

КНЯЗЕВА ЮЛИЯ АЛЕКСАНДРОВНА

ТЕХНОЛОГИЯ МЕЛОВАННОГО КРАФТ-ЛАЙНЕРА

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

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Санкт – Петербург
2018

Работа выполнена в ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна» на кафедре Технологии целлюлозы и композиционных материалов

Научный руководитель: **Махотина Людмила Герцевна**,
доктор технических наук, доцент, ФГБОУ ВО
«Санкт-Петербургский государственный
университет промышленных технологий и
дизайна», кафедра технологии целлюлозы и
композиционных материалов, профессор

Официальные оппоненты: **Казаков Яков Владимирович**,
доктор технических наук, доцент,
заведующий кафедрой целлюлозно-бумажных и
лесохимических производств ФГАОУ ВО
«Северный (Арктический) федеральный
университет имени М.В. Ломоносова»

Мусина Ляйсан Рафаиловна,
кандидат технических наук, доцент кафедры
технологии переработки полимеров и
композиционных материалов ФГБОУ ВО
«Казанский национальный исследовательский
технологический университет»

Ведущая организация: ФГБОУ ВО «Уральский государственный
лесотехнический университет»

Защита диссертации состоится «16» _____ 2018 г. в 11 часов 00 минут на заседании Диссертационного Совета Д 212.236.08 при ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна» по адресу: 198095, г. Санкт-Петербург, ул. Ивана Черных, д. 4, зал заседаний Учёного совета (А-231).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна» и на сайте <http://gturp.spb.ru/>. Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные печатью, просим направлять по адресу: 198095 Санкт-Петербург, ул. Ивана Черных, д.4.

В отзыве указываются фамилия, имя, отчество, почтовый адрес, телефон и адрес электронной почты (при наличии), наименование организации и должность лица с указанием структурного подразделения, представившего отзыв (п. 28 положения о присуждении ученых степеней).

Автореферат разослан « ____ » _____ 2018 г.

Учёный секретарь
диссертационного совета,
доктор химических наук, профессор

Попова Л.М.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В настоящее время в мире производится свыше 400 млн. т. бумаги и картона. Наиболее массовыми видами являются бумага для печати и тароупаковочные целлюлозно-композиционные материалы. Одним из наиболее востребованных материалов для производства упаковки является гофрокартон, который состоит из плоских слоев и гофрированного слоя – флютинга. В мире при производстве плоских слоев – лайнера, в основном, используют вторичное волокно. В России, в большей степени, используют первичное волокно. Для придания оптических и печатных свойств верхний слой крафт-лайнера изготавливают из беленых видов целлюлозы, на который затем иногда наносят меловальное покрытие. Однако такой лайнер значительно дороже, что, в свою очередь, приводит к удорожанию гофрокартона и гофротары. Одним из возможных способов, обеспечивающих получение материала для плоского слоя с высокими печатными и оптическими свойствами, является нанесение меловального покрытия непосредственно на крафт-лайнер, изготовленный из небеленых волокнистых полуфабрикатов. В настоящее время крупномасштабное производство такого материала отсутствует.

Цель и задачи исследования. Разработка технологии мелованного крафт-лайнера из небеленых волокнистых полуфабрикатов. Для реализации поставленной цели представлялось необходимым решить следующие задачи:

- Разработать композицию и технологию крафт-лайнера основы для мелования;
- Разработать композицию меловальной суспензии с высокой кроющей способностью;
- Разработать технологию мелования крафт-лайнера основы;
- Оценить влияние воздействия разработанной технологии на окружающую среду.

Научная новизна. На основании экспериментальных исследований научно обоснованы пути создания мелованного крафт-лайнера из небеленых волокнистых полуфабрикатов.

Разработан композиционный состав крафт-лайнера основы для мелования из небеленых волокнистых полуфабрикатов.

Научно обоснован состав стирол-акрилатной дисперсии, обеспечивающий за счет использования двойной системы анионного и неионогенного эмульгаторов и двух функциональных мономеров с амино- и силоксановыми группами высокие показатели качества мелованной продукции.

Научно обосновано использование в меловальной суспензии карбоната кальция с однородным распределением частиц по размерам, что обеспечивает получение покрытия с высокой кроющей способностью.

На основании оценки жизненного цикла показан уровень воздействия отдельных стадий производства крафт-лайнера на окружающую среду. Выявлены значительные категории воздействия.

Теоретическая и практическая значимость работы.

Разработана технология и номенклатура показателей качества мелованного крафт-лайнера из небеленых волокнистых полуфабрикатов.

Создание мелованного крафт-лайнера обеспечит расширение рынка гофропродукции.

Разработана технология крафт-лайнера основы для мелования из небеленых волокнистых полуфабрикатов.

Совместно с Российскими производителями латексов разработана рецептура стирол-акрилатных дисперсий для целлюлозно-бумажной промышленности, что обеспечит импортозамещение.

На примере оценки жизненного цикла тарного картона показана возможность использования данного метода для определения негативных воздействий, возникающих при производстве различных видов целлюлозно-бумажной продукции.

Методология и методы исследования. В работе использовались современные методы исследования бумажной массы, меловальных суспензий: электро-кинетические, реологические методы, методы исследования морфологии волокна. Применялись разрушающие и неразрушающие методы исследования свойств картона.

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

Апробация работы. Основные научные положения работы докладывались на международных конференциях: Pap-For, СПб, 2014, 2016; «Перспективы развития техники и технологий в ЦБП», Пермь, 2014; «Полимерные дисперсии, клеевые и лакокрасочные материалы», Дзержинск, 2015; «Наноструктурные, волокнистые и композиционные материалы», СПб, 2015, 2016; «Проблемы механики целлюлозно-бумажных материалов», Архангельск, 2015; «Новейшие достижения в области инновационного развития целлюлозно-бумажной промышленности», Минск, 2017; «Леса России: Политика, промышленность, наука, образование», СПб, 2017.

Публикации. По результатам исследований опубликовано 10 печатных работ, включая 4 статьи в журналах, входящих в перечень, утверждённый ВАК РФ.

Структура и объем работы. Диссертация включает следующие разделы: введение, литературный обзор, теоретический анализ выбора направления работы и постановка задачи исследования, методическую, экспериментальную, технологическую и экономическую части, заключение и список литературы из 127 наименований, приложения. Общий объем диссертации 152 страницы, включая 65 рисунков, 21 таблицу и 3 приложения.

Положения, выносимые на защиту:

- взаимосвязь между капиллярно-пористой структурой крафт-лайнера основы и градусом помола волокнистых полуфабрикатов, их процентным соотношением в композиции бумажной массы, степенью проклейки и видом систем удержания;

- влияние капиллярно-пористой структуры крафт-лайнера основы на формирование структуры меловального покрытия;

- влияние различных видов пигментов и связующих на показатели качества мелованного крафт-лайнера;

- оценка влияния жизненного цикла мелованного картона по показателям категорий воздействия на окружающую среду.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность работы, сформулирована цель и задачи исследования, показаны научная новизна и практическая значимость работы.

В первом разделе рассматривается современное состояние, основные проблемы и перспективы развития рынка бумаги и картона, гофрокартона. Рассмотрены вопросы, связанные с характеристикой сырья, используемого для производства крафт-лайнера, особенностями технологии картона-основы и технологии мелования картона.

Во втором разделе приведено обоснование выбора направления работы и постановки задачи исследования.

В третьем разделе приведены объекты и методики исследований. Для проведения исследования использовали волокнистые полуфабрикаты, которые в настоящее время применяются при производстве крафт-лайнера: полуцеллюлозу высокого выхода, выработанную по нейтрально-сульфитному способу (НСПЦ) из осины и сульфатную небеленую хвойную целлюлозу.

Четвертый раздел посвящен результатам исследований и их обсуждению.

В первой части работы была изучена возможность использования промышленных образцов крафт-лайнера в качестве основы для мелования. Нанесение покрытия осуществляли на универсальной пилотной установке, позволяющей имитировать промышленные технологии мелования. Для нанесения использовали стандартную меловальную суспензию на основе карбоната кальция и каолина, которую наносили с помощью пленочного пресса и шабера-лезвия. Анализ полученных данных (табл. 1) показал, что нанесение однослойного меловального покрытия привело к увеличению белизны лишь до 30-35% и незначительному снижению шероховатости.

Таблица 1. Свойства образцов мелованного крафт-лайнера

Способ нанесения меловального покрытия	Белизна ИСО, %	Шероховатость по Паркеру, мкм	Шероховатость по Бендтсену, мл/мин
Без меловального покрытия	15±0,3	>8	1091±0,3
Пленочный пресс	30±0,3	>8	2000±0,3
Шабер-лезвие	35±0,3	>8	951±0,3

Использование при меловании шабера-лезвия обеспечивает получение более высокой белизны и меньшую шероховатость, т.к. под воздействием шабера-лезвия формируется гладкое покрытие. При использовании пленочного пресса формируется контурное покрытие, полностью повторяющее поверхность шероховатой основы. Поэтому в работе для нанесения меловального покрытия использовали шабер-лезвие.

Двух- и трехслойное мелование, с использованием в верхних слоях пигментов, которые традиционно используются для увеличения кроющей способности покрытия, кальцинированного каолина и диоксида титана, привело к увеличению белизны до 57-68 %, однако не обеспечило требуемого значения шероховатости. Кроме того, промышленные образцы крафт-лайнера имеют высокую степень внутримассной проклейки (25 г/м² по Кобб₆₀), неравномерное качество формования (просвет), плохо

смачиваются, что приводит к неоднородному нанесению меловальной суспензии и получению образцов с «пятнистым покрытием».

На основании результатов предварительного исследования было показано, что использовать промышленные виды крафт-лайнера в качестве основы для мелования не представляется возможным. В связи с этим представлялось необходимым разработать технологию крафт-лайнера основы для мелования.

При разработке технологии крафт-лайнера для мелования необходимо учитывать, что капиллярно-пористая структура основы должна обеспечить не только физико-механические и прочностные свойства, но также формирование структуры покрытия и композиционную устойчивость материала. Получение композиционно устойчивого материала базируется на концепции проф. Э.Л. Акима о направленном изменении физического (релаксационного) состояния полимеров в процессе производства бумаги или картона с покрытием.

В качестве волокнистых полуфабрикатов использовали сульфатную хвойную небеленую целлюлозу (СФА) и нейтральную сульфитную полуцеллюлозу (НСПЦ). Размол волокнистых полуфабрикатов является важнейшей стадией производства бумаги и картона и оказывает влияние на формирование их капиллярно-пористой структуры. Размол придает волокнам гибкость и пластичность, определенную степень гидратации, что обеспечивает связь волокон в бумажном листе, хорошее формование, гладкость.

В связи с этим было изучено влияние процесса размола на формирование капиллярно-пористой структуры крафт-лайнера основы (рис. 1).

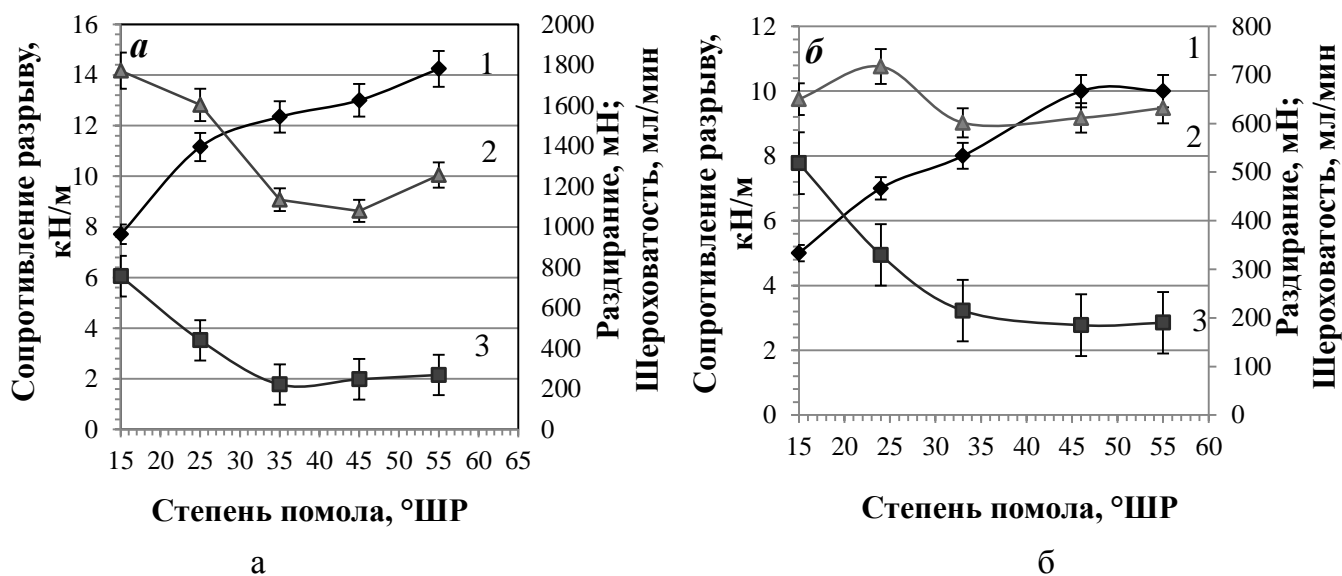


Рис. 1. Влияние процесса размола на физико-механические и печатные свойства СФА (а) и НСПЦ (б): 1 – сопротивление разрыву, кН/м; 2 – сопротивление раздиранию, мН; 3 – шероховатость, мл/мин

Размол проводили отдельно на ролле Валлея, обеспечивающем наиболее близкие условия к производственным. Исследование свойств отливок, соответствующих массе картона 125 г/м^2 , показало, что оптимальной степенью помола является для СФА 35°ШР , а для НСПЦ 40°ШР . При этих градусах помола наблюдается минимальное

значение шероховатости, достаточно высокие значения сопротивления разрыву и раздиранию при незначительном снижении скорости обезвоживания.

Как показали исследования морфологии (табл. 2), это объясняется высокой степенью фибрилляции волокна без снижения его длины и низким процентным содержанием мелкого волокна при выбранных градусах помола.

Таблица 2. Морфология волокна

Степень помола, ° ШР	Средневзвешенная длина, мм		Ширина, мкм		Индекс фибрилляции, %		Содержание мелочи, % к площади	
	СФА	НСПЦ	СФА	НСПЦ	СФА	НСПЦ	СФА	НСПЦ
15±2	1,5	1,0	30,5	29,2	0,5	0,8	1,6	10,1
35±2	1,5	0,9	31,8	30,0	0,9	0,9	3,8	10,3
40±2	1,5	0,9	32,4	30,6	0,8	0,9	7,4	10,5
55±2	1,5	0,9	32,1	31,0	0,8	1,0	8,3	11,7

Для выбора композиции по волокну были изготовлены отливки с различным соотношением СФАЦ/НСПЦ, соответствующие массе картона 125 г/м². Предварительно волокнистые полуфабрикаты подвергались отдельному размолу до значений степени помола для СФАЦ 35 ±2 ° ШР, а для НСПЦ 40 ±2 ° ШР.

Исследование свойств отливок (табл. 3) показало, что при увеличении доли НСПЦ в смеси до 40-50 % наблюдается незначительное повышение прочностных характеристик (сопротивление разрыву, сопротивление продавливанию и разрушающее усилие при сжатии кольца), величина которых при дальнейшем увеличении содержания НСПЦ снижается.

Показатель SCT, характеризующий сопротивление образцов картона сжатию на коротком расстоянии, снижается даже при небольшом содержании в композиции НСПЦ, что, вероятно, объясняется низкой гибкостью, хрупкостью волокна из-за содержащегося лигнина в волокнах НСПЦ. Однако при содержании НСПЦ 40-50 % значения показателей качества отливок соответствуют значениям промышленных образцов крафт-лайнера массой 125 г/м². В связи с этим для дальнейшей работы была выбрана композиция по волокну СФАЦ/НСПЦ = 60/40.

Таблица 3. Свойства отливок с разным содержанием НСПЦ

Свойства	Содержание НСПЦ, %						
	0	20	40	50	60	80	100
Сопротивление разрыву, кН/м	11	12	13	12	11	10	8
Индекс сопротивления разрыву, Нм/г	88	96	103	106	89	83	64
Сопротивление продавливанию, кПа	710	854	763	756	654	593	568
Разрушающее усилие при сжатии кольца (RCT), Н	120	146	171	150	127	103	83
Сопротивление сжатию (SCT), кН/м	3,7	2,7	2,7	2,5	2,3	2,2	2,1
Воздухопроницаемость по Бендтсену, мл/мин	600	65	25	24	25	20	30
Шероховатость по Бендтсену, мл/мин	440	276	262	256	240	210	215

Для придания картону заданной степени гидрофобности применяют внутримассную проклейку, используя синтетические клеи на основе алкилкетенимера (АКД), алкенилянтарного ангидрида (АСА) или канифольный клей.

Исследование электрокинетических свойств показало, что бумажная масса, состоящая из смеси небеленой хвойной сульфатной целлюлозы и НСПЦ имеет высокое значение катионной потребности (-970 ± 50 мг-экв./л), при котором использование синтетических клеев будет затруднено. Высокое значение катионной потребности связано с наличием в массе из небеленых волокнистых полуфабрикатов большого количества анионных загрязнений. Для обеспечения возможности использования карбоната кальция в грунтовочном слое меловального покрытия, который склонен к растворению при низких значениях pH, использовали канифольную дисперсию, предназначенную для работы в псевдонейтральной среде в сочетании с полиоксихлоридом алюминия (ПОХА).

Для обеспечения высокой скорости обезвоживания, удержания мелкого волокна и химикатов используют системы удержания. Анализ литературных источников показал, что для создания картона с высоким качеством формования и низкой шероховатостью необходимо использовать систему удержания, состоящую из катионных полимеров и анионных частиц. При использовании этих систем образуются мелкие флоккулы, оказывающие одновременное влияние на удержание, обезвоживание и качество формования (просвет). В работе использовали систему удержания, состоящую из катионного крахмала и силиказоля. По разработанной композиции был изготовлен крафт-лайнера, на который наносили меловальное покрытие стандартной рецептуры.

Определение массы меловального покрытия показало, что она снижается с увеличением степени проклейки основы (табл. 4). При значении впитываемости 40 г/м^2 по Кобб₆₀ и использовании системы удержания с анионными микрочастицами масса меловального покрытия составляет оптимальное значение $10-15 \text{ г/м}^2$, достигается максимальная белизна и минимальная шероховатость.

Таблица 4. Свойства мелованных образцов крафт-лайнера основы

Композиция крафт-лайнера основы		Впитываемость по Кобб ₆₀ , г/м ²	Свойства мелованного картона		
СФА/НСПЦ	Химикаты бумажной массы, кг/т		Масса покрытия, г/м ²	Белизна ИСО, %	Шероховатость по Паркеру, мкм
60/40	Канифольная дисперсия				
	0	$120 \pm 0,5$	22 ± 2	$51 \pm 0,3$	$5,0 \pm 0,3$
	1	$110 \pm 0,5$	23 ± 2	$52 \pm 0,3$	$5,0 \pm 0,3$
	3	$43 \pm 0,5$	24 ± 2	$50 \pm 0,3$	$5,0 \pm 0,3$
	6	$40 \pm 0,5$	17 ± 2	$50 \pm 0,3$	$4,8 \pm 0,3$
	Канифольная дисперсия - 5; К-крахмал - 5	$40 \pm 0,5$	15 ± 2	$50 \pm 0,3$	$5,1 \pm 0,3$
	Канифольная дисперсия - 5; К-крахмал - 5; Силиказоль - 5	$40 \pm 0,5$	13 ± 2	$54 \pm 0,3$	$4,2 \pm 0,3$

Это объясняется тем, что за счет образования мелких прочных флоккул формируется картон однородной структуры, а придание основе заданной степени гидрофобности способствует тому, что меловальная суспензия проникает только в поверхностные слои, обеспечивая получение равномерного меловального покрытия. На

основе проведенных экспериментов разработана композиция и номенклатура показателей качества картона-основы из небеленых волокнистых полуфабрикатов.

Следующим этапом работы являлась разработка состава меловальной суспензии с высокой кроющей способностью. В композицию меловальной суспензии входят пигменты, полимеры-связующие и технологические добавки. Связующие предназначены для обеспечения прочного соединения частиц пигмента с картоном-основой, связи частицы пигмента друг с другом в сухом покровном слое, для придания необходимой вязкости и реологических свойств меловальной суспензии.

В качестве связующих используют бутадиен-стирольные или стирол-акрилатные латексы. В России для мелования картона, в основном, используют бутадиен-стирольные импортные латексы. Однако бутадиен-стирольные сополимеры, являясь этиленовоненасыщенными, легко подвергаются термо-окислительной деструкции в процессе переработки лайнера в гофрокартон. Стирол-акрилатные полимеры двойных связей не содержат, поэтому имеют высокую стойкость к воздействию температуры и света. Кроме того, стирол-акрилатные дисперсии российских производителей, обеспечивающие получение термостойких покрытий, прочно завоевывают рынок в лакокрасочной промышленности.

В связи с этим была изучена возможность использования этих дисперсий. На пилотной установке на крафт-лайнере, изготовленный в соответствии с разработанной технологией, наносили меловальную суспензию на основе карбоната кальция и каолина. В качестве связующих использовали стирол-акрилатные латексы российских производителей. Исследование прочности поверхности на выщипывание и сопротивление продавливанию показало (рис. 2), что стирол-акрилатные дисперсии ни одного российского производителя не обеспечивают те значения показателей качества, которые достигаются при использовании импортных дисперсий.

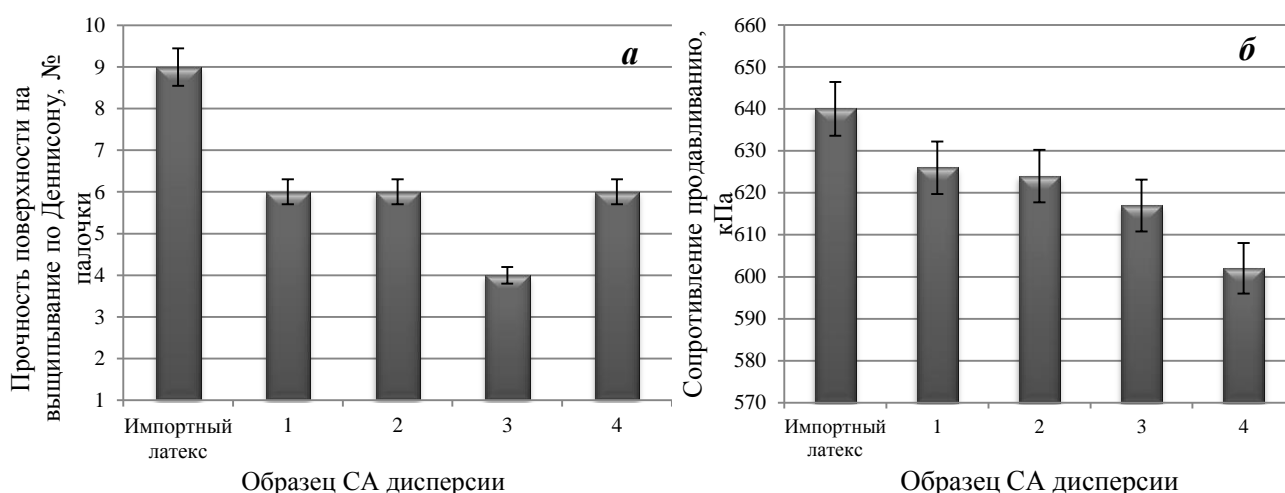


Рис. 2. Свойства крафт-лайнера с двухслойным меловальным покрытием, где 1, 2, 3, 4 – российские производители стирол-акрилатных дисперсий: а – прочность поверхности на выщипывание по Деннису, № палочки; б – сопротивление продавливанию, кПа

На основании результатов исследования было показано, что использование стирол-акрилатных дисперсий, которые применяются в лакокрасочной промышленности, не представляется возможным. В связи с этим представилось

необходимо разработать состав стирол-акрилатной дисперсии для использования ее в качестве связующего при меловании крафт-лайнера.

Известно, что свойства латексов зависят от структуры основной и боковых цепей сополимерной макромолекулы, от вида эмульгатора и функционального мономера. В соответствии с нашими рекомендациями на российской фирме были синтезированы и переданы нам на испытания стирол-акрилатные дисперсии различного состава. Работа проводилась в рамках хоздоговора.

Исследование свойств крафт-лайнера (рис. 3), при меловании которого использовали дисперсии, отличающиеся соотношением мономеров, показало, что наибольшее значения прочности поверхности и сопротивление продавливанию обеспечиваются сополимером с температурой стеклования (T_g) 0°C . Это объясняется тем, что бутилакрилат (T_g гомополимера - 44°C) в сополимере обеспечивает высокую адгезионную способность к целлюлозе и пигментам, придает эластичность и гибкость, стирол (T_g гомополимера 100°C) – лоск и жесткость.

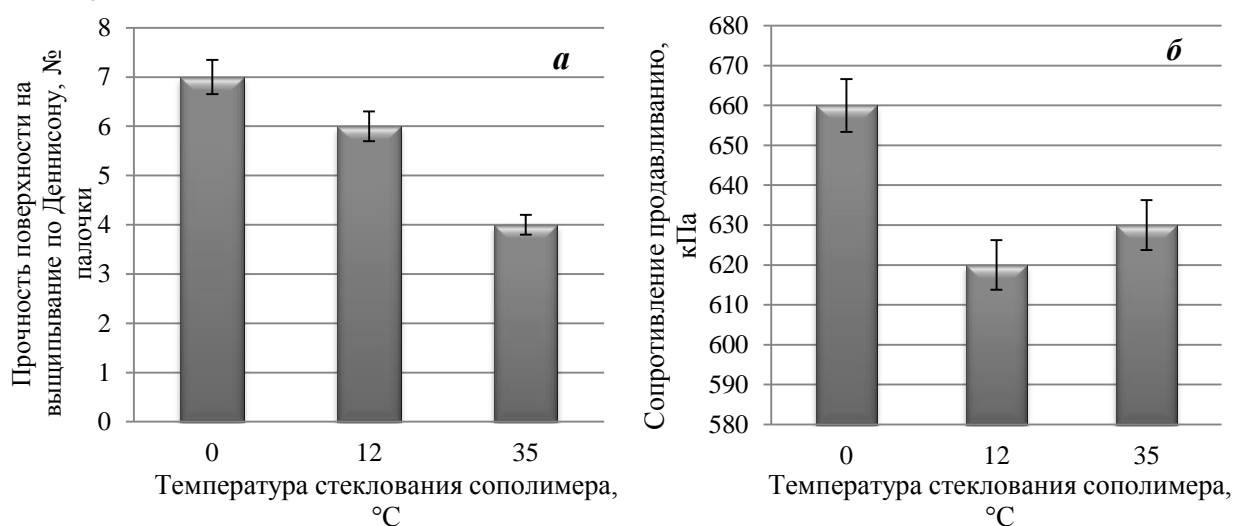


Рис. 3. Влияние температуры стеклования стирол-акрилатных сополимеров на прочностные свойства меловального покрытия: а – прочность поверхности на выщипывание по Деннисону, № палочки; б – сопротивление продавливанию, кПа

Эмульгаторы в латексах – это поверхностно активные вещества (ПАВ), которые обеспечивают коллоидную стабильность дисперсии и совместимость ее с компонентами меловальной суспензии. При синтезе дисперсий были использованы ионогенный и сочетание ионогенного и неионогенного ПАВ.

Исследования показали, что наиболее высокие значения прочности поверхности и сопротивлению продавливанию (рис. 4) получены при использовании двухкомпонентной эмульгирующей системы. Ионогенный ПАВ обеспечил однородный размер полимерных частиц, неионогенной отвечает за коллоидную стабильность дисперсии и ее совместимость с пигментами и другими компонентами меловальной суспензии.

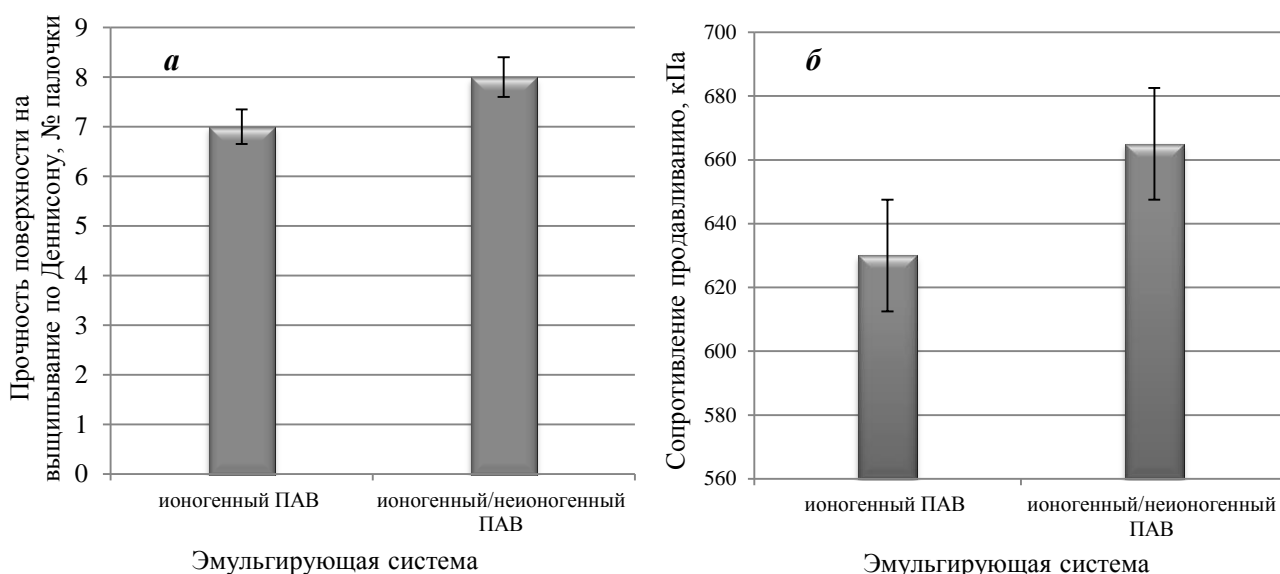


Рис. 4. Влияние эмульгирующей системы стирол-акриловых сополимеров на прочностные свойства меловального покрытия: а – прочность поверхности на выщипывание по Деннису, № палочки; б – сопротивление продавливанию, кПа

Для увеличения прочности поверхности меловального покрытия при синтезе латексов вводили мономеры с амино-, и силоксановыми функциональными группами. Исследование свойств мелованного крафт-лайнера показали (рис. 5), что прочность поверхности, сопротивление продавливанию выше при использовании в качестве связующего латексов с двумя функциональными мономерами. Такой характер объясняется тем, что при наличии двух видов функциональных мономеров за счет образования дополнительных связей, формируется более прочное и жесткое покрытие.

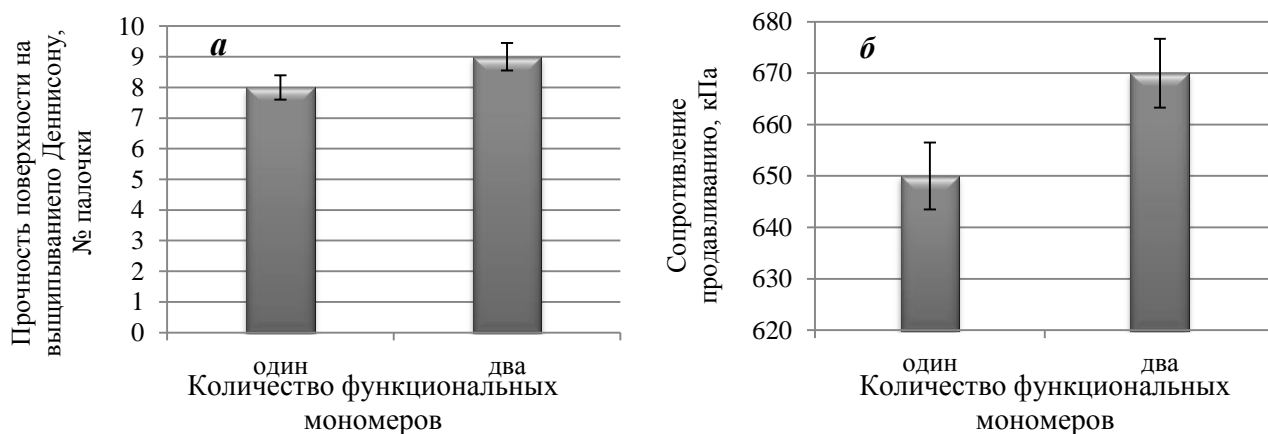


Рис. 5. Влияние функциональных мономеров на прочностные свойства меловального покрытия: а – прочность поверхности на выщипывание по Деннису, № палочки; б – сопротивление продавливанию, кПа

Проведенные исследования позволили разработать рецептуру стирол-акрилатной дисперсии для мелования картона, обеспечивающую показатели качества на уровне, которые достигаются при использовании импортных дисперсий. Проведены испытания латексов совместно с производителями, таким образом, показана возможность импортозамещения.

Как было показано в предыдущей части работы наиболее высокими оптическими и печатными свойствами обладают образцы мелованного крафт-лайнера, где в качестве пигмента использовали диоксид титана, однако стоимость его довольно высокая, что приведет к увеличению себестоимости продукции. Была исследована возможность использования различных видов карбоната кальция, предоставленных фирмой ОМУА.

Для мелования использовали суспензию на основе карбоната кальция и каолина (60:40), в качестве связующего – стирол-акрилатную дисперсию, синтезированную по разработанной рецептуре. Использовали различные виды карбоната кальция: Гидрокарб 90; Сетакарб и Ковекарб, имеющий однородное распределение частиц по размерам.

Формирование структуры покрытия начинается на стадии приготовления меловальной суспензии, поэтому были изучены ее реологические свойства. Исследование показало, что разработанные меловальные суспензии обладают псевдопластическим характером течения, что обеспечит их равномерное течение по трубопроводам и при подаче на меловальную станцию, возможность использования в шаберном узле нанесения. Исследование влияния пигментов на оптические свойства мелованных образцов показало, что наибольшее значение белизны 59 % обеспечивается при использовании Ковекарб (рис. 6).

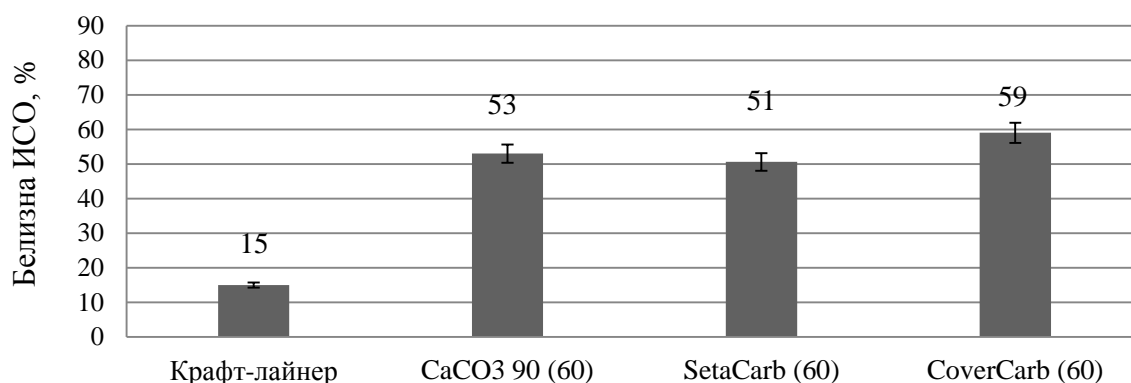


Рис. 6. Влияние пигментного состава меловальной композиции на белизну ИСО

Эти образцы имеют высокую прочность поверхности на выщипывание (рис. 7) и шероховатость на уровне, который предъявляется к мелованным видам картона (рис. 8).

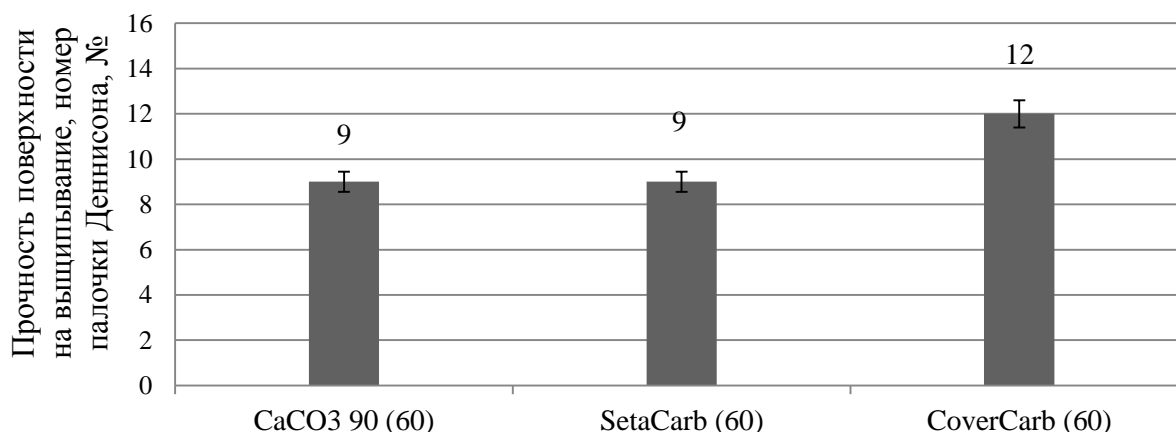


Рис. 7. Влияние пигментного состава меловальной композиции на прочность поверхности на выщипывание

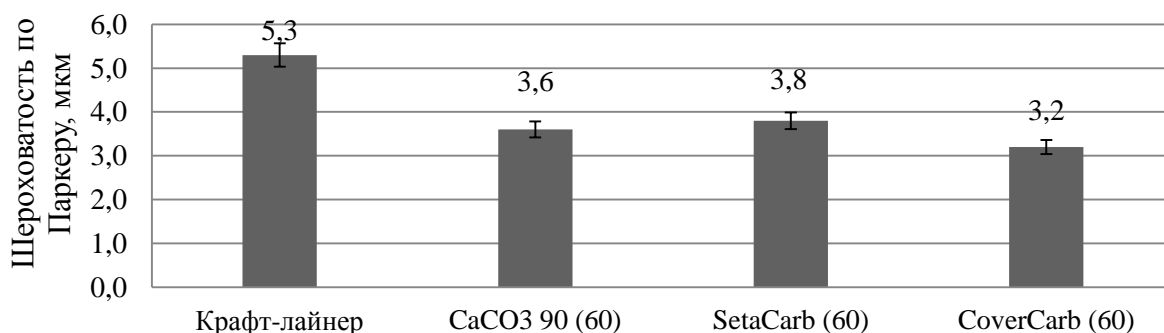


Рис. 8. Влияние пигментного состава меловальной композиции на шероховатость

Такой характер влияния «Ковекарб» на оптические и печатные свойства связан с тем, что он имеет однородное распределение частиц по размерам. Это приводит к образованию «пухлого» покрытия, обеспечивающего высокую кроющую способность, с высокой гладкостью. Введение в меловальную композицию стандартного количества оптического отбеливателя привело к повышению белизны до 85 % (рис. 9). Такое значение белизны соответствует белизне лайнера с верхним слоем из белой целлюлозы.

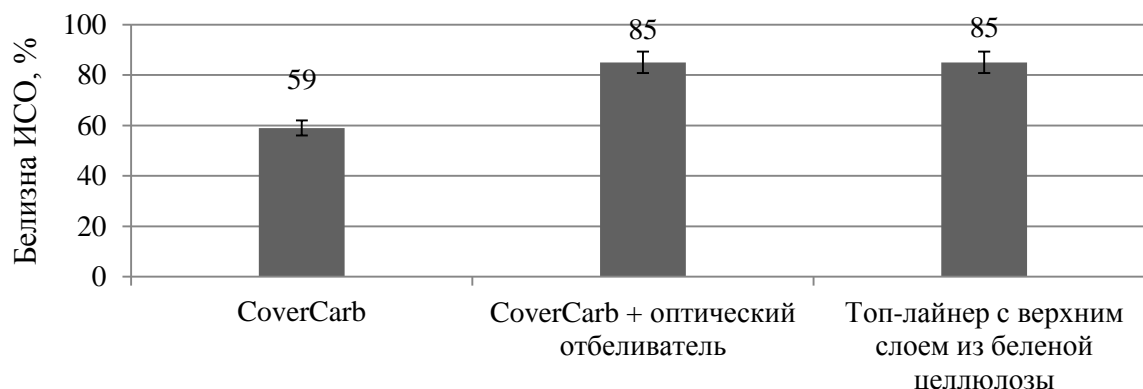


Рис. 9. Сравнение белизны крафт-лайнера с меловальным покрытием на основе «Ковекарб» и лайнера с верхним слоем из белой целлюлозы

Таким образом, на основании проведенных экспериментов разработана меловальная композиция, на основе карбоната кальция «Ковекарб», обеспечивающая высокую кроющую способность.

Весь эксперимент позволил разработать и создать мелованный крафт-лайнер на основе небеленых волокнистых полуфабрикатов, в производстве которого отсутствует стадия отбеливания целлюлозы.

В 2014 году были приняты изменения в Федеральный закон «об охране окружающей среды», в котором указано, что с 1 января 2019 года предприятия целлюлозно-бумажной промышленности должны будут получать комплексное экологическое разрешение (КЭР), в котором будет отслеживать влияние предприятия на окружающую среду. В связи с этим в работе произведена оценка воздействия производства мелованного крафт-лайнера из небеленых волокнистых полуфабрикатов на окружающую среду, в сравнении с производством аналогичного материала с верхним слоем из белой целлюлозы. Оценку воздействий проводили по анализу жизненного цикла крафт-лайнера в соответствии с ГОСТ Р ИСО 14044-2007.

Поскольку основное отрицательное воздействие на окружающую среду оказывает получение картона, при анализе жизненного цикла рассматривали только воздействие стадий производства волокнистых полуфабрикатов и картона (табл. 5).

Для анализа был проведен сбор данных, математическая обработка которых осуществлялась с использованием программы SimaPro v8.0.2, специально разработанной для оценки жизненного цикла различных видов промышленной продукции. Работу проводили в Словении, на кафедре естественных наук и информационных технологий факультета математики Приморского университета. На рис. 10 представлены данные, которые были включены в анализ воздействия этапов жизненного цикла тарного картона на окружающую среду.

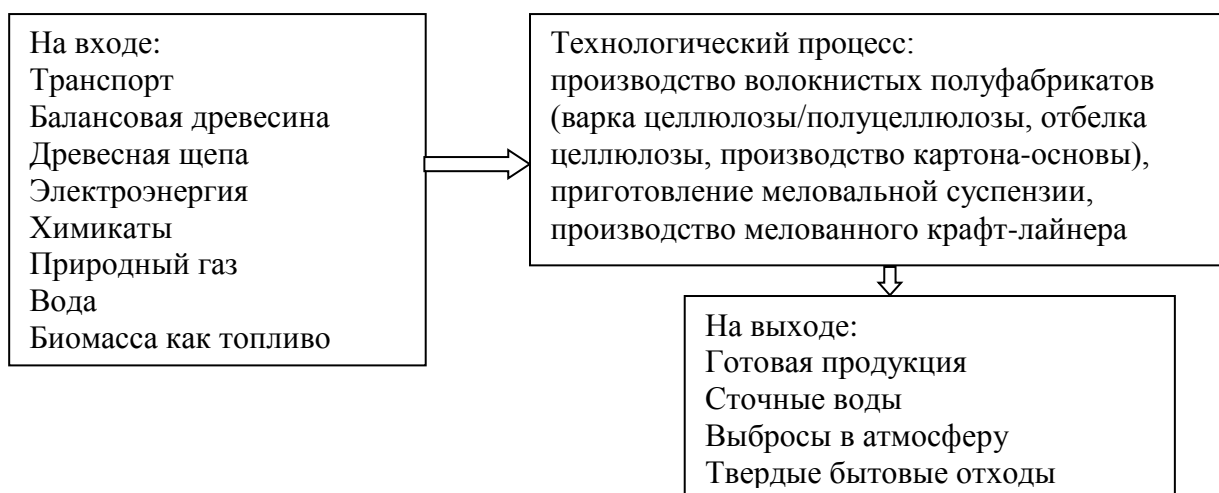


Рис. 10. Входные и выходные данные на стадии производства тарного картона

Анализ полученных данных показал, что производство всех видов лайнера оказывает различное воздействие на окружающую среду. Наибольшее воздействие наблюдается на потенциал глобального потепления (потенциал создания парникового эффекта), который описывает выбросы в атмосферу газов, возникающих в производственном процессе и приводящих к повышению температуры атмосферы.

Таблица 4. Показатели категорий воздействия для различных видов лайнера

Вид лайнера	Характеристический коэффициент, кг-экв (на тонну готовой продукции)				
	Потенциал закисления SO ₂	Потенциал эвтрофикации PO ₄	Потенциал глобального потепления CO ₂	Потенциал фотохимического образования озона C ₂ H ₄	Потенциал истощения озона ХФУ-11
Мелованный крафт-лайнера	28±2	9±2	2804±5	2±0,5	24×10 ⁻⁵ ±0,5
Топ-лайнера с верхним слоем из белой целлюлозы	26±2	11±2	3167±5	2±0,5	21×10 ⁻⁵ ±0,5

Анализ вклада основных стадий показал, что при производстве мелованного крафт-лайнера воздействие на потенциал глобального потепления на 23 % меньше из-за отсутствия стадии отбелки целлюлозы. С точки зрения экологии, этот анализ показал целесообразность внедрения разработанного материала в производство.

Пятый раздел технологическая часть посвящен описанию разработанной технологии мелованного крафт-лайнера на основе небеленых полуфабрикатов. Проведены испытания продукции в аккредитованном испытательном центре целлюлозно-бумажной продукции и разработана номенклатура показателей качества мелованного крафт-лайнера.

Шестой раздел экономическая часть проведен сравнительный анализ производств мелованного крафт-лайнера и топ-лайнера с верхним слоем из белой целлюлозы для предприятия, имеющего мощности по производству мелованной продукции.

Выводы по диссертационной работе

1. Научно обоснованы пути создания и разработана технология мелованного крафт-лайнера из небеленых волокнистых полуфабрикатов, что обеспечит расширение ассортимента гофропродукции.

2. На основании исследования взаимосвязи между свойствами бумажной массы и физико-механическими, печатными и оптическими свойствами основы разработана технология крафт-лайнера для мелования.

3. На основании исследования влияния карбоната кальция и диоксида титана на оптические и печатные свойства разработана линейка меловальных композиций с высокой кроющей способностью и различной ценовой категорией, обеспечивающих повышение белизны продукции из небеленых волокнистых полуфабрикатов с 13 до 85 %.

4. На основании исследования влияния состава сополимерной дисперсии на свойства меловального покрытия разработана рецептура стирол-акрилатного латекса.

5. Показана возможность импортозамещения за счет использования отечественной стирол-акрилатной дисперсии в качестве связующего меловальной суспензии при меловании картона и бумаги.

6. Проведена оценка влияния жизненного цикла различных видов тарного картона по показателям категорий воздействия на окружающую среду; показано, что производство мелованного крафт-лайнера из небеленых волокнистых полуфабрикатов оказывает на 23 % меньшее воздействие на потенциал глобального потепления, чем производство аналогичного материала с верхним слоем из белой целлюлозы.

Основные результаты работы изложены в следующих публикациях:

Статьи в рецензируемых журналах входящих в «Перечень...» ВАК РФ

1. Князева, Ю.А. Технология повышения печатных и оптических свойств целлюлозных композиционных материалов из небеленых волокнистых полуфабрикатов путем нанесения меловальных покрытий / Ю.А. Князева, Л.Г. Махотина // Дизайн. Материалы. Технология. – № 5. – 2015. – СПб: изд-во ун-та Технологии и дизайна.– С. 41-43.

2. Князева, Ю.А. Исследование возможности использования синтетических дисперсий российского производства при меловании бумаги и картона / Ю.А. Князева, Л.Г. Махотина // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – № 4.– 2016.– Архангельск: изд-во САФУ им. М.В. Ломоносова. – С. 147-156.

3. Князева, Ю.А. Оценка жизненного цикла как характеристика экологичности продукции ЦБП / Ю.А. Князева, Л.Г. Махотина, Э.Л. Аким // Целлюлоза. Бумага. Картон. – № 8. – 2016. – Москва: ООО «Редакция журнала «Целлюлоза. Бумага. Картон». – С. 70-75.

4. Князева, Ю.А. Оценка жизненного цикла тарного картона / Ю.А. Князева, Л.Г. Махотина, Э.Л. Аким // Целлюлоза. Бумага. Картон. – № 9. – 2016. – Москва: ООО «Редакция журнала «Целлюлоза. Бумага. Картон». – С. 82-87.

Публикации в других изданиях

1. Князева, Ю.А. Влияние композиции бумажной массы на показатели качества крафт-лайнера / Ю.А. Князева, В.Н. Иванова, Л.Г. Махотина // Перспективы развития техники и технологий в целлюлозно-бумажной промышленности: материалы II Всероссийской отраслевой научно-практической конференции. – Пермь: Пермский ЦНТИ, 2014.– С. 56-61.

2. Князева, Ю.А. Исследование возможности повышения прочности мелованных видов бумаги / Ю.А. Князева, Л.Г. Махотина // Проблемы механики целлюлозно-бумажных материалов: материалы III Международной научно-технической конференции. – Архангельск: изд-во САФУ им. М.В. Ломоносова, 2015. – С. 122-127.

3. Князева, Ю.А. Повышение печатных и оптических свойств целлюлозных композиционных материалов из небеленых волокнистых полуфабрикатов путем нанесения мелованных покрытий / Ю.А. Князева, Л.Г. Махотина // Наноструктурные, волокнистые и композиционные материалы: материалы XI всероссийской студенческой олимпиады молодых ученых. – Санкт-Петербург, 2015. – С. 19.

4. Князева, Ю.А. Влияние способов нанесения меловальных покрытий на печатные и оптические свойства целлюлозных композиционных материалов / Ю.А. Князева, Л.Г. Махотина // Наноструктурные, волокнистые и композиционные материалы: материалы международной научной конференции и XII всероссийской студенческой олимпиады молодых ученых.– Санкт-Петербург, 2016. – С. 17.

5. Князева, Ю.А. Создание мелованного крафт-лайнера на основе небеленых волокнистых полуфабрикатов / Ю.А. Князева, Л.Г. Махотина // Леса России: Политика, промышленность, наука, образование: сборник трудов II Международной научно-технической конференции – СПб: СПбГЛТУ, 2017. – С. 211-214.

6. Князева, Ю.А. Особенности производства мелованного крафт-лайнера на основе небеленых волокнистых полуфабрикатов / Ю.А. Князева, Л.Г. Махотина // Новейшие достижения в области инновационного развития целлюлозно-бумажной промышленности: технология, оборудование, химия: материалы II международной научно-технической конференции – Минск, 2017. – С. 80-87.