

ISSN 1561-8331 (Print)

ISSN 2524-2342 (Online)

УДК 678.6:676.064.2

<https://doi.org/10.29235/1561-8331-2019-55-1-99-106>

Поступила в редакцию 25.09.2018

Received 25.09.2018

М. В. Андрюхова, В. Л. Флейшер, Н. В. Черная*Белорусский государственный технологический университет, Минск, Беларусь***НОВЫЙ АЗОТСОДЕРЖАЩИЙ ПОЛИМЕР
С УПРОЧНЯЮЩИМ И ГИДРОФОБИЗИРУЮЩИМ ДЕЙСТВИЕМ
НА БУМАГУ И КАРТОН**

Аннотация. Новый азотсодержащий полимер на основе талловой канифоли, адипиновой кислоты и диэтилен-триамина способен одновременно оказывать упрочняющее и гидрофобизирующее действие на бумагу и картон, изготовленные как из первичных волокон (целлюлозных), так и вторичных (макулатурных). Упрочняющее действие обусловлено наличием в его структуре азотсодержащих групп $-NH_2$ и $-NH-$, способных образовывать дополнительные межволоконные связи с отрицательно заряженными гидроксильными группами макромолекул волокон. Гидрофобизирующее действие обеспечивают смоляные кислоты, входящие в состав продукта. Получение продукта с заданными физико-химическими свойствами (кислотное число не более 40 мг KOH/г, растворимость в воде, катионный характер, термическая стабильность при температуре не менее 135 °C) осуществляли в три стадии: 1 – модифицирование смоляных кислот талловой канифоли диэтилен-триамином; 2 – поликонденсация амидов смоляных кислот канифоли, полученных на первой стадии, с адипиновой кислотой и диэтилен-триамином; 3 – разведение продукта, образовавшегося на второй стадии, водой до содержания сухих веществ 10–12 %. В бумажных массах, проклеенных димерами алкилкетенов (например, Fennosize KD 225 YP), осуществляется замена импортного упрочняющего вещества (катионного крахмала Hi-Cat) на новый азотсодержащий продукт, что позволяет, во-первых, увеличить прочность образцов бумаги и картона в сухом состоянии и улучшить их гидрофобность и, во-вторых, предотвратить нежелательный процесс «расклейки» при их хранении.

Ключевые слова: канифоль, адипиновая кислота, диэтилен-триамин, катионный крахмал, димеры алкилкетенов, бумага, картон, прочность, гидрофобность

Для цитирования. Андрюхова, М. В. Новый азотсодержащий полимер с упрочняющим и гидрофобизирующим действием на бумагу и картон / М. В. Андрюхова, В. Л. Флейшер, Н. В. Черная // Вест. Нац. акад. наук Беларусі. Сер. хім. навук. – 2019. – Т. 55, № 1. – С. 99–106. <https://doi.org/10.29235/1561-8331-2019-55-1-99-106>

M. V. Andrukova, V. L. Fleisher, N. V. Chernaya*Belarusian State Technological University, Minsk, Belarus***NEW NITROGEN-CONTAINING POLYMER WITH STRENGTHENING
AND HYDROPHOBIZING EFFECT ON PAPER AND CARDBOARD**

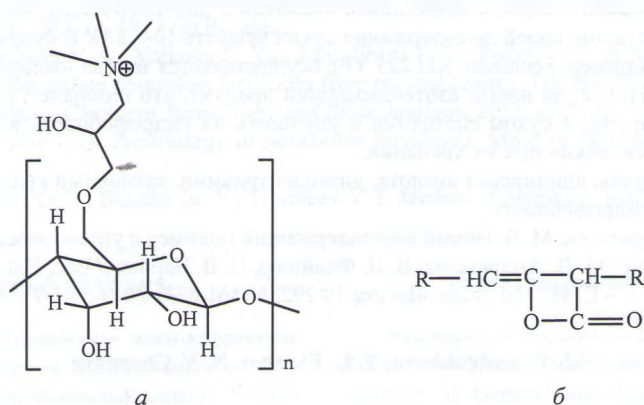
Abstract. A new nitrogen-containing product based on tall oil rosin, adipic acid and diethylenetriamine is capable of simultaneously exerting a strengthening and hydrophobizing effect on paper and cardboard made both from primary (cellulose) and secondary (waste paper) fibers. The strengthening effect is due to the presence in its structure of nitrogen-containing groups $-NH_2$ and $-NH-$ capable of forming additional interfiber bonds with negatively charged hydroxyl groups of cellulose macromolecules. Hydrophobizing effect is provided by resin acids included in the product. Preparation of the product with preset physicochemical properties (acid number not more than 40 mg KOH/g, solubility in water, cationic character and thermal stability at a temperature of at least 135 °C) was carried out in three stages. The first stage is the tall oil resin acids modification with diethylenetriamine; the second stage is the polycondensation of the resin acid amides obtained in the first stage with adipic acid and diethylenetriamine; the final stage is water dilution of the product formed in the second stage, to a solids content of 10–12 %. In paper masses containing primary and secondary fibers glued with alkylketene dimers (Fennosize KD 225 YP), the replacement of the import strengthening agent (cationic starch Hi-Cat) with a new nitrogen-containing product allows us, first, to increase the dry strength of paper and cardboard and improve hydrophobicity and, secondly, to prevent undesirable process of “sticking” when storing paper samples (elementary layers of cardboard).

Keywords: rosin, adipic acid, diethylenetriamine, cationic starch, alkylketene dimers, paper, cardboard, strength, hydrophobicity

For citation. Andrukova M. V., Fleisher V. L., Chernaya N. V. New nitrogen-containing polymer with strengthening and hydrophobizing effect on paper and cardboard. *Vestsi Natsyyanal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya khimichnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Chemical series*, 2019, vol. 55, no. 1, pp. 99–106 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1561-8331-2019-55-1-99-106>

Введение. Одним из современных направлений, развивающихся в технологии бумаги и картона, является использование различных функциональных химических веществ, среди которых особое значение имеют упрочняющие (синтетические азотсодержащие полимеры и модифицированный крахмал [1–6]) и гидрофобизирующие (продукты на канифольной основе и синтетические проклеивающие вещества на основе димеров алкилкетенов [7, 8]). Необходимость применения этих веществ обусловлена тем, что протекающие процессы упрочнения и гидрофобизации являются конкурирующими [8, 9]. Это связано со способностью гидроксильных групп волокон одновременно взаимодействовать не только электростатически с азотсодержащими группами упрочняющего вещества, но и с образованием бета-кетозфиров за счет их химического взаимодействия с функциональными группами реактивного синтетического гидрофобизирующего вещества на основе димеров алкилкетенов. Основной причиной необходимости обязательного применения таких функциональных веществ является переработка вторичного волокнистого сырья (макулатуры) вместо первичного (целлюлозы).

В связи с этим поиск новых функциональных химических веществ, обладающих одновременно упрочняющими и гидрофобизирующими свойствами, является одной из актуальных нерешенных проблем. В настоящее время для упрочнения бумаги и картона в сухом состоянии широко используют катионный крахмал (схема *а*), а в качестве проклеивающего вещества – различные синтетические эмульсии на основе димеров алкилкетенов (схема *б*, где R – остаток жирной кислоты).



Считается, что при использовании димеров алкилкетенов в технологии бумаги и картона наблюдается ухудшение гидрофобных свойств готовой продукции при ее хранении из-за проявляющегося нежелательного процесса «расклейки». Следовательно, разработка продуктов с использованием модифицированной канифоли не теряет своей актуальности и является перспективным направлением в химии синтетических функциональных веществ для целлюлозно-бумажной промышленности.

Предварительно проведенные нами исследования [10–13] показали, что азотсодержащие соединения, полученные на основе дикарбоновых кислот и полиэтиленполиамина, модифицированные смоляными кислотами канифоли, оказывают упрочняющее действие на бумагу и картон. Это обусловлено, по нашему мнению, образованием дополнительных межволоконных связей между гидроксильными группами макромолекул целлюлозы и присутствующими в продукте азотсодержащими группами $-NH_2$ и $-NH-$. Гидрофобизирующее действие на бумагу и картон синтезированные полимеры способны проявлять за счет присутствия в их структуре смоляных кислот.

Цель работы – оценить упрочняющее и гидрофобизирующее действие на бумагу и картон впервые полученного нами азотсодержащего продукта на основе талловой канифоли, адипиновой кислоты и диэтилентриамина.

Для достижения поставленной цели сформулированы и решены следующие задачи: получен азотсодержащий продукт с требуемыми физико-химическими свойствами (кислотное число не более 40 мг KOH/г, растворимость в воде, катионный характер и термическая стабильность при

температуре не менее 135°C); проведена оценка влияния нового азотсодержащего продукта на качество бумаги и картона, проклеенных димерами алкилкетенов (Fennosize KD 225 YP), по сравнению с традиционно применяемым импортным упрочняющим веществом Hi-Cat.

Материалы и методы исследования. Объектами исследования являлись бумажные массы, содержащие различные целлюлозные волокна (первичные и вторичные), упрочняющие продукты (новый азотсодержащий продукт или импортное вещество Hi-Cat) и синтетическое проклеивающее вещество на основе димеров алкилкетенов (Fennosize KD 225 YP), и изготовленные из них образцы бумаги (элементарные слои картона).

Для получения азотсодержащего продукта по методике, описанной нами в работе [14], использовали талловую канифоль высшего сорта (ГОСТ 14201–83), адипиновую кислоту (ГОСТ 10558–80), диэтилентриамин (ТУ 6–02–914–86) и воду (ГОСТ 6709–72). Образцы бумаги (элементарных слоев картона) изготавливали на основе целлюлозы сульфатной беленой из лиственных пород древесины (ГОСТ 2872–89) и макулатуры МС-5Б и МС-6Б (ГОСТ 10700–97) с применением катионного крахмала Hi-Cat (Roquette, Франция) и нового азотсодержащего продукта, а также эмульсии димеров алкилкетенов Fennosize KD 225 YP (Kemira, Финляндия). Процесс синтеза азотсодержащего продукта контролировали по кислотному числу реакционной смеси, которое определяли по стандартной методике (ГОСТ 17823.1–72).

Для выявления функциональных групп $>C=O$ и $-NH-$ в синтезированном продукте применяли метод ИК-спектроскопии. ИК-спектр исследуемого образца регистрировали на ИК-микроскопе IN10 Nicolet (USA, ThermoScientific) с приставкой НПВО с кристаллом Ge, с разрешением 8 см^{-1} при 64-кратном сканировании в диапазоне частот $4000\text{--}675\text{ см}^{-1}$. Идентификацию и анализ ИК-спектра осуществляли согласно [15]. Термостабильность азотсодержащего продукта определяли по термограмме, полученной на приборе TGA/DSC1 METTLER TOLEDO (Швейцария) в интервале температур $30\text{--}500\text{ }^{\circ}\text{C}$. Кривая TG характеризовала потерю массы образца при его нагреве; кривая DTG – потерю массы образца при изменении температуры; кривая DCS – информацию о тепловых (экзо-, эндо-) эффектах, возникающих в исследуемом образце при изменении температуры от 30 до $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ при массе навески $0,01\text{ г}$ и скорости нагревания $5\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{мин}$.

Растворимость синтезированного продукта определяли следующим образом [16]. В пробирку помещали около $0,02\text{ г}$ тонкоизмельченного образца и добавляли 5 см^3 дистиллированной воды. Установлено, что в течение 2–3 ч при комнатной температуре продукт полностью растворялся в воде. Физико-химические свойства синтезированного продукта, содержащего сухие вещества в количестве 10–12 %, оценивали по следующим показателям: массовая доля сухих веществ после высушивания образца до постоянной массы при температуре $(105\pm 2)\text{ }^{\circ}\text{C}$ по ГОСТ 14231–88 и дзета-потенциал, который определяли с помощью кислотно-основного титрования на анализаторе заряда частиц CAS (Charge Analyzing System) в соответствии с прилагаемой инструкцией.

Изготовление образцов бумаги (элементарных слоев картона) массоемкостью $80\text{ г}/\text{м}^2$ осуществляли на листоотливном аппарате Rapid-Ketten (Ernst Naage, Германия) в соответствии с прилагаемой инструкцией. Для этого в 1 %-ную волокнистую суспензию, полученную из целлюлозы сульфатной беленой из лиственных пород древесины или макулатуры, последовательно вводили синтезированный продукт в количестве 0,20 % от абсолютно сухого волокна (а. с. в.) в виде 1 %-ного водного раствора и проклеивающее вещество на основе димеров алкилкетенов (Fennosize KD 225 YP) в виде 1 %-ной эмульсии в количестве 0,12 % от а. с. в. Для сравнения (базовый вариант) изготавливали и испытывали образцы бумаги (элементарных слоев картона) из целлюлозы сульфатной беленой из лиственных пород древесины и макулатуры; в приготовленные волокнистые суспензии вводили Hi-Cat в количестве 0,20 % от а. с. в. и Fennosize KD 225 YP в количестве 0,12 % от а. с. в.

Выбор исследуемого первичного волокнистого полуфабриката (целлюлозы сульфатной беленой из лиственных пород древесины) обусловлен тем, что его фракционный состав и бумагообразующие свойства моделируют аналогичные свойства вторичного волокнистого сырья (макулатуры). Кроме того, целлюлоза в отличие от макулатуры обладает стабильными физико-механическими показателями, что имеет важное значение при проведении серии многократных

исследований в лабораторных условиях и обеспечивает воспроизводимость результатов исследования.

Действие полученного азотсодержащего продукта на бумагу и элементарные слои картона оценивали по таким показателям, как разрушающее усилие в сухом состоянии (упрочняющее действие) и впитываемость при одностороннем смачивании (гидрофобизирующее действие), которые определяли по стандартным методикам (ISO 1924–1–96 на горизонтальной разрывной машине SE062/064 (Lorentzen and Wettre, Швеция) и ГОСТ 12605–97 соответственно).

Экспериментальная часть. Сущность получения нового азотсодержащего продукта с необходимыми физико-химическими свойствами заключалась в двухстадийной поликонденсации в расплаве амидов смоляных кислот талловой канифоли, полученных на стадии 1 в виде *продукта А*, с диэтилентриамином и адипиновой кислотой с образованием *продукта В* на стадии 2. Завершающей стадией получения нового азотсодержащего продукта являлось разведение горячей водой (95–98 °С) *продукта В* до содержания сухих веществ 10–12 %.

Химические стадии образования впервые полученного нами *продукта В* представлены на схеме:

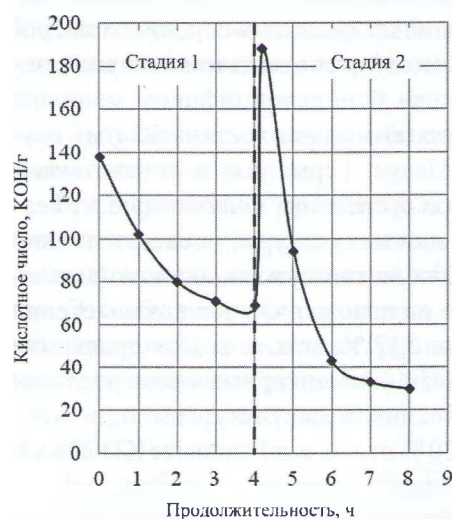
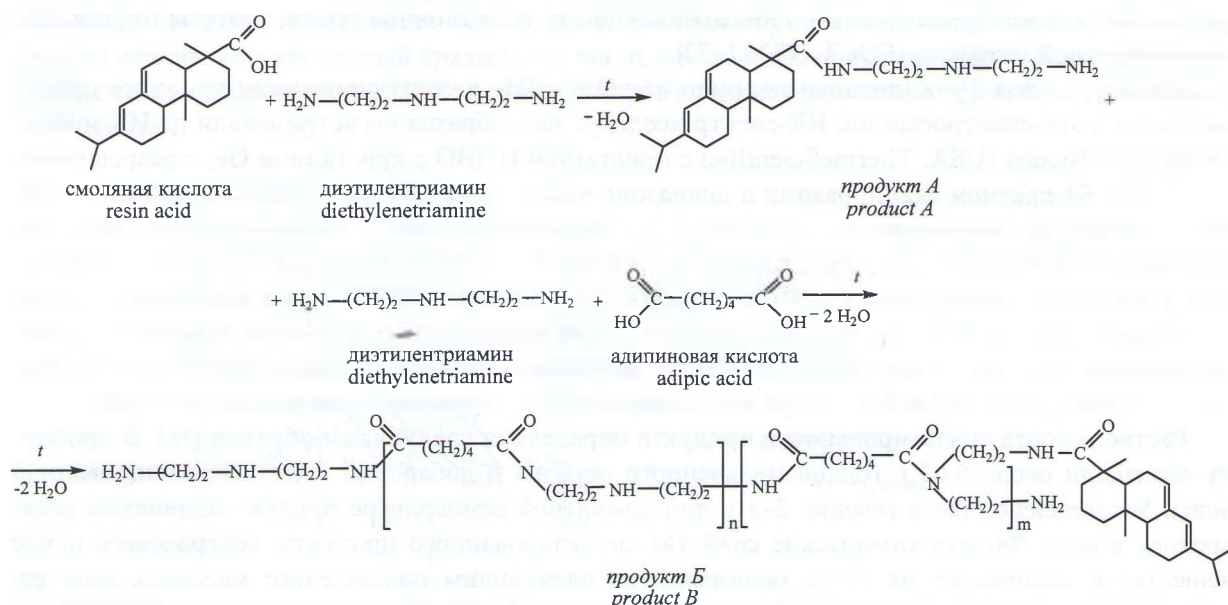
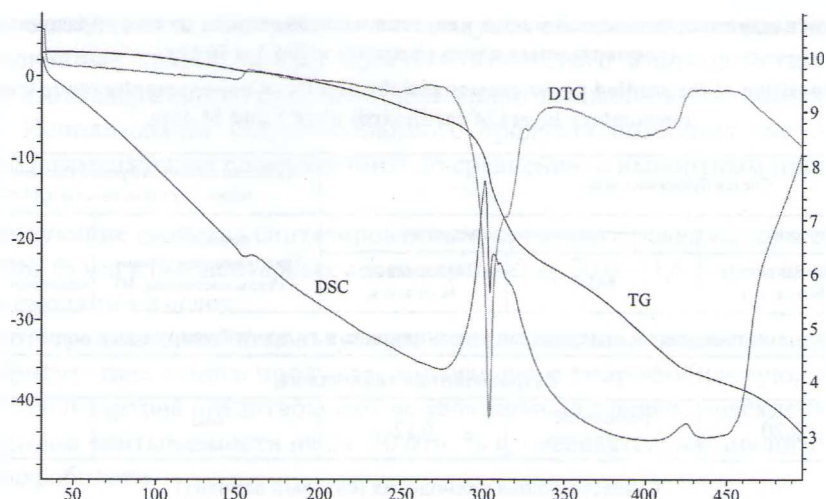


Рис. 1. Зависимость кислотного числа реакционной смеси от продолжительности стадий 1 и 2

Fig. 1. The dependence of the reaction mixture acid number on the duration of stages 1 and 2

Синтез осуществляли в реакторе, снабженном перемешивающим устройством, термометром, ловушкой Дина–Старка и прямым холодильником. Процесс получения *продукта В* контролировали по значению кислотного числа реакционной смеси (рис. 1). Когда осуществляли стадию 1, то в расплавленную канифоль добавляли диэтилентриамин (1/3 часть от необходимого количества) при мольном соотношении канифоль : диэтилентриамин, равном 1 : 8. Выбор такого соотношения обусловлен необходимостью получения конечного продукта, обладающего высокой растворимостью в воде [14]. Процесс модифицирования канифоли с образованием *продукта А* осуществляли при температуре 190 °С в течение 3–4 ч до кислотного числа 60–80 мг КОН/г.

Поскольку важным условием являлось получение продукта линейного строения, то процесс поликонденсации (стадия 2) проводили при температуре не выше 170 °С в присутствии оставшегося количества (2/3 от необходимого) диэтилентриамин и эквимольного количества адипи-

Рис. 2. Термограмма *продукта Б*Fig. 2. Thermogram of *product B*

новой кислоты до кислотного числа не более 40 мг КОН/г. Данное ограничение кислотного числа обусловлено, по нашему мнению, необходимостью получения продукта, который способен оказывать гидрофобизирующее действие на бумагу и картон за счет присутствующих в его составе свободных смоляных кислот.

Синтезированный *продукт Б* представлял собой твердое вещество светло-коричневого цвета. Его кислотное число составило 33,1 мг КОН/г. В структуре исследуемого образца присутствовали группы $>C=O$ и $-NH-$, о чем свидетельствовали данные ИК-спектроскопии: полосы поглощения при длинах волн 1637–1640 и 1546–1551 cm^{-1} соответствовали валентным колебаниям карбонильной группы $>C=O$ во вторичном амиде, а широкая полоса при 3271–3273 cm^{-1} характеризовала наличие вторичной аминогруппы $-NH-$ диэтилентриамина.

Важным технологическим показателем качества *продукта Б* являлась его термическая стабильность до 300 °С, так как на стадии сушки бумаги и картона температура достигает 125–135 °С. Анализ термограммы исследуемого образца (рис. 2) свидетельствует об его термической стабильности в интервале температуры от 30 до 300 °С. Потеря массы образца (не более 10 % при температуре 30–150 °С) обусловлена потерей свободной влаги.

Для получения технологичного продукта, перспективного для использования в технологии бумаги и картона, завершающая стадия процесса его получения заключалась в разведении *продукта Б* (твердое вещество) горячей водой (95–98 °С) до содержания сухих веществ 10–12 %. Зета-потенциал полученного продукта ($\zeta = 10$ –12 %) находился в диапазоне от +345 до +350 мВ. Катионный характер являлся одним из необходимых условий, обеспечивающих электростатическое взаимодействие отрицательно заряженных активных (гидроксильных групп) целлюлозных волокон и азотсодержащих групп $-NH_2$ и $-NH-$ синтезированного продукта. Результатом этого взаимодействия являлось образование дополнительных межволоконных связей, что способствует не только компенсации потери прочности, происходящей при гидрофобизации бумаги (элементарных слоев картона), но и дополнительному увеличению их прочности. Следовательно, новый азотсодержащий продукт обладает заданными физико-химическими свойствами: кислотное число не более 40 мг КОН/г, высокая растворимость в воде, катионный характер, термическая стабильность при температуре не менее 135 °С. Эти свойства позволяют использовать его в композициях бумаги и картона.

Результаты и их обсуждение. Упрочняющее и гидрофобизирующее действие нового азотсодержащего продукта оценивали по разрушающему усилию в сухом состоянии и впитываемости при одностороннем смачивании (таблица), которые определяли для образцов бумаги (элементарных слоев картона).

Состав исследуемых бумажных масс и качество изготовленных из них образцов бумаги
(элементарных слоев картона) через 1 и 14 сут

The composition of the studied paper masses and the quality of paper samples made from them
(elementary layers of cardboard) after 1 and 14 days

Состав бумажных масс				Качество образцов бумаги (элементарных слоев картона) через 1 сут (числитель) и 14 сут (знаменатель)	
упрочняющее вещество		проклеивающее вещество		прочность (разрушающее усилие в сухом состоянии, Н)	гидрофобность (впитываемость при одностороннем смачивании, г/м ²)
вид	содержание, % от а. с. в.	вид	содержание, % от а. с. в.		
Целлюлозная масса, содержащая упрочняющее и гидрофобизирующее вещества					
Разработанная технология					
Новый продукт	0,20	Fennosize KD 225 YP	0,12	<u>11,1</u> 11,3	<u>21</u> 16
Существующая технология (базовый вариант)					
Hi-Cat	0,20	Fennosize KD 225 YP	0,12	<u>10,9</u> 11,0	<u>30</u> 38
Макулатурная масса, содержащая упрочняющее и гидрофобизирующее вещества					
Разработанная технология					
Новый продукт	0,20	Fennosize KD 225 YP	0,12	<u>8,5</u> 8,7	<u>33</u> 31
Существующая технология (базовый вариант)					
Hi-Cat	0,20	Fennosize KD 225 YP	0,12	<u>8,2</u> 8,2	<u>41</u> 51

Установлено, что новый азотсодержащий продукт в отличие от импортного Hi-Cat оказывает одновременно упрочняющее и частично гидрофобизирующее действие на образцы бумаги (элементарные слои картона). Обнаруженный нами эффект (разработанная технология) характерен для образцов бумаги (элементарных слоев картона) независимо от вида используемого переработанного волокнистого полуфабриката: первичного (целлюлозы) или вторичного (макулатуры). Об этом свидетельствует увеличение разрушающего усилия в сухом состоянии на 1,8–3,7 отн. % и уменьшение впитываемости при одностороннем смачивании на 20,0–23,8 отн. %. Кроме того, по значениям показателя «впитываемость при одностороннем смачивании» по истечении 14 сут для образцов бумаги (элементарных слоев картона), изготовленных из первичных и вторичных волокон с использованием нового азотсодержащего продукта, можно судить об отсутствии эффекта «расклейки», характерного при применении гидрофобизирующей эмульсии на основе димеров алкилкетенов (Fennosize KD 225 YP).

Сопоставительный анализ результатов исследования свидетельствует о том, что новый азотсодержащий продукт оказывает на бумагу и картон упрочняющее и гидрофобизирующее действия, т. е. он обладает бифункциональными свойствами. Упрочняющее действие обусловлено образованием дополнительных межволоконных связей за счет электростатического взаимодействия присутствующих в нем азотсодержащих групп с активными отрицательно заряженными гидроксильными группами волокон. Гидрофобизирующее действие нового азотсодержащего продукта проявляется благодаря наличию в его структуре смоляных кислот.

Выводы. Новый азотсодержащий продукт, полученный на основе смоляных кислот канифоли, адипиновой кислоты и диэтилентриамина, обладает бифункциональными свойствами, так как оказывает упрочняющее и гидрофобизирующее действия на бумагу (элементарные слои картона). Сущность его получения заключается в двухстадийной поликонденсации в расплаве смоляных кислот канифоли, адипиновой кислоты и диэтилентриамина и последующем разведении водой до содержания сухих веществ 10–12 %. Синтезированный продукт имел кислотное число 33,1 мг КОН/г, растворялся в воде, являлся катионным и термически устойчивым при температуре до 300 °С. Установлено, что использование его в технологии бумаги и картона не вызывает технологических трудностей, что имеет важное практическое значение.

Упрочняющее действие синтезированного продукта обусловлено дополнительным образованием межволоконных связей за счет электростатического взаимодействия содержащихся в его структуре азотсодержащих групп и отрицательно заряженных активных гидроксильных групп волокон. Использование синтезированного продукта позволяет увеличить прочность образцов бумаги (элементарных слоев картона) по сравнению с импортным продуктом Hi-Cat на 1,8–3,7 отн. %.

Гидрофобизирующие свойства синтезированного продукта проявляются в снижении впитываемости образцов бумаги (элементарных слоев картона) на 20,0–23,8 отн. % за счет присутствия в его структуре смоляных кислот.

В отличие от традиционно используемых проклеивающих веществ на основе димеров алкилкетенов присутствие нового продукта, обладающего гидрофобизирующими свойствами, в структуре бумаги и картона предотвращает нежелательный процесс «расклейки», сопровождающийся повышением впитываемости на 24–30 отн. % и, следовательно, аналогичным ухудшением степени гидрофобности.

Список использованных источников

1. Хованский, В. В. Применение химических вспомогательных веществ в производстве бумаги и картона: учебное пособие / В. В. Хованский, В. К. Дубовый, П. М. Кейзер. – С.-Пб.: СПбГТУРП, 2013. – 151 с.
2. Кожевников, С. Ю. Упрочнение бумаги синтетической катионно-анионной полиакриламидной смолой / С. Ю. Кожевников, С. Л. Андреева // Химия раст. сырья. – 2011. – № 2. – С. 177–182.
3. Теоретические основы технологии повышения прочности картона из макулатуры полимерами / С. Л. Андреева [и др.] // Химия раст. сырья. – 2011. – № 1. – С. 179–181.
4. Специализированные виды катионного крахмала для бумажного производства / В. В. Лапин [и др.] // Целлюлоза. Бумага. Картон. – 2000. – № 11–12. – С. 23–25.
5. Осипов, П. В. Эффекты синергизма между синтетическими полимерами и катионным крахмалом в макулатурных композициях / П. В. Осипов // Целлюлоза. Бумага. Картон. – 2011. – № 3. – С. 74–77.
6. Повышение качества бумаги из макулатуры химическими функциональными веществами / А. А. Остапенко [и др.] // Химия раст. сырья. – 2012. – № 1. – С. 187–190.
7. Черная, Н. В. Проклейка бумаги и картона в кислой и нейтральной средах / Н. В. Черная, А. И. Ламоткин. – Минск: БГТУ, 2003. – 345 с.
8. Блинущова, О. И. Развитие теории механизма проклейки тест-лайнера димерами алкилкетена / О. И. Блинущова, Д. А. Дулькин, И. Н. Ковернинский // Химия раст. сырья. – 2008. – № 1. – С. 131–138.
9. Мишурина, О. А. Способы гидрофобизации и упрочнения композиционных целлюлозных материалов из вторичного сырья / О. А. Мишурина, О. А. Ершова // Междунар. журн. прикл. и фундамент. исследований. – 2016. – № 10. – С. 363–366.
10. Повышение прочности тароупаковочной бумаги с использованием азотсодержащих соединений / С. А. Гордейко [и др.] // Труды БГТУ. Химия, технология орган. в-в и биотехнология – 2013. – № 4. – С. 165–168.
11. Синтез новых полимеров на основе амидов смоляных кислот для упрочнения макулатурных видов бумаги / В. Л. Флейшер [и др.] // Труды БГТУ. Химия, технология орган. в-в и биотехнология. – 2014. – № 4. – С. 134–136.
12. Особенности применения в технологии бумаги продуктов поликонденсации адипиновой кислоты с диэтилентриамином и смоляными кислотами / С. А. Гордейко [и др.] // Труды БГТУ. Химия, технология орган. в-в и биотехнология. – 2014. – № 4. – С. 130–133.
13. Андрюхова, М. В. Синтез и свойства сополимеров дикарбоновых кислот, полиамины и амидов смоляных кислот канифоли / М. В. Андрюхова, В. Л. Флейшер // Технология–2016: материалы XIX Междунар. науч.-техн. конф., Северодонецк, 22–23 апреля 2016 г.: в 2 ч. / Восточноукр. нац. ун-т им. В. Даля; сост. В. Ю. Тарасов. – Северодонецк, 2016. – Ч. 1. – С. 12–14.
14. Способ получения полиамидной смолы: пат. ВУ 21140 / В. Л. Флейшер, Н. В. Черная, Е. П. Шишаков, Д. С. Макарова, М. В. Андрюхова, С. А. Гордейко. – Опубл. 30.06.2017.
15. Наканиси, К. Инфракрасные спектры и строение органических соединений: пер. с англ. / К. Наканиси. – М.: Мир, 1965. – 186 с.
16. Лирова, Б. И. Анализ полимерных композиционных материалов: учебное пособие / Б. И. Лирова, Е. В. Русина. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2008. – 187 с.

References

1. Khovanskii V. V, Dubovyi V. K., Kaizer P. M. *The use of chemical auxiliaries in the production of paper and paperboard*. Saint-Petersburg, Saint Petersburg State Technological University of Plant Polymers (SPb STUPP), 2013. 153 p. (in Russian).
2. Kozhevnikov S. Yu. Paper strengthening with cation-anionic polyacrylamide resin. *Khimija Rastitel'nogo Syr'ja = Chemistry of plant raw materials*, 2011, no. 2, pp. 177–182 (in Russian).

3. Andreeva S. L., Kozhevnikov S. Yu., Dul'kin D. A., Dubovyi V. K. Theoretical basis of technology for increasing the strength of cardboard from recycled polymers. *Khimija Rastitel'nogo Syr'ja = Chemistry of plant raw materials*, 2011, no. 1, pp. 179–181 (in Russian).
4. Lapin V. V. Specialized types of cationic starch for paper production. *Tsellyuloza. Bumaga. Karton* [Cellulose. Paper. Cardboard], 2000, no. 11–12, pp. 23–25 (in Russian).
5. Osipov P. V. Effects of synergism between synthetic polymers and cationic starch in recycled compositions. *Tsellyuloza. Bumaga. Karton* [Cellulose. Paper. Cardboard], 2011, no. 3, pp. 74–77 (in Russian).
6. Ostapenko A. A., Moroz V. N., Barbash V. A., Kozhevnikov S. Yu., Dubovyi V. K., Koverninskii I. N. Improving the quality of paper from waste paper with chemical functional substances. *Khimija Rastitel'nogo Syr'ja = Chemistry of plant raw materials*, 2012, no. 1, pp. 187–190 (in Russian).
7. Chernaya N. V., Lamotkin A. I. *Sizing paper and cardboard in acidic and neutral media*. Minsk, Belarusian State Technological University, 2003. 345 p. (in Russian).
8. Blinushova O. I., Dul'kin D. A., Kozhevnikov S. Yu. Development of the theory of the mechanism of sizing the test liner with alkyl ketene dimers. *Khimija Rastitel'nogo Syr'ja = Chemistry of plant raw materials*, 2008, no. 1, pp. 131–138 (in Russian).
9. Mishurina O. A., Ershova O. A. Methods of hydrophobization and strengthening of composite cellulose materials from secondary raw materials. *Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy = International Journal of Applied and Fundamental Research*, 2016, no. 10, pp. 363–366 (in Russian).
10. Gordeiko S. A., Zholnerovich N. V., Chernaya N. V., Fleisher V. L., Drapeza A. A., Andrukova M. V., Makarova D. S. Increasing the strength of packaging paper using nitrogen-containing compounds. *Trudy BGTU. Khimiya, tekhnologiya organicheskikh veshchestv i biotekhnologiya = Proceedings of BSTU. Chemistry, technology of organic substances and biotechnology*, 2013, no. 4, pp. 165–168 (in Russian).
11. Fleisher V. L., Chernaya N. V., Makarova D. S., Gordeiko S. A., Germas' A. V. Synthesis of new polymers on the basis of resin acids amides for strengthening of recycled paper types. *Trudy BGTU. Khimiya, tekhnologiya organicheskikh veshchestv i biotekhnologiya = Proceedings of BSTU. Chemistry, technology of organic substances and biotechnology*, 2014, no. 4, pp. 134–136 (in Russian).
12. Gordeiko S. A., Chernaya N. V., Zholnerovich N. V., Fleisher V. L., Makarova D. S. Peculiarities of using polycondensation products of adipic acid with diethylenetriamine and resin acids in the paper technology. *Trudy BGTU. Khimiya, tekhnologiya organicheskikh veshchestv i biotekhnologiya = Proceedings of BSTU. Chemistry, technology of organic substances and biotechnology*, 2014, no. 4, pp. 130–133 (in Russian).
13. Andrukova M. V., Fleisher V. L. Synthesis and properties of copolymers of dicarboxylic acids, polyamine and amides of rosin acid rosin. *Tekhnologiya–2016: Materialy XIX mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii* [Technology–2016: Proceedings of the XIX International Scientific and Technical Conference]. Severodonetsk, 2016, pp. 12–14 (in Russian).
14. Fleisher V. L., Chernaya N. V., Shishakov E. P., Makarova D. S., Andrukova M. V., Gordeiko S. A. *Method for producing polyamide resin*. Patent BY no. 21140, 2017 (in Russian).
15. Nakanishi K. *Infrared absorption spectroscopy*. San Francisco, Holden Day, 1962. 223 p.
16. Lirova B. I., Rusinova E. V. *Analysis of polymer composite materials*. Ekaterinburg, Publishing house of the Ural University, 2008. 187 p.

Информация об авторах

Андрюхова Марина Валерьевна – магистр биол. наук, мл. науч. сотрудник, ассистент кафедры химической переработки древесины, Белорусский государственный технологический университет (ул. Свердлова, 13а, 220006, Минск, Республика Беларусь). E-mail: m_and_arina@mail.ru

Флейшер Вячеслав Леонидович – канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой химической переработки древесины, 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: v_fleisher@list.ru

Information about the authors

Marina V. Andrukova – M. Sc. (Biology), Junior Researcher, Belarusian State Technological University (13a, Sverdlov Str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: m_and_arina@mail.ru

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

Natalia V. Chernaya – D. Sc. (Engineering), Professor, Belarusian State Technological University (13a, Sverdlov Str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: v_fleisher@list.ru