

ТЭХНІЧНАЯ ХІМІЯ І ХІМІЧНАЯ ТЭХНАЛОГІЯ
TECHNICAL CHEMISTRY AND CHEMICAL ENGINEERING

УДК 676.085.2-035.848:676.017.63
<https://doi.org/10.29235/1561-8331-2023-59-3-257-264>

Поступила в редакцию 28.04.2023
Received 28.04.2023

В. Л. Флейшер, Н. В. Черная

Белорусский государственный технологический университет, Минск, Беларусь

**МОДИФИЦИРОВАНИЕ СМОЛЯНЫХ КИСЛОТ КАНИФОЛИ
ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ИХ ГИДРОФОБИЗИРУЮЩЕГО ДЕЙСТВИЯ
НА БУМАГУ И КАРТОН**

Аннотация. Модифицирование смоляных кислот канифоли, обеспечивающее улучшение гидрофобизирующего действия на бумагу и картон, основано на осуществлении 6 стадий. Управление химическими процессами на каждой стадии осуществляется путем контроля и регулирования температурных и расходных параметров, обуславливающих достижение требуемых физико-химических свойств и состава полупродуктов и конечного вещества. Один из основных показателей – кислотное число, которое для конечного вещества должно составлять 60–70 мг KOH/г, что соответствует содержанию свободных смоляных кислот в функциональном веществе 40–45 %. Выполнение указанных температурных и расходных параметров модифицирования смоляных кислот канифоли и достижение необходимых физико-химических свойств полупродуктов на каждой стадии обеспечивают получение функционального вещества, обладающего улучшенным гидрофобизирующим действием на бумагу и картон. По сравнению с традиционно используемым клеем-пастой ТМ, разработанное функциональное вещество при получении бумаги с впитываемостью при одностороннем смачивании не более 21 г/м² обеспечивает снижение содержания частиц дисперсной фазы канифольной эмульсии в 1,4–2,0 раза, что свидетельствует об ее улучшенных гидрофобизирующих свойствах, и максимальное сохранение первоначальной прочности бумаги за счет уменьшения расстояния между волокнами благодаря снижению в 3,3–3,8 раза (от 4200–5000 до 1100–1480 нм) размера проклеивающих комплексов.

Ключевые слова: смоляные кислоты канифоли, моноэтаноламин, модифицирование, аминолиз, малеинизация, нейтрализация, стабилизация, функциональное вещество, бумага и картон

Для цитирования. Флейшер, В. Л. Модифицирование смоляных кислот канифоли для улучшения их гидрофобизирующего действия на бумагу и картон / В. Л. Флейшер, Н. В. Черная // Вест. Нац. акад. наук Беларусі. Сер. хім. навук. – 2023. – Т. 59, № 3. – С. 257–264. <https://doi.org/10.29235/1561-8331-2023-59-3-257-264>

V. L. Fleisher, N. V. Chornaya

Belarusian State Technological University, Minsk, Belarus

**MODIFICATION OF ROSIN RESIN ACIDS TO IMPROVE THEIR HYDROPHOBIZING ACTION
ON PAPER AND CARDBOARD**

Abstract. The modification of rosin resin acids, which improves their hydrophobic effect on paper and cardboard, is based on the implementation of 6 stages. Control of chemical processes at each stage is carried out by monitoring and regulating temperature and flow parameters, which determine the achievement of the required physical and chemical properties and composition of intermediates and final substance. One of the main indicators is the acid number, which for the final substance should be 60–70 mg KOH/g, which corresponds to the content of free resin acids in the functional substance of 40–45 %. The fulfillment of the specified temperature and consumption parameters for the modification of resin acids of rosin and the achievement of the necessary physicochemical properties of intermediates at each stage ensures the production of a functional substance with an improved hydrophobic effect on paper and cardboard. Compared to the traditionally used TM adhesive-paste, the developed functional substance in the production of paper with absorbency at one-sided wetting of not more than 21 g/m² provides a reduction in the content of particles of the dispersed phase of the rosin emulsion by 1.4–2.0 times, which indicates its improved properties, and maximum preservation of the original strength of the paper by reducing the distance between the fibers due to a 3.3–3.8 times reduction (from 4200–5000 to 1100–1480 nm) in the size of sizing complexes.

Keywords: rosin resin acids, monoethanolamine, modification, aminolysis, maleization, neutralization, stabilization, functional substance, paper and cardboard

For citation: Fleisher V. L., Chornaya N. V. Modification of rosin resin acids to improve their hydrophobizing action on paper and cardboard. *Vestsi Natsyyanal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya khimichnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Chemical series*, 2023, vol. 59, no. 3, pp. 257–264 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1561-8331-2023-59-3-257-264>

Введение. Канифоль – один из широко востребованных лесохимических продуктов, традиционной областью применения которого является производство проклеивающих веществ, применяемых в виде эмульсий в технологии бумаги и картона для улучшения их гидрофобных свойств [1, 2]. Существующие недостатки традиционно применяемых функциональных веществ на канифольной основе (например, укрепленный клей-паста ТМ), к числу которых относятся высокий расход электролита, приводящий к протеканию процесса проклейки в нежелательной кислой среде, а также снижение первоначальной прочности бумаги и картона, привели к тому, что в настоящее время все большее предпочтение отдается синтетической эмульсии димеров алкилкетенов (АКД) [3, 4]. Однако есть существенные недостатки применения эмульсии АКД: повышенная температура термообработки бумажного и картонного полотна (130–135 °С) по сравнению с канифольными проклеивающими веществами (115–120 °С), а также снижение гидрофобности готовой продукции, вызванной гидролизом β -кетозфирных связей [5]. К перспективным способам решения указанных проблем относится разработка нового вида функционального вещества. Принципиальное отличие этого вещества от традиционно используемого укрепленного клея-пасты ТМ состоит в использовании амидов смоляных кислот канифоли для создания его структуры.

Синтез новых видов амидов смоляных кислот канифоли позволит, по нашему мнению, увеличить содержание свободных смоляных кислот, а также обеспечить снижение диаметра частиц дисперсной фазы (ЧДФ) канифольной эмульсии и повысить их агрегативную устойчивость. Это обусловлено особенностями структуры амидов смоляных кислот, обладающих гидрофобным гидрофенантреновым углеродным скелетом, а также алкильным радикалом, содержащим гидроксильную и амидную группы.

Имеющаяся в научной и технической литературе информация [1, 2] о получении проклеивающих веществ на канифольной основе не в полной мере отражает особенности химических реакций, протекающих на каждой стадии их создания. Поэтому разработка теоретических основ и технологических принципов, лежащих в основе получения нового функционального вещества с гидрофобизирующим действием на бумагу и картон, обуславливает актуальность настоящей работы с научной и практической точек зрения.

Цель работы – разработка технологических принципов модифицирования смоляных кислот канифоли и применения их в структуре функционального вещества с улучшенным гидрофобизирующим действием на бумагу и картон.

Для достижения поставленной цели сформулированы и решены следующие задачи: разработаны теоретические основы и технологические принципы получения нового функционального вещества на основе модифицированных моноэтаноламином смоляных кислот канифоли, а также проведен сравнительный анализ параметров его получения по сравнению с традиционно используемым укрепленным клеем-пастой ТМ; установлены преимущества основных физико-химических свойств и особенностей применения в бумажных массах разработанного функционального вещества по сравнению с известными аналогами.

Материалы и методы. Функциональное вещество получали частичной нейтрализацией раствором гидроксида натрия монозамещенных амидов смоляных кислот канифоли и малеинизированной канифоли с последующей стабилизацией ЧДФ казеинатом аммония [6]. Синтез включал следующие стадии: 1 – модифицирование смоляных кислот канифоли моноэтаноламином с получением оксиэтиламидов и аминоэтиловых эфиров при температуре 165–175 °С в течение 3 ч и мольном соотношении 1,00 : 1,25 до кислотного числа (КЧ) продукта, равного 90–110 мг КОН/г;

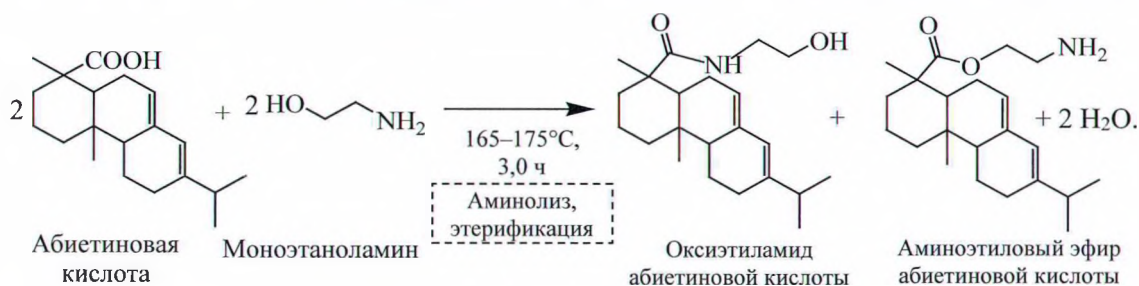
2 – модифицирование смоляных кислот канифоли малеиновым ангидридом в количестве 5 мас.% с получением малеопимаровой кислоты при температуре 190–195 °С в течение 1,5–2,0 ч до КЧ малеинизированной канифоли 190–200 мг КОН/г; 3 – смешивание продуктов, полученных на стадиях 1 и 2, в массовом соотношении 1 : 5 при температуре 130–140 °С; 4 – получение казеината аммония путем взаимодействия казеина с гидроксидом аммония при температуре 35–40 °С в течение 1–2 ч; 5 – частичная нейтрализация гидроксидом натрия продукта, полученного на стадии 3; 6 – стабилизация функционального вещества казеинатом аммония.

Образцы бумаги (элементарные слои картона) изготавливали следующим образом. Для получения волокнистых суспензий использовали четыре вида волокнистого полуфабриката: целлюлозу сульфатную небеленую хвойную (ГОСТ 12765–88), целлюлозу сульфатную беленую хвойную (ГОСТ 9571–89), целлюлозу сульфатную беленую из лиственных пород древесины (ГОСТ 14940–96) и макулатуру марки МС-5. Роспуск волокнистых полуфабрикатов осуществляли в дезинтеграторе БМ-3, а последующий размол – на лабораторном ролле (ISO 5264/1) до получения волокнистой суспензии со степенью помола 40 °ШР. Степень помола определяли на приборе СР-2Т (ISO 5267/1). В приготовленные волокнистые суспензии добавляли эмульсии проклеивающих веществ. При использовании канифольных эмульсий ТМ и разработанного вещества в бумажные массы добавляли электролит до требуемой рН среды, значение которого находилось в кислой (4,8–5,4) и нейтральной (6,5–7,2) области соответственно. В качестве электролита использовали 10%-ный раствор сульфата алюминия (ГОСТ 12966–85). Образцы бумаги (элементарные слои картона) массоемкостью 80 г/м² получали на листоотливном аппарате «Rapid-Ketten» (Ernst Haage, Германия) с последующей их термообработкой на скоростной сушилке «LABTECH SD24E» (Labtech Instruments Inc., Канада). Температура термообработки при использовании эмульсии АКД составляла 130 °С, а при применении канифольных эмульсий – 120 °С. Гидрофобность образцов бумаги характеризовали впитываемостью при одностороннем смачивании (ISO 535–91), а прочность – разрывной длиной (ГОСТ 13525.1–79).

Результаты и их обсуждение. Установлено, что существенное влияние на физико-химические свойства функционального вещества на основе модифицированных смоляных кислот канифоли оказывают параметры процессов (температура, продолжительность и соотношение реагентов) на каждой стадии его синтеза (рис. 1). Основным критерием управления каждой стадией получения функционального вещества и ее завершения является КЧ.

Особенностью проведения стадии 1 является целенаправленный синтез оксиэтиламидов смоляных кислот. Установлено [7], что максимальное соотношение оксиэтиламидов по отношению к аминоэтиловым эфирам, равное 19 : 11, обеспечивается при температуре аминолита 170 °С и продолжительности 3 ч. При этом КЧ модифицированных смоляных кислот должно составлять 90–110 мг КОН/г.

Модифицирование смоляных кислот канифоли моноэтаноломином протекает по реакции



Важно отметить, что при продолжительности аминолита более 3 ч преобладающей реакцией становится этерификация, которая приводит к нежелательному повышению содержания аминоэтиловых эфиров в реакционной массе. Получению аналогичного результата способствует неконтролируемое повышение температуры процесса модифицирования до 190 °С в независимости от мольного соотношения смоляных кислот канифоли и моноэтанолamina. Модифицирование

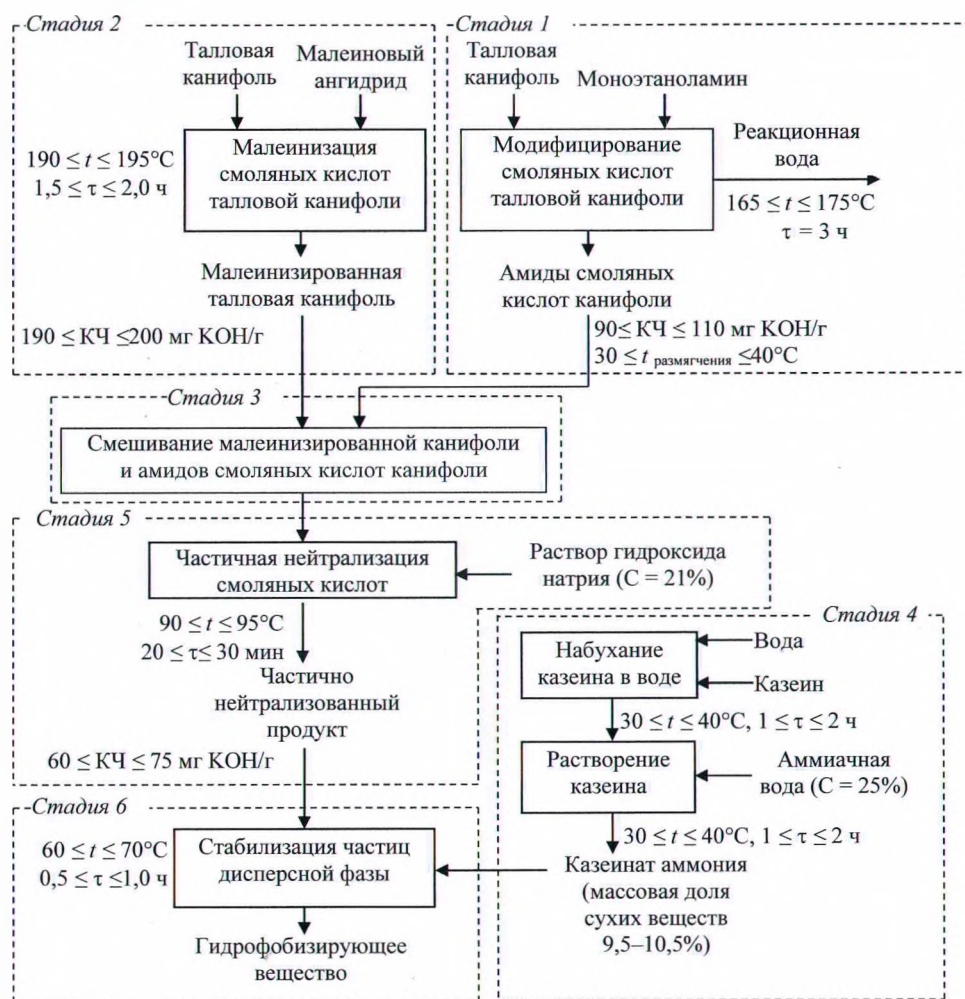
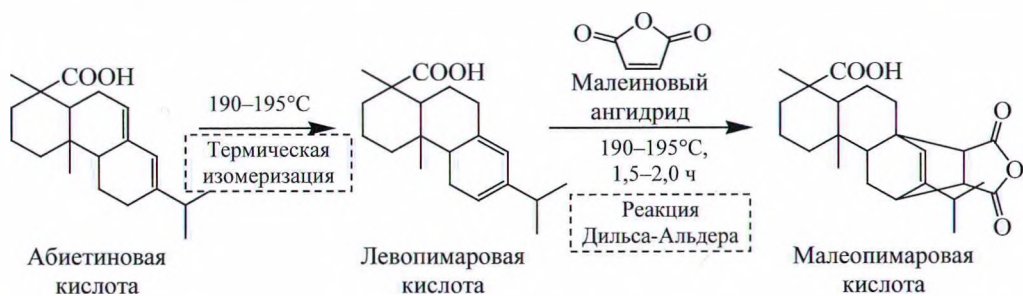


Рис. 1. Параметры получения функционального вещества на основе амидов смоляных кислот канифоли

Fig. 1. Parameters for obtaining a functional substance based on resin acid amides of rosin

смоляных кислот канифоли малееиновым ангидридом на стадии 2 протекает при температуре 190–195 °С по следующей реакции:



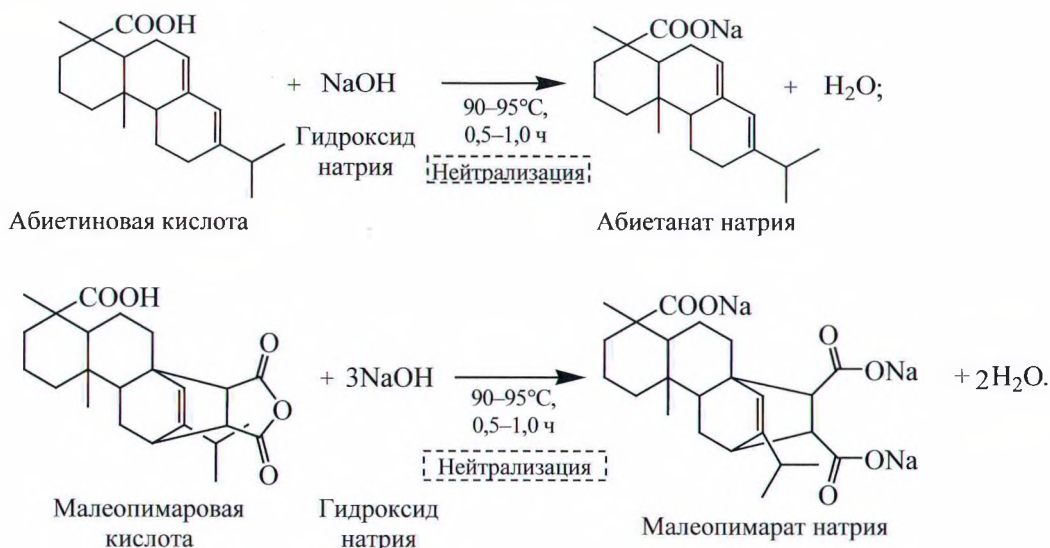
В реакцию с малееиновым ангидридом вступает преимущественно левопимаровая кислота (первичная кислота, содержащаяся в живице), однако ее количество в исходной канифоли незначительно и не превышает 3 %. В то же время при температуре 190–195 °С протекает термическая изомеризация вторичных смоляных кислот, основными из которых являются абиетиновая, палюстровая, неоабиетиновая, с образованием первичной (левопимаровой), которая вступает в реакцию Дильса–Альдера с малееиновым ангидридом. Количество вводимого малееинового ангидрида не должно превышать 5–7 % от массы канифоли [8]. Это обусловлено тем, что высокое содержание малеепимаровой кислоты приводит к снижению агрегативной устойчивости гидро-

фобизирующего вещества и повышенному расходу электролита (сульфата или полиоксихлорида алюминия).

На стадии 3 осуществляют смешивание амидов смоляных кислот, полученных на стадии 1, с малеинизированной канифолью, синтезированной на стадии 2. Процесс целесообразно проводить при температуре не выше 130–140 °С, что можно объяснить, по нашему мнению, исключением нежелательного образования имидов малеопимаровой кислоты, наличие которых в составе функционального вещества сопровождается ухудшением агрегативной устойчивости эмульсии, полученной на его основе.

Получение стабилизирующего вещества (казеината аммония) на стадии 4 осуществляют путем обработки казеина, набухшего в воде, гидроксидом аммония при температуре 30–40 °С в течение 1–2 ч. Частичную нейтрализацию карбоксильных групп свободных смоляных кислот канифоли и малеопимаровой кислоты на стадии 5 целесообразно осуществлять введением продукта, полученного на стадии 3, в раствор гидроксида натрия (обратная нейтрализация). Такой способ препятствует резкому охлаждению смоляных кислот и способствует предотвращению образования твердых продуктов, наличие которых приводит к повышению продолжительности процесса.

Химическое взаимодействие свободных смоляных кислот и малеопимаровой кислоты с раствором гидроксида натрия протекает по реакции:



Стадию 5 осуществляют до получения частично нейтрализованного продукта с КЧ 60–70 мг КОН/г, что соответствует содержанию свободных малеопимаровой и смоляных кислот в количестве 40–45 %. Продукт частичной нейтрализации представляет собой пастообразное функциональное вещество (содержание сухих веществ 55–65 %). Его применение в технологии бумаги и картона основано на предварительном смешивании с водой. Полученная эмульсия с содержанием ЧДФ 1–2 % вводится в волокнистую суспензию. Такая эмульсия обладает ограниченной агрегативной устойчивостью. Стабилизацию осуществляют на стадии 6 путем добавления к частично нейтрализованному продукту казеината аммония при температуре 60–70 °С. Такой технологический прием позволяет повысить агрегативную устойчивость канифольной эмульсии при ее применении в технологии бумаги и картона.

Теоретические основы получения функционального вещества, обладающего улучшенным гидрофобизирующим действием на бумагу и картон, базируются на процессах модифицирования смоляных кислот канифоли с образованием оксиэтиламидов, аминоэтиловых эфиров, малеопимаровой кислоты, резинатов натрия и малеопимарата натрия, а также в дополнительном использовании стабилизирующего вещества – казеината аммония. Оксиэтиламиды и аминоэтиловые эфиры смоляных кислот канифоли обеспечивают образование водородных связей с отрицательно заряженными активными центрами (гидроксильными группами) волокон [9]; резинаты

натрия и малеопимарат натрия – формирование проклеивающих комплексов; свободные смоляные кислоты (содержание 40–45 %) – перевод процесса проклейки из нежелательной кислой среды в более предпочтительную нейтральную и сокращение расхода электролита в 3–4 раза; казеинат аммония – стабилизацию ЧДФ канифольной эмульсии.

Анализ основных физико-химических свойств и особенностей применения в бумажных массах позволил выявить преимущества разработанного функционального вещества по сравнению с традиционно используемым в виде укрепленного клея-пасты ТМ (таблица).

Сравнительный анализ основных физико-химических свойств и особенностей применения в бумажных массах разработанного функционального вещества (принципиально нового) и традиционно используемого

Comparative analysis of the main physical and chemical properties and features of the use of the developed functional substance (fundamentally new) and traditionally used in paper stocks

Наименование показателя	Значение	Наименование показателя	Значение
Разработанное функциональное вещество (принципиально новое)		Укрепленный клей-паста ТМ (традиционно используемый)	
<i>Основные физико-химические свойства</i>			
Массовая доля сухих веществ, %	55–65	Массовая доля сухих веществ, %	67–73
Массовая доля свободных смоляных кислот (в пересчете на абсолютно сухое вещество), %	40–45	Массовая доля свободных смоляных кислот (в пересчете на абсолютно сухое вещество), %	5–16
Смешиваемость с водой	Неограниченная	Содержание эфира малеопимаровой кислоты (на абсолютно сухое вещество), %, не менее	8
		Смешиваемость с водой	Неограниченная
Размер ЧДФ канифольной эмульсии, нм	130–135	Размер ЧДФ канифольной эмульсии, нм	190–200
<i>Особенности применения в бумажных массах</i>			
Соотношение канифольная эмульсия : электролит (в пересчете на абсолютно сухое вещество)	1,0 : 1,6	Соотношение канифольная эмульсия : электролит (в пересчете на абсолютно сухое вещество)	1,0 : 4,0
Значение pH бумажной массы	6,5–7,2	Значение pH бумажной массы	4,8–5,4
Электрокинетический потенциал, мВ	–25	Электрокинетический потенциал, мВ	–75
Размер проклеивающих комплексов, нм	1100–1480	Размер проклеивающих комплексов, нм	4200–5000
Температура на стадии сушки бумаги и картона, °С	110–120	Температура на стадии сушки бумаги и картона, °С	115–125
Максимальное сохранение первоначальной прочности бумаги и картона	Да	Максимальное сохранение первоначальной прочности бумаги и картона	Нет

К основным преимуществам разработанного функционального вещества по сравнению с традиционно используемым укрепленным клеем-пастой ТМ относятся: повышенная агрегативная устойчивость канифольной эмульсии за счет применения в его структуре стабилизирующего вещества в виде казеината аммония, а также снижения диаметра ЧДФ в 1,5 раза (с 200 до 130–135 нм); сокращение необходимого количества электролита для образования проклеивающих комплексов за счет повышения электрокинетического потенциала ЧДФ от –75 до –25 мВ; перевод процесса проклейки из традиционной кислой среды в более перспективную нейтральную за счет повышения в 2,5–8,0 раза (от 5–16 до 40–45 %) содержания свободных смоляных кислот канифоли, не требующих применения электролита; снижение на 5 °С температуры термообработки бумаги и картона с 115–125 до 110–120 °С за счет уменьшения температуры плавления проклеивающих комплексов; максимальное сохранение первоначальной прочности бумаги и картона в результате уменьшения расстояния между волокнами благодаря снижению размеров проклеивающих комплексов в 3,3–3,8 раза (от 4200–5000 до 1100–1480 нм).

Установлено, что максимальное гидрофобизирующее действие на образцы бумаги (элементарные слои картона), изготовленные из первичных (целлюлозных) и вторичных (макулатурных) волокнистых полуфабрикатов, достигается при содержании разработанного функционального

вещества в бумажных массах 0,22–0,60 и 0,45–0,82 % от а. с. в. соответственно, что в 1,4–2,0 раза ниже по сравнению с эмульсией ТМ и сопоставимо с эмульсией АКД. При этом эффективность сохранения первоначальной прочности в 1,2–2,7 раза выше по сравнению с эмульсиями ТМ и АКД.

Заключение. Теоретические основы получения функционального вещества базируются на модифицировании смоляных кислот канифоли путем аминолиза и этерификации моноэтаноламином (165–175 °С, 3 ч, КЧ 90–110 мг КОН/г), малеинизации малеиновым ангидридом (190–195 °С, 1,5–2,0 ч, КЧ 190–200 мг КОН/г), нейтрализации гидроксидом натрия (90–95 °С, 20–30 мин, КЧ 60–75 мг КОН/г) и стабилизации казеинатом аммония (60–70 °С, 1–2 ч, КЧ 60–75 мг КОН/г). Полученное функциональное вещество отличается от известных аналогов структурой частиц дисперсной фазы, улучшенными физико-химическими свойствами и, следовательно, гидрофобизирующим действием на бумагу и картон. Увеличение содержания смоляных кислот от 5–16 до 40–45 % позволило перевести процесс проклейки из нежелательной кислой среды в более предпочтительную нейтральную за счет сокращения в 2,5 раза необходимого количества электролита, а использование казеината аммония в качестве стабилизирующего вещества и снижение диаметра частиц дисперсной фазы в 1,5 раза (от 200 до 130 нм) способствовало повышению агрегативной устойчивости полученной из нее эмульсии. Применение разработанного функционального вещества для получения высококачественных образцов бумаги (элементарных слоев картона) с впитываемостью при одностороннем смачивании не более 21 г/м² из первичных (целлюлозных) и вторичных (макулатурных) волокнистых полуфабрикатов позволило снизить содержание частиц дисперсной фазы канифольной эмульсии по сравнению с укрепленным клеем-пастой ТМ в 1,4–2,0 раза и обеспечить максимальное сохранение первоначальной прочности бумаги за счет снижения расстояния между волокнами благодаря уменьшенному в 3,3–3,8 раза (с 4200–5000 до 1100–1480 нм) размеру проклеивающих комплексов.

Список использованных источников

1. Hagiopol, C. *Chemistry of modern papermaking* / C. Hagiopol, J. W. Johnston. – Boca Raton: CRC Press, 2012. – 431 p. <https://doi.org/10.1201/b11011>
2. Nitzman, A. F. Sizing variations of dispersed rosin sizes with fortification, hardness, pH, and temperature / A. F. Nitzman, A. T. Royappa // *Tappi J.* – 2003. – Vol. 2, № 4. – P. 8–11.
3. Bildik, A. E. Alkyl Ketene Dimer (AKD) sizing of paper under simplified treatment conditions / A. E. Bildik, M. A. Hubbe, K. B. Gurboy // *Tappi J.* – 2016. – Vol. 15, № 8. – P. 545–552. <https://doi.org/10.32964/tj15.8.545>
4. Hundhausen, U. Use of Alkyl Ketene Dimer (AKD) for surface modification / U. Hundhausen, H. Militz, C. Mai // *European Journal of Wood and Wood Products.* – 2009. – Vol. 67, № 1. – P. 37–45. <https://doi.org/10.1007/s00107-008-0275-z>
5. Флейшер, В. Л. Особенности применения эмульсий димеров алкилкетенов и модифицированных смоляных кислот в целлюлозных и макулатурных суспензиях для получения высококачественных видов бумаги и картона / В. Л. Флейшер, Н. В. Черная, Ж. С. Шашок // *Вест. Нац. акад. наук Беларусі. Сер. хім. навук.* – 2022. – Т. 58, № 2. – С. 237–250. <https://doi.org/10.29235/1561-8331-2022-58-2-237-250>
6. Флейшер, В. Л. Модифицированная канифоль: получение, свойства, применение / В. Л. Флейшер, Н. В. Черная. – Минск: БГТУ, 2019. – 232 с.
7. Флейшер, В. Л. Изучение динамики накопления индивидуальных компонентов при взаимодействии смоляных кислот талловой канифоли с моноэтаноламином / В. Л. Флейшер, А. И. Ламоткин, С. А. Ламоткин // *Тр. Белорус. гос. технол. ун-та. Сер. 4, Химия и технология органич. веществ.* – 2006. – Вып. 14. – С. 173–175.
8. Holik, H. *Handbook of Paper and Board* / H. Holik. – Wiley-VCH, 2013. – 528 p.
9. Флейшер, В. Л. Влияние амидов смоляных кислот канифоли на прочность межволоконных связей в бумаге в z-направлении / В. Л. Флейшер // *Вест. Нац. акад. наук Беларусі. Сер. хім. навук.* – 2022. – Т. 58, № 4. – С. 407–417. <https://doi.org/10.29235/1561-8331-2022-58-4-407-417>

References

1. Hagiopol C., Johnston J. W. *Chemistry of Modern Papermaking*. Boca Raton, CRC Press, 2012. 431 p. <https://doi.org/10.1201/b11011>
2. Nitzman A. F. Royappa A. T. Sizing variations of dispersed rosin sizes with fortification, hardness, pH, and temperature. *Tappi Journal*, 2003, vol. 2, no. 4, pp. 8–11.
3. Bildik A. E., Hubbe M. A., Gurboy K. B. Alkyl Ketene Dimer (AKD) sizing of paper under simplified treatment conditions. *Tappi Journal*, 2016, vol. 15, no. 8, pp. 545–552. <https://doi.org/10.32964/tj15.8.545>

4. Hundhausen U., Militz H., Mai C. Use of Alkyl Ketene Dimer (AKD) for surface modification. *European Journal of Wood and Wood Products*, 2009, vol. 67, no. 1, pp. 37–45. <https://doi.org/10.1007/s00107-008-0275-z>

5. Fleisher V. L., Chornaya N. V., Shashok Zh. S. Features of application of alkylketene dimer emulsions and modified resin acids in cellulosic and waste suspensions for obtaining high-quality types of paper and cardboard. *Vestsi Natsyyanal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya khimichnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Chemical series*, 2022, vol. 58, no. 2, pp. 237–250 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1561-8331-2022-58-2-237-250>

6. Fleisher V. L., Chornaya N. V. *Modified Rosin: Obtaining, Properties, Application*. Minsk, BSTU, 2019. 232 p. (in Russian).

7. Fleisher V. L., Lamotkin A. I., Lamotkin S. A. Study of the Accumulation Dynamics of Individual Components in the Interaction of Resin Acids of Tall Rosin with Monoethanolamine. *Trudy Belorusskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Seriya 4. Khimiya i tekhnologiya organicheskikh veshchestv* [Proceedings of the Belarusian State Technological University. Series 4. Chemistry and technology of organic substances], 2006, vol. 1, no. 4, pp. 173–175 (in Russian).

8. Holik H. *Handbook of Paper and Board*. Wiley-VCH, 2013. 528 p.

9. Fleisher V. L. Influence of rosin resin acid amides on the strength of interfiber bonds in paper in the z-direction. *Vestsi Natsyyanal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya khimichnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Chemical series*. 2022, vol. 58, no. 4, pp. 407–417 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1561-8331-2022-58-4-407-417>

Информация об авторах

Флейшер Вячеслав Леонидович – канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой. Белорусский государственный технологический университет (ул. Свердлова, 13а, 220006, Минск, Республика Беларусь). E-mail: v_fleisher@list.ru

Черная Наталья Викторовна – д-р техн. наук, профессор. Белорусский государственный технологический университет (ул. Свердлова, 13а, 220006, Минск, Республика Беларусь). E-mail: chornaya@belstu.by

Information about the authors

Fleisher Viachaslau L. – Ph. D. (Engineering), Associate Professor, Head of Department. Belarusian State Technological University (13A, Sverdlov Str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: v_fleisher@list.ru

Chornaya Nataliya V. – D. Sc. (Engineering), Professor. Belarusian State Technological University (13A, Sverdlov Str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: chornaya@belstu.by