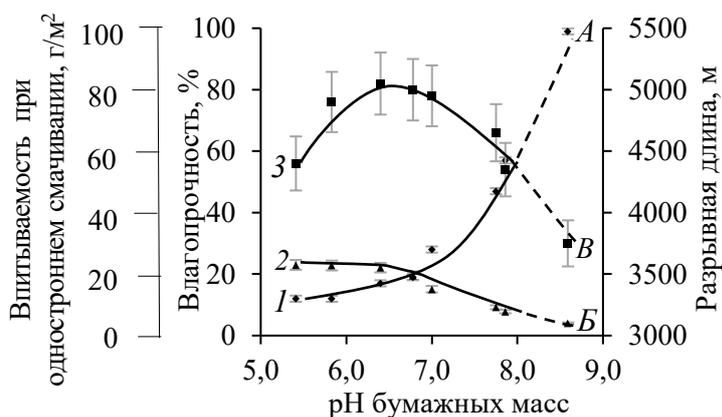


Рисунок 6 – Изменение рН 2,0%-го раствора модифицированной полиамидной смолы в присутствии полиоксихлорида алюминия



A, B, B – свойства образцов бумаги (элементарных слоев картона), изготовленных без использования ХВВ

Рисунок 7 – Впитываемость при одностороннем смачивании (кривая 1), влапопрочность (кривая 2) и разрывная длина (кривая 3) образцов бумаги (элементарных слоев картона), полученных из бумажных масс, содержащих 0,25% от а. с. в. модифицированной полиамидной смолы и различающихся значением pH

улучшило гидрофобные и физико-механические свойства бумаги на 71,7–87,8 и 20,7–23,2% соответственно. Выявлено, что гидрофобизирующее действие модифицированной полиамидной смолы не зависит от количества свободных смоляных кислот в составе клеевого осадка (рисунок 7, кривая 1), что подтверждает гидрофобизирующую способность ацилированных полиамидов – ее основного компонента.

Пятая глава посвящена результатам проведения опытно-промышленного выпуска модифицированной полиамидной смолы и ее применения при производ-

стве бумаги и картона. Опытно-промышленная партия модифицированной полиамидной смолы в виде 12,5%-го водного раствора (торговая марка ПроХим МРА) в количестве 2,8 т произведена на оборудовании ООО «ПромХимТехнологии» (г. Смолевичи) согласно разработанному технологическому регламенту ПР 190526670.003-2023 и по показателям качества соответствовала нормам технических условий ТУ ВУ 190526670.012-2023. Фактический экономический эффект составил 3793,12 руб., ожидаемый годовой при планируемом объеме производства 400,0 т – 541 875,20 руб. Применение модифицированной полиамидной смолы ПроХим МРА при производстве 140,0 т картона для гильз марки КГ на ОАО «Слонимский картонно-бумажный завод «Альбертин» (г. Слоним) показало возможность замены импортного проклеивающего вещества Fenposize RS KN 12A со снижением его расхода на 56,1% без ухудшения качества продукции. Фактический экономический эффект составил 1878,40 руб., ожидаемый годовой при планируемом производстве картона 60 000 т – 805 056,00 руб. В производственной лаборатории филиала «Добрушская бумажная фабрика «Герой труда» ОАО «Управляющая компания холдинга «Белорусские обои» (г. Добруш) подтверждена практическая целесообразность применения в композиции бумаги для обоев марки В1 и бумаги для гофрирования марки Б-2 модифицированной полиамидной смолы для улучшения их гидрофобности и прочности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации

1. Установленные зависимости изменения степени ацилирования аминогрупп полиамидов, группового состава и физико-химических свойств продуктов взаимодействия реакционноспособных аминоксодержащих линейных полиамидов с канифольно-малеиновыми аддуктами от структуры высокомолекулярного соединения и содержания малеопимаровой кислоты (8,55–31,12 мас. %) в ацилирующем агенте позволили научно обосновать способ получения ацилированных полиамидов путем последовательного осуществления стадий поликонденсации эквимольных количеств адипиновой кислоты и диэтилентриамин в расплаве при температуре 160–180°C в течение 2–3 ч и ацилирования образующегося полиамида канифольно-малеиновыми аддуктами при температуре 150–160°C в течение 2–3 ч. Ацилированные полиамиды обладают амфифильностью и перспективны для создания бифункциональных веществ за счет высокой степени ацилирования (16,5–57,4%) их аминогрупп [2–А; 5–А; 6–А; 7–А; 9–А; 10–А; 11–А; 12–А; 13–А; 15–А; 18–А].

2. Полученные зависимости влияния расходных параметров (количества модифицирующего, ацилирующего и нейтрализующего агентов) синтеза бифункционального вещества на его физико-химические свойства, гидрофобизирующую и упрочняющую способности позволили установить массовое соотношение полимер : канифольно-малеиновый аддукт : гидроксид натрия, равное 1,00 : 0,72 : 0,02 соответственно, обеспечивающее получение модифицированной полиамидной смолы с улучшенными проклеивающими свойствами, достигаемыми за счет ацилирования полиамида канифольно-малеиновым аддуктом. Установлено, что целесообразным для синтеза амфифильных соединений (ацилированных полиамидов) является применение аддукта с содержанием малеопимаровой кислоты 8,55 мас. %, обеспечивающее наибольшую устойчивость водных растворов модифицированной полиамидной смолы [1–А; 5–А; 8–А; 14–А; 16–А; 19–А].

3. Разработана технология модифицированной полиамидной смолы, включающая стадии поликонденсации мономеров (адипиновая кислота, диэтилентриамин) с образованием полиамида с кислотным числом не менее 76,7 мг КОН/г, его ацилирования канифольно-малеиновым аддуктом, полученным конденсацией талловой канифоли с малеиновым ангидридом в течение 3 ч при температуре 180–190°C и массовом соотношении смоляные кислоты : модифицирующий агент, равном 10,00 : 0,33, с кислотным числом не менее 189,0 мг КОН/г и последующей нейтрализации непрореагировавших смоляных и малеопимаровой кислот гидроксидом натрия при температуре 90–98°C в те-

чение 1,5 ч до достижения кислотного числа продукта не более 30,0 мг КОН/г и обеспечивающая улучшение ее гидрофобизирующих свойств, достигаемое за счет повышения степени ацилирования полиамидов канифольно-малеиновым аддуктом до 35,8% и присутствия в ее составе свободных смоляных кислот, резинатов и малеопимарата натрия и подтвержденное снижением впитываемости при одностороннем смачивании бумаги до 11–15 г/м², что на 80,5–84,9% выше, чем при использовании ПроХим DUO [1–А; 5–А; 8–А; 16–А; 17–А; 20–А].

4. На основании установленных параметров (расход электролита – 0,051 г Al₂O₃/г смолы; рН системы – 7,05) коагуляции модифицированной полиамидной смолы в присутствии полиоксихлорида алюминия (коагулянт) разработан способ проклейки и упрочнения бумажных масс в кислой и нейтральной средах, заключающийся во введении в макулатурные суспензии сначала смолы в количестве 0,25% от а. с. в., а затем коагулянта до достижения рН бумажных масс от 5,8 до 7,2 и обеспечивающий улучшение гидрофобности и прочности бумаги на 71,7–87,8 и 20,7–23,2% соответственно за счет амфифильности и амфотерности смолы [3–А; 4–А; 21–А; 22–А].

Рекомендации по практическому использованию результатов

1. Разработаны промышленный технологический регламент ПР 190526670.003-2023 и технические условия ТУ ВУ 190526670.012-2023 на производство модифицированной полиамидной смолы, в соответствии с которыми на действующем оборудовании ООО «ПромХимТехнологии» выпущена опытная партия в виде 12,5%-го водного раствора в количестве 2,8 т. Экономический эффект от внедрения технологии модифицированной полиамидной смолы составил: фактический – 3793,12 руб.; ожидаемый годовой при объеме выпуска 400,0 т – 541 875,20 руб. [17–А; 22–А].

2. Использование опытной партии модифицированной полиамидной смолы при производстве 140,0 т картона для гильз марки КГ на ОАО «Слонимский картонно-бумажный завод «Альбертин» позволило заменить импортное проклеивающее вещество FennoSize RS KN 12A и снизить норму его расхода на 56,1% при сохранении требуемого качества продукции. Экономический эффект составил: фактический – 1878,40 руб.; ожидаемый годовой при объеме производства 60 000 т – 805 056,00 руб. [4–А; 22–А].

3. В лабораторных условиях филиала «Добрушская бумажная фабрика «Герой труда» ОАО «Управляющая компания холдинга «Белорусские обои» подтверждена эффективность применения модифицированной полиамидной смолы при изготовлении бумаги для обоев марки В1 и бумаги для гофрирования марки Б-2 с улучшением гидрофобных и физико-механических свойств продукции на 2,2–33,3 и 1,5–81,3% соответственно [22–А].

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ

Статьи в журналах, входящих в перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований

1–А. Флейшер, В. Л. Канифольная композиция с гидрофобизирующим и упрочняющим действием на бумагу / В. Л. Флейшер, Я. В. Боркина // Труды БГТУ. Сер. 2, Химические технологии, биотехнологии, геоэкология. – 2020. – № 1 (229). – С. 131–137.

2–А. Боркина, Я. В. Кинетические характеристики поликонденсации адипиновой кислоты с диэтилентриамином / Я. В. Боркина, В. Л. Флейшер // Труды БГТУ. Сер. 2, Химические технологии, биотехнологии, геоэкология. – 2021. – № 2 (247). – С. 53–59.

3–А. Боркина, Я. В. Особенности электролитной коагуляции модифицированной полиамидной смолы и влияние ее на свойства бумаги и картона / Я. В. Боркина, В. Л. Флейшер // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя хімічных навук. – 2024. – Т. 60, № 4. – С. 326–339. – DOI: 10.29235/1561-8331-2024-60-4-326-339.

4–А. Боркина, Я. В. Особенности применения модифицированной полиамидной смолы в технологии бумаги и картона / Я. В. Боркина // Труды БГТУ. Сер. 2, Химические технологии, биотехнологии и геоэкология. – 2025. – № 2 (295). – С. 116–127. – DOI: 10.52065/2520-2669-2025-295-15.

5–А. Боркина, Я. В. Физико-химические и технологические аспекты создания нового вида функционального вещества для улучшения качества бумаги и картона / Я. В. Боркина // Полимерные материалы и технологии. – 2025. – Т. 11, № 3. – С. 59–72. – DOI: 10.32864/polymmattech-2025-11-3-59-72.

Материалы конференций

6–А. Липницкий, П. А. Анализ рынка продуктов на основе канифоли / П. А. Липницкий, Я. В. Боркина // Химия и химическая технология переработки растительного сырья : материалы Междунар. науч.-техн. конф., посвящ. 100-летию со Дня рождения профессора В. М. Резникова, Минск, 10–12 окт. 2018 г. / Белорус. гос. технол. ун-т ; редкол.: И. В. Войтов (гл. ред.), В. Л. Флейшер, Н. В. Черная. – Минск, 2018. – С. 55–59.

7–А. Липницкий, П. А. Перспективные для Республики Беларусь направления переработки канифоли / П. А. Липницкий, Я. В. Боркина // Актуальные проблемы развития лесного комплекса : материалы XVI Междунар. науч.-техн. конф., Вологда, 5 дек. 2018 г. / М-во науки и высш. образ. РФ,

Правительство Вологод. обл., Департамент лесн. комплекса Вологод. обл., Вологод. гос. ун-т ; редкол.: А. А. Сеницын, Ю. М. Авдеев, С. М. Хамитова (отв. ред.). – Вологда: ВоГУ, 2019. – С. 224–226.

8–А. Боркина, Я. В. Разработка канифольной клеевой композиции для проклейки бумаги / Я. В. Боркина, П. А. Липницкий // 70-я науч.-техн. конф. учащихся, студентов и магистрантов, Минск, 15–20 апр. 2019 г. : сб. науч. работ : в 4 ч. / Бел. гос. технол. ун-т ; редкол.: Э. Т. Крутько [и др.]. – Минск, 2019. – Ч. 2. – С. 8–11. – URL: https://elib.belstu.by/bitstream/123456789/31317/1/Borkina_Razrabotka.pdf (дата обращения: 09.10.2024).

9–А. Боркина, Я. В. Исследование процессов малеинизации канифоли и взаимодействия малеинизированной канифоли с диэтилентриамином / Я. В. Боркина, В. Л. Флейшер // Технология органических веществ : материалы 84-й науч.-техн. конф. проф.-препод. состава, науч. сотр. и асп., посвящ. 90-летнему юбилею БГТУ и Дню белорус. науки (с междунар. участием), Минск, 3–14 февр. 2020 г. / Белорус. гос. технол. ун-т ; редкол.: И. В. Войтов (гл. ред.). – Минск, 2020. – С. 36–38. – URL: https://elib.belstu.by/bitstream/123456789/33552/Borkina_Issledovanie.pdf (дата обращения: 09.10.2024).

10–А. Боркина, Я. В. Взаимодействие малеопимаровой кислоты с диэтилентриамином / Я. В. Боркина, В. Л. Флейшер // Современная целлюлозно-бумажная промышленность. Актуальные задачи и перспективные решения : материалы II Междунар. науч.-техн. конф. молодых ученых и специалистов ЦБП, Санкт-Петербург, 23 нояб. 2020 г. : в 2 т. / М-во науки и высш. образ. РФ, Высш. шк. технол. и энергетики ФГБОУ ВО «С.-Петерб. гос. ун-та пром. технол. и дизайна» ; редкол.: О. В. Федорова (отв. ред.), А. Г. Кузнецов. – СПб., 2020. – Т. 1. – С. 26–28.

11–А. Боркина, Я. В. Влияние температуры и продолжительности поликонденсации диэтилентриамин и адипиновой кислоты на степень конверсии реагентов / Я. В. Боркина, В. Л. Флейшер // Технология органических веществ : материалы 85-й науч.-техн. конф. проф.-препод. состава, науч. сотр. и асп. (с междунар. участием), Минск, 1–13 февр. 2021 г. / Белорус. гос. технол. ун-т ; редкол.: И. В. Войтов (гл. ред.). – Минск, 2021. – С. 52–54. – URL: https://elib.belstu.by/bitstream/123456789/41894/1/Borkina_Vliyaniye.pdf (дата обращения: 09.10.2024).

12–А. Боркина, Я. В. Изменение вязкости растворов полиаминоамидов адипиновой кислоты и диэтилентриамин при их взаимодействии с модифицированной канифолью / Я. В. Боркина, В. Л. Флейшер // Актуальные проблемы науки о полимерах : сб. тр. II Всерос. науч. конф. (с междунар. участием) преподавателей и студентов ВУЗов, Казань, 25–26 мая 2021 г. / М-во науки и высш. образ. РФ, ФГБОУ ВО «Казан. нац. исслед. технол. ун-т ; редкол.: О. В. Стоянов (пред.) [и др.]. – Казань, 2021. – С. 30.

13–А. Боркина, Я. В. Влияние регулятора молекулярной массы на протекание процесса поликонденсации диэтилентриамин и адипиновой кислоты и свойства образующегося продукта / Я. В. Боркина, В. Л. Флейшер // Измерения, автоматизация и моделирование в промышленности и научных исследованиях (ИАМП–2021) : материалы XVI Всерос. науч.-техн. конф. студ., асп. и молодых ученых с междунар. участием, Бийск, 27–28 сент. 2021 г. / М-во науки и высш. образ. РФ, БТИ ФГБОУ ВО «Алт. гос. техн. ун-т им. И. И. Ползунова» ; редкол.: А. В. Шалунов, Р. Н. Голых, А. Е. Зятикова. – Бийск, 2021. – С. 86–87.

14–А. Боркина, Я. В. Влияние количества малеопимаровой кислоты на функциональные свойства полиамидной смолы для бумаги / Я. В. Боркина, В. Л. Флейшер // Современная целлюлозно-бумажная промышленность. Актуальные задачи и перспективные решения : материалы III Междунар. науч.-техн. конф. молодых ученых и специалистов ЦБП, Санкт-Петербург, 8 нояб. 2021 г. : в 2 т. / М-во науки и высш. образ. РФ, Высш. шк. технол. и энергетики ФГБОУ ВО «С.-Петерб. гос. ун-т пром. технол. и дизайна» ; редкол.: О. В. Федорова, А. Г. Кузнецов. – Т. 1. – СПб., 2022. – С. 44–48.

15–А. Боркина, Я. В. Взаимодействие полиаминоамидов с канифольно-малеиновыми аддуктами / Я. В. Боркина, В. Л. Флейшер // Технология органических веществ : материалы 86-й науч.-техн. конф. проф.-препод. состава, науч. сотrud. и асп. (с междунар. участием), Минск, 31 янв. – 12 февр. 2022 г. / Беларус. гос. технол. ун-т ; редкол.: И. В. Войтов (гл. ред.). – Минск, 2022. – С. 68–70. – URL: https://elib.belstu.by/bitstream/123456789/46459/1/Боркина_Взаимодействие.pdf (дата обращения: 11.10.2024).

16–А. Боркина, Я. В. Влияние состава полиамидных смол на гидрофобные свойства бумаги / Я. В. Боркина, В. Л. Флейшер // Технологии и оборудование химической, биотехнологической и пищевой промышленности : материалы XV Всерос. науч.-практ. конф. студ., асп. и молодых ученых с междунар. участием, Бийск, 18–20 мая 2022 г. / М-во науки и высш. образ. РФ, БТИ ФГБОУ ВО «Алт. гос. техн. ун-т им. И. И. Ползунова» ; редкол.: А. Н. Блазнов, В. В. Будаева, И. Н. Павлов. – Бийск, 2022. – С. 81–84.

17–А. Боркина, Я. В. Улучшение физико-механических свойств бумаги и картона с использованием модифицированной полиамидной смолы / Я. В. Боркина, В. Л. Флейшер // Проблемы механики целлюлозно-бумажных материалов : материалы VII Междунар. науч.-техн. конф. имени проф. В. И. Комарова, Архангельск, 14–16 сент. 2023 г. / М-во науки и высш. образ. РФ, ФГАОУ ВО «Сев. (Арктич.) федер. ун-т им. М. В. Ломоносова» ; сост.: В. В. Гораздова, Ю. В. Севастьянова, Е. А. Топтунов ; редкол.: Н. В. Щербак, Ю. В. Севастьянова, Я. В. Казаков. – Архангельск, 2023. – С. 88–93.

18–А. Боркина, Я. В. Амфифильные вещества в технологии бумаги и

картона / Я. В. Боркина, В. Л. Флейшер // Технология органических веществ : материалы 88-й науч.-техн. конф. проф.-препод. состава, науч. сотр. и асп. (с междунар. участием), Минск, 29 янв. – 16 февр. 2024 г. / Беларус. гос. технол. ун-т ; редкол.: И. В. Войтов (гл. ред.). – Минск, 2024. – С. 270–274. – URL: https://elib.belstu.by/bitstream/123456789/65607/1/Боркина_Амфифильные%20.pdf (дата обращения: 11.10.2024).

Тезисы докладов

19–А. Боркина, Я. В. Исследование физико-химических свойств канифольной композиции / Я. В. Боркина // Наука – шаг в будущее : тез. докл. XIII студенч. науч.-практ. конф. факультета технологии орган. в-в, Минск, 4–5 дек. 2019 г., / Беларус. гос. технол. ун-т. – Минск, 2019. – С. 111.

20–А. Боркина, Я. В. Сравнение качественных показателей канифольно-малеиновых аддуктов, полученных при различных условиях / Я. В. Боркина // Наука – шаг в будущее : тез. докл. XIV студенч. науч.-практ. конф. факультета технологии орган. в-в, приуроч. к 90-летию основания БГТУ, Минск, 30 нояб. – 4 дек. 2020 г. / Беларус. гос. технол. ун-т. – Минск, 2020. – С. 75.

21–А. Боркина, Я. В. Изучение процесса коагуляции полиамидной смолы в присутствии солей алюминия / Я. В. Боркина // Наука – шаг в будущее : тез. докл. XV студенч. науч.-практ. конф. факультета технологии орган. в-в, Минск, 1–2 дек. 2021 г. / Беларус. гос. технол. ун-т. – Минск, 2021. – С. 45.

Заявка на патент Республики Беларусь

22–А. Заявка № а 20250116, МПК D21H 17/55, D21H 17/62, D21 H 17/70. Способ проклейки и упрочнения бумажных масс в кислой и нейтральной средах при изготовлении массовых видов бумаги и картона : заявлено 02.06.2025 / Боркина Я. В., Флейшер В. Л. ; заявитель Беларус. гос. технол. ун-т.



РЭЗІЮМЭ

Боркіна Яна Валер'еўна

Ацыляванья поліаміды на аснове адыпінавай кіслаты і дыэтылентрыаміну для павышэння якасці паперы і кардону

Ключавыя словы: тэхналогія, каніфольна-малеінавы адукт, ацыляванья поліаміды, гідрафобнасць, трываласць, папера, кардон

Мэта даследавання – распрацаваць тэхналогію ацылявання поліамідаў каніфольна-малеінавымі адуктамі для атрымання мадыфікаванай поліаміднай смалы біфункцыянальнага дзеяння на папяровыя масы.

Метады даследавання: кіслотна-асноўнае і патэнцыяметрычнае тытраванне; ІЧ-спектраскапія, спектрафотаметрыя; комплексны тэрмічны аналіз; электрафарэтычнае светлавае рассеяванне; паслядоўная экстракцыя растваральнікамі.

Атрыманья вынікі і іх навізна. Распрацавана тэхналогія мадыфікаванай поліаміднай смалы з палепшанымі гідрафабізуючым і ўзмацняючым дзеяннем на папяровыя масы, што базуецца на ацыляванні рэакцыйназдольнага аміназмяшчальнага поліаміду лінейнай структуры каніфольна-малеінавымі адуктамі і наступнай нейтралізацыі прадукта, што ўтвараецца, гідраксідам натрыю пры масавых суадносінах палімер : ацылюючы агент : нейтралізуючы агент, роўных 1,00 : 0,72 : 0,02 адпаведна. За кошт прысутнасці ў структуры часцін клеявога асадку мадыфікаванай поліаміднай смалы азотазмяшчальных звёнаў забяспечваюцца яе раўнамернае размеркаванне на валокнах і поўнае ўтрыманне ў структуры папяровых лістоў, што дазваляе палепшыць гідрафобныя і фізіка-механічныя ўласцівасці паперы з другаснай сыравіны на 80,9 і 19,5% адпаведна пры іх вырабе ў нейтральным асяроддзі.

Рэкамендаціі па выкарыстанні. Распрацаваная тэхналогія мадыфікаванай поліаміднай смалы апрабавана на ТАА «ПрамХімТэхналогіі» (г. Смалявічы) з атрыманнем доследнай партыі ў колькасці 2,8 т, якая выкарыстана пры вытворчасці кардону для гільзаў маркі КГ на ААТ «Слоніўскі кардонна-папяровы завод «Альбярцін» (г. Слоніў).

Галіна выкарыстання: лесахімічная і цэлюлозна-папяровая галіны прамысловасці.

РЕЗЮМЕ

Боркина Яна Валерьевна

Ацилированные полиамиды на основе адипиновой кислоты и диэтилентриамины для повышения качества бумаги и картона

Ключевые слова: технология, канифольно-малеиновые аддукт, ацилированные полиамиды, гидрофобность, прочность, бумага, картон

Цель исследования – разработать технологию ацилирования полиамидов канифольно-малеиновыми аддуктами для получения модифицированной полиамидной смолы бифункционального действия на бумажные массы.

Методы исследования: кислотнo-основное и потенциометрическое титрование; ИК-спектроскопия, спектрофотометрия; комплексный термический анализ; электрофоретическое световое рассеяние; последовательная экстракция растворителями.

Полученные результаты и их новизна. Разработана технология модифицированной полиамидной смолы с улучшенными гидрофобизирующим и упрочняющим действием на бумажные массы, базирующаяся на ацилировании реакционноспособного аминоксодержащего полиамида линейного строения канифольно-малеиновыми аддуктами и последующей нейтрализации образующегося продукта гидроксидом натрия при массовом соотношении полимер : ацилирующий агент : нейтрализующий агент, равном 1,00 : 0,72 : 0,02 соответственно. За счет присутствия в структуре частиц клеевого осадка модифицированной полиамидной смолы азотсодержащих звеньев обеспечивается ее равномерное распределение на волокнах и полное удержание в структуре бумажных листов, что позволяет улучшить гидрофобные и физико-механические свойства бумаги из вторичного сырья на 80,9 и 19,5% соответственно при их изготовлении в нейтральной среде.

Рекомендации по использованию. Разработанная технология модифицированной полиамидной смолы апробирована на ООО «ПромХим-Технологии» (г. Смолевичи) с получением опытной партии в количестве 2,8 т, которая использована при производстве картона для гильз марки КГ на ОАО «Слонимский картонно-бумажный завод «Альбертин» (г. Слоним).

Область применения: лесохимическая и целлюлозно-бумажная отрасли промышленности.

SUMMARY

Yana V. Borkina

Acylated polyamides based on adipic acid and diethylenetriamine for improving the quality of paper and cardboard

Keywords: technology, rosin-maleic adduct, acylated polyamides, hydrophobicity, strength, paper, cardboard

The purpose of the study is to develop a technology for the acylation of polyamides with rosin-maleic adducts to obtain a modified polyamide resin with a bifunctional effect on paper pulps.

Research methods: acid-base and potentiometric titration; IR spectroscopy; spectrophotometry; complex thermic analysis; electrophoretic light scattering method; method of sequential extraction with solvents.

The results obtained and their novelty. A technology has been developed for a modified polyamide resin with improved hydrophobic strengthening effect on paper pulps, based on the acylation of a reactive amino-containing linear polyamide with rosin-maleic adducts and subsequent neutralization of the resulting product with sodium hydroxide at a mass ratio of polymer : acylating agent : neutralizing agent equal to 1.00 : 0.72 : 0.02, respectively. Due to the presence of nitrogen-containing links in the structure of the particles of the adhesive sediment of the modified polyamide resin, its uniform distribution on the fibers and complete retention in the structure of paper sheets are ensured. It makes improve the hydrophobic and physical and mechanical properties of paper from secondary raw materials by 80.9 and 19.5%, respectively, during their manufacture in a neutral environment.

Recommendations for use. The developed technology of modified polyamide resin was tested at LLC “PromKhimTekhnologii” (Smolevichi) with the production of a pilot batch of 2.8 t. The pilot batch was used in the production of cardboard for KG grade cores at the JSC “Slonim Cardboard and Paper Plant “Albertin” (Slonim).

Application area: forest-chemical, pulp and paper industries.

Научное издание

Боркина Яна Валерьевна

**АЦИЛИРОВАННЫЕ ПОЛИАМИДЫ
НА ОСНОВЕ АДИПИНОВОЙ КИСЛОТЫ И ДИЭТИЛЕНТРИАМИНА
ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА БУМАГИ И КАРТОНА**

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук по специальности
05.21.03 – технология и оборудование химической переработки
биомассы дерева; химия древесины

Ответственный за выпуск Я. В. Боркина

Подписано в печать 02.02.2026. Формат 60×84^{1/16}.
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать ризографическая.
Усл. печ. л. 1,5. Уч.-изд. л. 1,0.
Тираж 60 экз. Заказ 48.

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.