

// International Journal of Applied Science and Technology. – 2013. – Vol. 3 (5). – P. 107–115.

9. Amariei S., Sănduleac E., Ciornei S. Comparative study of oxidative stability for different types of vegetable oils // Food and Environment Safety Journal. – 2016. – Vol. 12(2). – P. 156 – 160.

10. Mezouari S., Eichner, K. (2007). Comparative study on the stability of crude and refined rice bran oil during long term storage at room temperature // European Journal of Lipid Science and Technology. – 2007. – Vol. 109 (3) – P. 198–205.

11. Tihomir M., Drago Š., Jurislav B., Antonija Š., Dubravka V. Č., Antun J. Production and stabilisation of peanut oil // Nutrition and Dietetics. – 2019. – Vol. 8(1). – P. 40 – 45.

УДК 676.2.017.43

С. А. Гордейко, канд. техн. наук, доц.,
Н. В. Черная, д-р техн. наук, проф.,
С. А. Дашкевич, асп., О. А. Мисюров, соискатель
(БГТУ, г. Минск)

ВЛИЯНИЕ НОВОГО АЗОТСОДЕРЖАЩЕГО ПОЛИМЕРНОГО СОЕДИНЕНИЯ НА ПРОЦЕССЫ СВЯЗЕОБРАЗОВАНИЯ И СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ КЛЕЕННЫХ ВИДОВ БУМАГИ И КАРТОНА

Современная тенденция развития целлюлозно-бумажной промышленности в Республике Беларусь, странах ближнего и дальнего зарубежья характеризуется постоянным наращиванием объемов производства клееных видов бумаги и картона при одновременном расширении их ассортимента. Для их получения используют проклеенные бумажные массы [1–4], отличающиеся композиционным составом по волокну, содержанием применяемых вспомогательных химических веществ (функциональных и процессных) и условиями проклейки бумажных масс в режимах гомокоагуляции или гетероадагуляции.

Клееные виды бумаги и картона должны обладать необходимой гидрофобностью и требуемой прочностью. Однако процессы гидрофобизации и упрочнения являются конкурирующими. Это объясняется тем, что присутствие в бумажных массах используемых видов функционального (канифольной эмульсии) и процессного (электролита) химических веществ сопровождается протеканием между ними коллоидно-химических взаимодействий. Следствием этого является образование проклеивающих комплексов [1–4], отличающихся не только структурой, дисперсностью и электрокинетическим потенциалом, но

и характером распределения и прочностью фиксации их на поверхности волокон. Поэтому при определенных условиях процесс гидрофобизации бумаги и картона может протекать в двух противоположных режимах – гомокоагуляции (существующая технология) и гетероадагуляции (разработанная технология). Однако в обоих случаях проклеивающие комплексы блокируют активные центры волокон (отрицательно заряженные гидроксильные группы) и препятствуют протеканию процессов связеобразования и структурообразования, что объясняет ухудшение прочности бумаги и картона.

Для компенсации потери прочности клееных видов бумаги и картона применяют разнообразные азотсодержащие полимерные соединения [5, 6], к числу которых относится импортный катионный полиэлектролит в виде полиамидполиаминэпихлоргидриновой смолы (ППЭС). Полимерные соединения отличаются строением, степенью полимеризации и эффективностью упрочняющего действия на клееные виды бумаги и картона. Улучшение связеобразования и структурообразования объясняет повышение прочности бумаги и картона. При этом технология применения конкретного вида полимерного соединения проявляет свою эффективность по различным механизмам, среди которых предпочтение отдается мозаичному, мостичному или электростатическому. Однако известные полимерные соединения содержат незначительное количество амидных и аминных групп, что не позволяет увеличить их связеобразующие и структурообразующие свойства.

В патенте Республики Беларусь № 23441 [7] предлагается использовать новое азотсодержащее полимерное соединение (АПС), представляющее собой карбамидоформальдегидакапролактамовую смолу (КС) и имеющее следующие физико-химические свойства: условная вязкость, с – 27, рН – 8,0, содержание сухих веществ, % – 66,5, содержание формальдегида, % – 0,26 (норма – не более 0,30), смешиваемость с водой – неограниченная (норма – от 1:4 до 1:10).

Новый вид АПС [7] представляет собой карбамидоформальдегидакапролактамовую смолу (КС), отличающуюся от известных аналогов строением, повышенным содержанием амидных и аминных групп и улучшенными физико-химическими свойствами. Сущность получения КС заключается в осуществлении четырехстадийного синтеза. На первой стадии проводят конденсацию карбамида и формальдегида при их мольном соотношении 1,0:(2,3–3,1) и рН 7,5–8,5, когда температура реакционной смеси находится в диапазоне 88–92 °С; продолжительность этой стадии составляет 10–20 мин. На второй стадии снижают рН от 7,5–8,5 до 4,6–5,2 и проводят конденсацию в течение 60–90 мин. На третьей стадии повышают рН до 7,5–8,0, вносят

дополнительную порцию карбамида до мольного соотношения карбамид : формальдегид, равного 1,0:(1,7–2,2), и проводят конденсацию при температуре 60–70 °С в течение 20–40 мин. На четвертой стадии вносят капролактан в количестве 0,08–0,20 моль на 1 моль общего карбамида и проводят конденсацию в течение 20–40 мин при температуре 60–70 °С.

Отсутствие в научной и технической литературе информации о способах повышения прочности клееных видов бумаги и картона за счет улучшения связеобразования и структурообразования при применении нового АПС [8] обуславливает актуальность настоящей работы с научной и практической точек зрения.

Цель исследования – изучение влияния нового азотсодержащего полимерного соединения на процессы связеобразования и структурообразования при получении клееных видов бумаги и картона с улучшенной гидрофобностью и прочностью.

Предмет исследования – процесс образования межволоконных связей в структуре клееных видов бумаги и картона при использовании азотсодержащих полимерных соединений (разработанной КС и импортного аналога ППЭС).

Объекты исследования – образцы бумажных масс, отличающиеся содержанием нового АПС (КС) и условиями проклейки (в режимах гомокоагуляции (существующая технология) и гетероадагуляции (разработанная технология), и полученные из них образцы клееных видов бумаги и картона.

Получение 1 %-ных проклеенных бумажных масс основывалось на последовательном введении в волокнистые суспензии расчетных количеств проклеивающего вещества (ПВ), электролита (Э) и АПС (нового КС и импортного аналога ППЭС).

Исследование проводили с использованием 1 %-ных волокнистых суспензий, имеющих степень помола 40 °ШР и содержащих первичные волокна двух видов целлюлозы беленой, полученных из хвойных и лиственных пород древесины соответственно, а также вторичные (макулатурные) волокна.

В качестве проклеивающих веществ (ПВ) использовали два вида 5 %-ных канифольных эмульсий (нейтральный ТМ и разработанный высокосмоляной МКП [4]). Их получали смешиванием с водой двух видов пастообразных канифольных продуктов: 1) ТМ – талловая модифицированная канифоль (импортный аналог), этот продукт применяют для проклейки бумажных масс в кислой среде (рН 4,8–5,2)); 2) МКП – модифицированный канифольный продукт (новый вид ПВ [4]) предназначен для проклейки бумажных масс в нейтральной среде (рН 6,5–7,2). Содержание ПВ в дисперсных системах было постоян-

ным и составляло $C_1 = 2\%$ от абсолютно сухого волокна (а. с. в.).

Проклеивающие комплексы (крупнодисперсные ТМ и мелкодисперсные МКП) получали путем коллоидно-химического взаимодействия отрицательно заряженных частиц дисперсной фазы ПВ (нейтральной эмульсии ТМ и высокосмоляной эмульсии МКП) с положительно заряженными формами гидроксосоединений алюминия ($Al(H_2O)_6^{3+}$, $Al(H_2O)_5(OH)^{2+}$ и $Al(H_2O)_4(OH)_2^+$), введенными в дисперсную систему с 1 %-ным раствором электролита (Э), в качестве которого применяли сульфат алюминия $Al_2(SO_4)_3$. Содержание электролита C_2 в дисперсных системах, содержащих первичные (целлюлозные) и вторичные (макулатурные) волокна и частицы дисперсной фазы ПВ (нейтральной эмульсии ТМ и высокосмоляной эмульсии МКП), изменяли в зависимости от вида используемой канифольной эмульсии по соотношению ПВ:Э, которое составляло $C_2 = 1:3$ при использовании нейтральной эмульсии ТМ и $C_2 = 1:2$ при применении высокосмоляной эмульсии МКП.

Процесс канифольной проклейки в бумажных массах протекал в кислой (рН 4,8–5,2) и нейтральной (рН 6,5–7,2) средах в режимах гомокоагуляции (существующая технология – использование нейтральной эмульсии ТМ) и гетероадагуляции (разработанная технология – применение высокосмоляной эмульсии МКП).

Процессы связеобразования и структурообразования целенаправленно изменяли путем введения в проклеенные бумажные массы азотсодержащих полимерных соединений (АПС). Образцами сравнения являлись два вида смол: 1) КС – карбамидоформальдегидакапролактамовая (новый вид АПС [7]); 2) ППЭС – полиамидполиаминэпихлоргидриновая (импортный аналог АПС). Содержание АПС в бумажных массах было одинаковым и составляло $C_3 = 0,2\%$ от а. с. в.

Образцы проклеенных бумажных масс, отличающиеся композиционным составом по волокну, содержанием АПС (КС и ППЭС) и условиями проклейки (в режимах гомокоагуляции (существующая технология) и гетероадагуляции (разработанная технология), использовали для получения образцов клееных видов бумаги и картона. Образцы 1–7 содержали волокна целлюлозы беленой хвойной. В образцах 8–14 и 15–21 присутствовали волокна целлюлозы беленой листовых пород древесины и макулатуры соответственно.

Образцы бумаги (80 г/м^2) и элементарных слоев картона (80 г/м^2) изготавливали на листоотливном аппарате «Rapid Ketten» (фирма Ernst Naage, Германия), моделирующем работу бумагоделательной и картоноделательной машины.

Качество образцов бумаги и элементарных слоев картона (ЭСК) характеризовали комплексом показателей, среди которых основными

являются гидрофобность, прочность и влагопрочность. Эти показатели являются конкурирующими. Гидрофобность полученных образцов бумаги и ЭСК характеризовали впитываемостью при одностороннем смачивании А, г/м², а их прочность оценивали по значениям разрывной длины В, м. Влагопрочность исследуемых образцов С, %, рассчитывали по формуле $C = (P_{вл}/P_{сух}) \cdot 100, \%$, где $P_{вл}$ и $P_{сух}$ – разрушающее усилие во влажном и сухом состояниях соответственно, Н. Числовые значения комплекса показателей А, В и С характеризовали процесс структурообразования, а эффективность процесса связеобразования оценивали по значениям показателя «межволоконные силы связи по Скотту» D, Дж/м².

Результаты исследования по изучению влияния нового АПС (КС) на процессы связеобразования и структурообразования при получении клееных видов бумаги (элементарных слоев картона) представлены в таблице. Эффективность применения КС сравнивали с импортным аналогом АПС – ППЭС.

Таблица – Влияние состава бумажных масс на свойства образцов бумаги (элементарных слоев картона)

Номер образца бумаги	Состав бумажных масс (вид компонента и его содержание С _і , % от а. с. в.)						Свойства образцов бумаги (элементарных слоев картона)				
	ПВ		Э		АПС		А, г/м ²	В, м	С, %	D, Дж/м ²	
	Вид	С ₁	ПВ:Э	С ₂	Вид	С ₃					
Использование целлюлозы сульфатной беленой хвойной											
Образец 1	–	–	–	–	–	–	87,1	8310	2,5	532,5	
Образец 2	ТМ	2	1:3	6	–	–	40,1	8020	12,2	412,5	
Образец 3	МКП		1:2	4			29,0	8230	16,0	440,1	
Образец 4	ТМ		1:3	6			КС	0,2	40,4	8480	13,4
Образец 5	МКП		1:2	4	30,6	8550			18,2	660,1	
Образец 6	ТМ		1:3	6	ППЭС	38,2			8240	12,9	453,8
Образец 7	МКП		1:2	4		27,8			8200	15,6	506,1
Использование целлюлозы сульфатной беленой, полученной из смеси хвойных (70 %) и лиственных (30 %) пород древесины											
Образец 8	–	–	–	–	–	–	104,5	8000	2,3	435,4	
Образец 9	ТМ	2	1:3	6	–	–	29,6	7125	10,4	323,9	
Образец 10	МКП		1:2	4			29,5	7790	13,1	352,8	
Образец 11	ТМ		1:3	6	КС	0,2	43,0	7800	13,7	372,5	
Образец 12	МКП		1:2	4			32,6	8150	14,8	436,7	
Образец 13	ТМ		1:3	6			ППЭС	40,2	7300	11,9	356,3
Образец 14	МКП		1:2	4	29,7	7450		13,5	388,1		
Использование макулатуры											
Образец 15	–	–	–	–	–	–	82,8	5260	2,2	258,7	
Образец 16	ТМ	2	1:3	6	–	–	35,7	4300	8,5	221,9	
Образец 17	МКП		1:2	4			27,2	5160	7,1	231,9	
Образец 18	ТМ		1:3	6			КС	0,2	30,2	4980	9,0
Образец 19	МКП		1:2	4	25,6	5400			10,2	266,7	
Образец 20	ТМ		1:3	6	ППЭС	29,3			4670	8,8	243,1
Образец 21	МКП		1:2	4		27,1			4900	9,4	255,2

Примечание: В таблице приняты следующие условные обозначения: ПВ – проклеивающее вещество; ТМ – талловая модифицированная канифоль (импортный аналог); МКП – модифицированный канифольный продукт (новое ПВ [5]); Э – электролит; АПС – азотсодержащее полимерное соединение; КС – карбамидоформальдегидокапролактамовая смола (новый вид АПС [7]); ППЭС – полиамидполиаминэпихлоргидриновая смола (импортный аналог АПС); а. с. в. – абсолютно сухое волокно; C_i – содержание i -того компонента в бумажных массах, % от а. с. в. (C_1 – ПВ; C_2 – Э; C_3 – АПС); А – впитываемость при одностороннем смачивании, г/м²; В – разрывная длина, м; С – влагопрочность, %; D – межволоконные силы связи по Скотту, Дж/м².

Из таблицы видно, что эффективность процессов связеобразования и структурообразования зависит от состава бумажных масс и условий процесса проклейки, протекающего в двух противоположных режимах – гомокоагуляция и гетероадагуляция. Установлено, что новое азотсодержащее полимерное соединение (карбамидоформальдегидокапролактамовая смола (КС)) способствует повышению межволоконных сил связи по Скотту (МСС) на 10–15 %, в то время как при использовании импортного аналога (полиамидполиаминэпихлоргидриновой смолы (ППЭС)) прирост МСС не превышает 10 %.

Таким образом, использование нового азотсодержащего полимерного соединения, представляющего собой карбамидоформальдегидокапролактамовую смолу, представляет научный и практический интерес. Результаты исследования свидетельствуют об улучшении (на 10–15 %) связеобразования в бумажных массах и структуре полученных клееных видов бумаги и картона.

ЛИТЕРАТУРА

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

2. 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.

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

4. Влияние разработанных новых видов модифицированных канифольных продуктов на свойства клееных видов бумаги и картона при проклейке волокнистых суспензий в кислой, нейтральной и слабощелочной средах / Черная Н. В. [и др.] // материалы 67-ой Междунар. науч. конф. Астраханского гос. технич. ун-та, Астрахань,

29–31 мая 2023 г. – Астрахань: АГТУ, 2023. С. 1127–1133.

5. Черная Н. В. Теория и технология клееных видов бумаги и картона (монография). – Минск: БГТУ, 2009. – 394 с.

6. Черная Н. В., Колесников В. Л., Жолнерович Н. В. Технология производства бумаги и картона. – Минск: БГТУ, 2013. – 435 с.

7. Патент ВУ 23441, МПК D 21H 17/50, C 08G 12/12, C 08G 12/40 (2006.01). Способ получения упрочняющей добавки для изготовления бумаги: заявка а 20180530; заявл. 22.12.2018; опубл. 30.08.2020 / Авторы: Флейшер В.Л., Черная Н.В., Шишаков Е.П., Чернышева Т.В.; заявитель БГТУ.

УДК 676.023.1

Ф. В. Лапаев, аспирант,
Л. Г. Махотина, д-р тех. наук, проф.
(СПбГУПТД, г. Санкт-Петербург, Россия)

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ОТБЕЛКИ ВТОРИЧНОГО ВОЛОКНА ИЗ МАКУЛАТУРЫ МАРКИ МС-5Б

В настоящее время производство тароупаковочной продукции продолжает развиваться и остается одним из главных векторов в развитии технологии целлюлозы и композиционных материалов. По данным аналитических компаний рынок гофропродукции по состоянию на 2025 год переживает профицит, в связи с увеличением производственных мощностей, но сдержанным ростом спроса на упаковку и сокращением экспорта [1].

Одним из возможных решений проблемы для производителей является придание уникальных свойств продукции без значительного увеличения его стоимости, что способствует большей конкурентной способности на рынке в условиях профицита. Главной тенденцией в развитии производства тарного картона можно выделить использование вторичного волокна с сохранением прочностных показателей. Так для производства тест-лайнера используют вторичное волокно из макулатуры марки МС-5Б. Оно обеспечивает высокие прочностные свойства, так как состоит в основном из отходов продукции, изготовленной из небеленых волокнистых полуфабрикатов, а также является самым распространенным среди всей собираемой макулатуры.

В данной работе предлагается увеличение оптических и печатных свойств тест-лайнера путем отбеливания вторичного волокна из макулатуры марки МС-5Б. При отбелке целлюлозы основная цель – завершение процесса делигнификации, начатого при варке, за счет