

УДК 676.085.2

Н. В. Черная, Н. А. Герман, Т. В. Чернышева, О. А. Мисюров, С. А. Дашкевич
Белорусский государственный технологический университет

**СРАВНЕНИЕ СВОЙСТВ ОБРАЗЦОВ БУМАГИ
ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РАЗРАБОТАННЫХ КАНИФОЛЬНЫХ ЭМУЛЬСИЙ
И ИМПОРТНЫХ АНАЛОГОВ**

Целью исследования является изучение влияния разработанных новых образцов канифольных эмульсий (КЭ) на бумагообразующие свойства проклеенных волокнистых суспензий в сравнении с прочностными характеристиками исходных (непроклеенных) образцов и образцов сравнения, содержащих известный аналог (канифольную эмульсию ТМ).

Установлено, что гидрофобность образцов бумаги и элементарных слоев картона, содержащих разработанные канифольные эмульсии (образцы 4–16 получены с использованием стабилизирующих веществ: ПАВ, латексная дисперсия, казеинат аммония в определенных концентрациях) в количестве $2 \leq R \leq 4\%$ от а. с. в., достигает высоких значений ($15\text{--}25 \text{ г/м}^2$). По сравнению с образцом ТМ разрушающее усилие в сухом состоянии и разрывная длина возрастают на 10–30 и 16–35% соответственно. По сравнению с первоначальной прочностью непроклеенных образцов бумаги и элементарных слоев картона разрушающее усилие в сухом состоянии приближается к исходным значениям (48 Н) для образцов 5 (45 Н) и 13 (47 Н); разрывная длина максимально приближается к исходным значениям (6100 м) и достигает 6040 м (образец 5) или превосходит 6210 м (образец 13).

Сопоставительный анализ результатов исследования свидетельствует о положительном влиянии разработанных канифольных эмульсий на бумагообразующие свойства проклеенных волокнистых суспензий, которые улучшились на 10–35%. При этом достигнута компенсация нежелательной потери прочности на 23–32%, сопровождающаяся при использовании известного аналога канифольной эмульсии ТМ.

Этот положительный эффект имеет важное практическое значение. Разработанная технология относится к ресурсосберегающей, поскольку исчезает необходимость специального использования упрочняющих веществ.

Ключевые слова: канифольная эмульсия, модифицирование, волокнистая суспензия, бумагообразующие свойства, разрывная длина.

Для цитирования: Черная Н. В., Герман Н. А., Чернышева Т. В., Мисюров О. А., Дашкевич С. А. Сравнение свойств образцов бумаги при использовании разработанных канифольных эмульсий и импортных аналогов // Труды БГТУ. Сер. 2, Химические технологии, биотехнологии, геоэкология. 2023. № 1 (265). С. 55–61. DOI: 10.52065/2520-2669-2023-265-1-6.

N. V. Chernaya, N. A. Herman, T. V. Chernysheva, O. A. Misyurov, S. A. Dashkevich
Belarusian State Technological University

**COMPARISON OF PROPERTIES OF PAPER SAMPLES
IN USE OF DEVELOPED ROSIN EMULSIONS
AND IMPORT ANALOGUES**

The aim of the study is to study the effect of the developed new samples of rosin emulsions on the paper-forming properties of sized fibrous suspensions in comparison with the strength characteristics of the original (non-glued) samples and reference samples containing a known analogue (TM rosin emulsion).

It has been established that the hydrophobicity of paper samples and elementary layers of cardboard containing the developed rosin emulsions (samples 4–16 were obtained using stabilizing agents: surfactant, latex dispersion, ammonium caseinate in certain concentrations) in an amount of $2 \leq R \leq 4\%$ of absolutely dry matter, reaches high values ($15\text{--}25 \text{ g/m}^2$). Compared to the TM sample, the breaking force in the dry state and the breaking length increase by 10–30 and 16–35%, respectively. Compared with the initial strength of unglued paper samples and elementary layers of cardboard, the breaking force in the dry state approaches the initial values (48 N) for samples 5 (45 N) and 13 (47 N); the breaking length is as close as possible to the initial values (6100 m) and reaches 6040 m (sample 5) or exceeds 6210 m (sample 13).

A comparative analysis of the results of the study indicates a positive effect of the developed rosin emulsions on the paper-forming properties of sized fibrous suspensions, which improved by 10–35%. At

the same time, compensation for the undesirable loss of strength by 23–32% was achieved, which is accompanied by the use of a well-known analogue of rosin emulsion TM.

This positive effect is of great practical importance. The developed technology belongs to resource-saving, since the need for special use of hardening agents disappears.

Keywords: rosin emulsion, modification, fibrous suspension, paper-forming properties, breaking length.

For citation: Chernaya N. V., Herman N. A., Chernysheva T. V., Misyurov O. A., Dashkevich S. A. Comparison of properties of paper samples in use of developed rosin emulsions and import analogues. *Proceedings of BSTU, issue 2, Chemical Engineering, Biotechnologies, Geoecology*, 2023, no. 1 (265), pp. 55–61. DOI: 10.52065/2520-2669-2023-265-1-6 (In Russian).

Введение. Бумагообразующие свойства проклеенных волокнистых суспензий зависят от степени участия активных центров волокон (отрицательно заряженных гидроксильных групп) в образовании межволоконных связей. Их количество обуславливает прочность бумаги и картона [1–3].

Однако в процессе проклейки волокнистых суспензий с использованием КЭ происходит частичное или полное «блокирование» активных центров волокон из-за электростатического их взаимодействия с положительно заряженными проклеивающими комплексами, которые подвергаются плавлению и спеканию при термообработке бумаги и картона на стадии их сушки. Поэтому при температуре 110–130°C на поверхности волокон образуется гидрофобная пленка. Сформированное из таких волокон полотно бумаги и картона приобретает гидрофобность, а значит, впитываемость при одностороннем смачивании их поверхности водой. Толщина гидрофобной пленки, ее однородность и равномерность распределения на поверхности волокон оказывают существенное влияние на межволоконные связи в структуре бумаги и картона и, следовательно, на прочностные показатели качества, к числу которых относятся разрушающее усилие в сухом состоянии и разрывная длина [4, 5].

Прочность клееных видов бумаги и картона, как правило, уступает их первоначальной прочности. Одной из основных причин считается присутствие в структуре бумаги и картона проклеивающих комплексов. Последние являются крупнодисперсными, разновеликими и разнотенциальными. Поэтому они не способны равномерно распределяться и прочно фиксироваться на поверхности волокон, что приводит к протеканию процесса проклейки волокнистых суспензий (целлюлозных и макулатурных) в режиме гомотоагуляции. Кроме того, используемые в настоящее время проклеивающие комплексы неравномерно блокируют (частично или полностью) активные отрицательно заряженные центры (гидроксильные группы) волокон, а их крупные размеры отдают волокна друг от

друга. Следствием этого является сопровождающееся нежелательное снижение прочности бумаги и картона. Одной из основных причин отрицательного влияния процесса проклейки на прочность бумаги и картона считается отдаление волокон друг от друга, что препятствует образованию межволоконных связей [6–8].

Поэтому процессы проклейки и упрочнения являются конкурирующими. Об этом свидетельствуют показатели качества бумаги и картона – гидрофобность и прочность. Если гидрофобность повышается, то прочность, как правило, уменьшается. И, наоборот, снижение гидрофобности сопровождается повышением прочности бумаги и картона до первоначальных значений, характерных для непроклеенных (исходных) волокнистых суспензий [9–13].

Отсутствие в научной и технической литературе информации о влиянии разработанных канифольных эмульсий на прочность бумаги и картона обуславливает актуальность настоящей работы с научной и практической точек зрения [14–17].

Цель исследования – изучить влияние разработанных образцов канифольных эмульсий на бумагообразующие свойства проклеенных волокнистых суспензий и сравнить прочность образцов бумаги и элементарных слоев картона, полученных с их использованием, с прочностью исходных (непроклеенных) образцов и образцов сравнения, которые содержат известный импортный аналог (канифольную эмульсию TM).

Основная часть. Исследуемые образцы бумаги ((46 ± 1) г/м²) и элементарных слоев картона ((46 ± 1) г/м²) отличались составом за счет использования в бумажных массах различных канифольных эмульсий (образцов 4–16), стабилизированных следующими веществами при их концентрациях *C*, мас. %:

– ПAB: образцы 13а (*C* = 1,0), 13 (*C* = 2,0), 4 (*C* = 3,0) и 16 (*C* = 4,0);

– латексная дисперсия: образцы 11 (*C* = 1,0), 15 (*C* = 1,5), 12 (*C* = 2,0) и 5 (*C* = 2,5);

– казеинат аммония: образцы 14 (*C* = 16,0) и 10 (*C* = 19,0).

Образцом сравнения являлась импортная канифольная эмульсия ТМ (без стабилизирующего вещества). Дополнительно были изготовлены образцы бумаги и элементарных слоев картона без использования канифольных эмульсий.

Гидрофобизирующие свойства разработанных КЭ сравнивали с гидрофобизирующими свойствами двух видов КЭ, в структуре смоляных кислот которых присутствовали различные модифицирующие вещества и отсутствовали стабилизирующие вещества:

1) с известным аналогом ТМ (образцом сравнения), содержащим модифицирующее вещество в виде моноэтилцеллозольмалеината;

2) с разработанной КЭ (образцом 12а), содержащей новое модифицирующее вещество в виде моноэфира малеинового ангидрида и высших жирных кислот фракции C₁₀–C₁₈ или C₁₂–C₁₄.

Содержание КЭ в проклеенных волокнистых суспензиях (R, % от абсолютно сухого волокна (а. с. в.)) составляло 2 и 4%.

Исходные (непроклеенные) образцы бумаги ((46 ± 1) г/м²) и элементарные слои картона ((46 ± 1) г/м²), в структуре которых отсутствуют КЭ (R = 0%), не обладают гидрофобностью, поскольку впитываемость при одностороннем смачивании значительно превышает 70 г/м² и достигает 120 г/м². При этом их прочность является достаточно высокой, так как разрушающее

усилие в сухом состоянии и разрывная длина составляют 48 Н и 6100 м соответственно.

Бумагообразующие свойства проклеенных волокнистых суспензий, полученных с использованием разработанных видов КЭ (образцы 4–16 содержали исследуемые стабилизирующие вещества), сравнивали с бумагообразующими свойствами КЭ, не содержащих стабилизирующих веществ.

Образцами сравнения являлись известный аналог ТМ и синтезированный новый образец 12а.

На рис. 1 и 2 представлены диаграммы изменения разрушающего усилия в сухом состоянии и разрывной длины соответственно для образцов бумаги ((46 ± 1) г/м²) и элементарных слоев картона ((46 ± 1) г/м²) в зависимости от вида разработанных КЭ и содержания их в проклеенных волокнистых суспензиях (R, % от а. с. в.), которое составляло 2 и 4%.

Установлено, что присутствие в проклеенной волокнистой суспензии образца сравнения ТМ в количестве 2 ≤ R ≤ 4% от а. с. в. приводит к ухудшению (на 23–32%) первоначальной прочности бумаги и элементарных слоев картона следующим образом:

- разрушающее усилие в сухом состоянии уменьшается с 48 до 32–36 Н (на 23–25%);
- разрывная длина снижается с 6100 до 4150–4600 м (на 25–32%).

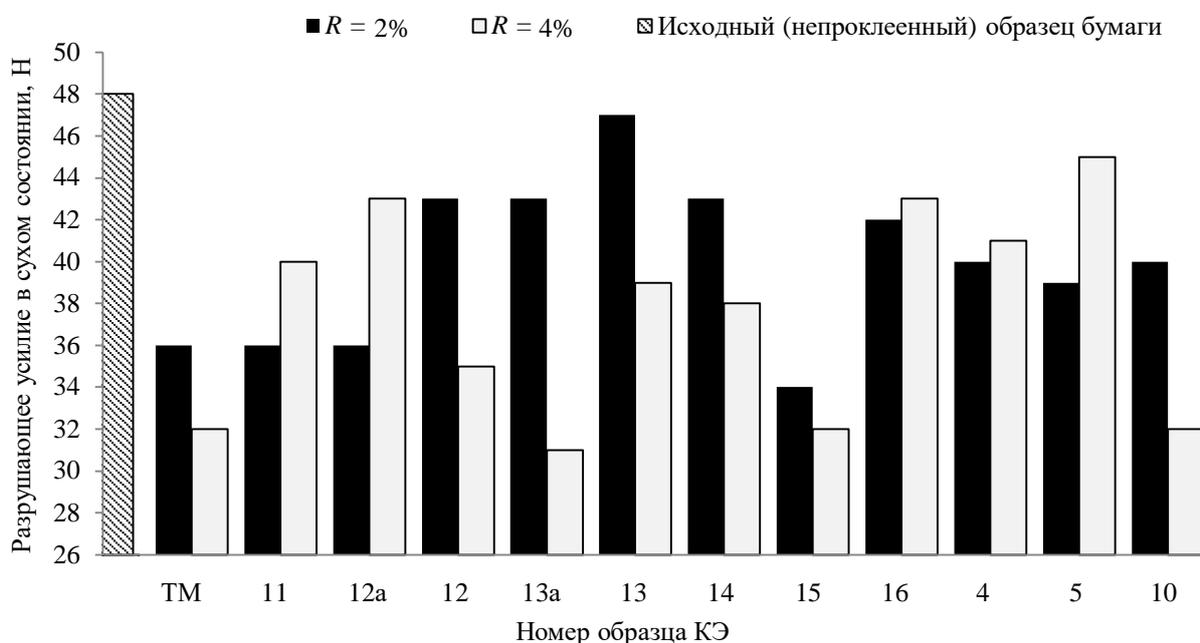


Рис. 1. Разрушающее усилие в сухом состоянии образцов бумаги ((46 ± 1) г/м²) и элементарных слоев картона ((46 ± 1) г/м²) при использовании существующего аналога ТМ и образцов синтезированных новых канифольных эмульсий (КЭ): ТМ – образец сравнения (без стабилизирующего вещества); 12а – синтезированный новый образец без стабилизирующего вещества; 4–16 – синтезированные новые образцы КЭ, отличающиеся видом и концентрацией стабилизирующего вещества

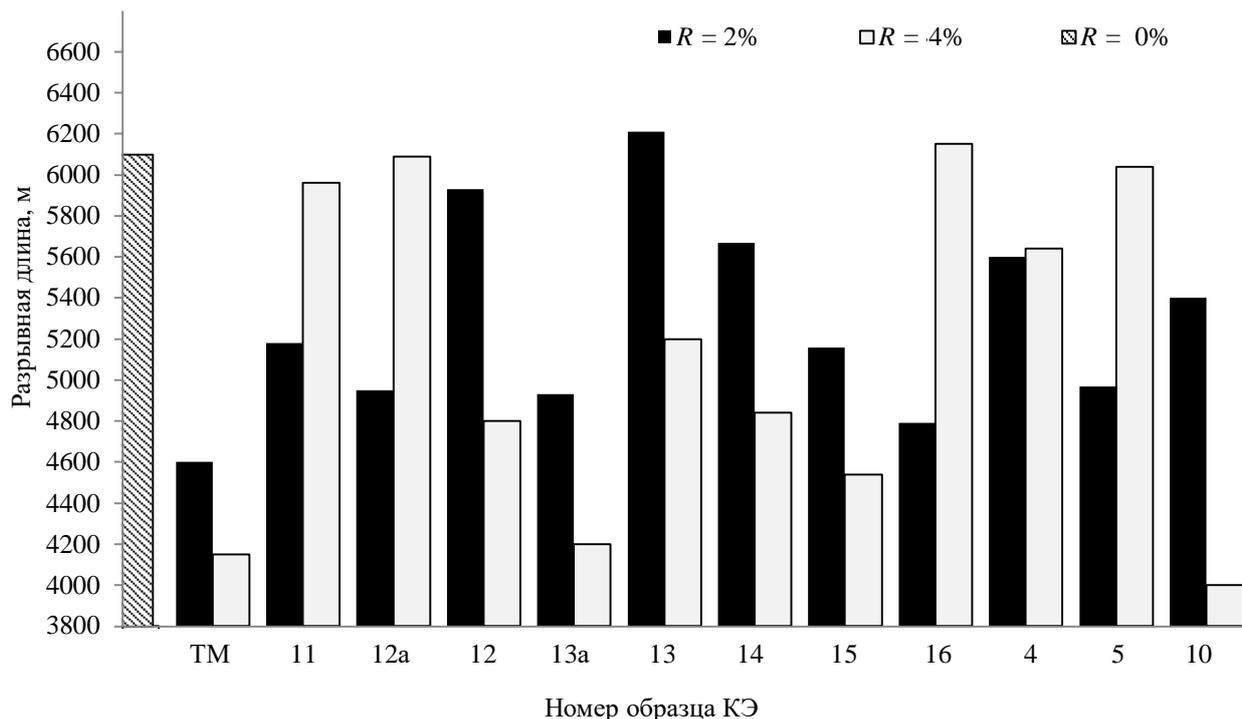


Рис. 2. Разрывная длина образцов бумаги ($(46 \pm 1) \text{ г/м}^2$) и элементарных слоев картона ($(46 \pm 1) \text{ г/м}^2$) при использовании существующего аналога ТМ и образцов синтезированных новых канифольных эмульсий (КЭ): ТМ – образец сравнения (без стабилизирующего вещества); 12a – синтезированный новый образец без стабилизирующего вещества; 4–16 – синтезированные новые образцы КЭ, отличающиеся видом и концентрацией стабилизирующего вещества

Получено, что *прочность* образцов бумаги и элементарных слоев картона, содержащих *разработанные КЭ* (образцы 4–16 получены с использованием исследуемых стабилизирующих веществ), которые присутствуют в проклеенной волокнистой суспензии в количестве $2 \leq R \leq 4\%$ от а. с. в., *увеличивается* следующим образом:

1) *по сравнению с образцом сравнения ТМ*:

- разрушающее усилие в сухом состоянии возрастает от 32–36 до 35–47 Н (на 10–30%);
- разрывная длина увеличивается от 4150–4600 до 4800–6210 м (на 16–35%);

2) *по сравнению с первоначальной прочностью* непроклеенных образцов бумаги и элементарных слоев картона:

- разрушающее усилие в сухом состоянии максимально приближается к исходным значениям (48 Н) и во многих случаях не только превышает 32–36 Н (характерно для образца сравнения ТМ) и увеличивается до 43 Н (прирост достигает 19–35%), но достигает 45 (образец 5) и 47 Н (образец 13);

- разрывная длина приближается к исходным значениям (6100 м) и во многих случаях не только превышает 5600 м, но и возрастает до первоначального уровня, достигая значений 6040 (образец 5) и 6210 м (образец 13);

3) *по сравнению с канифольной эмульсией* (образец 12a), полученной без использования

стабилизирующего вещества, присутствие стабилизирующего вещества в структуре частиц дисперсной фазы разработанных КЭ позволяет улучшить бумагообразующие свойства проклеенных волокнистых суспензий; об этом говорит дальнейшее увеличение прочности (на 5–10%) образцов бумаги и элементарных слоев картона за счет того, что:

- разрушающее усилие в сухом состоянии повышается на 5–7%;
- разрывная длина увеличивается на 6–10%.

Сопоставительный анализ результатов исследования, приведенных на рис. 1 и 2, свидетельствует о положительном влиянии разработанных КЭ на бумагообразующие свойства проклеенных волокнистых суспензий, так как прочность образцов бумаги и элементарных слоев картона максимально приближается к первоначальным значениям, характерным для непроклеенных образцов. Этот положительный эффект имеет важное практическое значение, поскольку исчезает необходимость специального использования упрочняющих веществ.

Заключение. Разработанные канифольные эмульсии (нейтральные и высокосмоляные) сохраняют бумагообразующие свойства проклеенных волокнистых суспензий, в то время как при применении известных аналогов они ухудшаются на 23–32%. При использовании новых канифольных

эмульсий, частицы дисперсной фазы которых содержат в своей структуре молекулы стабилизирующих веществ, установлены следующие преимущества по сравнению с известными аналогами:

1) новое модифицирующее вещество (моноэфир малеинового ангидрида и высших жирных спиртов фракции C₁₀–C₁₈ или C₁₂–C₁₄), присутствующее в структуре смоляных кислот канифоли, в отличие от известного аналога (моноэтилцеллозольмалеината), способствует комплексному решению двух актуальных проблем:

– повышению эффективности процесса проклейки в 1,53–1,79 раза;

– увеличению бумагообразующих свойств проклеенных суспензий на 10–35%;

2) исследованные стабилизирующие вещества (латексная дисперсия, казеинат аммония и ПАВ) повышают не только агрегативную устойчивость разработанных канифольных эмульсий в 3,0–4,3 раза, но и дополнительно улучшают их гидрофобизирующие свойства на 4,0–25,4%; при этом они участвуют в процессах структурообразования при получении образцов клееных видов бумаги и картона, что способствует дальнейшему увеличению их прочности на 5–10%;

3) бумагообразующие свойства проклеенных волокнистых суспензий улучшаются на 8–12% при уменьшении содержания разработанных канифольных эмульсий от 4 до 2% от а. с. в., что способствует повышению качества бумаги и

картона и снижению их себестоимости (за счет экономии химических веществ);

4) процессы проклейки и упрочнения не противоречат, а, наоборот, дополняют друг друга и перестают быть конкурирующими; обнаруженный нами положительный эффект объясняется одновременным увеличением гидрофобности бумаги (картона) и максимальным сохранением их первоначальной прочности; поэтому исчезает необходимость дополнительного внесения упрочняющих веществ; с практической точки зрения это упрощает технологию получения высококачественных видов бумаги (картона) и способствует снижению себестоимости выпускаемой бумажной и картонной продукции;

5) разработанная технология применения новых канифольных эмульсий при получении клееных видов бумаги и картона позволяет повысить бумагообразующие свойства проклеенных волокнистых суспензий на 10–35%, что обеспечивает максимальное приближение их к первоначальному (исходному) уровню, характерному для непроклеенных волокнистых суспензий, и компенсацию нежелательной потери прочности на 23–32%, сопровождающейся при использовании известного аналога ТМ;

6) предлагаемая технология получения новых модифицированных канифольных продуктов и применение их в структуре бумаги и картона является ресурсосберегающей и импортозамещающей.

Список литературы

1. Фляте Д. М. Технология бумаги. М.: Лесная пром-сть, 1988. 440 с.
2. Черная Н. В., Ламоткин А. И. Проклейка бумаги и картона в кислой и нейтральной средах. Минск: БГТУ, 2003. 345 с.
3. Черная Н. В. Теория и технология клееных видов бумаги и картона: монография. Минск: БГТУ, 2009. 394 с.
4. Хованский В. В., Дубовый В. К., Кейзер П. М. Применение химических вспомогательных веществ в производстве бумаги и картона. СПб.: СПбГТУРП, 2013. 151 с.
5. Bicu I. Water soluble polymers from Diels-Alder adducts of abietic acid as paper additives // *Macromol. Mater. Eng.* 2000. No. 280/281. P. 47–53.
6. Шабиев Р. О., Смолин А. С. Анализ электрокинетических параметров бумажной массы. СПб.: СПбГТУРП, 2012. 80 с.
7. Кожевников С. Ю., Ковернинский И. Н. Межволоконные электростатические связи в бумаге // *Химия растительного сырья.* 2012. № 3. С. 197–202.
8. 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.
9. Технология целлюлозно-бумажного производства: в 3 т. / редкол.: П. С. Осипов [и др.]. СПб.: Политехника, 2006. Т. 2: Производство бумаги и картона. Ч. 2: Основные виды и свойства бумаги, картона, фибры и древесных плит. 499 с.
10. Кожевников С. Ю., Ковернинский И. Н. Химия и технология «СКИФ» для бумаги. М.: МГУЛ, 2010. 91 с.
11. Kotitschke G. “Triple star” – The State of the Art and Most Efficient Production Line in the World for Woodfree Cjfted Papers. New York: Voith, 2002. 186 p.
12. Paper Testing and Process Optimization. URL: <http://new.abb.com/pulp-paper/abb-in-pulp-and-paper/products/lorentzen-wetpre-products.html> (date of access: 15.11.2022).

13. Eklund R. Die Vorgänge unter dem Schaber beim Glattachaber-Streichen // *Wochenblatt für Papierfabrikation*. 1978. No. 18. P. 709–714.

14. Повышение качества бумаги из макулатуры химическими функциональными веществами / А. А. Остапенко [и др.] // *Химия растительного сырья*. 2012. № 1. С. 187–190.

15. Мишурина О. А., Ершова О. А. Способы гидрофобизации и упрочнения композиционных целлюлозных материалов из вторичного сырья // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2016. № 10. С. 363–366.

16. Химия бумаги: исследование действия упрочняющих и обезвоживающих добавок / З. О. Шабиев [и др.] // *Химия растительного сырья*. 2014. № 4. С. 263–270.

17. Zholnerovich N. V., Nicolaychik I. V., Chernaya N. V. Influence of urea-formaldehyde oligomer composition on technical paper properties // *Proceedings of BSTU*. 2014. No. 4, Chemistry, Organic Substances Technology and Biotechnology. P. 125–127.

References

1. Flyate D. M. *Tekhnologiya bumagi* [Paper technology]. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1988. 440 p. (In Russian).

2. Chernaya N. V., Lamotkin A. I. *Prokleyka bumagi i kartona v kisloy i neytral'noy sredakh* [Sizing paper and cardboard in acidic and neutral media]. Minsk, BGTU Publ., 2003. 345 p. (In Russian).

3. Chernaya N. V. *Teoriya i tekhnologiya kleenykh vidov bumagi i kartona* [Theory and technology of glued types of paper and cardboard]. Minsk, BGTU Publ., 2009. 394 p. (In Russian).

4. Khovanskiy V. V., Dubovyy V. K., Keyzer P. M. *Primeneniye khimicheskikh vspomogatel'nykh veshchestv v proizvodstve bumagi i kartona* [Use of chemical excipients in the production of paper and cardboard]. St. Petersburg, SPbGTURP Publ., 2013. 151 p. (In Russian).

5. Bicu I. Water soluble polymers from Diels-Alder adducts of abietic acid as paper additives. *Macromol. Mater. Eng.*, 2000, no. 280/281, pp. 47–53.

6. Shabiev R. O., Smolin A. S. *Analiz elektrokineticheskikh parametrov bumazhnoy massy* [Analysis of electrokinetic parameters of paper mass]. St. Petersburg, SPbGTURP Publ., 2012. 80 p. (In Russian).

7. Kozhevnikov S. Yu., Koverninskiy I. N. Inter-Fiber electrostatic bonds in paper. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya* [Chemistry of plant raw materials], 2012, no. 3, pp. 197–202 (In Russian).

8. Chernaya N. V. Conceptual development of the theory and technology of sizing paper and cardboard with hydrodispersions of modified rosin in the mode of heteroadagulation of peptized particles. *Polimernyye materialy i tekhnologii* [Polymer materials and technologies], 2015, vol. 1, no. 1, pp. 76–90 (In Russian).

9. Osipov P. S. *Tekhnologiya tsellyulozno-bumazhnogo proizvodstva: v 3 t. Tom 2: Proizvodstvo bumagi i kartona. Ch. 2: Osnovnyye vidy i svoystva bumagi, kartona, fibry i drevesnykh plit* [Pulp and paper technology: in 3 vol. Vol. 2: Manufacture of paper and cardboard. Part 2: The main types and properties of paper, cardboard, fiber and wood-based panels]. St. Petersburg, Politehnika Publ., 2006. 499 p. (In Russian).

10. Kozhevnikov S. Yu., Koverninskiy I. N. *Khimiya i tekhnologiya "SKIF" dlya bumagi* [Chemistry and technology "SKIF" for paper]. Moscow, MGUL Publ., 2010. 91 p. (In Russian).

11. Kotitschke G. "Triple star" – The State of the Art and Most Efficient Production Line in the World for Woodfree Papers Cjfted. New York, Voith, 2002. 186 p.

12. Paper Testing and Process Optimization. Available at: <http://new.abb.com/pulp-paper/abb-in-pulp-and-paper/products/lorentzen-wettre-products.html> (accessed 15.11.2022).

13. Eklund R. Die Vorgänge unter dem Schaber beim Glattachaber-Streichen. *Wochenblatt für Papierfabrikation*, 1978, no. 18, pp. 709–714.

14. Ostapenko A. A., Moroz V. N., Barbash V. A., Kozhevnikov S. Yu., Dubovyy V. K., Koverninskiy I. N. Improving the quality of paper from waste paper with chemical functional substances. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya* [Chemistry of plant raw materials], 2012, no. 1, pp. 187–190 (In Russian).

15. Mishurina O. A., Ershova O. A. Methods of hydrophobization and hardening of composite cellulose materials from secondary raw materials. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy* [International Journal of Applied and Fundamental Research], 2016, no. 10, pp. 363–366 (In Russian).

16. Shabiev Z. O., Smolin A. S., Kozhevnikov Yu. S., Koverninskiy I. N. Paper chemistry: investigation of the hardening and dehydrating additives action. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya* [Chemistry of plant raw materials], 2014, no. 4, pp. 263–270 (In Russian).

17. Zholnerovich N. V., Nicolaychik I. V., Chernaya N. V. Influence of urea-formaldehyde oligomer composition on technical properties of paper. *Proceedings of BSTU*, 2014, no. 4: Chemistry, Organic Substances Technology and Biotechnology, pp. 125–127.

Информация об авторах

Черная Наталья Викторовна – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры химической переработки древесины. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: chornaya@belstu.by

Герман Наталия Александровна – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры химической переработки древесины. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: natalka_wow@mail.ru

Чернышева Тамара Владимировна – старший научный сотрудник кафедры химической переработки древесины. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: chernysheva@belstu.by

Мисюров Олег Александрович – аспирант кафедры химической переработки древесины. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: omisurov@mail.ru

Дашкевич Светлана Аркадьевна – стажер младшего научного сотрудника кафедры химической переработки древесины. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: dashkevich@belstu.by

Information about the authors

Chernaya Natal'ya Viktorovna – DSc (Engineering), Professor, Professor, the Department of Chemical Processing of Wood. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: chornaya@belstu.by

Herman Natalia Aleksandrovna – PhD (Engineering), Senior Lecturer, the Department of Chemical Processing of Wood. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: natalka_wow@mail.ru

Chernysheva Tamara Vladimirovna – Senior Researcher, the Department of Chemical Processing of Wood. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: chernysheva@belstu.by

Misyurov Oleg Aleksandrovich – PhD student, the Department of Chemical Processing of Wood. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: omisurov@mail.ru

Dashkevich Svetlana Arkad'yevna – Trainee Junior Researcher, the Department of Chemical Processing of Wood. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: dashkevich@belstu.by

Поступила 15.11.2022