

Получено, что образцы бумаги и картона, содержащие первичные (целлюлозные) или вторичные (макулатурные) волокна, отличались улучшенной впитываемостью при одностороннем смачивании (ВПИТ, г/м<sup>2</sup>). При этом применение разработанных МКП вместо импортного аналога ТМ позволяло улучшить гидрофобность образцов бумаги и картона независимо от вида используемого волокнистого полуфабриката. Установлено, что ВПИТ уменьшается от 35 до 10–23 г/м<sup>2</sup> при использовании нейтральных МКП в целлюлозных суспензиях и от 40 до 23–27 г/м<sup>2</sup> при применении в макулатурных суспензиях. Положительный гидрофобизирующий эффект усиливается при замене нейтральных МКП на высокосмоляные и смещении процесса проклейки волокнистых суспензий (целлюлозных и макулатурных) из кислой среды (рН 4,8–5,2) в нейтрально-слабощелочную (рН 6,5–7,5). Значения ВПИТ дополнительно уменьшаются на 4–9 г/м<sup>2</sup>, что свидетельствует об улучшении гидрофобизирующих свойств разработанных МКП.

Таким образом, разработанные новые виды вещества, представляющие собой моноэфиры и диэфиры малеинового ангидрида и высших жирных спиртов и введенные в структуру смоляных кислот, способствуют улучшению гидрофобизирующего действия модифицированных канифольных продуктов на бумагу и картон.

УДК 676.044.017.44:665.947.2

Н. В. Черная, проф., д-р техн. наук;

Т. В. Чернышева, ст. науч. сотр.;

Н. А. Герман, ст. препод., канд. техн. наук;

С. А. Гордейко, доц., канд. техн. наук;

С. А. Дашкевич, маг., М. Г. Кривоблоцкая, стажер мл. науч. сотр.

(БГТУ, г. Минск)

### **ВЛИЯНИЕ РАЗРАБОТАННЫХ НЕЙТРАЛЬНЫХ И ВЫСОКОСМОЛЯНЫХ МОДИФИЦИРОВАННЫХ КАНИФОЛЬНЫХ ПРОДУКТОВ НА ГИДРОФОБНОСТЬ И ПРОЧНОСТЬ БУМАГИ И КАРТОНА**

Клееные виды бумаги и картона относятся к композиционным материалам. Их качество (в особенности гидрофобность и прочность) влияют на область применения. Она значительно расширяется в тех случаях, когда бумага и картон обладают улучшенным комплексом свойств, среди которых наиболее важными являются гидрофобность и прочность [1, 2].

Особое значение имеют виды и свойства применяемых модифицированных канифольных продуктов (МКП).

Применение известных импортных МКП, к числу которых относятся нейтральные продукты ТМ, ЖМ, Sacocell-309 и Мерзайз, основано на проклейке волокнистых суспензий в кислой среде (рН 4,8–5,2) в присутствии избыточного количества электролита. Соотношение нейтральный МКП : электролит составляет 1 : 3 для целлюлозных суспензий и возрастает до 1 : 5 для макулатурных. Процесс проклейки в режиме гомокоагуляции. Образовавшиеся электронейтральные проклеивающие комплексы являются крупнодисперсными (размер находится в диапазоне 4500–6500 нм) и не способны равномерно распределяться и прочно фиксироваться на поверхности волокон. Кроме того, они отталкивают волокна друг от друга, что препятствует образованию межволоконных связей и приводит к ухудшению прочности бумаги и картона [3].

Существенным недостатком применения известных импортных МКП является то, что замена первичных волокнистых полуфабрикатов (целлюлозы) на вторичные (макулатуры) значительно усложняет технологию бумаги и картона. Это связано с тем, что макулатурные волокна в отличие от целлюлозных являются неоднородными, имеют различный фракционный состав и невысокие бумагообразующие свойства [4]. Поэтому для компенсации потери гидрофобности макулатурных видов бумаги и картона обычно увеличивают содержание нейтральных МКП и электролита, а для компенсации потери прочности – дополнительно применяют дорогостоящие полимерные соединения.

Современные представления о процессах гидрофобизации и упрочнения бумаги и картона свидетельствуют о том, что эти процессы являются конкурирующими. Подтверждением этого является тот факт, что повышение гидрофобности бумаги и картона сопровождается снижением их прочности. Эти трудности отрицательно отражаются на технологии бумаги и картона и требуют реализации дополнительных технологических решений.

Нерешенной актуальной проблемой является проблема повышения эффективности гидрофобизирующего действия МКП на бумагу и картон при одновременном сохранении первоначальной прочности полученной продукции. Одним из перспективных способов решения этой проблемы является, по нашему мнению, смещение процесса проклейки волокнистых суспензий (целлюлозных и макулатурных) из традиционного режима гомокоагуляции в более эффективный режим гетероадагуляции. Бумажная масса представляет собой дисперсную систему, в которой дисперсной фазой являются волокна и расположенные на ее поверхности

мелкодисперсные положительно заряженные проклеивающие комплексы, а дисперсионной средой – вода. Повышению положительного эффекта способствует снижение кислотности бумажной массы и повышение ее рН от 4,8–5,2 до 6,5–7,5.

Цель работы – исследование гидрофобизирующих свойств разработанных нейтральных и высокосмоляных МКП и установление зависимости влияния состава проклеенных бумажных масс (целлюлозных и макулатурных) на прочность образцов бумаги и элементарных слоев картона. Объектами исследования являлись образцы бумаги и картона, отличающиеся композиционным составом по волокну и содержащие разработанные МКП (нейтральные и высокосмоляные) и импортный аналог ТМ. Предметом исследования являлся процесс проклейки бумажных масс и его влияние на гидрофобность и прочность бумаги и картона.

Установлено, что разработанные нейтральные и высокосмоляные МКП отличались от импортного аналога ТМ технологией получения, что позволило улучшить физико-химические свойства синтезированных новых пастообразных продуктов, а также уменьшить размер частиц дисперсной фазы от 190 до 180 нм и увеличить их электрокинетический потенциал от – 70 до –25 мВ, а также повысить агрегативную устойчивость полученных на их основе канифольных эмульсий в 3–4 раза. Модифицирующими веществами являлись разные соединения: для разработанных МКП – моноэфиры малеинового ангидрида (МА) и высших жирных спиртов (ВЖС) фракции С10–С18, а для ТМ – моноэтилцеллозольвмалеинат. Технология получения разработанных МКП основана на последовательном осуществлении процессов этерификации (получение моноэфиров МА и ВЖС), модифицирования смоляных кислот канифоли (талловой или живичной), нейтрализации (полной или частичной) присутствующих карбоксильных групп и стабилизации частиц дисперсной фазы с использованием казеината аммония.

Волокнистые суспензии получали традиционным способом путем последовательного осуществления процессов диспергирования (стадия роспуска) и фибриллирования (стадия размола) двух видов волокнистых полуфабрикатов: 1) первичных – целлюлозы (ГОСТ 9571-89); 2) вторичных – макулатуры (ГОСТ 10700-89).

В отобранные пробы размолотых 1 %-ных волокнистых суспензий, имеющих степень помола 40 °ШР, последовательно вводили конкретный вид приготовленной 1 %-ной канифольной эмульсии, полученной разведением водой разработанных МКП (нейтральных и высокосмоляных), и 1 %-ные растворы электролита (сульфата алюминия (ГОСТ 12966-85)).

Исследования проводили с использованием синтезированных 6 образцов МКП (3 – нейтральных; 3 – высокосмоляных). Содержание МКП в бумажных массах являлось постоянным и составляло 1 % от абсолютно сухого волокна. Соотношение МКП : электролит составляло 1 : 2 и 1 : 1 при использовании разработанных нейтральных и высокосмоляных МКП соответственно, что в 1,5–3,0 раза меньше, чем при использовании импортного аналога (нейтрального ТМ) для проклейки целлюлозных суспензий и в 2,5 : 5,0 раз меньше для макулатурных суспензий. Бумажные массы имели кислую среду (рН 4,8–5,2), нейтральную (рН 6,5–7,2) или слабощелочную (рН 7,3–7,5).

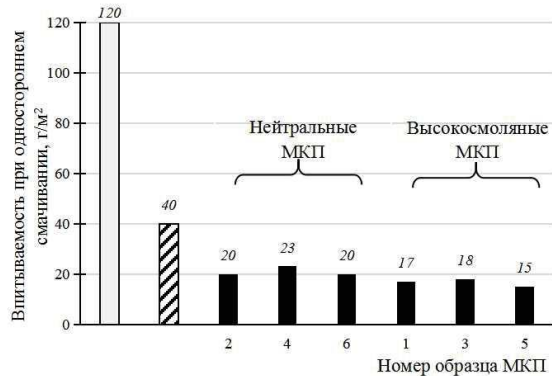
Гидрофобизирующее действие разработанных МКП (нейтральных и высокосмоляных) на образцы бумаги (46 г/м<sup>2</sup>) и элементарные слои картона (46 г/м<sup>2</sup>) оценивали по стандартному показателю – впитываемость при одностороннем смачивании (ГОСТ 12605-97), а прочность – разрывной длиной (ГОСТ ИСО 1924-1-96).

Образцами сравнения являлись образцы бумаги (46 г/м<sup>2</sup>) и элементарные слои картона (46 г/м<sup>2</sup>), проклеенные импортным аналогом ТМ в кислой среде (рН 4,8–5,2). Его содержание в бумажной массе являлось постоянным и составляло 1 % от абсолютно сухого волокна. Соотношение ТМ : электролит составляло 1 : 3 и 1 : 5 для целлюлозных и макулатурных суспензий соответственно. Результаты исследования представлены на рис. 1.

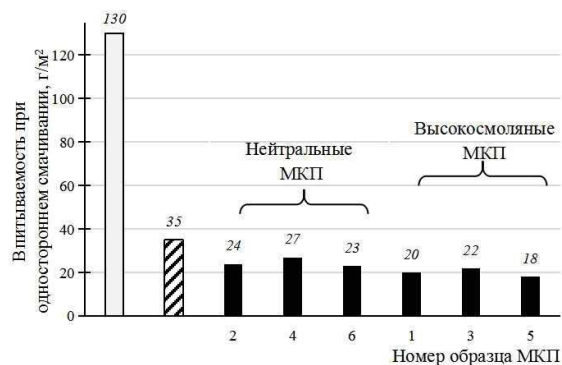
Непроклеенные образцы бумаги и элементарные слои картона имеют высокую впитываемость при одностороннем смачивании, достигающую 120 и 130 г/м<sup>2</sup> при использовании целлюлозных (рис. 1, а) и макулатурных (рис. 1, б) суспензий соответственно.

Получено (рис. 1, а и б), что гидрофобизирующее действие разработанных МКП (нейтральных и высокосмоляных) на образцы бумаги и элементарные слои картона превышает свойства импортного аналога ТМ. Об этом свидетельствует снижение впитываемости при одностороннем смачивании от 40 до 15–23 г/м<sup>2</sup> (в 1,7–2,7 раза) при использовании целлюлозных суспензий (а) и от 35 до 18–27 г/м<sup>2</sup> (в 1,3–1,9 раза) при применении макулатурных суспензий (б).

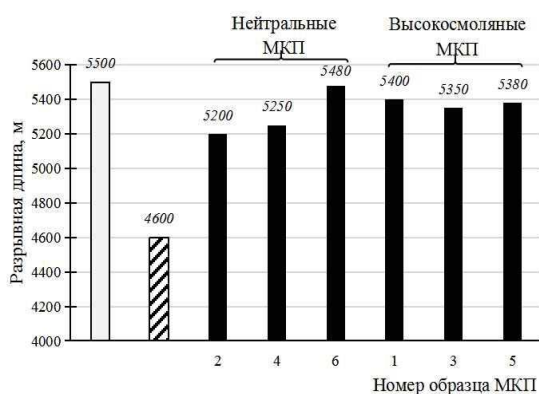
Установлено, что гидрофобизирующие свойства разработанных высокосмоляных МКП превосходят нейтральные на 30–40 %. Об этом свидетельствует снижение впитываемости при одностороннем смачивании от 20–23 до 15–18 г/м<sup>2</sup> при использовании целлюлозных суспензий (а) и от 23–27 до 18–22 г/м<sup>2</sup> при применении макулатурных суспензий (б).



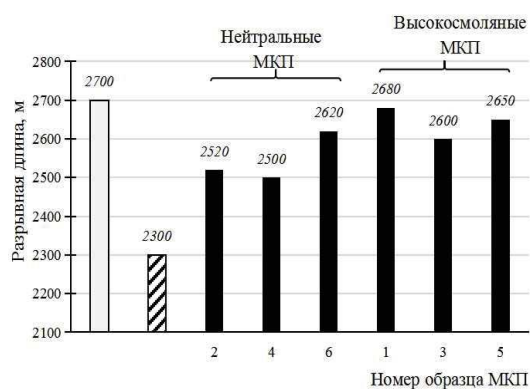
*a*



*б*



*в*



*г*

*a* и *в* – целлюлозные суспензии; *б* и *г* – макулатурные суспензии;

□ – исходные образцы бумаги (без МКП) □ – применение импортного аналога ТМ; образцы 1–6 – использование разработанных МКП

**Рисунок 1 – Гидрофобность (*a* и *б*) и прочность (*в* и *г*) образцов бумаги и элементарных слоев картона в зависимости от состава бумажных масс**

Повышение гидрофобности образцов бумаги и картона за счет замены импортного аналога ТМ на разработанные МКП можно объяснить смещением процесса канифольной проклейки из традиционного режима гомотоагуляции в более эффективный режим гетероадагуляции.

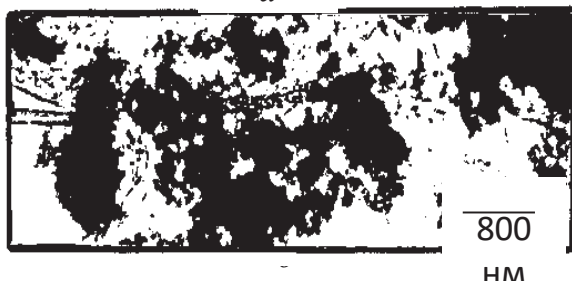
Следствием этого является, как видно из микрофотографий бумажных масс, представленных на рис. 2, снижение размеров проклеивающих комплексов от 4500–6000 до 180–200 нм, а также улучшение распределения и повышение прочности фиксации их на поверхности волокон.

Установлено (рис. 1, *в* и *г*), что прочность образцов бумаги и элементарных слоев картона, проклеенных разработанными нейтральными и высокосмоляными МКП в режиме гетероадагуляции,

максимально приближается к первоначальной прочности исследуемых образцов, полученных не только из целлюлозных суспензий (*в*), но и макулатурных (*г*).



*a*



**Рисунок 2 – Микрофотографии бумажных масс, проклеенных в режимах гетероадагуляции (*a*) и гомокоагуляции (*б*)**

Исходные (непроклеенные) образцы бумаги и элементарные слои картона, изготовленные из целлюлозных и макулатурных суспензий, имеют разрывную длину 5500 и 2700 м соответственно.

Использование импортного аналога ТМ и осуществление процесса проклейки бумажных масс в режиме гомокоагуляции, приводит к снижению разрывной длины исследуемых образцов от 5500 до 4600 м (на 16,4 %), изготовленных из целлюлозных суспензий, и от 2700 до 2300 м (на 14,9 %), полученных из макулатурных суспензий.

Применение разработанных МКП (нейтральных и высокосмоляных) и одновременное смещение процесса канифольной проклейки из традиционного режима гомокоагуляции в более эффективный режим гетероадагуляции позволяют повысить разрывную длину исследуемых образцов от 4600 до 5200–5480 м (на 13,0–19,1 %) при использовании целлюлозных суспензий (рис. 1, в) и от 2300 до 2500–2680 м (на 8,7–16,5 %) при применении макулатурных суспензий (рис. 1г).

Установлено, что замена импортного аналога ТМ на разработанные нейтральные МКП способствует повышению разрывной длины исследуемых образцов от 4600 до 5200–5480 м (на 13,0–19,1 %) при использовании целлюлозных суспензий и от 2300 до 2500–2620 м (на 8,7–13,9%) при применении макулатурных суспензий.

При этом процесс канифольной проклейки протекает в кислой среде (рН 4,8–5,2).

Эффективность процесса проклейки бумажных масс возрастает за счет перевода рН из кислой области в нейтральную (рН 6,5–7,2) и сла-

бощелочную (рН 7,3–7,5). Этому способствует применение разработанных высокосмоляных МКП. Прочность исследуемых образцов максимально приближается к первоначальной (без МКП).

Таким образом, эффективность применения разработанных нейтральных и высокосмоляных модифицированных канифольных продуктов превосходит импортный аналог ТМ. Этому способствует смещение процесса проклейки из традиционного режима гомокоагуляции в более эффективный режим гетероадагуляции.

При этом улучшенная гидрофобность бумаги и картона (впитываемость при одностороннем смачивании) позволяет уменьшить расход разработанных канифольных продуктов на 30–40 %, а высокая их прочность (разрывная длина) – исключить необходимость дополнительного применения упрочняющих веществ.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Особенности структуры и свойства проклеивающих комплексов при гидрофобизации бумаги и картона нейтральными и высокосмоляными канифольными эмульсиями / Черная Н. В. [и др.] // Труды БГТУ. 2022. № 2. С. 79–93.

2. Концептуальное развитие теории и технологии проклейки бумаги и картона гидродисперсиями модифицированной канифоли в режиме гетероадагуляции пептизированных частиц / Черная Н. В. [и др.] // Полимерные материалы и технологии. 2015. Т. 1, № 1. С. 76–90.

3. Иванов С. Н. Технология целлюлозно-бумажного производства. в 3 т; в Т. II. Производство бумаги и картона. Ч. 2. Основные виды и свойства бумаги, картона, фибры и древесных плит. СПб: Политехника, 2006. 499 с.

4. Повышение эффективности проклейки волокнистых суспензий в нейтральной и слабощелочной средах / Черная Н. В. [и др.] // Труды БГТУ. 2023. № 1. С. 36–64.